



Tagungsband

Symposium 2011

Sicherheit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen

22. – 23. November 2011, Berlin

Unfallforschung
der Versicherer



GDV

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
Unfallforschung der Versicherer
Leiter Fahrzeugsicherheit
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Organisation

AZT Automotive GmbH
Allianz Zentrum für Technik
Münchener Straße 89, 85737 Ismaning

TÜV SÜD Akademie GmbH
Tagungen und Kongresse
Westendstraße 160, 80339 München

Gestaltung

babiano kommunikation werbeagentur, Weßling

Fotos

TÜV SÜD, Klaus Brandenstein (UDV), privat

Druck

Dinauer GmbH, München

Berlin: 03/2012

Tagungsband

Symposium 2011
Sicherheit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen

22. – 23. November 2011, Berlin

Grußwort	5
Begrüßung und Einführung Siegfried Brockmann	5
Referate	7
Herausforderungen und Perspektiven der Elektromobilität in Deutschland Dr. Veit Steinle	7
Rahmenbedingungen für Elektromobilität – Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) Dr. Thomas Schwarz	11
Kernfragen der Sicherheit aus Herstellersicht Dr. Jutta Schneider	14
Betriebssicherheit von Elektrofahrzeugen Dr. Patrick Seiniger	18
Anforderungen an die Crashesicherheit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen Rainer Justen	22
Ganzheitliche Fahrzeugsicherheit: Rettungskette Hans-Thomas Ebner	28
Versicherungs- und haftungsrechtliche Fragen der Elektromobilität Dr. Martin Stadler	30
Hochvoltfahrzeuge – Besonderheiten bei der Typklasseneinstufung? Dr. Jürgen Redlich	36
HV-Fahrzeuge im Gebrauchtwagenmarkt Steffen Schick	39
Workshops	41
Workshop „Betrieb“	41
Akustische Wahrnehmung Knut Junge	42
Betriebserfahrung mit Hochvoltfahrzeugen Pascal Mast	45
Diskussionsergebnisse im Workshop „Betrieb“	48

Workshop „Crashsicherheit“	51
Crashsicherheit	
David Kreß	52
Batterietechnologien, Batteriesicherheit	
Armin Gräter	55
Vorschriften zur elektrischen Sicherheit	
Gerd Kellermann	58
Diskussionsergebnisse Workshop „Crashsicherheit“	60
Workshop „Rettungskette“	63
Interdisziplinärer VDA/VDIK Arbeitskreis: Feuerwehr + Rettungsdienst + Fahrzeughersteller	
Jürgen Peitz	64
Sicherheit nach Unfällen	
Dirk Breuer	66
Unfallrettung und Brandbekämpfung bei Hochvoltfahrzeugen	
Markus Egelhaaf	68
Diskussionsergebnisse Workshop „Rettungskette“	71
Fazit und Ausblick	74
Erkenntnisse des Symposiums	74
Ausblick und Verabschiedung	
Siegfried Brockmann	75

Begrüßung und Einführung



Siegfried Brockmann

Leiter Unfallforschung der Versicherer (UDV)

Im Gegensatz zu vielen anderen Veranstaltungen zum Thema Elektromobilität wird es bei dieser keine politischen Reden geben – die Elektromobilität wird kommen, das ist sicher. Jetzt gilt es, sich um die Details zu kümmern. Eines dieser Details soll bei diesem Symposium behandelt werden: das Thema Sicherheit.

Wir als Versicherer wollen etwas von Ihnen lernen. Die Versicherer kalkulieren ihre Prämien auf der Basis der Schadenerfahrung der Vergangenheit. Bei Elektrofahrzeugen gibt es wenige solcher Erfahrungen und es ist schwierig, Risiken einzugruppieren. Einer Lösung dieses Problems könnten wir uns mit Ihrer Hilfe annähern.

Natürlich sollen auch Sie von dieser Veranstaltung profitieren – so wird es zum Beispiel darum gehen, wie verschiedene Versicherungssparten mit dem Thema Elektromobilität umgehen. Ein weiterer – besonders für die Hersteller interessanter Bereich – ist die Frage der Typklasseneinstufung und Besonderheiten bei der Ersteinstufung. Die Teilnehmer dieser Konferenz sind sehr intensiv mit den unterschiedlichen Problemen befasst, deshalb besteht die Hoffnung, dass wir auch ganz konkret über Lösungen sprechen werden.

Wir wollen fachliche Tiefe gewinnen und – auch das ist anders als bei bisherigen Konferenzen zum Thema Elektromobilität – einen intensiven Austausch pflegen. So sind Sie nicht nur Auditorium, sondern werden auch zum

Parlament. In drei verschiedenen Sessions können Sie über Details diskutieren und ich hoffe, dass wir zu vernünftigen Ergebnissen kommen werden.

Die Elektromobilität stellt uns alle vor große Herausforderungen. Als Beispiele seien nur die Themen Hochvolt/ Stromschlag, Ladevorgang und Rettung genannt. Immer wieder wird auch die Lautstärke bzw. die fehlende Geräuschverursachung von Elektrofahrzeugen angesprochen. Dies ist allerdings meiner Meinung nach nicht das größte und schon gar nicht das einzige Problem. Beim Thema Rettung gibt es sicherlich noch Potential, auch wenn diesbezüglich schon einiges erreicht wurde. Beispielsweise muss die Frage geklärt werden, wann Spannungsfreiheit herrscht, wann also die Feuerwehr an ein Fahrzeug ran kann und an welcher Stelle. Letztlich können nicht alle Feuerwehren geschult werden, denken Sie diesbezüglich auch an die zahlreichen freiwilligen Feuerwehren auf dem Land.

Viele Fragen sind bereits beantwortet, etwa die Lage der Batterie, die an einem möglichst crachsicheren Ort eingebaut wird. Dennoch sollte man sich jetzt nicht zurücklehnen, sondern sich mit den immer noch bestehenden offenen Fragen und Problemen auseinandersetzen. Die Geschichte zeigt viele Unglücksfälle, zum Beispiel Flugzeug- oder Kraftwerkunglücke. Auch in diesen Bereichen wurde irgendwann alles bedacht und in Pflichten- und Lastenheften festgelegt. Wenn aber plötzlich drei oder vier Probleme aufeinandertreffen, kann es dennoch zum Unglück kommen – das sollten wir hinreichend berücksichtigen.

Auf diesem Symposium soll also ein Austausch über Optimierungsmöglichkeiten stattfinden. Es gibt im Bereich der Elektromobilität einige Besonderheiten und sicherlich auch nach wie vor einige ungeklärte Fragen. Aber auf jede Frage kann eine Antwort gefunden werden und die Elektromobilität ist mit Sicherheit nichts, wovor man Angst haben müsste. Lassen Sie uns auf dieser Konferenz gemeinsam einige Antworten finden!

Viel Erfolg und vielen Dank!



Das Symposium „Sicherheit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen“ im Ludwig Erhard Haus Berlin fand reges Interesse: Im Plenum und bei den Pausengesprächen.



Herausforderungen und Perspektiven der Elektromobilität in Deutschland



Dr. Veit Steinle

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Im Mittelpunkt dieser Veranstaltung steht die Sicherheit von Elektrofahrzeugen – dieser Beitrag soll über die Forschungs- und Förderungsaktivitäten des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in diesem Bereich informieren und die Positionen seitens der Bundesregierung darstellen.

Im Kern lässt sich die Frage, welche Vorteile die Elektromobilität mit sich bringt, relativ einfach beantworten: Wenn Klimaschutzziele erreicht werden sollen, muss das Verkehrssystem als Ganzes effizienter und nachhaltiger gestaltet werden; die Elektromobilität ist dabei eine Schlüsseltechnologie für den nachhaltigen Verkehr. Sie kann entscheidend zu einer größeren Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen und zur Senkung der CO₂-Emission beitragen. Außerdem bietet die Elektrifizierung der Fahrzeuge die Möglichkeit einer Diversifizierung der Energiequellen.

Im BMVBS sind nicht nur batterieelektrische Hochvoltfahrzeuge ein Thema. Im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie fördert das BMVBS zahlreiche Einzelprojekte gerade auch dieses Bereichs. Besonders wichtig ist die Anwendungs- und Alltagstauglichkeit; eine neue Technologie kann sich

nur durchsetzen, wenn sie einen hohen Akzeptanzgrad aufweist. Der Einsatz von Wasserstoff als Energieträger hat Potential hinsichtlich Reichweiten und Betankungszeiten. Derzeit haben batterieelektrische Fahrzeuge eine Reichweite von etwa 180 bis 200 km, je nachdem wie sie gefahren werden. Diese relativ kurze Reichweite ist ein Problem und etliche Automobilhersteller weltweit beschäftigen sich daher mit wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen, die etwa die doppelte Reichweite besitzen und in wenigen Minuten betankt werden können. So wird etwa Hyundai bald den IS 30, einen SUV, mit Brennstoffzelle auf den Markt bringen. Im Jahr 2015 sollen 100.000 dieser Fahrzeuge im Jahr hergestellt werden. Auch Toyota hat inzwischen ein Mittelklassefahrzeug mit Wasserstofftechnologie entwickelt, ebenso Honda mit dem Clarity. Daimler startete im Januar 2011 eine Weltreise mit drei B-Klassen mit Wasserstoff-Brennstoffzelle. Die Autos wurden einmal um die ganze Welt gefahren – ein sehr großer Aufwand, aber es wurde nachgewiesen, dass dies möglich ist. Aufgrund dieser guten Erfahrungen hat die Daimler AG den Serienstart von Brennstoffzellenfahrzeugen für das Jahr 2014 angekündigt.

Die Bundesregierung ist der Auffassung, dass durch Innovationen und Technologien wie der Elektromobilität neue Märkte erschlossen werden können. Ebenso kann der Wirtschaftsstandort Deutschland dadurch enorm gestärkt werden. Ein weiterer Vorteil ist die größere Unabhängigkeit von Ölimporten. Aufgrund dieser Überlegungen hat die Bundesregierung der Elektromobilität einen sehr hohen Stellenwert zugeordnet: Deutschland soll Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität werden. Bis zum Jahr 2020 sollen eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs sein. Es stellt sich die Frage, welche Art von Fahrzeugen damit gemeint ist. Es gibt auch zweirädrige Elektrofahrzeuge, etwa Pedelecs, batteriebetriebene Fahrräder. In diesem Bereich gab es in den letzten zwei Jahren enorme Entwicklungen; würden solche Fahrzeuge mitgezählt (was nicht der Fall ist), wäre eine Million schnell erreicht. Ein Großversuch des BMVBS mit 600 E-Bikes in Stuttgart ist sehr erfolgreich verlaufen.

Generell sollen sämtliche Formen der Elektromobilität ausprobiert werden, also nicht nur PKWs, sondern beispielsweise auch Elektro- und Hybridfahrzeuge im Busverkehr und der Logistik.

Auch für den Wirtschafts- und Dienstleistungsverkehr sind elektrisch betriebene Fahrzeuge besonders interessant, da in den nächsten Jahren aufgrund der Umweltzonen viele Fahrzeuge nicht mehr in die Innenstädte werden einfahren dürfen. Verschiedene Hersteller haben bereits reagiert: So hat beispielsweise Ford einen Transit für ein Projekt in Köln (ColognE-mobil) entsprechend umgebaut. Die Versuche zeigen, dass Unternehmen mit den heute erzielbaren Reichweiten solcher Fahrzeuge sehr gut auskommen und sie über Nacht geladen oder getankt werden, um am nächsten Tag wieder einsatzbereit zu sein. In unseren Forschungsprogrammen haben sich auch größere Fahrzeuge bewährt: Beispielsweise haben sich 50 Unternehmen bereit erklärt, im Rahmen eines Flottenversuchs mittelschwere Hybrid-Lkw von Daimler einzusetzen; es wurden dabei positive Erfahrungen gemacht. Die größten Herausforderungen gibt es derzeit beim Schwerlastverkehr; dort sind noch keine zufriedenstellenden Lösungen vorhanden.

Seit zweieinhalb Jahren gibt es die acht Modellregionen Stuttgart, München, Rhein/Main, Hamburg, Berlin sowie Rhein/Ruhr, Oldenburg/Bremen und Sachsen. Dort waren zweitausend unterschiedliche Elektrofahrzeuge in Betrieb: Zweiräder, PKWs, Transporter, Busse und mittelschwere LKWs. Im Ruhrgebiet und der Modellregion Rhein-Main läuft sogar ein sehr erfolgreicher Versuch mit hybridbetriebenen Müllsammelfahrzeugen. Sowohl Müllwerker als auch Anwohner haben die enorme Lärminderung als sehr positiv empfunden.

Um auf den erfolgreichen Ansätzen aufzubauen und alle Beteiligten an einen Tisch zu bringen, hat die Bundesregierung im Rahmen des Elektromobilitätsgipfels im Mai 2010 die Nationale Plattform Elektromobilität gegründet. In dieser Plattform sind nicht nur Vertreter aus der Politik,

sondern auch aus Industrie, Wissenschaft und Forschung sowie Verbraucher vertreten. Es gibt sieben Arbeitsgruppen mit 147 Experten aus den verschiedenen Bereichen. Bereits im November 2010 wurde dem BMVBS ein erster Zwischenbericht präsentiert, in dem die Situation dargelegt wurde und erste Überlegungen angestellt wurden, wie es weitergehen könnte. Der zweite Bericht erfolgte im Mai 2011. Darin wurden umfassende Ergebnisse der Arbeitsgruppen präsentiert und kontrovers diskutiert. Gegenstand der Diskussion war zum Beispiel die Frage, ob jeder Energieversorger eigene Ladestationen aufbauen soll oder ob die Nutzer an jedem Ladepunkt diskriminierungsfreien Zugang zu ihrem Stromanbieter bekommen sollen. Auf der Grundlage dieses Berichts hat die Bundesregierung am 18. Mai ein Regierungsprogramm beschlossen, welches nun zügig umgesetzt werden soll.

In den Jahren 2012 und 2013 sollen eine Milliarde Euro Bundesmittel zusätzlich in die Elektromobilität fließen. Damit sollen unter anderem drei bis fünf Schaufenster aufgebaut und technische Leuchtturmprojekte verwirklicht werden. Die Schaufenster sind Elektromobilitätsregionen, in denen in großem Maßstab das Zusammenspiel von Elektrofahrzeugen, Energieinfrastruktur und Mobilitätssystem untersucht werden soll. Für das Schaufensterprogramm wurde am 12. Oktober 2011 die Förderbekanntmachung veröffentlicht. Bis zum 16. Januar 2012 können sich Regionen oder Städte dafür bewerben. Die Bereiche Energie, Fahrzeug und Verkehr werden in den Schaufenstern mit ihren innovativen Technologien und Lösungen in ein Gesamtsystem der Elektromobilität eingebunden und sollen in einem regional begrenzten Gebiet intensiv in der Alltagsanwendung erprobt werden. Die Integration der Fahrzeuge in das Energie- und Verkehrssystem ist dabei ein wichtiger Erfolgsfaktor. Die neuen Schaufenster sollen Rückschlüsse auf die Massentauglichkeit der getesteten Mobilitätslösungen liefern und die Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie international sichtbar und erlebbar machen. Außerdem sollen sie als Werkstatt dienen, um offene Fragen zu beantworten.

Demgegenüber werden in den Leuchttürmen herausragende Projekte aus besonders wichtigen Technologie- und Anwendungsbereichen gebündelt. Innovationen im Bereich der für die Elektromobilität wichtigen Technologien sollen gefördert und Innovationsprozesse branchenübergreifend geöffnet werden. Die Leuchttürme unterscheiden sich in ihrer Fokussierung auf einzelne besonders wichtige Technologie- und Anwendungsbereiche von den Schaufenstern, in denen die gesamte Breite und Praxis der Elektromobilität erprobt und erlebbar gemacht werden soll. Die Umsetzung der Leuchttürme erfolgt mit den bereits veröffentlichten und bewährten Förderrichtlinien der einzelnen Bundesressorts. In der Bundesregierung gibt es vier Ressorts, die für die Elektromobilität zuständig sind – das sind federführend das BMVBS und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; weiterhin beteiligt sind die Bundesministerien für Bildung und Forschung sowie für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Ordnungs- und Steuerrecht

Wer jetzt ein Elektrofahrzeug kauft, wird für 5 Jahre von der Kfz-Steuer befreit. In China werden von der Zentralregierung und teilweise auch von Städten und Regionen als Anreiz ganz erhebliche Zuschüsse gezahlt. Wer in Frankreich ein Elektroauto kauft, dessen CO₂-Emission zwischen 0 und 50 g liegt, erhält eine Prämie von 5.000 Euro. Diese Prämie sinkt entsprechend bei Fahrzeugen, die mehr Schadstoffe ausstoßen. Ab einer Emission von 140g gibt es einen so genannten Malus, der im Rahmen einer Zulassungssteuer beim Kauf des Fahrzeugs zu zahlen ist. Dies könnte auch Auswirkungen auf die deutsche Automobilindustrie haben: Herausragende deutsche Fahrzeuge wie etwa S-Klasse, Audi A8 oder der 7er BMW haben nach dem Stand der Technik sehr gute Werte im Bereich des Schadstoffausstoßes, einige dieser Fahrzeuge übersteigen allerdings die 140g. Diese werden am Markt stigmatisiert, was wiederum der französischen Automobilindustrie Nutzen bringt, die überwiegend kleinere Fahrzeuge anbietet. Ein Anreizsystem wie das Bonus-Malus-System kann in Deutschland nicht eingeführt

werden, weil es hier keine Zulassungssteuer gibt. Deswegen sollen die Wettbewerbsnachteile von Elektrofahrzeugen gegenüber den konventionellen Fahrzeugen z. B. über eine Anpassung an die Dienstwagenbesteuerung ausgeglichen werden.

Weitere Überlegungen des BMVBS betreffen die Ausweisung von Sonderparkflächen für Elektroautos und die Frage ihrer Kennzeichnung. Eventuell könnten auch Busspuren so ausgeschildert werden, dass auf ihnen auch Elektrofahrzeuge fahren dürfen. Dieser Vorschlag ist bei den Kommunen allerdings auf erhebliche Bedenken gestoßen, weil dadurch die Flüssigkeit und Pünktlichkeit des Busverkehrs gestört werden könnte. Deswegen gibt es die Schaufenster; dort kann geprüft werden, ob ein Vorschlag praktikabel ist.

Sicherheit

Elektrofahrzeuge müssen genauso sicher sein wie Fahrzeuge mit herkömmlichem Antrieb.

Typgenehmigungsvorschriften und Zulassung sind daher an die Anforderungen der Elektromobilität anzupassen. Sicherheits- und Umweltaanforderungen müssen weiterentwickelt werden. Für die Genehmigung und Zulassung von Kraftfahrzeugen in Deutschland sind europäische Verordnungen und Richtlinien verbindlich vorgeschrieben. Zukünftig werden in diesen vermehrt internationale Regelungen herangezogen, die von der Wirtschaftskommission für Europa und die Vereinten Nationen (UNECE) entwickelt, und, im Zusammenhang mit der technologischen Entwicklung, ständig angepasst werden.

Aktuell werden die bestehenden Regelungen für Elektrofahrzeuge in UNECE-Arbeitsgruppen um spezielle Aspekte wie die Batteriesicherheit ergänzt. Das BMVBS hat die Federführung in diesen Arbeitsgruppen. Die höchste Priorität liegt auf harmonisierten Festlegungen zur Wahrung eines international hohen Schutzniveaus und dem Abbau von Handelshemmnissen.

Die Bundesregierung vertritt die deutschen Interessen im internationalen Bereich, um eine erfolgreiche Markteinführung der Elektromobilität zu gewährleisten. Gerade die deutschen Autohersteller stehen für hohe Sicherheitsstandards und um diese auch für die Elektromobilität zu gewährleisten werden unabhängige Test- und Prüfinstitutionen für elektrische Systeme und Fahrzeugbatterien benötigt. In Ulm baute das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) ein Labor für Batterietechnologie auf, das so genannte eLaB. Ein wichtiges Forschungsthema ist dabei auch die Sicherheit der Batterien; daher erhält das eLaB auch ein Batterietestzentrum, das vom BMVBS gefördert wird.

Schlussbemerkung

Deutschland soll, wie oben erwähnt, Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität werden. Aber auch andere Nationen sind in diesem Bereich sehr aktiv. Hauptwettbewerber sind (neben Deutschland) Frankreich, Japan, die USA und Korea. Es ist wichtig, dass in allen Bereichen der Elektromobilität nach möglichen Problemen und ihren Lösungen gesucht wird, auch um ein Signal nach außen zu setzen. Der internationale Wettbewerb läuft, und wir sind bereit, uns diesem Wettbewerb zu stellen.



Dr. Veit Steinle

al-ui@bmvbs.bund.de

Bundesministerium für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Leiter Abteilung Umweltpolitik und Infrastruktur

Rahmenbedingungen für Elektromobilität – Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)



Dr. Thomas Schwarz

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)

Herausforderungen für die Automobilindustrie: Endliche Ölreserven, Klimaschutz und zunehmende Urbanisierung

Die heutigen und künftigen Herausforderungen für individuelle Mobilität sind vielfältig. In vorderster Linie stehen knapper werdende fossile Energieträger, Klimaschutz und die damit einhergehende erforderliche Minderung von CO₂-Emissionen sowie die weltweit zunehmende Urbanisierung mit Schwerpunkten in Asien, Afrika und Lateinamerika. Das Bedürfnis nach individueller Mobilität auf engstem Raum gerade in Asien wächst rasant.

Innovative Mobilitätskonzepte müssen die Fragen beantworten, wie die globalen CO₂-Emissionen trotz des steigenden Verkehrsaufkommens weiter reduziert werden können oder wie der einhergehenden Geräuschentwicklung zu begegnen ist. Die Basis für weitere Effizienzsteigerungen sind die klassischen Verbrennungsmotoren. Diese bieten, sowohl Benziner als auch Diesel, langfristig ein weiteres Einsparpotenzial von ca. 25 Prozent. Mögliche Weiterentwicklungen sind z. B. Downsizing der Zylinder bei gleicher Leistung in Verbindung mit Hochaufladung, Direkteinspritzung, Optimierung des Energiemanagements in Verbindung mit einer zunehmenden Elektrifizierung der Nebenaggregate bis hin zur vollvariablen Ventilsteuerung. Die verstärkte Beimischung und der Einsatz neuer Biokraftstoffe ergänzen diese Entwicklungen.

Deutliche Fortschritte bei CO₂-Minderung

Besonders eindrucksvoll sind die Effizienzsteigerungen bei den Fahrzeugen der deutschen Hersteller. Die neu zugelassenen Pkw deutscher Konzernmarken haben aktuell einen durchschnittlichen CO₂-Wert von 143,8 g/km. Das entspricht einem Durchschnittsverbrauch von nur noch 5,4l Diesel/100 km bzw. 6,2l Benzin/100 km und ist ein Rückgang um 4,2 Prozent gegenüber dem Vorjahreswert. In allen zehn Segmenten – vom Kleinwagen bis zum Familien-Van – weisen Fahrzeuge der deutschen Hersteller im bisherigen Jahresverlauf niedrigere CO₂-Durchschnittswerte auf als die Importeure. Deutsche Hersteller bieten bereits über 400 Modelle mit einem CO₂-Wert von weniger als 130 g/km an. Die Anzahl hat sich innerhalb von nur einem Jahr um gut 50 Prozent erhöht.

Elektromobilität als ein Beitrag zur Mobilität der Zukunft

Neben der weiteren Optimierung des Verbrennungsmotors sowie dem Einsatz alternativer Kraftstoffe führt an der Entwicklung alternativer Antriebe kein Weg vorbei. Dabei ist die Elektromobilität langfristig eine entscheidende Schlüsselkomponente für die Mobilität der Zukunft.

Derzeit unterteilt man Elektrofahrzeuge in die folgenden Typen:

- BEV: Battery Electric Vehicle, rein batterieelektrisches Fahrzeug.
- PHEV: Plug-In Hybrid Electric Vehicle, Vollhybrid mit am Netz aufladbarer Batterie.
- REEV: Range-Extender Electric Vehicle, Fahrzeuge mit Elektromotor als Primärtrieb und kleinem Verbrennungsmotor, mit dem die Batterie während der Fahrt nachgeladen werden kann.
- FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle, Brennstoffzellenfahrzeug.

Reine Elektroautos (BEVs) emittieren unter Berücksichtigung der gesamten Energiekette („vom Bohrloch bis zum Reifen“) bereits beim aktuellen deutschen Energiemix weniger CO₂ als vergleichbare konventionelle Fahrzeuge. Wird regenerativ erzeugter Strom geladen, werden sie quasi zu Null-Emissionsfahrzeugen. Im Fahrbetrieb sind Elektrofahrzeuge unabhängig vom Energiemix immer Null-Emissionsfahrzeuge. Dies gilt im elektrischen Fahrmodus auch für PHEVs und REEVs. Alle Typen emittieren im elektrischen Fahrmodus im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen lokal auch weniger Lärm- und keine Partikel.

Die global aufgestellte deutsche Automobilindustrie treibt diese Entwicklung mit aller Kraft voran. Sie hat den Anspruch, ihre Technologieführerschaft auch in Zukunft beizubehalten.

Die Nationale Plattform Elektromobilität: Deutschland soll Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität werden

In der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) haben sich auf Einladung der Bundesregierung Vertreter von Industrie, Wissenschaft, Politik, Gewerkschaften und Gesellschaft in Deutschland zusammengefunden. Die Mitglieder der NPE haben sich auf einen systemischen, marktorientierten und technologieoffenen Ansatz verständigt mit dem Ziel, die deutsche Industrie zusammen mit Mittelstand und Handwerk zum Leitanbieter und Deutschland zu einem Leitmarkt für Elektromobilität zu entwickeln. Bis zum Jahr 2020 sollen eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs sein.

Die deutsche Automobilindustrie unterstützt nachdrücklich das Vorhaben der Bundesregierung, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu etablieren. Beide Ziele sind ambitioniert, aber machbar, wenn die Rahmenbedingungen bei Forschung, Pilotfertigung und Markteinführung stimmen. In der weltweit einzigartigen Zusammenarbeit sind Empfehlungen zum Erreichen der beiden Teilziele erarbeitet worden. Das ‚Regierungsprogramm Elektromobilität‘ als Umsetzung

dieser Empfehlungen hat erste richtige Schritte beschlossen, jetzt kommt es auf eine konsequente Umsetzung an.

Im Rahmen des in der NPE vereinbarten Monitoringprozesses wird die Plattform voraussichtlich im Mai 2012 ihren ersten Fortschrittsbericht vorlegen. Dabei stehen die Themen Normung, Bildung und Qualifizierung sowie die Förderung von Forschung und Entwicklung besonders im Fokus. Insbesondere bei der Batterieforschung gibt es erhebliche Fortschritte. So werden zum Beispiel eine Anlage für Pilotfertigung in Ulm und Kompetenzzentren für die Batterieforschung in Dresden, München, Münster und Ulm entstehen. Wichtiger Bestandteil ist auch eine transparente und schnelle Vergabe der Fördervorhaben und -gelder.

Für den Aufbau eines Marktes für Elektroautos in Deutschland, der in den nächsten Jahren erfolgen soll, stellt das Jahr 2012 wichtige Weichen. Eine besondere Rolle spielen dabei die geplanten Schaufensterregionen. Die Schaufenster sollen das Gesamtsystem Elektromobilität erfahrbar machen sowie das Nutzerverhalten und neue Mobilitätslösungen und Geschäftsmodelle untersuchen. Das von der Bundesregierung ab dem Jahr 2013 zugesagte öffentliche Beschaffungsprogramm wird hierzu einen Beitrag leisten und die Akzeptanz der Elektromobilität in der Gesellschaft fördern. Der Kunde soll das elektrische Fahren mit all seinen Komponenten konkret erleben, denn am Ende ist er es, der mit seiner Kaufentscheidung über den Markterfolg dieser Technologie bestimmt.

Die Experten der Nationalen Plattform Elektromobilität sind sich einig, dass in den kommenden Jahren die Anschaffungs- und Betriebskosten („Total Cost of Ownership“) eines Elektroautos noch um mehrere tausend Euro über denen eines vergleichbaren Pkw mit Verbrennungsmotor liegen werden („TCO-Lücke“). Dieser Preisunterschied stellt ein erhebliches Kaufhindernis dar. Es ist zu beobachten, dass der Absatz von elektrisch betrieb-

nen Pkw seit etwa einem Jahr weltweit steigt – allerdings auf einem insgesamt noch sehr niedrigen Niveau. Deutschland gehört zusammen mit den USA und Japan zu den größten Absatzmärkten für Elektroautos. Jetzt kommt es entscheidend darauf an, in dem immer intensiver werdenden Wettbewerb zwischen den Staaten die gute Position Deutschlands zu halten und auszubauen. Der im 2. Bericht der NPE empfohlene Maßnahmenmix ist dazu nach wie vor der richtige Weg.

Die deutsche Industrie hat beste Voraussetzungen, um Leitanbieter zu werden. Sie ist heute in vielen Feldern Technologie- und Innovationsführer: Auto, Elektronik, Energietechnik, Chemie. Jetzt gilt es auch in der Zukunftstechnologie Elektromobilität die Vorreiterrolle zu übernehmen. Die IAA hat eindrucksvoll gezeigt, dass die deutsche Industrie in der gesamten Wertschöpfungskette die Voraussetzungen dafür hat. Die Unternehmen haben ihre Forschungs- und Investitionsentscheidungen für die kommenden Jahre getroffen. Allein die Automobilindustrie investiert in den nächsten drei bis vier Jahren 10 bis 12 Milliarden Euro in die Entwicklung alternativer Antriebe, das sind 40 Prozent aller Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen. Branchenübergreifend investiert die deutsche Industrie im gleichen Zeitraum sogar bis zu 17 Milliarden Euro in die Elektromobilität.



Dr. Thomas Schwarz

schwarz@vda.de

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)

Koordinierungsstelle der Industrie für Elektromobilität

Kernfragen der Sicherheit aus Herstellersicht



Dr. Jutta Schneider
Daimler AG

1. Einleitung

Im Verlauf der letzten Jahre sind zunehmend Kraftfahrzeuge mit neuen, vielfältigen Antriebskonzepten in Verkehr gebracht worden. Hierbei wird der Verbrennungsmotor durch Elektromotoren ergänzt oder diese übernehmen sogar die alleinige Aufgabe bei der Erzeugung der Antriebskraft. In diesem Zusammenhang haben sowohl Hochvoltssysteme als auch neue Energieträger wie z.B. Lithium-Ionen-Hochvoltbatterien und Wasserstofftanks Einzug in Serienfahrzeuge gefunden. Diese Neuerungen stellen zusätzliche und teils auch gänzlich neue Sicherheitsanforderungen an die Hersteller.

2. Sicherheitsaspekte

Um sicherzustellen, dass die Sicherheit beim Umgang mit Hochvoltfahrzeugen für alle Beteiligten jederzeit gewährleistet ist, sind Anstrengungen auf vielen Feldern notwendig. Hierzu gehören unter anderem aktive und passive Sicherheit und Arbeits-, Transport-, Betriebs- und Verkehrssicherheit, um nur einige zu nennen.

Die **aktive Sicherheit**, d.h. die Unfallvermeidung spielt bei Elektrofahrzeugen ebenso wie bei konventionellen Antrieben eine große Rolle. Diesbezüglich gibt es neue oder angepasste Assistenzsysteme, da sich die Art des Fahrens mit der Elektromobilität an sich verändert hat, etwa die Art der Beschleunigung.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die **passive Sicherheit**. Hier stellt sich die Frage nach dem Umgang mit HV-Fahrzeugen nach einem Unfall, z.B. für Rettungskräfte. Lassen sie ggf. ein Fahrzeug ausbrennen oder kann es gefahrlos gelöscht werden? Ist die Batterie beschädigt? Welche Besonderheiten gibt es beim Abschleppen?

Die **Arbeits- und Transportsicherheit** gebietet, dass die Fahrzeuge bereits in einem frühen Stadium der Entwicklung sicher sein müssen. Wenn sich ein Entwicklungsmitarbeiter in ein neues HV-Fahrzeug setzt, muss gewährleistet sein, dass er nicht zu Schaden kommt. Selbiges gilt für die Produktion und die Reparatur. Auch in der Teilelogistik bei der Versorgung von Werkstätten muss sichergestellt sein, dass die Beteiligten, etwa die Lagerarbeiter, keinen Gefährdungen ausgesetzt werden. Es gilt also, die gesamte Prozesskette abzusichern. Eine große Herausforderung stellt die Schulung der Beteiligten dar: diese betrifft Hersteller, Vertragswerkstätten sowie freie Werkstätten. Die erforderlichen Mitarbeitersensibilisierungen, HV-Schulungen und spezielle Arbeitsplätze bringen große Investitionen mit sich.

Bei der **Verkehrssicherheit** wird unter anderem der Aspekt der Wahrnehmung der leisen HV-Fahrzeuge im Straßenverkehr intensiv diskutiert. Ein Lösungsansatz zur Steigerung der akustischen Präsenz ist der Einsatz von Soundgeneratoren, die Geräusche erzeugen.

Bei der **Betriebsicherheit** sind beispielsweise die veränderten Reichweiten der Elektrofahrzeuge und die Sicherheit beim Laden wichtige Themen. So wird das kabelgebundene Laden intensiv mit Kunden, die bereits Elektrofahrzeuge nutzen, diskutiert, um deren Erfahrungen in Folgeprojekte einfließen zu lassen.

3. Einfluss der Antriebsstrangarchitektur

Wie oben bereits erwähnt, werden die Antriebe zukünftiger Fahrzeuge vielfältiger sein, als die Antriebe der Vergangenheit. Verbrennungsmotoren werden auch in den nächsten Jahrzehnten eine entscheidende Rolle spielen. Sie werden aber in zunehmendem Maße durch Elektromotoren bei der Erzeugung des Vortriebs ergänzt oder ersetzt. Die Gründe liegen in dem Bestreben, die

Abgase von Verbrennungsmotoren zu vermeiden, die Abhängigkeit vom Rohöl zu senken, die Lebensqualität in Ballungsräumen durch möglichst geräuscharme und lokal abgasfreie Antriebe zu verbessern und die CO₂-Anreicherung in der Atmosphäre durch Fahrzeuge zu minimieren, die langfristig mit regenerativ erzeugten Energieträgern betrieben werden.

In der technischen Ausgestaltung gibt es je nach Anwendungsgebiet und Kundenbedürfnis verschiedene Möglichkeiten, die Antriebe zu gestalten. So gibt es z.B. Verbrauchshybride, d.h. Fahrzeuge, die durch die Hybridisierung weniger Kraftstoff verbrauchen und weniger CO₂ emittieren. Bezüglich der Reichweite von Elektrofahrzeugen ist der **Range Extender** eine interessante Facette. Je nach der rein elektrischen Reichweite des Fahrzeuges sind diese als emissionsfrei zertifizierbar. Abbildung 1 zeigt eine Prinzipskizze: der Verbrennungsmotor wird nur zugeschaltet, wenn die Batterie einen bestimmten Ladezustand unterschreitet. Ein Range Extender hat eine verhältnismäßig große Batterie und bietet damit alle Vorteile eines batterieelektrischen Fahrzeuges, also hohen Fahrkomfort, lokale Emissionsfreiheit und ein faszinierendes Fahrerlebnis, da der größte Teil der Zeit elektrisch gefahren wird. Dabei lässt es sich nahezu so nutzen, wie man es von konventionellen Fahrzeugen gewohnt ist, da jederzeit nachgetankt werden kann. Die Vorteile beider Antriebe werden also kombiniert, allerdings haben diese Autos eine komplexe und aufwendige Technologie.



Abb. 1: Der Range Extender kombiniert die Vorteile beider Antriebe

Brennstoffzellenfahrzeuge von Daimler haben eine lange Historie. In den frühen Phasen wurde mit Methanol experimentiert, später wurden die Fahrzeuge mit Wasserstoffgas angetrieben. Eine große Herausforderung ist, den Wasserstoff sicher im Fahrzeug unterzubringen und verfügbar zu machen. Die ersten Fahrzeuge hatten sehr große Tankanlagen. Heute sieht man es einem Auto nicht mehr an, wenn es mit Wasserstoff angetrieben wird. Auf Abbildung 2 ist der Aufbau eines Brennstoffzellenfahrzeugs dargestellt: Die Tanks befinden sich in der Mitte, die große Batterie im Kofferraumbereich und der Elektromotor mit der Leistungselektronik im vorderen Teil des Fahrzeugs.



Abb. 2: Aufbau eines Brennstoffzellenfahrzeugs

An diesen beiden verwandten und doch verschiedenen Konzepten lassen sich die gemeinsamen und konzeptabhängigen Sicherheitsaspekte gut beleuchten.

So besitzen beide Fahrzeuge Hochvoltssysteme und -verkabelung. Eine **passive Sicherheitsmaßnahme** ist die leuchtend orange Signalfarbe, die Hochvoltkabel sofort erkennbar macht. Weitere passive Maßnahmen sind Berührungsschutz gegen direkten Kontakt, Isolation, Potentialausgleich und passive Entladung.

Im Fehlerfall ist neben der Abtrennung der Hochvoltbatterie die **aktive Entladung** ein wesentlicher Aspekt. Damit die Verkabelung und die Komponenten garantiert frei von gefährlichen Spannungen sind, werden die Spannungsspeicher, z.B. Kondensatoren, und alle Hochvolt-

komponenten (außer der Hochvoltbatterie) entladen. Nach einem Unfall besteht also keine Gefahr, spannungsführende Teile zu berühren und dadurch einen elektrischen Schlag zu bekommen. Das Fahrzeug ist sicher, da es sich in einem spannungsfreien Zustand befindet.

Wann eine aktive Entladung erforderlich ist, muss bei einem Crash sicher erkannt werden können. Es gibt verschiedene Szenarien der Crasherkenkung. Beispielsweise wird zwischen leichten und schweren Crashes unterschieden. Bei einem schweren Crash muss damit gerechnet werden, dass Teile beschädigt worden sind – es muss also aktiv ein sicherer Zustand herbeigeführt werden. Bei einem leichten Crash ist es wünschenswert, dass das Fahrzeug nicht nach jedem Auffahrunfall in die Werkstatt gebracht werden muss bzw. der Nutzer nach einem Unfall selbstständig fahren kann. Dies gilt es abzusichern. Die hierfür erforderlichen Crashtests werden neben der Gesamtfahrzeugebene auch auf Komponentenebene durchgeführt. Diese Tests mussten ausgedehnt werden, da die neuen Komponenten eine besondere Sorgfalt erfordern.

Eine Maßnahme zur Arbeitssicherheit, die einen großen Aufwand mit sich bringt, ist der **Service Disconnect**. Bei der Durchführung von Arbeiten am Fahrzeug, z.B. einer Reparatur, muss dieses zuerst spannungsfrei geschaltet werden, um eine Gefährdung der Werkstattmitarbeiter zu vermeiden. Beim Service Disconnect handelt es sich um eine mechanische Lösung, die das Fahrzeug gegen ein Wiedereinschalten der Hochvoltspannung sichert. Ein Teil wird aus dem Fahrzeug entfernt und damit sichergestellt, dass dieses nicht durch Unbefugte wieder in Betrieb genommen werden kann.

Des Weiteren gibt es einen **Interlock Kreis**, d.h. alle Komponenten, die zum HV-System gehören sind miteinander auf eine Art verbunden, bei der das Auftrennen einer Hochvoltverbindung sofort erkannt wird. Daraufhin wird das ganze System wie bei der aktiven Entladung spannungsfrei gesetzt, also ausgeschaltet. Ein Fehler oder auch fehlerhafte Handhabung, beispielsweise der Verzicht auf eine Freischaltung, führt also dazu, dass

das System sich selbst unterbricht und in einen sicheren Zustand übergeht.

Eine spezifische Herausforderung von batterieelektrischen Fahrzeugen REX und Plug-Ins ist das **Laden**, also die Möglichkeit, die Hochvoltbatterie des Fahrzeuges „von außen“ mittels eines Kabels über eine Stromtankstelle oder Haushaltssteckdose aufzuladen. Auch dies muss für die Nutzer sicher vonstattengehen. Hier sind beispielsweise Konzepte zur Steckerverriegelung zu berücksichtigen, um zu verhindern, dass der Stecker im falschen Moment aus- oder eingesteckt werden kann und um sichere Kontakte und geringe Übergangswiderstände zu gewährleisten. Auch sollte der Nutzer eine Rückmeldung bekommen, ob das Laden bereits begonnen hat. Wo diese Rückmeldung im bzw. am Fahrzeug sinnvollerweise erfolgen soll, wird sich im Laufe der Zeit herausstellen. Ebenso sollte das Auto während des Ladevorgangs und solange ein Ladekabel eingesteckt ist nicht gestartet und in Bewegung gesetzt werden können. Außerdem muss es einen Berührungsschutz an Kabel, Steckern und Steckdosen zur Vermeidung von Kontakt mit spannungsführenden Teilen sowie eine Temperaturüberwachung geben.

Bei Wasserstofffahrzeugen muss der Wasserstofftank bei einem Unfall unter Umständen entleert werden. Dies erfolgt ebenfalls über eine Crasherkenkung, die ähnlichen Herausforderungen unterliegt wie bei der aktiven Entladung. Ziel der Entleerung ist unter anderem die Reduktion des Drucks im Tanksystem. Hierbei wird schon in der Entwicklungsphase abgesichert, dass sich während der Entleerung keine entzündliche Menge von H₂-Gas ansammelt und die Entleerung sicher und kontrolliert vonstattengeht.

Eine weitere Maßnahme, die neben den technischen Vorkehrungen unerlässlich ist, sind **Rettungshinweise** (Abbildung 3). Damit die Rettungskräfte von Beginn an sicher mit Hochvoltfahrzeugen umgehen können, sind neben Qualifizierungsmaßnahmen fahrzeugspezifische Rettungshinweise erforderlich. Sie müssen Aufschluss

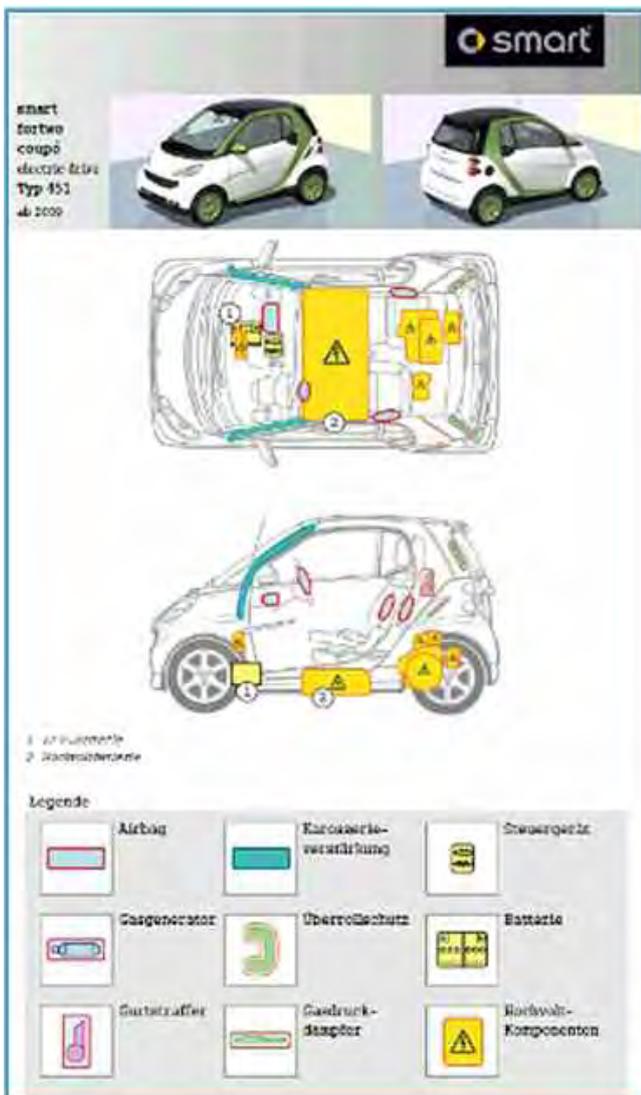


Abb. 3: Rettungshinweise

darüber geben, wo sich die jeweiligen HV-Komponenten im Fahrzeug befinden. Eine bloße Kennzeichnung der Komponenten ist nicht ausreichend. Batterie und Tank befinden sich bei jedem Fahrzeug an unterschiedlichen Stellen. Daher ist es enorm wichtig, dass die Rettungskräfte den Überblick behalten können. Dies muss entsprechend kommuniziert werden. Hier hilft beispielsweise die Rettungskarte. Zur Qualifizierung wird außerdem intensiv z.B. mit Rettungskräften zusammengearbeitet, etwa bei Feuerwehrcoachings.

4. Fazit

Bei Hochvoltfahrzeugen haben wir es nicht nur mit einer neuen, komplexen Technologie zu tun, sondern auch aus Sicherheitsicht stellen diese neue Herausforderungen an die Hersteller. Hierzu wurden und werden auch weiter technische, organisatorische und informationelle Maßnahmen ergriffen, die einer konsequenten und ständigen Kommunikation bedürfen.



Dr. Jutta Schneider

jutta.schneider@daimler.com

Daimler AG

Director eDrive Powertrain Integration & Controls

Betriebsicherheit von Elektrofahrzeugen



Dr. Patrick Seiniger

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Einleitung

Mit der Einführung der Elektromobilität werden in der Öffentlichkeit viele Chancen verbunden. Der Verkehrslärm könnte wesentlich zurückgehen, die lokale Belastung der Umwelt gehörte der Vergangenheit an, und je nach Gewinnung der zur Fortbewegung genutzten elektrischen Energie wäre eine nahezu vollständige Eliminierung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen möglich. Nicht zuletzt wird eine Unabhängigkeit von der Ressource Erdöl erreicht, die für unser Wirtschaftssystem in Zeiten immer knapper werdender Ressourcen nur vorteilhaft sein kann.

Allerdings sind mit der Elektromobilität – so wie mit jeder Innovation – auch Herausforderungen verbunden, die gelöst werden müssen. Eine weitgehende Einführung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen könnte (trotz der aktuellen Euphorie) auf Akzeptanzprobleme stoßen, wenn das Sicherheitsniveau der neuen Fahrzeuge nicht das heutige Niveau konventionell angetriebener Fahrzeuge erreichte und sich erste schwere Unfälle ereigneten. Um eine gewünschte wachsende Marktdurchdringung mit Elektrofahrzeugen zu erreichen sind daher zum einen passende neue Anforderungen an die Sicherheit der Fahrzeuge zu stellen. Zum anderen ist ohnehin schädliche Überregulierung der neuen Technologie zu vermeiden.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) führt in diesem Kontext Forschungsarbeiten im Vorfeld der Entwicklung von fahrzeugtechnischen Vorschriften durch. Sie identifiziert in einem frühen Stadium mögliche Risiken, schätzt objektive Gefährdungen ab, sucht nach praktikablen Lösungen und arbeitet dabei mit allen Beteiligten (Gesetzgebung und Fahrzeugindustrie) zusammen an der Entwicklung oder Fortschreibung geeigneter Anforderungen.

Elektrische Sicherheit

Neu für Fahrzeugtechnik und -sicherheit ist das Vorhandensein von potentiell für Menschen gefährlichen **elektrischen Spannungen** im Fahrzeug.

Für die Batteriesicherheit und den Schutz der Insassen und weiterer Verkehrsteilnehmer vor hohen Spannungen sind daher geeignete Schutzmaßnahmen und Vorschriften erforderlich. Hierfür wurden in den vergangenen Jahren die fahrzeugtechnischen Vorschriften auf internationaler Ebene bereits überarbeitet:

Der Einfluss der Schädigung des Menschen durch Elektrizität ist eine Funktion der Stromstärke und der Einwirkdauer. Da der Innenwiderstand eines menschlichen Körpers in gewissen Grenzen bekannt ist (500 Ω bis 3000 Ω), werden in der Praxis Spannungsgrenzen angegeben. Gefahren durch Wechselstrom entstehen bereits ab Stromstärken von 30 Milliampere (Atemstillstand), ab 50 Milliampere kann es zum Tod durch Kammerflimmern kommen. Bei Gleichstrom beginnen die Schädigungen erst bei größeren Stromstärken.

Spannungen oberhalb von 30 V Wechselfeldspannung und 60 V Gleichspannung sind daher nicht mehr unbedenklich, sie rufen bei der unteren Grenze des Körperwiderstandes Stromstärken von etwa 60 beziehungsweise 120 Milliampere hervor. Liegt der Energieinhalt jedoch unter etwa 0,2 Joule, ist die Einwirkdauer im Millisekundenbereich und die Schädigung des Menschen daher vernachlässigbar.

Ein Strom fließt im Menschen dann, wenn der menschliche Körper den Stromkreis schließt. Das elektrische Haushaltsnetz ist geerdet, daher reicht bei Haushaltsstrom bereits die Berührung eines spannungsführenden Leiters aus, um den Stromkreis zu schließen. In Elektrofahrzeugen ist die Hochvoltanlage in der Regel durch einen ausreichend hohen Isolationswiderstand von der Erdung getrennt. In diesem Fall fließt nur dann ein Strom durch den menschlichen Körper, wenn beide stromführenden Leiter berührt werden.

Ausreichende Sicherheit ist also gewährleistet,

- wenn keine Spannung oberhalb der Grenzwerte anliegt,
- wenn der Energieinhalt des Systems so gering ist, dass die Einwirkdauer im menschlichen Körper vernachlässigbar klein ist,
- wenn die Leiter durch Isolationswiderstand geschützt sind,
- wenn die Leiter durch mechanische Abdeckungen gegen Berühren geschützt sind (z.B. Anschlussklemmen) und diese mechanischen Barrieren nicht ohne Werkzeug entfernt werden können.

Die konkreten Prüfungen zum Sicherstellen der Bedingungen sind in der ECE R 100, die die Anforderungen zum Schutz vor elektrischem Schlag enthält, beschrieben. Die Prüfung des Berührungsschutzes erfolgt durch standardisierte Prüfwerkzeuge nach IPXXB (Prüffinger) und IPXXD (Prüfdraht).

Batteriesicherheit

Der Schutz vor elektrischem Schlag soll selbstverständlich nicht nur im Betrieb der Elektrofahrzeuge gegeben sein, sondern auch im Falle eines Unfalls sowie danach. Aus diesem Grund werden die Vorschriften für Frontal- und Seitenaufprall (ECE R 94 und 95) überarbeitet, wobei auf die Anforderungen aus der ECE R 100 zurückgegriffen wird. In diesem Zusammenhang wird auch die Batteriesicherheit von Elektrofahrzeugen im Falle eines Crashes

in einer UNECE-Arbeitsgruppe diskutiert. Die Batteriesicherheit von Fahrzeugen aus der Großserie wird weitgehend durch ein Batteriemanagementsystem gewährleistet, das wiederum aus Produkthaftungsgründen den Anforderungen der ISO 26262 (Funktionale Sicherheit von elektronischen Systemen) entspricht. Kleinserien und Eigenbauten werden von dieser Norm aber nicht erfasst.

Leise Fahrzeuge

Ein Aspekt, der bereits weltweit diskutiert wird, resultiert aus der Geräuschlosigkeit der Elektrofahrzeuge in für den Stadtverkehr typischen Geschwindigkeitsbereichen. Dies führt zu einer Einschränkung der akustischen Wahrnehmbarkeit der Fahrzeuge.

Gerade im Stadtverkehr müssen sich insbesondere blinde und sehbehinderte Mitbürger, aber auch alle anderen ungeschützten Verkehrsteilnehmer auf ihren Gehörsinn verlassen, um sich nähernde Fahrzeuge zu lokalisieren. Diese Orientierungshilfe würde ihnen durch zu leise Fahrzeuge genommen, und es ist Pflicht der Gesellschaft, diesen Menschen keine weitere Einschränkung ihrer Freizügigkeit aufzuerlegen.

Durch die relative Geräuschlosigkeit bietet sich aber auch gleichzeitig die Chance, den Verkehrslärm deutlich zu reduzieren und damit die Lebensqualität aller Bürger zu verbessern.

Das Problem der leisen Fahrzeuge wird bereits durch eine Arbeitsgruppe der UNECE (Informal Group on Quiet Road Transport Vehicles, zugeordnet der GRB) angegangen. Als Ergebnis der Diskussionen liegt eine Empfehlung für den Einsatz eines künstlichen Geräusches bei niedrigen Geschwindigkeiten vor. Darüber hinaus wird über die Erstellung einer Global Technical Regulation (GTR) nachgedacht. Flankierend dazu führt die BAST Probandenversuche mit konventionellen und elektrischen Fahrzeugen durch.

Bedienkonzept

Ein weiteres Forschungsthema ergibt sich aus einem Auslegungszielkonflikt zwischen Energieeffizienz und Sicherheit in Bezug auf die Bremsanlage.

Heutige Elektrofahrzeuge gewinnen Bewegungsenergie beim Bremsen zurück, indem sie diese in elektrische Energie wandeln (Rekuperation). Die durch diesen Vorgang hervorgerufenen (Rekuperations-) Verzögerungen von bis zu 3 m/s^2 entsprechen den maximalen, im normalen Straßenverkehr auftretenden Verzögerungen bei Betätigung des Bremspedals. Es besteht daher möglicherweise die Gefahr der **Entwöhnung des Bremspedals** und insbesondere im anfänglichen Mischverkehr die Gefahr der Fehlbedienung, denn Erfahrungen mit vergleichbaren Motorradunfällen zeigen, dass vor allem in Gefahrensituationen menschliche Fehlreaktionen nicht ausgeschlossen werden dürfen.

Grundsätzlich ist ein Fahrzeug dann besonders energieeffizient, wenn es gelingt, die Bremsenergie zu speichern und später erneut für Beschleunigungen zu nutzen. Ein solches Konzept nähert das Fahrprofil eines Fahrzeugs an den Idealzustand „Konstante Fahrt in der Ebene“ an.

Ist ein Fahrzeug mit den notwendigen Einrichtungen ausgestattet (elektrischer Generator, Energiespeicher und elektrischer Antrieb), dann fährt es dann besonders effizient, wenn die Reibungsbremse im normalen Fahrbetrieb nicht genutzt wird.

Eine sehr einfache und technisch robuste Auslegung der Bedienelemente des Fahrzeugs ist in diesem Fall, die Rekuperation rein über das Fahrpedal zu steuern und derart auszulegen, dass alle im normalen Betrieb erforderlichen Verzögerungen nur mit dem Fahrpedal abgerufen werden können. Die Reibungsbremse kommt in einem solchen Fall nur noch für ungewöhnlich hohe Verzögerungen zum Einsatz (Ansatz „**Trennung der Bedieneinrichtungen**“¹). Einige der heute als Kleinserien verfügbaren Elektrofahrzeuge sind mit einem solchen System

versehen. Aber auch Fahrzeuge, die bei Benutzung des Bremspedals rekuperieren, können in diese Kategorie fallen, wenn die Rekuperation bei Loslassen des Fahrpedals ausreicht, um das Fahrzeug im normalen Verkehrsfluss zu bewegen. De facto verfügt ein derart ausgelegtes Fahrzeug über zwei verschiedene Betätigungsvarianten, die unterschiedliche Verzögerungsbereiche abrufen.

Bei komplexeren Auslegungsvarianten, wie sie in heutigen Hybridfahrzeugen gewählt sind, ist das Bremspedal von der Reibungsbremsanlage teilweise entkoppelt. Durch das Fahrpedal sind nur den heutigen Motorbremswirkungen vergleichbare Verzögerungen einsteuerbar. Für nennenswerte Verzögerungen ist die Benutzung des Bremspedals erforderlich, das wiederum je nach gewünschter Verzögerung ebenfalls sowohl Rekuperation als auch Einsatz der Reibungsbremse bewirkt (Ansatz „**Konventionelle Bremsbedienung**“). Diese Systemauslegung bietet dem Systementwickler wesentlich mehr freie Parameter zur Abstimmung, und damit steigen auch Abstimmungsaufwand und Komplexität (siehe zum Beispiel [1], S. 8). Die Bedienung eines solchen Fahrzeugs ist der Bedienung eines konventionellen Fahrzeugs vergleichbar.

Jede der Auslegungsvarianten bietet spezifische Vor- und Nachteile. Aus Sicht der Verkehrssicherheit ist aber insbesondere die Variante mit deutlicher Rekuperation am Fahrpedal (Ansatz „Trennung der Bedieneinrichtungen“) umfassend zu prüfen.

Aus Felduntersuchungen ist das Bremsverhalten von Motorradfahrern bekannt, beispielsweise zeigt PRÄCKEL [2], dass insbesondere unerfahrene Motorradfahrer zur Betätigung lediglich einer der beiden Bremsen neigen, und dies auch in Schrecksituationen ([2], S. 129). Auch im Unfallgeschehen sind Unfälle aufgrund falscher Bremsbetätigung nachgewiesen. SPORNER ([3], S. 174) nennt die Betätigung der falschen Bremse als Unfallursache bei konkreten Einzelunfällen, und WEIDEL ([4], S. 11) zeigt einen Zusammenhang zwischen falscher Bremsbetätigung und Unfallereignissen.

1 Siehe z.B. <http://green.autoblog.com/2008/11/24/abg-quick-drive-battery-powered-mini-e-w-video/>

Fahrdynamik

Ein bisher sehr wenig beachtetes Thema ist die Fahrdynamik der Elektrofahrzeuge.

Ein Aspekt ist die Fahrdynamik unter Berücksichtigung der Rekuperation. Wie reagieren die Fahrzeuge auf Lastwechsel bei stationärer Kreisfahrt, kommt es beispielsweise bei Niedrigreibwert zu Instabilitäten?

Darüber hinaus könnten völlig neu konzipierte Elektrofahrzeuge ein komplett anderes Fahrverhalten aufweisen, da sich z.B. Anordnung der Massen, Lage des Schwerpunktes, Trägheitsmomente, Momente an den Rädern etc. wesentlich von den gewohnten Konfigurationen unterscheiden.

Bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen sind die Fahrdynamikregelsysteme auch bei stehendem Motor bzw. Ausfall des Antriebs noch aktiv. Wie reagieren jedoch solche sicherheitskritischen Systeme wie Bremsunterstützung, ABS und ESP, wenn die Batterieladung während der Fahrt zur Neige geht? Im weiteren Sinne ist hier auch die Frage, inwieweit ein liegengebliebenes Elektrofahrzeug noch schleppbar ist, zu beantworten.

Zu den genannten Fragen zur Fahrdynamik liegen bisher keine Erkenntnisse vor. Erste Forschungsvorhaben hierzu laufen.

Hauptuntersuchung

Die Sicherheit eines Fahrzeuges ist nicht nur am Beginn eines Fahrzeuglebens bei der Typgenehmigung von Bedeutung, sondern über das gesamte Fahrzeugleben hinweg. Aus diesem Grund gibt es das System der periodischen technischen Fahrzeugüberwachung. Auch hier stellen sich neue Fragen auf Grund der Einführung von Elektrofahrzeugen. Offen sind beispielsweise noch die Inhalte einer zukünftigen Hauptuntersuchung dieser Fahrzeuge. Einige Bestandteile, beispielsweise die Abgasuntersuchung, können für Elektrofahrzeuge entfallen, da sie nicht relevant sind. Andere Themen, wie zum Beispiel die elektrische Sicherheit, sind neu. Auch der Aspekt der Re-

kuperation hat möglicherweise Rückwirkung auf den Verschleiß der Reibungsbremse. Wird letztere quasi gar nicht mehr genutzt und korrodiert dadurch, steht im Falle einer Notbremsung eventuell nicht mehr die volle Bremskraft zur Verfügung. Die BAST hat kürzlich ein Projekt initiiert, in dem die genannten Fragen zur technischen Überwachung unter Einbeziehung einiger Prüfinstitutionen behandelt werden.

Literatur

[1] Koichiro Muta, Makoto Yamazaki, Junji Tokieda. Development of New-Generation Hybrid System THS II - Drastic Improvement of Power Performance and Fuel Economy, 2004 SAE world congress, Detroit, Michigan, March 8 - 11, 2004. Warrendale Pa.: SAE Internat.; 2004. 17 Bl. (SAE technical paper series; Nr. 2004-01-0064).

[2] Präckel J. Die Motorradbremse im System Mensch/Maschine/Umgebung. Diss TU Darmstadt, 1999. Düsseldorf: VDI-Verl; 1999.

[3] Sporer A. Neueste Ergebnisse der Unfallforschung der Deutschen Autoversicherer mit speziellem Schwerpunkt: Bremsen mit Motorrädern. In: Institut für Zweiradsicherheit, Hrsg. ifz, Int. Motorcycle Conference, München 2002: Institut für Zweiradsicherheit GmbH, Essen, Germany; 2002. S. 151–78.

[4] Weidele A. Untersuchungen zum Bremsverhalten von Motorrädern unter besonderer Berücksichtigung der ABS-geregelten Kurvenbremsung. Diss TU Darmstadt, 1994. Düsseldorf: VDI-Verl; 1994



Dr. Patrick Seiniger

seiniger@bast.de

Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)

Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie

Anforderungen an die Crashesicherheit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen



Rainer Justen
Daimler AG

Einleitung

Für eine nachhaltige Marktakzeptanz von zukünftigen Hybrid- und Elektrofahrzeugen werden insbesondere Kriterien wie eine mit konventionellen Fahrzeugen vergleichbare Alltagstauglichkeit, ausreichende Reichweite, kurze Batterieladezeiten und akzeptable Kosten von hoher Bedeutung sein. Ebenso wird aber auch ein unverändert hohes Sicherheitsniveau für die Akzeptanz von alternativ angetriebenen Fahrzeugen in der breiten Öffentlichkeit ein ebenso wichtiges Kriterium darstellen. Die durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs und die neuen Energiespeicher veränderten Randbedingungen stellen dabei neue Herausforderungen an die Crashesicherheit, insbesondere an die Sicherheit der Hochvolt-Systeme und elektrischen Energiespeicher, sowie an deren Funktions-, Bedien- und Betriebssicherheit, inklusive der externen Ladeeinrichtungen.

Eine Übersicht über das aktuelle Produktportfolio von Mercedes-Benz Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben zeigt Bild 1.

Nachfolgend werden die Anforderungen an die Crashesicherheit von Fahrzeugen mit HV-Systemen beschrieben. In den existierenden und aktuell in Diskussion befindlichen gesetzlichen Standards und Normen sind dazu

bereits grundlegende Anforderungen an die Integrität von Hochvoltssystemen bzgl. dem Schutz vor elektrischem Schlag nach einem Crash sowie zur Brand- und Explosionsvermeidung von Energiespeichern im Crashtest adressiert (z.B. FMVSS 305, ECE R94/95, China GB/T 18384, Japan Attachment 111). Darauf aufbauend sind bei Mercedes-Benz die Craschanforderungen auch insbesondere an der Real Life Safety Sicherheitsphilosophie ausgerichtet.

Das 7-stufige Sicherheitskonzept im Mercedes-Benz S400 Hybrid

Bei dem im Jahre 2009 in Serie gegangenen Mercedes S400 HYBRID, als weltweit erstem Serienfahrzeug mit einer Lithium-Ionen-Batterie, wurde dazu ein siebenstufiges Sicherheitskonzept mit folgenden Maßnahmen implementiert:

1. Alle Hochvolt (HV)-Kabel werden farblich unverwechselbar gekennzeichnet (orange) und alle Bauteile mit entsprechenden Sicherheitshinweisen versehen.
2. Das gesamte HV-System umfasst einen lückenlosen Berührungsschutz durch großzügig dimensionierte Isolierungen und neu entwickelte Spezialstecker.

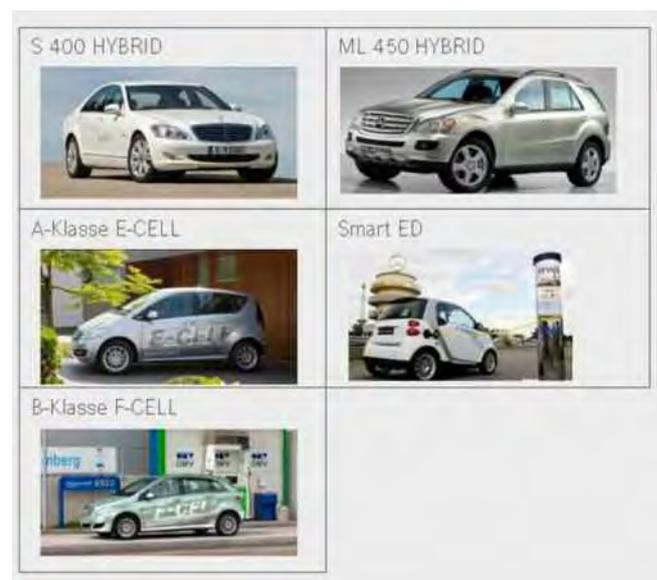


Abb. 1: Mercedes-Benz Hybrid- und Elektrofahrzeuge Modelljahr 2011

3. Die Lithium-Ionen-Batterie ist in einem hochfesten Stahlgehäuse untergebracht. Mögliche Erschütterungen werden durch eine Zelloberfläche in einem speziellen Gel gedämpft. Hinzu kommen eine Abblasöffnung durch eine Berstscheibe und ein separater Kühlkreislauf. Ein interner elektronischer Controller überwacht permanent die Sicherheit und signalisiert eventuelle Fehlfunktionen umgehend.
4. Beide Batteriepole sind getrennt (kein Masseschluss über Karosserie) und alle HV-Komponenten haben eine solitäre Sicherheitsverkabelung sowie eine permanente Überwachung durch mehrfache Interlockschaltung. Das bedeutet, dass alle Hochvolt-Komponenten durch eine elektrische Schleife miteinander verbunden sind, wobei das Hochvoltsystem bei einer Fehlfunktion automatisch abgeschaltet wird.
5. Sobald die Zündung auf „aus“ geschaltet ist oder eine Störung vorliegt, werden Trennschalter aktiviert, damit die Hochvolt-Komponenten spannungsfrei geschaltet werden. Die Batterie bleibt dabei geladen, damit der Motor jederzeit wieder gestartet werden kann.
6. Bei einem Unfall wird das HV-System komplett spannungsfrei geschaltet und entladen.
7. Das HV-System wird permanent auf Kurzschlüsse überwacht.

Besondere Herausforderungen an die Crashesicherheit von HV-Fahrzeugen

Bei Fahrzeugen mit HV-Systemen sind im Wesentlichen drei neue Herausforderungen für die Unfallsicherheit zu berücksichtigen (Bild 2):

1. Struktursicherheit: Der Einbau zusätzlicher, teilweise großer Aggregate, wie z. B. HV-Batterie oder Elektromotor kann sich ungünstig auf das Deformationsverhalten bei einem Aufprall auswirken. Dabei können sich die Komponenten unter Umständen blockbildend verhalten und neben ungewünschten Fahrzeugdeformationen auch die Verzögerungskennlinie und damit die Insassenschutzsysteme beeinflussen. Weitere Aspekte können je nach

Fahrzeugkonzept und Fahrzeuggewicht der Einfluss auf die Kompatibilität, d.h. das gegenseitige Abstützverhalten bei einem Fahrzeug-Fahrzeug-Unfall oder auch auf die Reparaturfreundlichkeit darstellen.

2. Hochvolt-Sicherheit: Das elektrische Antriebssystem in Hybrid- und Elektrofahrzeugen arbeitet mit Betriebsspannungen von bis zu mehreren hundert Volt. Spannungen > 60 V DC bzw. > 30 V AC gehören bereits zur Spannungsklasse B. Da sie bei Stromschlägen zu erheblichen Verletzungen führen können, sind erhöhte Anforderungen an Schutzvorrichtungen gegen elektrischen Schlag zu beachten.

3. Brandschutz: Bezüglich der Brandsicherheit sind mögliche Gefährdungen durch crashbedingte Beschädigungen und Kurzschlüsse in HV-Systemen, sowie durch die elektrischen Energiespeicher zu berücksichtigen. Für Fahrzeug-Traktionsbatterien scheinen sich aktuell Lithium-Ionen-Batterien als technologische Basis klar heraus zu kristallisieren. Dabei sind auch die Unterschiede verschiedener Batterietypen zu berücksichtigen, wie z. B. Leistungsbatterien in Hybridfahrzeugen und Energiebatterien in Elektrofahrzeugen.

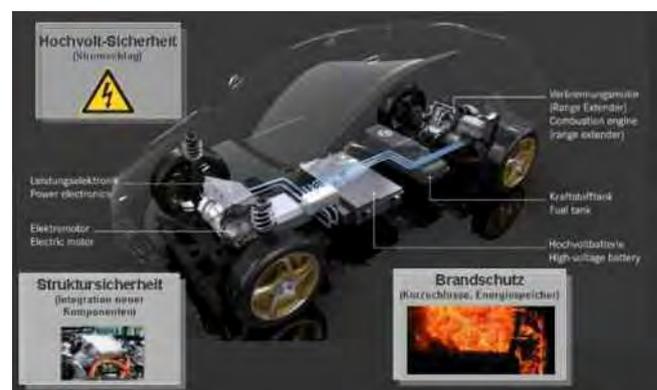


Abb. 2: Besondere Sicherheits Herausforderungen von HV-Fahrzeugen

Sicherheitsgerechte Integration von Hochvolt-Komponenten im Fahrzeug

Von prinzipieller Bedeutung für ein gutes Sicherheitsverhalten von Elektro- und Hybridfahrzeugen bei Fahrzeugunfällen jeglicher Art, ist die unfallsichere Unterbringung aller sicherheitsrelevanten HV-Komponenten im Fahrzeug. Zur Herleitung von Fahrzeugbereichen in denen möglichst geringe Beschädigungsrisiken bestehen, wurden die Beschädigungsbilder von etwa 9000 real verunfallten Fahrzeugen aus der GIDAS-Datenbank (German In-Depth Accident Study) bzgl. ihrer statistischen Häufigkeit und ihren Deformationstiefen ausgewertet [1]. Durch Verknüpfung der Beschädigungshäufigkeit der Fahrzeugbereiche (Zellen) mit der Unfallhäufigkeit und Unfallschwere kann für jeden Fahrzeugbereich die Wahrscheinlichkeit ihrer Deformation in realen Unfällen ermittelt werden.

Durch einen Vergleich dieser Deformationswahrscheinlichkeit mit den Fahrzeugdeformationen im Crashversuch kann gezeigt werden, dass in aktuellen Crashversuchen mehr als 90 % aller Fahrzeugdeformationen in Realunfällen abgedeckt werden.

Für eine sicherheitsgerechte Integration von HV-Komponenten sind folgende Fahrzeugbereiche von Bedeutung (Bild 3):

1. Äußere Deformationsbereiche bei leichten Kollisionen, bei denen noch keine Insassenrückhaltesysteme (z. B. Gurtstraffer und Airbag) ausgelöst werden. In diesen Bereichen sind HV-Komponenten möglichst ganz zu vermeiden, oder so zu schützen, dass keine Beschädigungen auftreten.
2. Deformationsbereiche in Crashversuchen, die zu einer Crashesensierung führen. Hier kann als primäre Schutzmaßnahme eine Abschaltung des HV-Systems vorgenommen werden.
3. Fahrzeugbereiche mit geringer Deformationshäufigkeit, d.h. keinen Deformationen in Crashversuchen. Diese sind insbesondere für den Einbau von Energiespeichern von Bedeutung.



Abb. 3: Deformationshäufigkeit einzelner Fahrzeugbereiche im Realunfall

Schutz vor Stromschlag bei HV-Komponenten

Als Schutzmaßnahmen vor Stromschlägen ist aus gesetzlicher Sicht nach einem Crash die wahlweise Erfüllung von insgesamt 4 Optionen möglich (Bild 4):

1. Erhalt der elektrischen Isolation des HV-Systems mit einem Isolationswiderstand von $> 100 \Omega/V$ DC bzw. $> 500 \Omega/V$ AC
2. Erhalt eines physikalischen Berührschutzes nach der Schutzklasse IPXXB (Fingerberührschutz $\varnothing 12$ mm)
3. Abschaltung und Entladung des HV-Systems auf eine Spannung < 60 V DC bzw. 30 V AC in < 5 s.
4. Vorhandensein einer maximalen elektrischen Energie im HV-System von 0,2 J in < 5 s.

Isolationserhalt	Physikalischer Berührschutz	Abschaltung HV-System	Geringe elektr. Energie
Die elektrische Isolation zwischen HV-System und Fahrzeugkarosserie beträgt mindestens $100/500 \Omega/V$ d.c./a.c.*	Ein physikalischer Berührschutz nach Schutzklasse IPXXB ist nach einem Aufprall vorhanden*	Die Spannung im HV-System ist ≤ 30 V a.c. und 60 V d.c. in < 5 s nach einem Aufprall*	Die elektrische Energie im HV-System ist $< 0,2$ J in < 5 s nach einem Aufprall*

Abb. 4: Optionale Anforderungen zum Schutz vor Stromschlägen gem. ECE R94/95

Das Sicherheitskonzept für Mercedes-Benz Fahrzeuge sieht eine mehrstufige, teilweise überlappende Kombination mehrerer der oben genannten Anforderungen vor (Bild 5).



Abb. 5: Sicherheitskonzept zum Schutz vor Stromschlägen nach einem Unfall

Bei Bagatellunfällen, bei denen keine Auslösung eines Rückhaltesystems erfolgt, sollte das HV-System unbeschädigt und die elektrische Isolation vollständig erhalten bleiben. Damit kann nach solchen Unfällen auch eine Weiterfahrt gewährleistet bleiben.

Bei Frontalunfällen mit einer geringeren bis mittleren Unfallschwere sollte bei einer reversiblen Abschaltung des HV-Systems zusätzlich noch ein Berührungsschutz der HV-Komponenten gewährleistet werden, da unter bestimmten Voraussetzungen ein Wiedereinschalten des HV-Systems möglich ist.

Nur bei schweren Frontalkollisionen und allen anderen Unfallarten, bei denen nach einer Abschaltung des HV-Systems eine Wiederaktivierung nur durch einen Werkstattaufenthalt möglich ist, sind keine weiteren Berührungsschutzanforderungen erforderlich [2].

Abschaltung des HV-Systems bei einem Unfall

Um bei hohen Fahrzeugbeschädigungen jegliche Stromschlagrisiken zu vermeiden, wird beim Erkennen einer relevanten Unfallschwere das HV-System von der Batterie elektrisch getrennt und entladen. Die elektrische Abtrennung der HV-Batterie erfolgt durch Öffnen der Batterieschütze. Die Spannung im HV-System muss dann in spätestens 5 Sekunden auf unter 60 V DC bzw. 30 V AC abgesunken sein. Bei Komponenten, bei denen aufgrund ihres hohen Energieinhalts im Zwischenkreis eine passive Entladung nicht ausreicht, wird zusätzlich ein aktiver Kurzschluss eingeleitet. In der Regel wird die HV-

Deaktivierung an die Crasherkenkung (inklusive Fahrzeugüberschläge) und die Auslösung des Insassenrückhaltesystems gekoppelt. Bei der Abschaltung werden zwei Arten unterschieden:

Bei leichteren Unfällen, z.B. Frontalkollisionen bei denen es nur zu einer Auslösung der Gurtstraffer oder der Airbagstufe 1 kommt, wird das HV-System reversibel abgeschaltet. Wenn keine Isolationsfehler festgestellt werden (Selbstdiagnose), kann das HV-System wieder aktiviert werden. Damit können Fahrzeuge, die nach einem leichteren Unfall noch fahrbereit sind, wieder gestartet werden.

Bei schweren Unfällen wird das HV-System irreversibel abgeschaltet, d.h. ein sofortiger Wiederstart nach dem Unfall ist nicht mehr möglich. Erst nach einer Untersuchung und Reparatur des HV-Systems durch einen autorisierten Servicebetrieb ist das Wiedereinschalten des HV-Systems möglich.

Crash-Sicherheit von HV-Batterien

Auch bei einer unfallbedingten Abschaltung des HV-Systems können die HV-Batterien nicht entladen werden. Elektrolyte haben eine ätzende Wirkung und sind prinzipiell brennbar. Aus diesem Grund sollten bei einem Crash Beschädigungen an HV-Batterien die zu einem Öffnen des Gehäuses und einer Elektrolytleckage führen, möglichst vermieden werden. HV-Batterien sollten deshalb mit einer hohen Priorität in Fahrzeugbereichen eingebaut werden, die nur eine geringe Deformationshäufigkeit besitzen.

Wie schon in Bild 3 erläutert, kann dies mit einem Einbau der HV-Batterie außerhalb der direkten Crashzonen in den Standard-Crashversuchen gewährleistet werden. Mit diesen Crashversuchen sind bereits über 90 % der Fahrzeugdeformationen im realen Unfallgeschehen berücksichtigt. Zusätzlich können bei Bedarf noch ergänzende Schutzmaßnahmen, wie z.B. Strukturverstärkungen für eine weitere Reduzierung des Beschädigungsrisikos beitragen.

Unabhängig von einer hohen Konzeptsicherheit aufgrund einer guten Einbaulage, sollten HV-Batterien zusätzlich noch über ein hohes Maß an Eigensicherheit verfügen. Neben der Absicherung im Fahrzeugcrash werden deshalb alle in Mercedes-Benz Fahrzeugen eingesetzten Batterietypen zusätzlichen Komponententests auf Systemebene durchgeführt [3, 4, 5]. Die Testparameter wurden dabei in Crashsimulationen und -tests ermittelt. Daraus wurden realitätsnahe Belastungsprofile abgeleitet. Je nach Batteriegröße wurden die Tests statisch oder dynamisch durchgeführt.

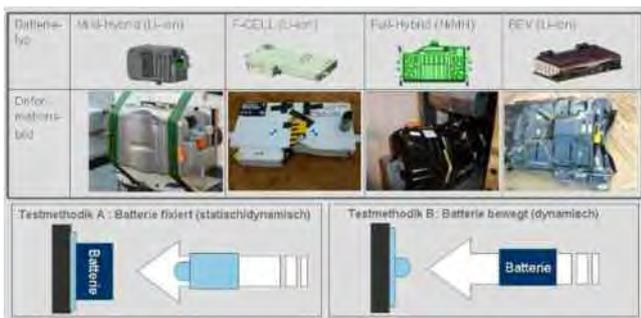


Abb. 6: Versuchsmethodik und Crashversuche mit HV-Batterien

Bild 6 zeigt die Testmethodik sowie die Deformationsbilder der HV-Batterien nach dem Crashversuch. In allen dargestellten Versuchen wurden gegenüber dem Fahrzeugcrash größtenteils sogar deutlich höhere Batteriedeformationen erzielt. Auch bei diesen Tests traten keine kritischen Batteriereaktionen auf. Die Gehäuse blieben geschlossen, so dass kein Berühren von stromführenden Teilen im Inneren der Batterie möglich ist. Es trat kein Elektrolyt aus der Batterie aus und es fand weder eine Entgasung der Batterie statt noch trat ein Brand auf. Damit wurde gezeigt, dass auch bei höheren, über den Fahrzeugcrash hinausgehenden, mechanischen Beaufschlagungen HV-Batterien ein hohes Sicherheitspotential besitzen.

Integrales Sicherheitskonzept für HV-Batterien

Aufgrund ihrer Größe ist die Unterbringung von HV-Batterien in Fahrzeugbereichen mit geringer Deformationshäufigkeit nicht immer realisierbar. Insbesondere bei HV-Batterien für reine Elektrofahrzeuge mit Dimensionen von ca. 1200 x 500 x 200 mm, die ggf. sogar in mehrfacher Ausführung in das Fahrzeug eingebaut werden, lässt sich ein zumindest partieller Einbau in crashbeaufschlagten Fahrzeugbereichen nicht immer ganz vermeiden. Hier kommt ein integrales Sicherheitskonzept für HV-Batterien zum Einsatz, mit dem auch bei einer direkten Deformationsbelastung ein hohes Maß an mechanischer Sicherheit erreicht wird.

Für das Sicherheitskonzept von HV-Batterien werden folgende Faktoren bewertet:

- die Batteriematerialien: die Sicherheitseigenschaften der verwendeten Zellchemie (insbesondere das Anoden-/Kathodenmaterial und der Elektrolyt);
- der Batterieaufbau: das Gehäusematerial, die inneren Freiräume und die inneren Deformationszonen (z.B. Kühlschlüsse, Elektronik);
- zusätzliche Verstärkungen: der Schutzkäfig um die HV-Batterie sowie die Fahrzeugverstärkungen;
- der HV-Batterieeinbau: das Befestigungskonzept, die Verschiebemöglichkeiten, die Karosserieabstützung und Blockbildungen;
- die Crashperformance im Standardcrash: die Belastungen, Deformationen und der Beschädigungsgrad im Crashlastfall;
- die Belastungsgrenzen: das Belastungsniveau in statischen und dynamischen Komponententests bei dem es zu Kurzschlüssen, Leckagen oder gar zum Brand kommt.

Literaturhinweise

[1] Bakker Joerg, Justen Rainer, Daimler AG; Sachs Christian, Friesen Flavio, Adam Opel AG - General Motors Company; Otte Dietmar, Medical University Hannover; Hannawald Lars, VUFO GmbH, Analysis of Fuel Cell Vehicles Equipped with Compressed Hydrogen Storage Systems from a Road Accident Safety Perspective; SAE 11B-0132 / 2011-01-0545.

[2] Justen Rainer, Schöneburg Rodolfo Prof., Unfallsicherheit von Hybrid- und Elektrofahrzeugen; VDA-Technischer Kongress 2011, Ludwigsburg, 24.3.2011.

[3] Justen Rainer, Schöneburg Rodolfo Prof., Schröter Dirk Dr., Kaufmann Rainer Dr., Daimler AG, Crashesicherheit von Lithium-Ionen-Batterien für Hybridfahrzeuge; Crash.tech 2010, Leipzig, 14.4.2010.

[4] Justen Rainer, Schöneburg Rodolfo Prof., Scheunert Dieter, Lamm Arnold Dr., FIVE – Fires in Vehicles; Conference Gothenburg, Sweden, 30.9.2010.

[5] Wech Lothar Dr., Richter Richard, TÜV-Süd Automotive GmbH, Germany, Justen Rainer, Schöneburg Rodolfo Prof., Daimler AG, Germany, Crash Safety Aspects of HV Batteries for Vehicles; 22nd Enhanced Safety Vehicles Conference, Washington, USA, June 13–16, 2011.



Rainer Justen

rainer.justen@daimler.com

Daimler AG

Mercedes-Benz Cars Development

Leiter Sicherheit Alternative Antriebe

Ganzheitliche Fahrzeugsicherheit: Rettungskette



Hans-Thomas Ebner

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)

Automobilhersteller und Rettungskräfte

Innerhalb der letzten 125 Jahre der Entwicklung des Automobils hat sich einiges getan. Rettungskräfte gab es von Anfang an, aber mit den sich erheblich verändernden Fahrzeugen sowie dem gestiegenen Verkehrsaufkommen mussten diese mit den neuen Gegebenheiten mitziehen. Es ist ein großer Erfolg, dass die Anzahl der tödlich Verunglückten im Straßenverkehr in den letzten 40 Jahren in Deutschland um 80 % gesunken ist. Damit dürfen wir uns aber nicht zufriedengeben. Es müssen auf allen Gebieten weiterhin Anstrengungen unternommen werden, um dem Ziel des unfallfreien Fahrens zumindest näher zu kommen. Auch die Fahrzeuge entwickeln sich weiter, bis hin zur Elektromobilität – und daher wird sich auch das Rettungswesen dem Wandel der Mobilität anpassen.

Informationen für die Feuerwehr

Wenn Informationen für Feuerwehren bzw. Rettungsdienste zusammen getragen werden, wird man sich zunächst die Frage stellen, was die Rettungskräfte vor Ort wissen müssen, um Hilfe leisten zu können. Dies wird die Basis sein, die Rettungskräfte angemessen zu informieren. Durch wachsende Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit waren und sind Anpassungen auch der Rettungsstrategien erforderlich. Allerdings sollte dies

keinen Paradigmenwechsel beinhalten, damit die Veränderungen für die Rettungskräfte nachvollziehbar bleiben. Die neuen Kommunikationsstrategien bzw. -technologien müssen also verständlich und damit für die Rettungskräfte möglichst einfach nachvollziehbar sein. Im Jahr 2015 wird voraussichtlich eCall eingeführt werden. Dies ergibt bei diesen Fahrzeugen im Fall der Fälle die Chance, die so genannte Golden Hour nutzen zu können. Alle Fahrzeuge müssen, ob sie nun mit Elektro- oder Verbrennungsmotor angetrieben werden, die gleiche Sicherheit bieten. Genauso müssen die Informationen und Möglichkeiten, die den Rettungskräften zur Verfügung stehen, für den Verunfallten am Ende dieselbe Sicherheit bringen.

Der VDA arbeitet schon lange mit den Feuerwehren bzw. den Rettungsdiensten zusammen. Die Wurzeln des Rettungsdatenblatts, so wie es im Laufe des kommenden Jahres in einer Datenbank einschließlich einer Kennzeichenabfrage für die Rettungsdienste zur Verfügung stehen wird, liegen bereits im Jahr 1994. Damals galt das Datenblatt allgemein für alle PKWs. In der Hauptsache ging es darum, Hinweise für das Retten aus Fahrzeugen mit Airbags zu geben. Heute müssen die Informationen weitaus spezifischer sein. Das Rettungs-Datenblatt wurde weiter entwickelt, bis hin zu herstellerindividuellen Rettungsleitfäden, die es heute zusätzlich zu den standardisierten Rettungsdatenblättern gibt. Die ersten Rettungsdatenblätter wurden 2008 eingeführt und von VDA und VDIK gemeinsam mit den Rettungsdiensten standardisiert. In 2010 wurden mit den ersten Elektrofahrzeugen auch Datenblätter hierfür verfügbar gemacht.

Vor kurzem hat das Kraftfahrtbundesamt die Fahrzeugdaten-Abfrage über das amtliche Kennzeichen für besondere Anwendungen freigegeben. Spätestens ab 2013 wird dann die Kennzeichenabfrage auf elektronischem Wege und damit eine Datenbankabfrage möglich sein, die den Rettungsdiensten ein fahrzeugindividuelles Rettungsdatenblatt zur Verfügung stellt. Dies kann mit eCall kombiniert werden, das voraussichtlich ab 2015 flächendeckend in Deutschland, vielleicht auch europaweit, zum Einsatz kommen wird.

Offen ist derzeit noch die Frage, ob in den einzelnen Landkreisen Rettungsleitstellen eingerichtet werden, die für den Betrieb von eCall erforderlich sind. Zu bemerken ist dabei, dass nicht das Bundesinnenministerium zuständig ist, sondern die Länderinnenministerien bzw. die einzelnen Landkreise.

Gesetzgebung

Im Kontext mit der global arbeitenden Automobilindustrie ist die Regelung 100 der UNECE von besonderer Bedeutung. Diese befasst sich mit der Sicherheit von elektrifizierten Fahrzeugen. Regelung 100 wird derzeit auch im Hinblick auf das Thema der Batteriesicherheit überarbeitet. Bei der WP 29, dem Entscheidungsgremium der Vereinten Nationen (UN) für den Fahrzeugbau, liegt ein Vorschlag vor, eine weltweite Zulassungs-Regelung für die Sicherheit von Elektrofahrzeugen zu erstellen. Sponsoren dieser Regelung sind Japan, Amerika und die Europäische Union. Zielsetzung der Automobilindustrie ist es natürlich, den Ansatz der weltweiten Regelung zu unterstützen. Gleichwohl sind wir sehr daran interessiert, die Maßgaben der Regelung 100 auf eine dann globale Regelung zu übertragen. Der Entwurf für diese globale Regelung sieht bereits eine Gliederung vor, in der auch Rettungsdatenblätter bezeichnet werden. Es gilt nun insbesondere darauf zu achten, dass solche Datenblätter weltweit möglichst einheitlich formatiert sein werden, um die Kräfte der Industrie bündeln zu können, also effizient zu arbeiten. Momentan gibt es Rettungsdatenblätter in Deutschland; in Frankreich wird über eine Norm zu diesem Thema diskutiert. Effizienz heißt demnach, dass alle Vorschläge zu einer gemeinsam getragenen Lösung zusammengeführt werden müssen.

Zusammenarbeit mit Feuerwehren u.a. Rettungsdiensten

Die Zusammenarbeit mit den Rettungsdiensten stellt sich im VDA in zwei Arbeitsgruppen dar. In der Task Force „Rettung von Personen aus verunfallten Fahrzeugen“ sind die Rettungsdatenblätter entstanden. Darüber hinaus wurden neue Technologien vorgestellt, z. B. für den Umgang der Rettungsdienste mit Kunststoff-Windschutz-

scheiben. Außerdem wurden in diesem Arbeitskreis Schnittversuche an Neufahrzeugen zur Erstellung einer Datenbank für die Feuerwehren initiiert. Ebenso findet in dieser Task Force der Informationsaustausch zum Themenfeld eCall statt.

Der zweite Arbeitskreis, der Kreis „Technische Kundendienstfragen“, steht in engem Kontakt mit dem ZDK (Zentralverband der Kraftfahrzeugwirtschaft). Auch das Thema Hauptuntersuchung ist in diesem Arbeitskreis zusammen mit dem Bundesministerium für Verkehr sehr präsent. Auch auf diesem Arbeitsgebiet wird man keinen Paradigmenwechsel anstreben. Zwar unterscheiden sich die Antriebe von Elektrofahrzeuge von den konventionellen, so dass bei der Hauptuntersuchung andere Prämissen gelten müssen. Allerdings gilt auch hier der Grundsatz, dass die Sicherheit von E-Fahrzeugen die gleiche Sicherheit wie bei konventionellen Fahrzeugen sein muss.

Ausblick

In Kürze wird es eine nationale Datenbank für Rettungsdatenblätter geben und wir sind zuversichtlich, diese ab Ende 2012 mit der Kennzeichenabfrage kombinieren zu können. eCall wird voraussichtlich im Jahr 2015 zum Einsatz kommen. Hier sollte jedoch darauf geachtet werden, dass bestehende Systeme (einige Hersteller haben schon heute vergleichbare Systeme) kompatibel und betriebsfähig bleiben. In Zukunft werden die Rettungskräfte nicht nur wissen, dass und wo ein Unfall stattgefunden hat, sondern auch welche Fahrzeuge darin verwickelt sind. Und dank der Rettungsdatenblätter wissen sie dann auch, wie zum Nutzen der verunfallten Menschen gehandelt werden muss. Die künftige Vernetzung von Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur wird weitere Potentiale freischalten.



Hans-Thomas Ebner

ebner@vda.de

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)

Leiter Abteilung Technik

Versicherungs- und haftungsrechtliche Fragen der Elektromobilität



Dr. Martin Stadler
Allianz Versicherungs-AG

Wenn die „Automobile Zukunft“ der Elektromobilität gehört, stellt sich die Frage, ob die neue Technologie auch das Versicherungs- und Haftungsrecht verändern wird. Im nachfolgenden Beitrag sollen deshalb anhand ausgewählter Besonderheiten der Elektromobilität die jeweiligen versicherungs- und haftungsrechtlichen Auswirkungen untersucht werden.

1. Das Elektrofahrzeug ist leise

Während Diesel- und Benzinmotoren in der Regel deutlich zu hören sind, ist ein Elektroantrieb leise. Die erste aus rechtlicher Sicht zu analysierende Besonderheit besteht somit darin, dass Elektrofahrzeuge gerade „dadurch auffallen, dass sie nicht auffallen.“ Betroffen sind insbesondere Fußgänger und Radfahrer, die es gewohnt sind, sich im Straßenverkehr auch auf ihr Gehör zu verlassen. Das Problem ist zwischenzeitlich erkannt und Lösungen (z.B. künstliche Erzeugung von Motorgeräuschen) werden erarbeitet. Nachfolgend soll ausschließlich aus rechtlicher Sicht der Frage nachgegangen werden, ob das Elektrofahrzeug nach derzeitiger Gesetzeslage dafür „bestraft“ werden kann, dass es leise ist.

1.1 Mithaftung

Zunächst einmal stellt sich die Frage, ob die fehlende

akustische Wahrnehmbarkeit des Elektrofahrzeugs zu einer höheren Haftungsquote führen kann. Manchmal wird im Haftungsrecht im Rahmen der Ermittlung der Mithaftungsquoten gemäß § 254 Abs. 1 BGB durchaus auch berücksichtigt, ob die Schuld eines Beteiligten deshalb erhöht ist, weil die Gefahr deutlich zu hören war. Ein Beispiel hierfür ist die Entscheidung des OLG Düsseldorf (Entscheidung vom 12.03.1992; Az. 13 U 157/91), in der es um die Verletzung eines Kunden auf einem Schrottplatz ging, der nach verwertbaren Teilen im Umfeld einer nicht ordnungsgemäß abgesicherten Schrottpresse suchte. Nach Ansicht des Gerichts haftet zwar der Inhaber des Schrottplatzes wegen einer fehlenden Absperrung des gefährlichen Bereichs rund um die Schrottpresse aus seiner Verkehrssicherungspflicht, doch musste sich auch der Kunde eine Mithaftung nach § 254 Abs. 1 BGB zurechnen lassen, da die Gefahr erkennbar und insbesondere auch zu hören war.

Aber lässt sich hieraus der Umkehrschluss ziehen, dass der Halter bzw. der Fahrer eines Elektrofahrzeugs wegen der geringeren Geräusentwicklung seines Fahrzeugs stets mit einer höheren Mithaftungsquote rechnen muss? Ich meine nein. Grundsätzlich gilt, dass man jemandem nur dann eine „Schuld“ vorwerfen kann, wenn er eine ihm obliegende Pflicht verletzt hat. Es gibt aber derzeit für ein Elektrofahrzeug (noch) keine Pflicht laut zu sein. Aus einem „zu leise sein“ ist deshalb im Umkehrschluss kein Fehlverhalten (Verschulden) ableitbar. Ausnahmen von dem Grundsatz, dass niemand verpflichtet ist, laut zu sein, gelten nach deutschem Straßenverkehrsrecht allenfalls in Sondersituationen, beispielsweise die Pflicht von Einsatzfahrzeugen gemäß §§ 35 und 38 StVO in bestimmten Situationen ein Martinshorn einzuschalten (vgl. z.B. OLG Düsseldorf v. 11.11.91, Az 1 U 135/90), doch ist dies eine auf wenige Sondersituationen beschränkte Ausnahmeregelung. Solange der deutsche Gesetzgeber keine Mindestgeräusentwicklung von Elektrofahrzeugen vorschreibt, ist somit nicht von einer erhöhten (Mit-)Haftung des Fahrers eines Elektrofahrzeugs auszugehen.

1.2 Erhöhte Betriebsgefahr

Neben der verschuldensabhängigen Haftung des Fahrers sieht das deutsche Straßenverkehrsrecht in § 7 StVG aber auch eine verschuldensunabhängige Gefährdungshaftung des Halters vor. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob von Elektrofahrzeugen aufgrund der fehlenden Geräuschentwicklung eine erhöhte Betriebsgefahr ausgeht. Meiner Meinung nach ist auch dies zu verneinen, wengleich Rechtsprechung zu dieser Frage noch fehlt. Der Gefährdungshaftung nach § 7 StVG liegt der Gedanke zugrunde, dass von Kraftfahrzeugen für die Öffentlichkeit eine abstrakte Gefahr ausgeht, die es rechtfertigt, den Halter des Fahrzeugs allein auf Grund der Betriebsgefahr seines Fahrzeugs haften zu lassen, auch ohne dass ihn ein Verschulden trifft. Diese Betriebsgefahr des Fahrzeugs kann erhöht sein, wenn von einem bestimmten Fahrzeugtyp (z.B. aufgrund dessen Größe) generell eine höhere Gefahr ausgeht als von anderen Fahrzeugen (vgl. z.B. OLG Karlsruhe vom 20.10.2010 Az. 13 U 46/10). Doch lässt sich mit solchen Erwägungen keine generell höhere Betriebsgefahr eines Elektrofahrzeugs begründen, da eine besondere Gefährdung der Allgemeinheit gerade nicht vorliegt. Das Gegenteil ist der Fall, da es Intention des Gesetzgebers ist, emissionsarme Fahrzeuge zu fördern. Eine Schlechterstellung von Elektrofahrzeugen wäre vor dem Hintergrund des verfassungsrechtlichen Grundsatzes der haftungsrechtlichen Gleichbehandlung aller Verkehrsteilnehmer meiner Meinung nach problematisch (vgl. zum Gleichbehandlungsgrundsatz im Haftungsrecht Hohloch in VersR 79, 199).

2. Die Batterie „hält nicht“

Ein weiterer Aspekt, der eine nähere rechtliche Betrachtung verdient, ist die Frage nach den rechtlichen Folgen, wenn die Hochvolt-Batterie, die häufig einen erheblichen Teil des Kaufpreises des Elektrofahrzeugs ausmacht, nicht hält, was der Hersteller versprochen hat.

2.1 Unterschiede zwischen Gewährleistung und Garantie

Hinsichtlich der Frage der Rechtsfolgen einer nicht mehr (voll) funktionsfähigen Batterie, ist zunächst zwischen

der gesetzlich geregelten Sachmängelhaftung (§ 437 BGB) und der freiwilligen Garantie zu unterscheiden.

Unterschied zwischen Garantie und Gewährleistung

Sachmängelhaftung (Gewährleistung)	Garantie
Haftung des Verkäufers	i.d.R. Zusage des Herstellers, Händlers oder eines Versicherers
gilt kraft Gesetz	Inhalt nach freier Partevereinbarung
Voraussetzung: Sachmangel	i.d.R. Zusicherung der Funktionsfähigkeit (teilweise begrenzt auf bestimmte Baugruppen)
Haftung nur für Mängel, die schon zum Zeitpunkt des Verkaufs bestanden	Haftung auch für Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit, die erst später entstehen
Innerhalb der ersten 6 Monate Vermutung, dass Mangel schon bei Auslieferung bestand	Volle Beweislast beim Kunden
Gewährleistungszeit 24 Monate (bei Neuwaren) und 12 Monate bei Gebrauchtwaren	Garanzzeit nach freier Partevereinbarung

Die gesetzlich in § 437 ff. BGB geregelte Sachmängelhaftung, die in der Umgangssprache als „Gewährleistung“ bezeichnet wird, ist ein Anspruch des Käufers gegen den Verkäufer (d.h. in der Regel den Autohändler), wohingegen eine Garantiezusage in der Regel vom Hersteller (manchmal aber auch vom Händler) abgegeben wird. Weit verbreitet sind auch sog. Garantieversicherungen (auch Reparaturkostenversicherung genannt), bei der der Hersteller bzw. Händler lediglich als Vermittler auftritt und der Kunde im Garantiefall einen unmittelbaren Anspruch gegen den Versicherer erwirbt.

Ein erheblicher Unterschied zwischen Gewährleistung und Garantie besteht hinsichtlich der Frage, welche Teile des Fahrzeugs geschützt sind. Die gesetzliche Gewährleistung bezieht sich – ohne inhaltliche Einschränkung – auf das gesamte Fahrzeug und seine Teile. Alles was an den Kunden verkauft wurde, muss frei von Sachmängeln sein. Was unter „frei von Sachmängeln“ zu verstehen ist, definiert § 434 Abs. 1 BGB. Ohne Sachmangel heißt, der tatsächliche Zustand der Ware darf nicht von dem Zustand abweichen, den die Parteien bei Abschluss des Kaufvertrages vereinbart haben („Abweichung der Soll-Beschaffenheit von der Ist-Beschaffenheit“). Die Garantie, die normalerweise die Funktionsfähigkeit bestimmter Teile zusichert, kann hingegen hinsichtlich ihres Umfangs

(z.B. maximale Laufleistung, Garantie nur für bestimmte Baugruppen, Garantie nur gegen Durchrostung) vom Garantiegeber frei ausgestaltet werden.

Während die Gewährleistung ausschließlich bei Mängeln schützt, die schon bei Übergabe des Fahrzeugs bestanden (evtl. aber erst später auftreten), greift die Garantie auch für Mängel, die erst später auftreten. Bei der Garantie reicht es also aus, wenn der Mangel im Laufe der Garantiezeit auftritt. Die Beweislast für das Vorliegen eines Gewährleistungs- bzw. Garantiefalls liegt in beiden Fällen beim Kunden, wobei im Falle der Gewährleistung innerhalb der ersten sechs Monate eine gesetzliche Beweisermittlung greift, nach der in diesem Zeitraum bei Verbrauchern vermutet wird, dass der Mangel bereits bei Übergabe bestanden hat (§ 476 BGB).

Erhebliche Unterschiede bestehen auch im Zeitraum, für den Gewährleistung bzw. Garantie gelten. Im erstgenannten Fall gibt das Gesetz einen Gewährleistungszeitraum von zwei Jahren vor (§ 438 Abs. 1 BGB). Diese kann gegenüber einem Verbraucher gemäß § 475 Abs. 2 BGB bei Neuwaren gar nicht und bei Gebrauchsgütern auf ein Jahr verkürzt werden (gegenüber einem gewerblichen Käufer ist auch ein Gewährleistungsausschluss möglich). Im Falle der Garantie obliegt es dem Anbieter, die Laufzeit der Garantie festzulegen. In der Praxis üblich sind zwischen 1 und 7 Jahren (Opel hat seine Werbung mit lebenslanger Garantie zwischenzeitlich eingestellt).

2.2. Leistungsabfall der Batterie als Mangel

Die entscheidende Frage für die Hersteller von Elektrofahrzeugen bzw. für die Hersteller der Hochvolt-Batterien wird sein, ab wann die Rechtsprechung bei einem Leistungsabfall (gemeint ist insbesondere eine sinkende Kapazität und damit eine sinkende Reichweite) der Batterie während der Garantie- bzw. Gewährleistungszeit einen Mangel annehmen wird. Da ein Mangel gemäß § 434 Abs. 1 BGB vorliegt, wenn der tatsächliche Zustand der Ware von dem Zustand abweicht, den die Parteien bei Abschluss des Kaufvertrages vereinbart haben, kommt

es entscheidend darauf an, welche Zusicherung hinsichtlich der Leistung der Batterie vom Hersteller gegeben wurde. Ab welchem Leistungsabfall man von einem Mangel sprechen kann, ist bisher in der Rechtsprechung nicht entschieden. In der vergleichbaren Problematik des Leistungsabfalls eines Notebook Akkus hat das LG Stuttgart einen Mangel in jedem Fall dann bejaht, wenn die tatsächliche Leistung auf unter 50% der bei Kauf angegebenen Betriebszeit sinkt (LG Stuttgart vom 28.05.1998, AZ. 6 S 69/97). Doch muss davor gewarnt werden, solche Entscheidungen aus anderen Bereichen auf Elektrofahrzeuge zu übertragen, da der Nutzwert eines Notebooks bei geringer Akkuleistung aufgrund der allorts vorhandenen Auflademöglichkeiten und der Möglichkeit, dieses auch angesteckt zu betreiben, weniger reduziert ist als wenn der Käufer eines Elektrofahrzeugs wegen reduzierter Batterieleistung nicht mehr den Weg zu seinem Arbeitsplatz schafft (und er das Fahrzeug vielleicht genau zu diesem Zweck angeschafft hat). Wie so oft, wird es auch hier auf alle Umstände des Einzelfalls ankommen. Der Hersteller befindet sich diesbezüglich in einem Dilemma. Auf der einen Seite werden Elektrofahrzeuge nur dann gekauft, wenn dem Kunden auch eine ausreichende Leistung und Langzeitqualität der Batterie zugesichert werden kann, andererseits erhöht sich das Haftungsrisiko erheblich, wenn Versprechen gemacht werden, die später nicht eingehalten werden.

2.3 Risiko „Kettengarantie“

Für den Hersteller von Elektrofahrzeugen bzw. den Hersteller der Hochvolt-Batterie besteht noch ein weiteres nicht zu unterschätzendes Risiko, nämlich die Frage, ob nach Austausch der mangelhaften Batterie die zweijährige Gewährleistungsfrist (für das ausgetauschte Teil) neu zu laufen beginnt. Für den Hersteller, der die Qualität seiner Batterie nicht in den Griff bekommt, würde dies das Risiko einer sich immer wieder verlängernden sog. „Kettengarantie“ (die richtigerweise „Kettengewährleistung“ heißen müsste) bedeuten. Das Phänomen der Kettengewährleistung ist in der Rechtswissenschaft umstritten und sorgt dort seit vielen Jahren für Diskussionen.

Diejenigen, die in dieser streitigen Rechtsfrage bisher grundsätzlich von einem Neubeginn der Verjährung ausgehen (z.B. BGH Urteil v. 05.10.2005, Az. VIII ZR 16/05; OLG Nürnberg vom 23.08.2005, Az. 3 U 991/05; Graf von Westphal, ZGS 2002, 19), begründen dies damit, dass der Verkäufer mit dem Austausch des defekten Teils (solange dies nicht aus reiner Kulanz geschieht) seine Pflichtverletzung (die mangelhafte Lieferung) anerkennt. Gemäß § 212 Abs. 1 Nr. 1 BGB beginnt die Verjährung aber von neuem zu laufen, wenn der Schuldner dem Gläubiger gegenüber einen Anspruch anerkennt. Die Gegenauffassung (z.B. Bolthausen/Rinker, ZGS 2006, 12) stellt hingegen auch im Falle der Nachlieferung für den Ablauf der Gewährleistung auf die Erstlieferung ab. Der Hersteller einer Hochvolt-Batterie sollte aufgrund der derzeit noch unklaren Rechtslage jedoch zumindest das Risiko einer Kettengewährleistung einkalkulieren. Eindeutig nicht zu einer Kettengewährleistung kommt es, wenn der Austausch nur aus Kulanz erfolgte. Auch gilt die Problematik der Kettengewährleistung nur für die gesetzliche Gewährleistung. Im Falle der Garantie hat die Rechtsprechung einen Neubeginn der Verjährung bisher abgelehnt (vgl. OLG Celle vom 8.3.2006, Az. 7 U 205/05).

2.4 Abgabe einer Garantieerklärung als Versicherungsgeschäft

Eine häufig übersehene Problematik besteht darin, dass eine Garantie außerhalb eines Versicherungsvertrags nur im engen Zusammenhang mit dem Verkauf einer Ware (Verkauf des Fahrzeugs bzw. Batterie) abgegeben werden darf. Insbesondere der Nachverkauf einer Garantie ist rechtlich problematisch. Das Problem liegt darin, dass Garantiezusagen grundsätzlich die Kriterien eines Versicherungsgeschäfts erfüllen. Nach der Rechtsprechung (vgl. BVerwG vom 25.11.1986, Az. 1 C 54,81 = VersR 1987, 297) liegt ein Versicherungsgeschäft im Sinne von § 1 VAG vor, wenn

- gegen Entgelt (Kapitalsammelbecken),
- für den Fall eines ungewissen Ereignisses,
- eine selbständige Leistungszusage abgegeben wird,
- die auf dem Gesetz der großen Zahl basiert.

Zum Betrieb von Versicherungsgeschäft sind gemäß § 1 VAG ausschließlich Versicherer berechtigt (ein Verstoß hiergegen ist gemäß § 140 Abs. 1 Nr. 1 VAG strafbar). Das entscheidende Abgrenzungskriterium für die rechtliche Einordnung der Garantiezusage ist die „Selbständigkeit der Leistungszusage“. Wird die Garantie beispielsweise als sog. unselbständige Nebenabrede im engen Zusammenhang mit dem Hauptgeschäft des Autoverkaufs gegeben, liegt kein Versicherungsgeschäft vor, d.h. der Hersteller bzw. Händler kann die Garantiezusage abgeben. Etwas anderes gilt aber dann, wenn eine Garantie ohne direkten Zusammenhang mit dem Fahrzeugverkauf gegeben wird. So hat beispielsweise das BVerwG (Entscheidung vom 19.6.1969, Az. I A 3.66 = NJW 1969, 1978) einem Anbieter von Langzeitgarantien für Fernseher den Geschäftsbetrieb wegen unzulässiger Ausübung von Versicherungsgeschäft untersagt, da die Garantie unabhängig vom Verkauf des Fernsehgeräts nachträglich angeboten wurde.

2.5 Ausschluss der Batterie aus dem Garantieverprechen

Eine besondere Problematik bei Elektrofahrzeugen taucht auf, wenn die Batterie von der Garantie ausgenommen werden soll (was nur bei der Garantie, nicht aber bei der Gewährleistung in Betracht kommt).

Hinsichtlich der Versorgungs-Batterie bei Benzin- und Dieselfahrzeugen ist die aktuelle Praxis in den Garantiebedingungen der Hersteller bzw. der Reparaturkostenversicherer, die Batterie im Kleingedruckten vom Umfang der Garantie auszuschließen. Dies ist AGB-rechtlich auch unproblematisch, solange es sich um ein Benzin- oder Dieselfahrzeug handelt, da die Batterie dort auch nach dem Verständnis des Kunden zu den Verschleißteilen zählt, für die dieser auch keine Garantie erwartet.

Wird jedoch für ein Elektrofahrzeug eine Garantie gewährt, könnte der Ausschluss der Antriebsbatterie als überraschende Klausel im Sinne von § 305c Abs. 1 BGB anzusehen sein, was zur Unwirksamkeit der Ausschlussklausel führen könnte. Eine überraschende Klausel liegt immer dann vor, wenn die darin enthaltene Regelung deutlich von dem abweicht, was ein Kunde im redlichen Geschäftsverkehr typischerweise von seinem Vertrag

erwarten durfte. Um der Überraschungswirkung nach § 305c BGB zu entgehen und späteren Ärger zu vermeiden, sollte bei Elektrofahrzeugen in allen Garantie-Informationsunterlagen deutlich gemacht werden, ob sich die Garantie auch auf die Antriebsbatterie bezieht oder nicht.

2.6 Asymmetrische Informationsverteilung

Zum Abschluss der rechtlichen Betrachtung der Garantieproblematik möchte ich noch einen Ausblick auf mögliche ökonomische Auswirkungen geben: Aus einer für den Kunden resultierenden Unsicherheit, nämlich der Tatsache die reale Lebensdauer der Batterie nicht ohne Informationen durch den Hersteller beurteilen zu können, entsteht eine sogenannte „Asymmetrische Informationsverteilung.“

Eine asymmetrische Informationsverteilung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Marktteilnehmer nicht in gleicher Weise über die Beschaffenheit des Kaufgegenstandes informiert sind (vgl. hierzu z.B. http://de.wikipedia.org/wiki/Asymmetrische_Information). Da der Käufer eines Elektrofahrzeugs insbesondere die Langzeitqualität der Batterie nicht testen kann und diesbezüglich auf die überlegene Information des Herstellers angewiesen ist, liegt eine asymmetrische Informationsverteilung zu Lasten des Kunden vor. Solche Informationsdefizite führen nach Meinung der Ökonomen zu niedrigeren Preisen oder zu einem Nachfragerückgang, da das befürchtete Qualitätsrisiko die Zahlungsbereitschaft der Nachfrager senkt. Gelöst werden kann dieses Problem durch sog. Signaling, d.h. Märkte mit der Gefahr von asymmetrischer Informationsverteilung bleiben funktionsfähig, wenn der Partner mit mehr Information ein Signal über die Qualität des Gutes setzt, das transferiert werden soll. Möglichkeiten hierfür sind beispielsweise ein Gütesiegel einer unabhängigen Organisation oder das Abgeben einer Garantiezusage.

3. Unfallhelfern drohen Stromschläge

Ein weiterer bei Elektrofahrzeugen immer wieder auftauchender Diskussionspunkt ist, wie mit den Risiken umzugehen ist, die Helfern an der Unfallstelle durch

Stromschläge entstehen. Im nachfolgenden soll hier ausschließlich auf die rechtlichen Aspekte dieser Problematik eingegangen werden, die ansonsten technisch und durch Schulung der Unfallhelfer zu lösen ist.

Aus rechtlicher Sicht ist der Hilfeleistende geschützt. Er kann Ersatz für eigene Körper- und Sachschäden sowie für die Aufwendungen aus der Hilfeleistung verlangen. Es gilt der Grundsatz, dass einem Hilfeleistenden aus seiner Hilfeleistung keine Nachteile erwachsen dürfen. Ersatzansprüche (sowohl für Personen- als auch Sachschäden) können an den zuständigen gesetzlichen Unfallversicherungsträger gestellt werden (§ 2 Abs. 1 Nr. 13 lit. a SGB VII). Darüber hinaus bestehen (je nach Einzelfall) auch Ansprüche gegen den Unfallverursacher (§ 823 BGB) bzw. das Opfer (§ 670 i.V.m. 683 BGB). In den beiden letztgenannten Fällen kann der geschädigte Hilfeleistende seine Ansprüche auch direkt gegen den Kfz-Haftpflichtversicherer geltend machen, der hier eintrittspflichtig ist, soweit die Schädigung des Hilfeleistenden noch dem „Gebrauch des Fahrzeugs“ zuzurechnen ist.

Es stellt sich nun lediglich noch die Frage, ob dem Hilfeleistenden eine Mithaftung trifft, wenn er die von einem Elektrofahrzeug nach einem Unfall ausgehende Gefahr unterschätzt hat. Grundsätzlich dürfte dies zu verneinen sein. Die Rechtsprechung berücksichtigt die Sondersituation des Helfenden, wenn dieser nach einem Unfall nicht die (aus nachträglicher Sicht) vernünftigste Maßnahme ergreift. In der Regel führen Fehler deshalb nicht zu einer Mithaftung des Helfenden, da berücksichtigt wird, dass der Helfer in einer ohne sein Verschulden eingetretenen, für ihn nicht voraussehbaren Gefahrenlage keine Zeit zu ruhiger Überlegung hat und deshalb nicht immer das Richtige und Sachgerechte unternimmt (vgl. BGH vom 5.10.2010, Az. VI ZR 286/09). Lediglich bei professionellen Unfallhelfern (z.B. Abschleppunternehmern) wird die Rechtsprechung voraussichtlich erhöhte Anforderungen stellen und ggf. eine Mithaftung bejahen, da man bei diesem Personenkreis Kenntnisse über die besonderen Risiken eines verunfallten Elektrofahrzeugs verlangen kann.

4. Schäden beim Ladevorgang

Zuletzt soll noch kurz auf die Problematik der Schäden während des Ladevorgangs eingegangen werden. Stromleitungen stellen grundsätzlich eine Gefahr dar, welche vom Verantwortlichen in geeigneter und zumutbarer Form gemindert werden müssen. So entschied beispielsweise das LG Bückeburg (Entscheidung vom 24.04.1997; Az. 2 O 277/96), dass eine Gemeinde verpflichtet ist, die bei einer Weihnachtsbeleuchtung eingesetzten Stromkabel ausreichend zu isolieren. Die Gemeinde hatte diese Verkehrssicherungspflicht vernachlässigt und war deshalb einem Hundehalter, dessen Hund zunächst in das Stromkabel und aufgrund des Schocks dann seinen Halter biss, zum Ersatz von Schmerzensgeld verpflichtet. Doch dürfen die diesbezüglichen Sorgfaltspflichten auch nicht überspannt werden. So entschied das LG Hagen (Entscheidung vom 16.03.1999, Az. 1 S 1/99), dass beispielsweise die lose Verlegung eines maximal 1 cm dicken Elektrokabels über den Boden eines Wochenmarkts keine Verletzung der Verkehrssicherungspflicht darstellt.

Der Halter eines Elektrofahrzeugs, der im Rahmen des Ladevorgangs gegen seine Verkehrssicherungspflicht verstößt und deshalb Dritten gegenüber haftet, ist in der Regel über die Kfz-Haftpflichtversicherung geschützt, da die Rechtsprechung den „Gebrauch des Fahrzeugs“, der den Umfang der Kfz-Haftpflichtversicherung definiert und die Abgrenzung zur Privathaftpflichtversicherung darstellt, sehr weit auslegt. Unter „Gebrauch des Fahrzeugs“ ist jeder Vorgang zu verstehen, der mit dem Verwendungszweck des Fahrzeugs in adäquatem Ursachenzusammenhang steht. Hierzu gehören zweifelsfrei das Ein- und Aussteigen und natürlich das Fahren selbst. Aber auch das Tanken wird dem Gebrauch des Fahrzeugs zugerechnet (vgl. BGH 26.06.1979, Az. VI ZR 122/78, vgl. zum Gebrauch allg. auch Maier in Stiefel/Maier A.1.1 AKB Rn. 18).

Sollte aufgrund eines technischen Defekts während des Ladevorgangs ein Brand entstehen und sowohl Fahrzeug als auch Garage bzw. Haus beschädigt werden, ergibt sich

folgende Situation: Der Schaden am Elektrofahrzeug ist als Brandschaden versichert, soweit für das Fahrzeug eine Teilkaskoversicherung bestand (vgl. zu Brandschäden in der Teilkaskoversicherung: Stadler in Stiefel/Maier, A.2.2 AKB Rn. 6 ff.). Der Schaden am Haus bzw. der Garage ist ebenfalls als Brandschaden über die Feuer bzw. Wohngebäudeversicherung gedeckt (vgl. zu Brandschäden in der Feuerversicherung: Armbrüster in Prölss/Martin, AFB 2008, § 1, Rn. 3). Der Versicherer wird jedoch prüfen, ob der Brand durch grob fahrlässiges Verhalten beim Ladevorgang herbeigeführt wurde. In diesem Fall wäre der Versicherer gemäß § 81 Abs. 2 VVG berechtigt, seine Leistung in einem der Schwere des Verschuldens des Versicherungsnehmers entsprechenden Verhältnis zu kürzen. Bei Verdacht auf einen Produktfehler würde der Versicherer zunächst an seinen Versicherungsnehmer regulieren, dann aber gemäß § 86 VVG einen Regress gegen den Hersteller einleiten.

5. Ergebnis und Ausblick

Die Elektromobilität wirft auch aus rechtlicher Sicht einige interessante Fragestellungen auf, wobei die wenigsten Probleme völlig neu sind, sondern im Zusammenhang mit Elektrofahrzeugen lediglich in anderer Ausprägung auftreten. Eine weitergehende Analyse wird insbesondere für die Frage der Haftung für Mängel der Batterie und für mögliche Garantiemodelle zur Auflösung der asymmetrischen Informationsverteilung empfohlen.



Dr. Martin Stadler

martin.stadler@allianz.de

Allianz Versicherungs-AG

Leitender Justiziar

Hochvoltfahrzeuge – Besonderheiten bei der Typklasseneinstufung?



Dr. Jürgen Redlich

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

Typklassensysteme in der Autoversicherung

In den Typenstatistiken der deutschen Autoversicherer gibt es insgesamt über 20.000 Fahrzeugtypen. Jedem Fahrzeugtyp sind für die Kraftfahrzeug-Haftpflichtversicherung sowie für die Voll- und Teilkaskoversicherungen Typklassen zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt auf der Basis der realen Schadenaufwendungen aller Versicherer aus den Vorjahren, für den jeweiligen Fahrzeugtyp. Eine Typklasse gibt somit Auskunft über das versicherungstechnische Risiko eines Fahrzeuges, d. h. wie oft muss mit einem Schaden gerechnet werden (Schadenhäufigkeit) und wie teuer wird dieser im Durchschnitt sein (Schadendurchschnitt). Im Folgenden stellt sich die Frage, wie bei neuen Fahrzeugen, bei denen Erfahrungswerte aus der Vergangenheit fehlen, eine Typklasse ermittelt wird und welche Besonderheiten bei der Neueinstufung von Hochvolt- und Elektrofahrzeugen ggf. zu berücksichtigen sind.

Erfahrungen mit Hybrid- und Elektrofahrzeugen

Die übliche Vorgehensweise, die zu erwartende Unfall- bzw. Schadenhäufigkeit für ein neues Fahrzeug zu prognostizieren, basiert auf Erfahrungswerten. Diese werden aus den Typenstatistiken von direkten Vorgängermodellen (bspw. Golf VI - Vorgänger Golf V) übernommen oder

von vergleichbaren Modellen vom gleichen Hersteller oder Wettbewerbern. Dieser Vorgehensweise liegt die Überlegung zugrunde, dass ähnliche Fahrzeuge auch ein vergleichbares Kundenprofil und ein vergleichbares Fahrverhalten der Kunden aufweisen. Bei Elektro- und Hybridfahrzeugen fehlen diese Erfahrungswerte noch, bzw. sind nur im geringen Umfang vorhanden. So hat in der Typenstatistik der Haftpflichtversicherung der Golf Citystromer nach wie vor das größte Volumen (Stand 31.12.2010) – obwohl dieser bereits 1995 in die Typenstatistik aufgenommen wurde und nur 114 Einheiten aufweist. Dies scheint ein Widerspruch zur Realität auf den Straßen zu sein. Jedoch ist der weitaus größte Anteil an Elektrofahrzeugen, die heute im Straßenbild zu sehen sind, noch Kleinstserien oder Einzelzulassungen zuzuordnen. Diese Fahrzeuge haben in der Regel keine Typisierung durch das Kraftfahrt-Bundesamt, d. h. eine Typschlüsselnummer erhalten. Diese ist eine Voraussetzung zur Aufnahme in die Typenstatistiken.

Bei den Hybridfahrzeugen ist die Situation eine andere. Allerdings konzentrieren sich die Erfahrungen dabei auf Fahrzeuge aus den Häusern Toyota und Honda. Besonderheiten sind für Hybridfahrzeuge aus dem vorliegenden Datenmaterial aber nicht zu erkennen.

Welche Besonderheiten könnten die Schadenhäufigkeiten von Elektrofahrzeugen beeinflussen?

Stellen Kunden, die Elektrofahrzeuge kaufen, eine ganz besondere Gruppe dar? Unterscheidet sich deren Fahr- und Nutzerverhalten signifikant von den Kunden, die herkömmliche Autos bevorzugen? Der hohe Kaufpreis, verursacht durch die Batterie, sowie die eingeschränkte Reichweite könnten dafür sprechen. Eine Folge daraus könnte möglicherweise ein defensiverer Fahrstil der Nutzer von Hochvoltfahrzeugen sein, um die elektrische Reichweite zu schonen. Dies würde sich positiv auf die Schadenhäufigkeit auswirken. Ein weiterer Aspekt wäre der primäre Einsatz im urbanen Bereich – aufgrund der begrenzten Reichweite sicherlich eine berechtigte Annahme. Inwieweit dieser bevorzugte Einsatzraum nun

aber zu mehr oder weniger Unfällen, bzw. im Ergebnis zu höheren Kosten führt, ist schwer zu prognostizieren. Erfahrungsgemäß passieren im urbanen Bereich mehr Unfälle – verglichen mit Landstraßen oder Autobahnen, wenn auch in vielen Fällen eher leichtere. Eine weitere Überlegung betrifft die nahezu lautlose Fahrweise von Elektroautos. Dies könnte theoretisch zu mehr Unfällen mit Fußgängern führen. Eine Problematik, die bereits in anderen Märkten diskutiert wird.

Da Erfahrungswerte fehlen, wird diesen besonderen Aspekten dadurch Rechnung getragen, dass bei der Wahl der Vergleichsfahrzeuge der typische Einsatzzweck von Hochvoltfahrzeugen berücksichtigt wird, in diesem Fall also Einsatz im städtischen Bereich, kleinere Fahrzeuge usw. Ansonsten werden sie behandelt wie konventionelle auch.

Sind bei Hochvoltfahrzeugen prinzipiell höhere Schadenkosten zu erwarten?

Die Masse der realen Unfälle passiert mit kleinen Kollisionsgeschwindigkeiten. In der Statistik der Vollkaskoversicherung dominieren Bagatellunfälle das allgemeine Unfallgeschehen ganz eindeutig. Bei einer Million Kollisionsschäden pro Jahr liegen die durchschnittlichen Schadenkosten unterhalb von 3.300 Euro. Bei einem Viertel der Schäden sogar unterhalb von 1.500 Euro. Dieser Betrag bezieht sich nicht nur auf die reinen Reparaturkosten, sondern beinhaltet auch alle Nebenkosten zur Abwicklung der Schäden. In der Haftpflichtversicherung liegen die durchschnittlichen Reparaturkosten bei einem reinen Sachschaden unter 1.900 Euro.

Insofern orientiert sich die Versicherungseinstufung neuer Fahrzeuge an den sogenannten Bagatellunfällen. Standardisierte Crashtests, in denen das Fahrzeug mit 15 km/h gegen eine feste, steife Barriere gefahren wird, geben Auskunft, wie es um die Reparaturfreundlichkeit von Fahrzeugen bestellt ist und welche Kosten zu erwarten sind. Dazu werden, wie bei einem normalen Unfall, die Schäden begutachtet und die Reparaturkosten er-

mittelt. Insgesamt werden 3 Schadenzonen, vorne links, hinten links sowie die linke Seite in die Berechnung einbezogen. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Beschädigungen nach einem Crashtest vorne links. Es handelt sich um optische Beschädigungen in den Bereichen Kotflügel, Stoßfänger Motorhaube und Scheinwerfer. Werden diese Anbauteile abgebaut (Abb. 2) ist zu erkennen, dass das Stoßfängersystem die Crashenergie aufgenommen hat und die Fahrzeugstruktur unbeschädigt ist. Bei der großen Masse der Fahrzeughersteller ist ein solches Ergebnis heute Standard.



Abb. 1: Typische Schadenumfänge nach einen 15 km/h RCAR Frontcrash



Abb. 2: Typische Schadenumfänge nach einen 15 km/h RCAR Frontcrash

Wo können potentiell höhere Kosten bei der Reparatur von Elektro- oder Hybridfahrzeugen auftreten

Übertragen auf Hochvoltfahrzeuge lässt sich einerseits aus dem Unfallspektrum und andererseits aus den Crashergebnissen ableiten, dass dort, wo sich bei Hochvoltfahrzeugen die typischen kostenträchtigen Bauteile befinden, nur sehr selten Beschädigungen auftreten werden – sofern beim Package keine Fehler gemacht werden. Hochvoltfahrzeuge können daher mit den gleichen Maßstäben beurteilt werden, wie konventionelle Fahrzeuge. Dennoch sollen einige Besonderheiten angesprochen werden.

Teure Bauteile, wie zusätzliche Kühler oder die Leistungselektronik, sollten nicht in exponierter Lage, also in der Nähe der Fahrzeugaußenhaut angeordnet werden. Dies gilt für konventionelle Antriebe zwar ganz genauso, das Kostenniveau ist bei Hochvoltfahrzeugen aber höher. Steife Bauteile, die an anderen Komponenten Folgeschäden verursachen können, wie z. B. die Ladesteckdosen, sollten sich ebenfalls nicht in exponierter Lage befinden. Die Hochvoltverkabelung muss möglichst weit im geschützten Bereich, keinesfalls im Außenbereich des Fahrzeugs verlegt werden.

Eine Aufgabe, die nicht ganz einfach zu lösen ist, ist der zusätzliche Platzbedarf von Komponenten bei Hybrid- oder Range-Extender-Fahrzeugen. Hier müssen im Grunde zwei Antriebssysteme auf dem gleichen Raum untergebracht werden. Zielkonflikte sind vorprogrammiert. Als Beispiel seien der Opel Ampera oder der Chevrolet Volt genannt. Das dadurch entstehende Platzproblem führt dazu, dass Bauteile in Bereichen positioniert werden, die gefährdet sind. Wenn aber in Zukunft die Fahrzeugarchitektur auf die Bedürfnisse von Hochvoltfahrzeugen ausgelegt wird, können diese Aspekte von vorneherein berücksichtigt und besser gelöst werden.

Vor der Reparatur an Hochvoltfahrzeugen muss Spannungsfreiheit sichergestellt sein. Dazu ist gegebenenfalls besonders geschultes Personal erforderlich. Hinzu kommt der zusätzliche Zeitbedarf für diese Arbeitsposition, die

die Kosten für jeden reparierten Schaden erhöht. Hier stellt sich die Frage, ob es möglich ist zu differenzieren. Gibt es denkbare Reparaturvorgänge oder Reparaturzonen, bei denen die Herstellung der Spannungsfreiheit nicht erforderlich ist? Für den Lackierprozess ist zu klären, ob die Hochvoltbatterie durch ihre Temperaturempfindlichkeit Schaden nehmen könnte. In der Praxis liegt das Problem häufig in der mangelnden Information der Werkstätten. So werden aus Unkenntnis unnötige Arbeiten durchgeführt, die die Kosten einer Reparatur erhöhen.

Es ist aus heutiger Sicht völlig unklar, ob aufgrund des hohen Wertes ein besonderes Diebstahlrisiko für das Batteriepaket besteht. So könnte ein Fahrzeug, das an und für sich kein Diebstahlrisiko aufweist, durch einen Elektroantrieb zu einem diebstahlgefährdeten Fahrzeug werden.

Zusammenfassung

Hochvoltfahrzeuge sind zwar Fahrzeuge mit einem besonderen Antrieb, haben und benötigen aber keine Sonderstellung im Einstufungsverfahren. Zur Unfallhäufigkeit gibt es bei reinen Elektrofahrzeugen keinerlei Erfahrungen. Bei Hybridfahrzeugen sind keine Auffälligkeiten gegenüber konventionell angetriebenen Autos erkennbar. Wenn die Fahrzeughersteller die teuren Hochvoltkomponenten crashsicher positionieren, sind die Reparaturaufwendungen bei normalen Unfällen vergleichbar. Für notwendige Sicherheitsmaßnahmen im Reparaturprozess sind Zusatzkosten möglich. Diese können aber durch bestmögliche Information der Werkstätten minimiert bzw. ganz vermieden werden.



Dr. Jürgen Redlich

j.redlich@gdv.org

Gesamtverband der Deutschen
Versicherungswirtschaft e.V.

HV-Fahrzeuge im Gebrauchtwagenmarkt



Steffen Schick
EurotaxSchwacke GmbH

Dieser Vortrag behandelt Elektrofahrzeuge aus Sicht des Gebrauchtwagenmarktes. Dieser ist insofern von Bedeutung für einen erfolgreichen Neuwagenvertrieb, als der (erwartete) Wertverlust bei Elektrofahrzeugen zu einem erheblichen Gesamtkostennachteil gegenüber konventionellen Antrieben führt. Der nachstehende Artikel quantifiziert die Problematik und zeigt Lösungsansätze auf.

Alternative Antriebe sind derzeit in aller Munde. Es gibt keinen Zweifel, dass emissionsfreie bzw. -arme Fahrzeuge der einzige Weg sind, unsere Mobilität langfristig zu sichern.

Der Elektroantrieb ist zum jetzigen Zeitpunkt die umweltfreundlichste Technologie falls er mit grünem Strom betrieben wird. Elektrofahrzeuge (EVs) sind nicht neu, es gibt sie schon seit über 100 Jahren. Ihr Nutzenversprechen für die Kunden hat sich nicht wesentlich verändert: Reichweite, Spaß am Fahren und geringe Betriebskosten. Lediglich der Umweltaspekt kam hinzu. Reicht dies aus, EVs erfolgreich in den Markt zu bringen? Die meisten Experten gehen derzeit von einem weltweiten Marktanteil von rund 2% der Neuzulassungen bis 2020 aus. Für Europa sind die Prognosen optimistischer; dort könnte der Anteil bei 10% liegen (BEV, Plug-In BEV, BEV+Range Extender).

Ein Aspekt, der in der öffentlichen Wahrnehmung kaum präsent ist, ist der Gebrauchtwagenmarkt für EVs. Dieser wird zwar in den nächsten Jahren ein verschwindend kleines Volumen haben, dennoch sollte ihm aufgrund seiner Bedeutung für ein erfolgreiches Neuwagengeschäft mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Dies liegt vordergründig daran, dass mit der Erstzulassung jedes Fahrzeug gebraucht ist. Der viel gewichtigere Grund ist, dass der Wertverlust bei EVs ein größerer Kostentreiber ist als bei traditionellen Verbrennungsmotoren und dass gewerbliche Kunden einen großen Teil der Käufer repräsentieren.

In den Volumensegmenten liegt für traditionelle Antriebe bei einer für Flottenkunden typischen Haltedauer von 3 Jahren und einer Jahreslaufleistung von 30.000 km der Anteil des Wertverlustes an den Gesamtkosten bei knapp der Hälfte. Bei EVs erhöht sich aufgrund des deutlich höheren Listenpreises dieser Anteil. Am Beispiel des C-Zero von Citroen bedeutet dies, dass nach 36 Monaten und einer für ein EV realistischen Jahreslaufleistung von 10.000 km der Käufer eines C-Zero einen rund 12.000 Euro höheren Wertverlust für das Fahrzeug einschließlich Batterie tragen muss als der Käufer eines größtmäßig vergleichbaren C1 1.0. Trotz niedrigerer Betriebskosten bedarf es erheblicher staatlicher Subventionen, um das EV für den Erstbesitzer auch nur ansatzweise wettbewerbsfähig zu machen (in Frankreich werden beispielsweise 5.000 EUR Subvention für ein EV bereitgestellt).

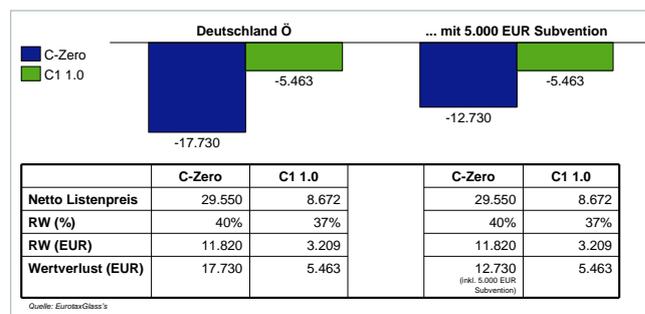


Abb. 1: Wertverlust Citroen C-Zero vs. C1 1.0 (Fahrzeug inkl. Batterie) 36 Monate/10.000 km p.a./Restwertprognose/Einkauf

Während knapp die Hälfte der privaten Endkunden in Deutschland nach eigenem Bekunden bereit ist mehr für ein neues EV zu zahlen, beschränkt sich die inkrementelle Zahlungsbereitschaft bei mehr als zwei Dritteln der befragten potenziellen Käufern auf weniger als 10%. Der Gebrauchtwagenkäufer ist traditionell kostenbewusster und dürfte weniger geneigt sein, höhere Anschaffungskosten zu tragen.

Allerdings wäre es verfehlt, die Diskussion rein aus Sicht des Wertverlusts zu betreiben. Die wesentliche Herausforderung für EVs liegt darin, dass die Gesamtkostenproblematik durch die Verunsicherung der Kunden verschärft wird. Die Verunsicherung resultiert aus einer Reihe von Faktoren, allerdings verursacht die Batterie die meisten Probleme. Zum einen hat der Kunde keine gesicherten Erkenntnisse, wie lange die Batterie die von ihm erwartete Leistung bringen wird und wie „gut“ eine Batterie an jedem Tag ihres Lebens noch ist. Zum anderen ist es schwer für ihn, unterschiedliche Geschäftsmodelle zu vergleichen, z. B. zwischen EVs und Verbrennern aber auch innerhalb der EV-Angebote, wenn das Fahrzeug mit oder ohne Batterie verkauft wird oder Leasing-/Mietkonzepte für die Batterie angeboten werden. Diese Unsicherheit führt zu Risikoabschlägen und somit einer zusätzlichen Wertminderung sofern der Endkunde das Risiko trägt, es also nicht durch langfristige Garantien abgedeckt ist.

Je nach Segment macht die Batterie zwischen einem Viertel und einem Drittel des Kaufpreises aus. Solange der Endkunde das volle Ausfall-/Wertverlustrisiko der Batterie tragen soll, werden EVs schwerlich wettbewerbsfähig sein. Das erwartete Sinken der Batteriepreise wird zwar die Lücke verkleinern, auf absehbare Zeit aber nicht schließen können. Die derzeitigen Kosten von rund 600 Euro pro kWh dürften bis 2020 auf rund 350 Euro sinken, allerdings wird ein Teil der Verbesserung genutzt werden müssen, die EV-Reichweite zu erhöhen.

Neben dem Staat werden also vor allem die Automobilhersteller gefragt sein, die Unsicherheit der Endkunden zu begrenzen, um den wertverlustgetriebenen Gesamtkostennachteil des Erstbesitzers (typischerweise 3-4 Jahre) zu begrenzen. Langfristige Garantien jenseits von 6 Jahren, Batterieleasingkonzepte und Quersubventionen sind hier denkbar und erfolgversprechend.

Das abschließende Beispiel verdeutlicht den Vorteil des Batterieleasings gegenüber dem Batteriekaufkonzept, aber auch den derzeitigen Gesamtkostennachteil gegenüber konventionellen Antrieben. Die Wirkung einer langfristigen Batteriegarantie ist vergleichbar.

36 Monate (Jahr 1-3) / 10.000 km p.a.	EV (Leased Battery) - Exemplary	Citroen C-Zero	Mitsubishi i-MiEV	VW Polo 1.2l	Citroën C1 1.0l
Listenpreis (brutto)	25.000 €	35.165 €	34.390 €	12.800 €	10.320 €
Kraftstoff/Energiekosten	0,25 €/kWh	0,25 €/kWh	0,25 €/kWh	1,50 €/l	1,50 €/l
Wertverlust	333 €	590 €	577 €	135 €	138 €
Service, Wartung und Reparaturen (SMR)	19 €	19 €	19 €	20 €	29 €
Versicherung	115 €	115 €	115 €	115 €	115 €
Kfz-Steuer	0	€	0 €	0 €	2 €
Monatliches Batterieleasing	100 €	0 €	0 €	0 €	0
Kraftstoff / Energie	26 €	26 €	26 €	69 €	56 €
Kosten pro Monat	593 €	750 €	737 €	340 €	340 €
Kosten pro Kilometer	0,71 €	0,90 €	0,88 €	0,41 €	0,41 €

1) Derzeitiges Angebot an EV
Quelle: EurotaxGlass's

Kauf Fahrzeug/Leasing Batterie **Bei Geschäftsmodell: Kauf Fahrzeug inkl. Batterie**

Abb. 2: Gesamtkostenvergleich EV¹⁾ vs. Benzinmotor, Privatkunde, 3 Jahre alte Fahrzeuge, Jahreslaufleistung: 10.000 km, Deutschland



Steffen Schick

steffen.schick@eurotax.com

EurotaxSchwacke GmbH

Managing Director Global Services Division

Workshop „Betrieb“

Etwa 20 Teilnehmer diskutierten im Workshop „Betrieb“ die vielfältigen Aspekte dieses Themas, von möglichen Problemen mit der akustischen Wahrnehmung über das Fahrverhalten bis hin zu Einflüssen auf den Werkstattbetrieb. Die Vielfältigkeit des Themas spiegelte auch das Spektrum der vertretenen Organisationen in diesem Workshop wider. Sie umfassten neben Automobilherstellern auch Versicherungen, technische Dienste, Ingenieurdienstleister bis hin zu einem Vertreter der Berliner Verkehrsbetriebe. Den Workshop eröffneten zwei Impulsreferate.



Workshopleitung:
Dr. Patrick Seiniger, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)



Akustische Wahrnehmung



Knut Junge

Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V.

Die Intention von Blinden- und Sehbehindertenverbänden ist es, die Belange dieser Personengruppe in die Gesellschaft zu bringen und für Barrierefreiheit zu sorgen. Nach Wunsch der Bundesregierung sollen im Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs sein. Müssen diese Fahrzeuge Geräusche verursachen und wenn ja welche Geräusche? Diesbezüglich sollen hier Denkanstöße gegeben und auf die Situation von allen Verkehrsteilnehmern insbesondere von Blinden und Sehbehinderten aufmerksam gemacht werden.



Abb. 1: Hast Du geguckt? Wieso, ich höre doch!

Sensibilisierung/typische Gefahrenstellen für Blinde und Sehbehinderte

Abb. 1 zeigt eine klassische Situation: Kinder können Autos zwar visuell wahrnehmen, Entfernungen und Geschwindigkeit aber noch nicht einschätzen. Dies gelingt ihnen im Zusammenspiel von akustischen und visuellen Reizen besser. Noch schwieriger stellt sich die Situation für Blinde dar, also für Personen, die gar keine optische Wahrnehmung haben. Sie sind auf Akustik oder taktile Reize angewiesen, wobei taktile Reize in Verbindung mit Fahrzeugen keine Alternative sind. Die Probleme von Blinden und Sehbehinderten im Verkehrsraum sind vielfältig. Der Blickkontakt mit anderen Verkehrsteilnehmern fehlt. Reize können nur sequentiell verarbeitet werden und es bestehen Nachteile bei der Einschätzung von Entfernungen und Gefahren. Weiter ist es schwierig, sichere Querungsstellen, wie beispielsweise Ampelquerungen aufzufinden. Bei Hindernissen wie Verkehrspollern und Baustellen besteht erhöhte Verletzungsgefahr. Ebenso führen solche Hindernisse zu ungewollten Richtungsänderungen. Letztendlich brauchen Blinde und Sehbehinderte bereits in der aktuellen Situation viel Mut bei der Fortbewegung.

Wenn zukünftig hauptsächlich geräuscharme Elektrofahrzeuge unterwegs sein werden, kommt ein weiteres Problem hinzu: die rechtzeitige Wahrnehmung dieser Autos ist nicht möglich. Damit ist die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben, die auch im Behindertengleichstellungsgesetz festgeschrieben ist, nicht mehr gegeben. Eine Straße, die durch Geräusche als solche wahrnehmbar ist, ist auch als Orientierungshilfe bei der Fortbewegung auf dem Bürgersteig hilfreich.

Von der von geräuscharmen Elektrofahrzeugen ausgehenden Gefahr betroffen sind vor allem Kinder, Blinde und Sehbehinderte sowie ältere Menschen. Eine Statistik der WHO aus dem Jahr 2002 (Abb.2) zeigt, dass in Deutschland etwa 164.000 Menschen blind sind, die Zahl der Sehbehinderten beträgt fast eine Million. Diese Zahl wird weiter steigen, da es aufgrund des demographischen Wandels immer mehr ältere Menschen geben

wird. Das Thema geht also alle etwas an und auch normal-sichtige und nichtbehinderte Menschen profitieren von möglichen Lösungen.

Zahlen der WHO (2002)

>	164.000 Blinde	≈	0,2 %
>	1.066.000 Sehbehinderte	≈	1,3 %
>	Tendenz weiter steigend, aufgrund steigender Lebenserwartung		

Abb. 2: Statistik der WHO aus dem Jahr 2002

Bezüglich der möglichen Geräusche, die Elektroautos verursachen könnten, sei ein Auszug aus der Straßenverkehrsordnung zitiert: §1 Grundregeln: „1. Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht. 2. Jeder Verkehrsteilnehmer hat sich so zu verhalten, dass kein anderer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar behindert oder belästigt wird.“ Natürlich sind auch Blinde und Sehbehinderte zu Vorsicht und Rücksichtnahme angehalten. Der zweite Punkt ist problematischer: Wie laut darf ein Geräusch sein, um nicht als Belästigung zu gelten bzw. wie laut muss es mindestens sein, damit die Sicherheit von Verkehrsteilnehmern insbesondere Blinden und Sehbehinderten nicht beeinträchtigt ist, sie also bei ihrer Fortbewegung im Verkehrsraum nicht gefährdet werden. Weitere Fragen betreffen den Ort der Geräuschemission und eine mögliche Lautstärkenanpassung an die Umgebungslautstärke. Auch sollte das vom Elektroauto emittierte Geräusch darüber informieren, wie schnell es fährt, ob es beschleunigt oder bremst.

Eine wichtige Hilfe für Blinde und Sehbehinderte ist die Umsetzung des so genannten 2-Sinne-Prinzips. Informationen werden auf mindestens zwei Sinneskanälen zur Verfügung gestellt. Im Straßenverkehr ist dies Akustik und visuelle Wahrnehmung. So verfügen Rettungsfahrzeuge zum einen über Blaulicht, zum anderen über das

Martinshorn – damit ist das 2-Sinne-Prinzip erfüllt. Bei geräuschlosen Elektrofahrzeugen wäre dies nicht der Fall. Neben der visuellen muss auch die akustische Wahrnehmbarkeit sichergestellt werden. Dies würde die Verkehrssicherheit aller Menschen erhöhen.

2020 soll jedes fünfzigste Auto mit einem E-Motor ausgestattet sein. Das Hauptproblem wird in der Übergangsphase bestehen, wenn es noch Autos mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren gibt, aber auch schon Elektrofahrzeuge. Z.B. gehen Sie als Blinder durch ein Wohngebiet. Dort gibt es selten sichere Querungsstellen wie etwa Zebrastreifen und Ampeln. Sie hören ein Auto und in weiterer Entfernung ein zweites Auto. Sie gehen sozusagen zwischen den Geräuschen durch. Gefährlich wird es dann, wenn zwischen den beiden hörbaren Fahrzeugen ein Elektroauto fährt – ohne akustisches Signal ist dieses nicht wahrnehmbar.

Das Positionspapier des BKB

In einem Projekt des BKB (Bundeskompetenzzentrum Barrierefreiheit) zum Thema Elektrofahrzeuge wurde ein Positionspapier erstellt, in dem verschiedene Forderungen bezüglich der Geräuschverursachung von Elektrofahrzeugen enthalten sind.

Momentan müssen bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h Geräusche ausgestrahlt werden. Das größte Problem besteht dabei in Wohngebieten, in denen es wie oben erwähnt meist keine sicheren Querungsmöglichkeiten gibt. Üblicherweise herrscht in diesen Gebieten ein Tempolimit von 30 km/h. Zwischen 20 und 30 km/h gibt es also eine Leerstelle; außerdem wird selten mit einer exakten Geschwindigkeit von 30 km/h gefahren, sondern etwas schneller. Weiter liegt auf Straßen in Wohngebieten im Winter häufig Schnee, der geräuschabsorbierende Eigenschaften besitzt. Im Positionspapier wird aus diesen Gründen ein Geräusch bis 40 km/h gefordert – die erste Abweichung von den Forderungen der Hersteller oder des VDA.

Es gibt eine ganze Reihe von Vorschlägen bezüglich der Art der Geräusche. Bei den ersten Tests zu diesem Thema wurden mögliche Geräusche vorgestellt. Von Blinden wurde eindeutig das Geräusch eines Dieselmotors bevorzugt. Dies ist nicht verwunderlich, wir alle sind damit aufgewachsen und kennen es von Kindesbeinen an. Andererseits muss auch Verständnis für die Automobilhersteller aufgebracht werden, die für eine neue Antriebsform auch ein neues Geräusch haben wollen. Ein Problem besteht also darin, ein geeignetes, unverwechselbares Geräusch zu finden. Außerdem sollte es möglichst einheitlich bzw. bei allen Fahrzeugen zumindest vergleichbar klingen. Weiter darf das Geräusch nicht abschaltbar sein. Dies wäre in einem Stau natürlich angenehmer, jedoch könnte niemand dafür garantieren, dass es anschließend wieder angestellt wird.

Eine weitere Forderung betrifft Fahrassistenzsysteme, die dem Fahrer zum Beispiel ein Signal geben, das ihn auf einen Fußgänger aufmerksam machen soll. Im Positionspapier wird gegen solche Systeme Stellung bezogen, Blinde und Sehbehinderte müssten sich auf ein solches System verlassen bzw. ihre Sicherheit in die Hände des jeweiligen Fahrers legen.

Das gesamte Positionspapier kann unter www.barrierefrei.de kostenlos herunter geladen werden.

Fazit

Auch Blinde und Sehbehinderte sind für eine Reduzierung von Geräuschen. Diese müssen aber noch wahrnehmbar sein bzw. die Anforderungen des 2-Sinne-Systems müssen erfüllt werden. Das Geräusch, das Fahrzeuge verursachen muss weiterhin eine Funktion als Signal haben. Die angesprochenen Probleme erfordern eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten.



Knut Junge

knut.junge@gfuv.de

Deutscher Blinden- und Sehbehindertenverband e.V.

Betriebserfahrung mit Hochvoltfahrzeugen



Pascal Mast

TÜV SÜD Automotive GmbH

Hochvoltprojekte

In den letzten 24 Monaten wurden zwei Projekte des BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) begleitet – das Projekt EleNA (Nachrüstset für Diesel Nutzfahrzeuge) sowie das Projekt IKONE (Integriertes Konzept für eine nachhaltige Elektromobilität). Beim Projekt IKONE waren 50 Elektro Vito E-CELLS im Großraum Stuttgart im Einsatz. Ziel war die Gewährleistung der Sicherheit über den gesamten Projektablauf. Kunden waren einzelne kleine Betriebe, Feuerwehr, Polizei und Paketdienste. Diese haben den Vorteil, dass sie sehr planbare Routen haben. Bei dem Projekt EleNA ging es um die Realisierung eines fahrbaren Prototyps. Die Gefahren-Risiko-Analyse wurde dabei bewusst bis auf die Systemebene durchgeführt.

Vorgehensweise Gefahren-Risiko-Analyse / Spezielle Gefahrensituationen

Im Bereich der Elektromobilität werden bei einer Gefahren-Risiko-Analyse 4 große Blöcke betrachtet: Zugang zum HV-Potential, elektrische Sicherheit, funktionale Sicherheit (Fehlfunktionen durch Elektronik/Elektrik), chemische Gefahr (vor und nach einem Crash sowie während Transport, Wartung und Reparatur) und mechanische Sicherheit.

Im Bereich der Logistik muss gewährleistet sein, dass ein Fahrzeug auch nach einer 6 - 8-wöchigen Reise in einem Übersee-Container keine Gefahr für den Nutzer darstellt. Grundsätzlich kann der Transport von Elektrofahrzeugen möglicherweise ganz neue Schwierigkeiten mit sich bringen, die berücksichtigt werden müssen.

Inbetriebnahme durch den Kunden

Wenn ein Kunde einen Mietwagen aus der Tiefgarage einer Autovermietung abholt, wird er normalerweise sofort los fahren, ohne die Bedienungsanleitung zu lesen. Das Sicherheitsbedürfnis des Kunden ist erfüllt, auch wenn er das Fahrzeug nicht genau kennt. Ob dies auch bei einem Elektrofahrzeug der Fall wäre, ist fraglich. Wenn ein Kunde mit seinem Fahrzeug losfährt, möchte er wissen wie groß die Reichweite ist und ob die Nutzung von Sitzheizung, Radio, Licht oder Klimaanlage Einfluss auf diese haben.

Unfälle

Eine weitere wichtige Frage betrifft das richtige Verhalten bei einem Unfall oder einer Panne. Kann ein Elektrofahrzeug wie jedes andere Auto auch einfach abgeschleppt werden? Was passiert wenn sich dabei die Antriebsräder drehen? Weiß der Mitarbeiter des Abschleppdienstes, dass es sich um ein Elektrofahrzeug handelt wenn er ein falsch geparktes Auto abschleppen möchte? Wie kann er es als solches identifizieren? Auch die Rettungskräfte müssen wissen wie sie bei einem Unfall mit einem Elektrofahrzeug richtig reagieren. Wie muss gehandelt werden, dass weder sie selbst, noch Personen, die im Anschluss mit dem Fahrzeug zu tun haben (wie etwa der Abschleppdienst) in Gefahr geraten?

Umwelteinwirkungen /-einflüsse

Besteht nach einem Marderbiss eine Gefahr für den Nutzer eines Elektrofahrzeugs? Gibt es Probleme wenn man mit einem Elektrofahrzeug durch eine tiefe Pfütze fährt? Welche Gefahr geht von unautorisiertem Zubehör aus, welches mit Sicherheit in Kürze über das Internet bestellt werden kann?

Ebenso potentiell gefährlich sind unautorisierte Einwirkungen Dritter. In einem Workshop an einer Schule wurden Kinder gefragt, ob sie unter ein Fahrzeug mit laufendem Motor krabbeln würden, um ihren darunter gerollten Ball herauszuholen. Kein Kind würde dies tun. Allerdings ist bei einem Elektrofahrzeug nicht so leicht zu erkennen, ob es betriebsbereit ist. Gefahr kann auch dann bestehen, wenn Kinder in einem Fahrzeug spielen und dieses sich unvermittelt bewegt, weil eben nicht erkannt wurde, dass es betriebsbereit ist.

Was passiert wenn ein Dieb zwei falsche Kabel kurzschließt?

Service und Wartung

Wenn ein undefiniertes Fahrzeug in eine Werkstatt kommt, wissen die Mitarbeiter nicht, was mit diesem passiert ist, welchen Zustand die Batterie hat. Was muss sich bei der normalen Hauptuntersuchung des TÜV ändern? Welche Defekte an Elektrofahrzeugen kann man heute feststellen? Ab wann darf bzw. muss man ein Elektrofahrzeug aus dem Verkehr nehmen?

Schulungen sind für Mitarbeiter in allen Bereichen nötig: Abschleppdienste, Reparaturwerkstätten, Entsorgungsbetriebe.

Gefährdungen an Hybridfahrzeugen

Immer mehr Komponenten außerhalb des klassischen Antriebsstranges werden mit Hochvolt versorgt. Klimaanlage, Lenkung und in Zukunft vielleicht auch Standklimatisierung und andere Komponenten. Der Nutzer erhält keine Warnung, wenn er in die Nähe von spannungsführenden Teilen kommt. Bei umgebauten Fahrzeugen, die zwar eine ECE R100-Zulassung bekommen haben, aber nicht über ein funktionales Sicherheitskonzept verfügen, kann die Isolationsüberwachung bei Deaktivierung des Fahrzeugs bis zu 20 Sekunden dauern. Ein Hybridfahrzeug kann auch aktiv sein, ohne dass der Motor in Bewegung ist. Der Zustand der Batterie ist nach einem Crash sehr schwer einzuschätzen. Äußerste Vorsicht ist bei Lackierarbeiten geboten, die Batterie darf auf keinen Fall überhitzt werden.

Tuning

In diesem Bereich können beispielsweise zusätzliche DC/DC und DC/AC-Wandler problematisch sein, wenn sie nicht fachmännisch verbaut werden. Solche und andere Umbauten unter Kontrolle zu bekommen, ist praktisch unmöglich wenn der Nutzer nicht in eine Werkstatt geht. Auch ist nicht garantiert, dass ein TÜV-Mitarbeiter einen solchen Umbau erkennt.

Ein weiteres Thema ist Softwaretuning. Sehr viele Elektrofahrzeuge haben eine Vmax-Begrenzung, d.h. eine Geschwindigkeitsbegrenzung. Diese aufzuheben ist kein Problem. Auch der Temperaturbereich der Batterie und der Sicherheitsabschaltbereich des Fahrzeuges können relativ einfach erweitert werden. Weitere Tuning-Möglichkeiten bestehen in der Leistungssteigerung durch Peak-Verlängerung. Verboten, aber trotzdem praktiziert ist auch die Nutzung der HV-Energie im Stand.

Auszüge Leitfaden „Sicherer Umgang mit E-Fahrzeugen bei der Reparatur“

Aus den bisherigen Erfahrungen mit Hochvoltfahrzeugen wurden verschiedene Leitlinien zum sicheren Umgang mit Elektrofahrzeugen bei der Reparatur abgeleitet. Wenn ein Fahrzeug zur Reparatur in die Werkstatt kommt, muss zunächst festgestellt werden, in welchem Zustand sich das HV-System befindet. Ist die On-Board-Diagnose nicht funktionsfähig, muss das Fahrzeug bis zu deren Wiederherstellung wie ein Fahrzeug mit bekannten Störungen im HV-System behandelt werden. Nur so können alle weiteren Mitarbeiter, die mit dem Fahrzeug in Berührung kommen, gesichert werden.

Gleichzeitiges Arbeiten an Hochvolt- und Niederspannungssystemen ist problematisch, da es zu einem versehentlichen Schließen der HV-Schütze kommen kann; ein geöffneter HV-Kreis würde also plötzlich geschlossen werden.

Der gesamte HV-Bereich darf nur unter Aufsicht oder nach einer dokumentierten Freigabe durch eine Elektrofachkraft aktiviert werden. Sehr wichtig ist auch die genaue Dokumentation der Störung und der abgeschlossenen

Arbeiten bevor das Fahrzeug in einen anderen Service-Bereich übergeben wird. Generell ist eine deutlich erhöhte Aufmerksamkeit nötig, wenn direkt mit HV-betriebenen Komponenten gearbeitet wird.

Zusammenfassung

Die chemische Gefahr, die von der Batterie ausgeht, darf nicht unterschätzt werden. Weiter werden nicht nur die Traktionskomponenten, sondern auch andere Systeme (Klimaanlage, Servolenkung...) aus dem Hochspannungskreis gespeist und können unter Spannung stehen. Nach einem Unfall ist der Zustand der Batterie und des gesamten HV-Systems je nach Art der Beschädigung schwer nachzuvollziehen. Bei mehreren Workshops in Baden-Württemberg werden momentan unter anderem zum Thema Erkennbarkeit von Elektrofahrzeugen weitere Maßnahmen vorbereitet. Wer bei einem Unfall ein Elektrofahrzeug als solches erkannt hat, könnte auf das Dach dieses Fahrzeugs eine Pylone stellen, um die nachfolgenden Rettungskräfte darüber zu informieren. Wird ein Fahrzeug deaktiviert, muss auf einen ausreichenden Zeitraum zur Selbstentladung des Systems geachtet werden. Vor Arbeitsbeginn muss durch eine Messung überprüft werden, ob Spannungsfreiheit besteht.



Pascal Mast

pascal.mast@tuev-sued.de
TÜV SÜD Automotive GmbH
Leiter Emissions Test Center Heimsheim

Diskussionsergebnisse im Workshop „Betrieb“

Die Diskussion behandelte die Themenbereiche:

1. Zulassung und Hauptuntersuchung
2. Information
3. Batterie und Laden
4. Akustische Wahrnehmbarkeit

1. Zulassung und Hauptuntersuchung

1.1 Hauptuntersuchung

Im Themenkomplex Hauptuntersuchung und Werkstätten wurde die durch Rekuperation (elektrogeneratorische Energierückgewinnung) nun geringere Beanspruchung der (Hinterachs-)Bremsanlage und damit verbunden eine schlechtere Leistung der Bremsen diskutiert. Dieses Problem tritt heute bereits in Hybridfahrzeugen auf. Andererseits könnte die durch Batteriepakete erhöhte Masse künftiger Fahrzeuge die Mindernutzung kompensieren. Die Gruppe war der Meinung, dass dieses Problem dennoch in Zukunft beobachtet werden sollte. Für übrige Anpassungen der Hauptuntersuchung von Kraftfahrzeugen wurde auf Aktivitäten des Verbandes der technischen Überwachungsvereine (VdTÜV) hingewiesen. Die Gruppe war sich auch einig darin, dass dabei ein besonderes Augenmerk auf die Sicherheit von Kleinserienfahrzeugen gerichtet werden sollte.

1.2 Auswirkungen unterschiedlicher Rekuperationsmethoden

Die Aktivierung der Rekuperation von Elektrofahrzeugen kann auf verschiedene Arten geschehen. Üblich ist bei der Mehrzahl der Fahrzeuge eine Aktivierung bei Betätigung der Bremse. Es gibt aber auch Konzepte, bei denen starke Rekuperationsverzögerungen durch Loslassen des Gaspedals ausgelöst werden. Die Gruppe war grundsätzlich der Meinung, dass sich für solche neuen Bedienkonzepte relativ schnell ein Lerneffekt einstellt. Vereinzelt wurde auch angeregt, dass Grenzwerte für die Rekuperationsverzögerung in einschlägigen Vorschriften (beispielsweise UNECE R13) festgelegt werden könnten. Die Ansteuerung des Bremslichts bei Rekuperation ist hier bereits definiert.

1.3 Sicherheit der Hochvoltanlage

Die Konsequenzen von Manipulation oder Beschädigung von Hochvoltkabeln in Fahrzeugen, beispielsweise durch Marderbiss, wurden diskutiert. Für solche Fälle sind Elektrofahrzeuge eigensicher ausgelegt, beispielsweise durch Verbau sogenannter Isolationswächter. Es wurde darauf hingewiesen, dass auch für Kleinserienfahrzeuge, für die UNECE-Regelungen nicht gelten, Eigensicherheit gefordert ist. Die Überprüfung liegt dann im Verantwortungsbereich des genehmigenden Sachverständigen.

2. Information

Die Qualifizierung von Personal, das an Hochvolt-Elektrofahrzeugen arbeitet, ist in den Berufsgenossenschaftlichen Informationen (BGI) 8686 definiert und allgemein anerkannt. Die Gruppe war sich allerdings darin einig, dass Endverbraucher im Handbuch ihres Fahrzeugs eindeutig auf Gefahrenpotentiale hingewiesen werden sollten.

Allgemein sollte der Kunde solcher Fahrzeuge über die Besonderheiten aufgeklärt sein, beispielsweise bereits in der Fahrschulausbildung.

3. Batterie und Laden

3.1 Ladestationen

Zum Themenkomplex Sicherheit von Ladestationen wurde darauf hingewiesen, dass bisher nur freiwillige Abnahme- und jährliche Überprüfungen existieren würden. Eine Prüfung analog zur BGV A3/Betriebsssicherheitsverordnung¹ wurde befürwortet, ebenso wie auch ein europaweit standardisierter Stecker.

3.2 Liegenbleiben mit leerer Batterie und Pannen

Aufgeworfen wurde die Frage, wie die Vorgehensweise bei leeren Batterien und Pannen auf freier Strecke wäre. Hierzu klärten die anwesenden Hersteller auf, dass die regulären Pannendienste vor Ort sowohl Batterien laden könnten als auch das Fahrzeug im Zweifel zur nächsten Ladestation schleppen würden. Schleppen von Elektro-

1 Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGV A3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“

fahrzeugen wird im jeweiligen Fahrzeughandbuch behandelt. Selbst wenn dort ein Schleppen der Antriebachse verboten wird, sei ein langsames Schieben von Elektrofahrzeugen über kurze Strecken in der Regel problemlos möglich.

3.3 Beurteilung der Batterie nach Unfall

Schwieriger ist die Beurteilung der Batterien verunfallter Elektrofahrzeuge, speziell wenn es sich um Lithium-Ionen-Batterien handelt. Es wurde darauf hingewiesen, dass der Gesetzgeber hier in der Verantwortung steht, praktikable Vorgehensweisen zu definieren. Dies sei durch ein bereits gestartetes Forschungsprojekt des Bundesumweltministeriums angegangen. Gleichwohl sei hier noch Forschungsbedarf erforderlich.

3.4 Thermische Belastung von Batterien bei Unfallreparaturen

Batterien altern, wenn sie höheren Temperaturen ausgesetzt sind. Sollte nach kleineren Unfällen die Lackierung von Fahrzeugteilen erforderlich sein, ist der Temperatureintrag in die Batterie nach Studien der Fahrzeughersteller auch bei mehrstündigen Lackierarbeiten in einer Lackierkabine vernachlässigbar, so dass eine verfrühte Alterung der Batterie nicht zu erwarten ist.

4. Akustische Wahrnehmbarkeit

Die akustische Wahrnehmbarkeit von Elektrofahrzeugen wurde diskutiert. Die Gruppe war sich analog zur bereits diskutierten Vorschrift darin einig, dass Elektrofahrzeuge über den gesamten Geschwindigkeitsbereich akustisch wahrnehmbar sein sollten, im Zweifel durch zusätzliche Geräuschgeneratoren. Fahrerassistenzsysteme, die zur Vermeidung von Fußgängerunfällen autonom Bremsungen einleiten, könnten die akustische Wahrnehmbarkeit lediglich ergänzen. Im Übrigen sei an dieser Stelle auf die Arbeitsgruppe „Quiet Road Transport Vehicles“ der UNECE² hingewiesen.

Schlussendlich war sich die Gruppe einig darin, dass die Diskussion von Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen in Zukunft regelmäßig stattfinden sollte. Denkbar wäre, dass im Rahmen der Initiative „Modellregionen Elektromobilität“ beziehungsweise nachfolgenden Initiativen übergreifend und turnusmäßig ein Erfahrungsaustausch stattfinden sollte.

2 Arbeitsgruppe „Quiet Road Transport Vehicles“ der UNECE, http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grb/qrtv_9.html



Teilnehmer des Symposiums im Dialog mit den Workshopleitern: (v.l.n.r.)
Dr. Axel Malczyk, Unfallforschung der Versicherer, Dr. Patrick Seiniger, Bundesanstalt für Straßenwesen,
Dr. Matthias Kühn, Unfallforschung der Versicherer, Carsten Reinkemeyer, AZT Automotive GmbH



Workshop „Crashsicherheit“

Der Workshop wurde mit etwa 40 Teilnehmern durchgeführt und besonders von Vertretern der Automobilindustrie besucht. Aber auch zahlreiche Vertreter der Versicherungswirtschaft und von Sachverständigenorganisationen nahmen teil. Ziel des Workshops war es, Aspekte aufzuzeigen, die die Insassensicherheit beim Unfall, aber auch der unmittelbaren Ersthelfer nach dem Unfall betreffen. Dabei sollte nicht nur der sogenannte Katastrophenunfall behandelt werden, sondern auch der alltägliche Unfall geringerer Schwere. Während der sehr schwere Unfall hohe Anforderungen an die Strukturen des Fahrzeugs stellt und mit hoher Wahrscheinlichkeit Bestandteile der Hochvoltanlage in Mitleidenschaft zieht, sollte es ein Ziel sein, dass beim leichteren Unfall möglichst keine Hochvoltkomponenten betroffen werden. Der Workshop wurde durch Impulsreferate zu den Themenbereichen „Verhalten beim Crash“, „Batterietechnologien“ und „gesetzliche Vorschriften“ eingeleitet.



Workshopleitung:
Carsten Reinkemeyer, AZT Automotive GmbH



Crashsicherheit



David Kreß

DEKRA Automobil GmbH

Aktuelles Unfallgeschehen

Im Jahr 2010 starben 3.648 Menschen in Deutschland durch Verkehrsunfälle. Einhergehend mit der sinkenden Zahl der Verkehrstoten stieg die Zahl der zugelassenen Fahrzeuge. Bis Januar 2011 wurden in Deutschland 42,3 Millionen zugelassene Fahrzeuge gezählt. Der Anteil von Elektro- und Hybridautos betrug nur 0,095 % (40.000 Fahrzeuge). Allerdings ist ein deutlicher Trend bei den Zulassungszahlen zu erkennen: bis Juni 2011 wurden 5.500 weitere Fahrzeuge mit Elektro- und Hybridantrieb zugelassen.

Position des Crashtests in der Fahrzeugentwicklung

Elektrofahrzeuge sind keine Erfindung der Neuzeit, es gab sie bereits vor mehr als 100 Jahren. Allerdings ist in der heutigen Zeit erstmals mit einer Marktdurchdringung der Hochvolttechnik in Serie zu rechnen. Der Begriff Hochvoltssystem bezeichnet ganz allgemein Fahrzeuge, die mit einem Elektroantrieb ausgestattet sind, deren Spannungsbereich zwischen 60 und 1500 V Gleichspannung bzw. 25 und 1000 V Wechspannung liegt. In Kombination mit dem Widerstand ergeben sich dadurch sehr hohe Stromstärken und ermöglichen den Fahrzeugherstellern eine große Bandbreite an Antriebs- und Batterietechnologien. Diese Hochvolttechnologien werden unter anderem

durch Fahrzeug- und Crashtests, Komponententests und Versuche mit dem gesamten Fahrzeug überprüft. Letztgenannte Versuche dienen zum einen der Überprüfung der aktiven und passiven Sicherheit des gesamten Fahrzeugs und stellen zum anderen die Konformität der Produktion dar, d. h. sie gewährleisten, dass der Sicherheitsstandard über eine gewisse Produktionsdauer sichergestellt ist. Außerdem dienen sie der Kontrolle des physischen, thermischen und chemischen Zustandes der Hochvoltkomponenten. Durch zusätzliche Low-Speed-Crashtests können Fahrzeuge in die jeweiligen Versicherungskategorien oder Schadensfreiheitsklassen eingestuft werden.

Fahrzeugspezifische Besonderheiten bei Hochvoltfahrzeugen

Hochvoltfahrzeuge unterscheiden sich in einigen Merkmalen explizit von herkömmlich angetriebenen Fahrzeugen. Die Anforderungen an die passive Sicherheit der Insassen beinhalten allerdings dieselben Standards. Ein wesentlicher Unterschied betrifft den Einbauort und die Anforderungen des Energiespeichers bzw. der Hochvoltverkabelung. Als Schlagwort sei hier das Wort „packaging“ genannt: Damit ist gemeint, dass bei Hochvoltfahrzeugen die Möglichkeit besteht, die Aggregate losgelöst bzw. mechanisch nicht verbunden mit dem Hauptaggregat im Fahrzeug unterzubringen. Daraus resultieren geometrisch variabelere Frontstrukturen, die sich vorteilhaft auf den Partner- wie auch den Fußgängerschutz auswirken können. Gleichzeitig entstehen neue Anforderungen an die Eigenschaften und die Anordnung elektronisch gesteuerter Sicherheitssysteme.

Eine weitere Besonderheit der Elektrofahrzeuge betrifft die komplexeren Anforderungen an das Batteriemanagement. Ebenso fahrzeugspezifisch sind die Auswirkungen auf die Umgebungsbedingungen. In so genannten IP-Schutzklassen werden die Elektroantriebe in unterschiedliche Einflüsse von Umweltbedingungen unterteilt. Weiter ist ein erhöhter Bedarf an Service- und Werkstattpersonal vonnöten.

Abbildung 1 zeigt vier Beispiele für die verschiedenen Stellen, an denen Fahrzeug- oder Hochvoltbatterien angeordnet werden können.



Abb. 1: Fahrzeugspezifische Besonderheiten bei HV-Fahrzeugen

Betrachtet man die Hybrid- und Hochvoltfahrzeuge, die auf deutschen Straßen unterwegs sind, ist zu erkennen, dass die meisten davon nicht speziell als Hochvolt- oder Elektrofahrzeug konzipiert wurden, sondern später umgerüstet wurden. Daher ergibt sich für die Hochvolt-speichersysteme der Akkus ein festgelegter Einbauort: die Mulde des Kraftstofftanks welche mehr oder weniger vorteilhaft im Fahrzeug angebracht werden kann.

Der Opel Ampera wurde speziell für Elektroantrieb konzipiert; die Batterie wurde entlang des Kardantunnels bzw. in Bereichen des Fahrzeugs verlegt, die bei Unfällen statistisch gesehen am seltensten beschädigt oder deformiert werden. Daraus resultiert die Frage, ob bei der Umrüstung von Verbrennungsmotor auf Elektroantrieb Sicherheitsrisiken bestehen und ob die gleichen Sicherheitsstandards, die bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor gelten, zum Einsatz kommen sollen.

Insbesondere ist zu beachten, dass die Batterie nicht so effektiv auf dynamische Belastungen reagieren kann wie eine Kraftstoffblase bzw. ein Kraftstofftank. Daher

werden die auf Leichtbau getrimmten Elektrofahrzeuge in den betroffenen Bereichen verstärkt, um die Batterie vor Penetrationen oder eindringenden Fahrzeugteilen zu schützen. Durch diese Verstärkungen entstehen allerdings höhere Belastungs- oder Beschleunigungswerte der Batterie.

Crashverhalten von Hybrid- und Elektrofahrzeugen am Beispiel des Toyota Prius II

Im DEKRA Crash Test Center wurde im Jahr 2009 ein gebrauchter, drei Jahre alter Toyota Prius mit einer Laufleistung von 124 000 km gecrasht. Die Wahl fiel auf dieses Auto, weil der Toyota Prius 2009 das weltweit meistverkaufte Hybridfahrzeug war und es die damals aktuellen Zulassungsstatistiken in Japan anführte.

Das Fahrzeug verfügte über eine Nickel-Metallhydrid-Gel-Batterie mit einer Nennspannung von 201,6 V, die hinter den Fondsitzen angebracht war. Ein Inverter war im vorderen linken Bereich der Fahrzeugfront untergebracht. Dieser dient dazu die Gleichspannung der Batterie in Wechselspannung für den elektrischen Antrieb bzw. die Wechselspannung der Rekuperation in Gleichspannung für die Speicherung im Akku umzusetzen.

Die Hochvoltleitungen verliefen analog zu den Kraftstoffleitungen. Der Versuch wurde in Anlehnung an die FMVSS 305 und der darin enthaltenen FMVSS 208 durchgeführt; dabei handelt es sich um einen Frontalaufprall unter einem Aufprallwinkel von 30 Grad gedreht um die Fahrzeug-Hochachse mit einer 100%igen Überdeckung gegen eine starre, nicht deformierbare Barriere.

Die Aufprallgeschwindigkeit betrug 49,1 km/h, das heißt sie befand sich im oberen Bereich der Toleranz, die in der Norm festgeschrieben ist. Das Versuchsfahrzeug hatte ein Gewicht von 1.557 kg. Im Gegensatz zum Einstufungstest bei Euro NCAP wurde auf die linke Fahrzeugseite gecrasht, da sich dort der Inverter befindet. Vor allem dieser kritische Bereich sollte überprüft werden. Die starke Energieaufnahme über die linke Fahrzeugseite hatte zur Folge, dass sowohl A-Säule als auch B-Säule

am Dachholm einknickten. Die enormen Kräfte wurden über die linke Seite über die Lastpfade des Längsträgers bzw. Schwellerbereichs in die Fahrzeugkarosse übertragen. Der Kabelschacht wurde durch die Achse eingeklemmt, das darunter liegende Hochvoltkabel jedoch nicht beschädigt.

Das Fahrzeug aktivierte bei Crasherkenkung eine Schmelzsicherung, welche die Hochvoltbatterie gegen Kurzschlüsse sichert und diese spannungsfrei schaltet. Außerdem wurde der Inverter bzw. der Elektromotor aktiv kurzgeschlossen, dadurch konnte vermieden werden, dass es Rückströme zur Batterie gab welche sich gegebenenfalls auch auf die Fahrzeugkarosse hätten legen können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Hochvoltkabel am Unterboden sowie der Inverter trotz großer Belastungen nicht beschädigt wurden. Die ebenfalls stark beanspruchte Fahrzeugkarosse trug zum Schutz der Insassen bei, alle Grenzwerte der Dummies lagen im Toleranzbereich. Die Batterie verschob sich innerhalb der Aufhängung, allerdings rissen keine Anbindungen ab und das Gehäuse der Batterie wurde nicht beschädigt. Brand- bzw. Explosionsgefahr bestand zu keinem Zeitpunkt des Crashtests.

Impulse

- Bei Hochvoltfahrzeugen nimmt die aktive Sicherheit einen besonders hohen Stellenwert ein.
- Wichtig ist die Diskussion über den Zeitpunkt, zu dem das Hochvoltsystem das Fahrzeug spannungsfrei schalten sollte. Hier ist auch die Möglichkeit einer Sekundärkollision mit einzubeziehen.
- Rettungskräfte und Fahrzeuginsassen können am Unfallort häufig nicht eindeutig identifizieren, ob ein Fahrzeug wirklich spannungsfrei geschaltet ist. Ein wichtiger Impuls ist hier die Thematik der einheitlichen Batterieabschaltung.
- Außerdem sollte die Frage diskutiert werden, ob umgerüstete Fahrzeuge den gleichen Sicherheitsansprüchen gerecht werden müssen bzw. ob die Anforderungen an Elektro- und Hochvoltfahrzeuge im urbanen Betrieb mit denen an herkömmliche Fahrzeuge überhaupt vergleichbar sind.

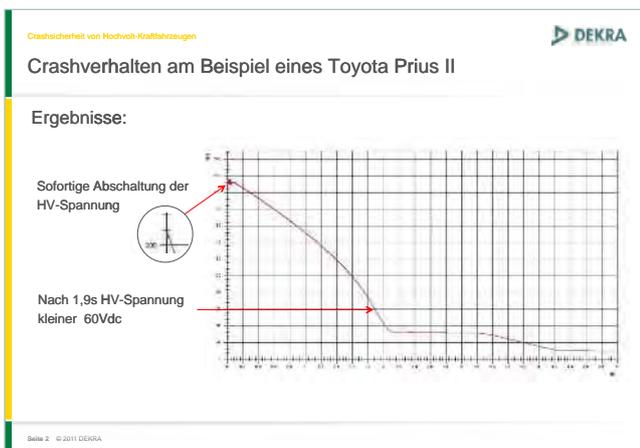


Abb. 2: Crashverhalten am Beispiel eines Toyota Prius II

Anhand des Diagramms der Messwerte (Abb. 2) ist zu erkennen, dass sofort nach Unfalldetektierung (beim Toyota Prius einhergehend mit der Airbagauslösung) die Hochvoltspannung abfiel und – wie in der DIN-Norm gefordert – binnen fünf Sekunden unter einen Wert von 60 V sank, in diesem Fall sogar binnen 1,9 Sekunden.



David Kress

david.kress@dekra.com
DEKRA Automobil GmbH
Projektmanager Crashtests

Batterietechnologien, Batteriesicherheit



Armin Gräter
BMW Group

BMW und Elektromobilität

Nach 40 Jahren Forschung auf der Basis einzelner Fahrzeuge zu Technologien der Elektromobilität, wurde 2009 mit dem MINI E eine Testflotte von ca. 600 Fahrzeugen auf den Markt gebracht. Aktuell arbeitet das Unternehmen an einer Testflotte des 1er ActiveE mit ca. 1000 Fahrzeugen – ein immenser Aufwand, aber der Forschungsbedarf, vor allem die Untersuchung des Kundenverhaltens in der täglichen Praxis mit Elektrofahrzeugen ist so hoch, dass er diesen Aufwand rechtfertigt und notwendig macht. Im Hybridbereich hat BMW im Jahr 2009 den X6 eingeführt, 2010 den 7er und auch der 5er ist bereits veröffentlicht, seine Markteinführung ist für Anfang 2012 geplant. 3er und 5er BMW sind Vollhybride mit einer sehr begrenzten elektrischen Reichweite, daher ist die Größe der Batterie überschaubar.

Antriebsintegration

Bei diesen Fahrzeugen zeigen wir, wie in ein konventionelles Fahrzeugkonzept nachträglich ein Elektroantrieb integriert werden kann, wenn diese Möglichkeit vom Hersteller bei der Konzeption gedanklich schon mit eingeplant wurde. Der neue BMW 3er wurde für eine mögliche Ausrüstung konzipiert, ohne das Basisfahrzeug mit zusätzlichem Gewicht oder Kosten zu belasten. Die für die Elektromobilität benötigten Komponenten sind in den Fahrzeugbaukäufen gedanklich vorgehalten. Bisher war bezüglich Gewichtsgrenze und Fahrzeugauslegung der 8 Zylinder Allrad das BMW-Topmodell, heute stellt

die Hybridvariante die Gewichtsgrenze dar und definiert damit Fahrzeugpuls und Crasheigenschaften.

Marktdurchdringung

Die Energiedichte von modernen Lithium-Ionen-Fahrzeugen hat sich seit den siebziger Jahren stark verändert – allerdings wird ein Missverhältnis im Vergleich zu Autos mit Verbrennungsmotor auch in Zukunft bestehen bleiben. Die Vision, dass im Jahr 2020 in Deutschland eine Million Elektrofahrzeuge auf den Straßen unterwegs sein werden wird wohl nur dann realistisch, wenn ein- und zweispurige Fahrzeuge mit Range-Extendern und Plug-In-Hybride mit einberechnet werden. Reine Elektrofahrzeuge wie der BMW ActiveE oder der BMW E3 sind als Stadtautos konzipiert. Ein elektrisches Universalfahrzeug, das für alle Einsatzfelder geeignet ist, scheint aus heutiger Sicht nicht möglich; die Elektromobilität wird den Verbrennungsmotor wohl nie ganz ersetzen können. Deshalb ist die Diskussion von Lösungen mit Wasserstoff und Brennstoffzelle so wichtig.

Batterietechnologien

BMW hat derzeit verschiedene Batterietechnologien auf dem Markt (Abb.1). Die Vollhybrid-Fahrzeuge sind mit Lithium-Eisen-Phosphat-Rundzellen von A123 ausgestattet. Im BMW ActiveE und im BMW i3 und i8 befinden sich prismatische Zellen von SB LiMotive, einer Kooperation von Samsung und Bosch. A123 Rundzellen gibt es schon



Abb. 1: Aktuelle Batterietechnologien

länger, ähnliche werden auch in der Consumer Elektronik eingesetzt. Diese Zellen sind sehr dynamisch, geben schnell Leistung ab und können sehr schnell aufgeladen werden. Fahrzeuge mit einer längeren Reichweite brauchen eine Hochenergiezelle, BMW setzt dabei wie oben erwähnt eine prismatische Zelle ein. Diese ist von einem Aluminiumgehäuse umgeben. Pouch-Zellen haben das gleiche chemische Design, Kathode und Anode sind gleich angesiedelt, werden aber nur durch eine Folie gehalten. Dies spart Gewicht und Bauraum. Das Speicherkonzept von BMW sieht vor, dass Wärme am Boden der Zelle abgeführt wird; daher ist der Aluminiumkörper der prismatischen Zelle aufgrund der guten Leitfähigkeit auf die Aluminiumgrundplatte der Batterie und des Kühlmediums ein großer Vorteil.

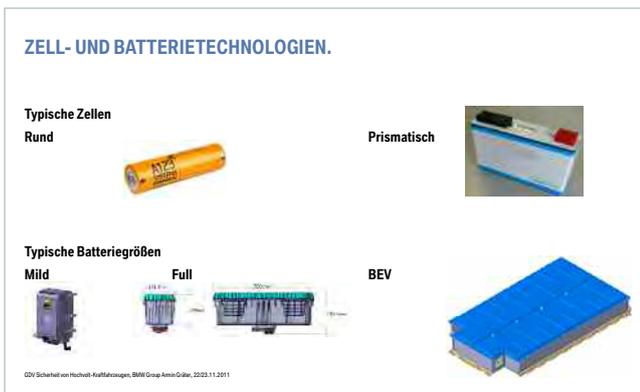


Abb. 2: Zell- und Batterietechnologien

Abbildung 2 zeigt eine Mild-Hybrid Batterie; diese ist nicht ganz maßstabsgerecht dargestellt, die Batterie ist eigentlich noch kleiner. Eine Full-Hybrid Batterie hat eine Breite von ungefähr 60 cm und liegt manchmal hinter, manchmal auch über der Achse in einem sehr gut crashgeschützten Bereich. Gleichzeitig ist sie mit einem Schutzgehäuse versehen. Bei Unfällen gibt es also Anforderungen an dieses Gehäuse und ans Fahrzeug selbst. Bei einem Elektrofahrzeug ist die Batterie nicht durch ihren Einbauort crashgeschützt, die Zellen werden von einem Gehäuse gehalten. In diesem Fall müssen Bauraum und Fahrzeug selbst für die Crasheigenschaften sorgen.

Fahrzeugsicherheit

Das gesamte Sicherheitskonzept von BMW beinhaltet auch die Gefahrenschwerpunkte elektrischer Schlag und Fahrzeugbrand. Diesbezüglich wurden 3 Crashfunktionen in die Fahrzeuge eingebaut:

1. Crashabschaltung durch das Airbag-Steuergerät mit direkter Leitung zu den Batterieschützen: sicheres und schnelles Abschalten der Batterie vom Bordnetz und redundant über das Bussystem.
2. Aktiver Kurzschluss des Elektromotors: Um zu vermeiden, dass bei Unfällen, bei denen das Fahrzeug weiterrollt, Strom ins Bordnetz induziert wird, schalten die IGBT's auf einen internen Kurzschluss. Dadurch wird die entstandene Energie in Wärme umgewandelt bevor hohe Spannung ins Bordnetz eintreten kann.
3. Aktive Entladung der Kapazitäten im Zwischenkreis durch leistungsstarke Kondensatoren, die weit über 60 V Spannung und eine gewisse Energiemenge ins System rückspielen wenn sie passiv entladen werden. Für optimalen Brandschutz ist eine sehr schnelle Entladung im zweistelligen Millisekundenbereich erforderlich.

Fazit

Alle Gefahren der Elektromobilität wurden intensiv und systematisch analysiert und entsprechende Maßnahmen getroffen. Diese decken den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs von der Entwicklung über die Produktion bis zur Entsorgung ab.

- Batterien stellen nach einem Unfall ein nicht zu unterschätzendes Risiko dar. Bei relativ leichten Unfällen, die für Versicherungen sehr relevant sind, wird die Integrität des Hochvoltsystems nicht verletzt, maximal eine reversible Abschaltung ist erforderlich, die nach dem Unfall keinerlei Kosten auslöst.
- Bei sehr schweren Unfällen, bei denen auch der Insassenschutz an seine Grenzen stößt, kann unter Umständen auch die Batterie beschädigt werden. Je nach Unfallszenario kann die Batterie deformiert bzw. können Zellen beschädigt werden.

- Das Risiko eines Batteriebrandes kann dabei nicht vollständig ausgeschlossen werden.
- Ein Metallbrand ist durch das Aluminium-Gehäuse theoretisch möglich – allerdings ist in den Zellen der Batterie kein metallisches Lithium enthalten. Die leider weit verbreitete Behauptung, dass praktisch jeder Batteriebrand ein Metallbrand sei, entspricht definitiv nicht der Realität.
- Ein Batteriebrand ist mit großen Mengen Wasser zu kühlen und wenn möglich zu löschen. Eventuell austretende ätzende Flüssigkeiten können so verdünnt, Gase gebunden werden.
- Die Löschmittelempfehlung der BMW-Werksfeuerwehr, je nach Einsatzlage Wasser, Schaum, Sand oder Metallbrandlöscher zu verwenden, gilt für Elektro- gleichermaßen wie für konventionelle Fahrzeuge.
- Unter Umständen ist auch ein kontrollierter Abbrand zu erwägen.

**Armin Gräter**

armin.graeter@bmw.de

BMW Group

Zentralteam Funktionsicherheit

Vorschriften zur elektrischen Sicherheit



Gerd Kellermann
 Bundesministerium
 für Verkehr, Bau und
 Stadtentwicklung

Internationale und nationale Vorschriften

Die internationalen Vorschriften zur elektrischen Sicherheit werden von der Wirtschaftskommission für Europa erlassen. Der UNECE (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen) sind auch außereuropäische Vertragsstaaten beigetreten. Die Harmonisierung der Vorschriften ist nicht zuletzt auch im Interesse der Fahrzeughersteller, weil hierdurch der Aufwand deutlich reduziert wird. Der hohe Sicherheitslevel in Deutschland sollte auch in anderen Ländern gelten, damit ausländische Fahrzeuge die nach Deutschland kommen, ebenso sicher sind.

für die Harmonisierung von Fahrzeugvorschriften angesiedelt ist. Darin enthalten sind sechs formelle Gruppen. Sehr wichtig ist die GRSP, die Gruppe beschäftigt sich mit der passiven Fahrzeugsicherheit. Das Weltforum wird von Frankreich geleitet, die GRSP von den USA, die Gruppe Electric safety, wie auch die zur Batteriesicherheit, von Deutschland. Die Sponsoren der Gruppe für die Sicherheit von Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeugen sind Japan, die USA und Deutschland. Diese Gruppe hat eine globale technische Regelung erarbeitet, die in Genf vorgestellt wird. Diese Regelungen fallen nicht unter das 58er Abkommen, welches besagt, dass die Genehmigung von Komponenten von allen anderen Vertragsstaaten anerkannt wird. Wenn also das Kraftfahrtbundesamt in Deutschland eine Komponente genehmigt, wird diese auch in Frankreich, Rumänien etc. anerkannt.

Bezüglich der Sicherheit von Hochvoltfahrzeugen wurde schon einiges auf den Weg gebracht, etwa die Regelung 100 Änderungsserie 01 für die funktionale Sicherheit und die Crashvorschriften in den Regelungen 12, 94 und 95, ebenso die Regelung 10 zur elektromagnetischen Verträglichkeit. Diese wurde bisher nur für PKW angepasst, demnächst wird dies auch für Nutzfahrzeuge geschehen. Diese ist bei Hochvoltfahrzeugen wegen der Beeinflussung von anderen Teilen eine besondere Problematik. Die europäische Kommission erarbeitet keine eigenen Vorschriften zur elektrischen Sicherheit, sondern übernimmt das, was in Genf erarbeitet wurde. Dies gilt dann verbindlich für alle 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Beim 58er Abkommen sind neben den USA auch Länder wie China oder Korea, also wichtige Fahrzeughersteller, nicht dabei.

Auf europäischer Ebene gibt es eine EG-Typgenehmigung. Alle Hersteller lassen ihre Fahrzeuge bzw. ihre Fahrzeugserien typgenehmigen. Dabei werden UNECE-Vorschriften herangezogen wie die Regelung 100. Es gelten gewisse Übergangsfristen damit sich die Hersteller auf neue Vorschriften einstellen können und weiter normal produzieren können. In bestimmten Bereichen ist es aber nicht

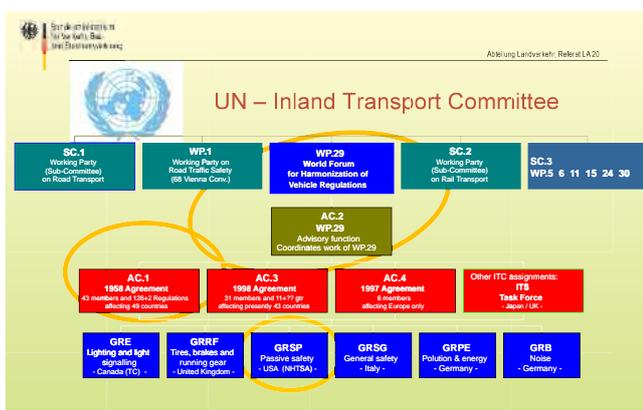


Abb. 1: UN-Inland-Transport-Komitee der europäischen Wirtschaftskommission

In der europäischen Wirtschaftskommission gibt es ein UN-Inland-Transport-Komitee, unter dem das Weltforum

akzeptabel, dass die Übergangsbestimmungen zu lange dauern, etwa bei der funktionalen Sicherheit von Hochvoltfahrzeugen. Alle Typgenehmigungsbehörden in Europa waren sich einig, dass Hochvoltfahrzeuge die Regelung 100 erfüllen müssen. Obwohl keine gesetzliche Verpflichtung besteht, muss sie also erfüllt werden um ein Fahrzeug auf den Markt bringen zu können.

Die Typgenehmigung gilt nur für Serienfahrzeuge. Einzelfahrzeuge bzw. umgerüstete Fahrzeuge werden national begutachtet und genehmigt. Dies erscheint problematisch. Die Sorge dabei betrifft vor allem die Umrüstung von Fahrzeugen. Wer entscheidet ob ein umgerüstetes Auto in Deutschland zugelassen wird? In § 30 der Straßenverkehrszulassungsordnung steht nur ganz allgemein, dass niemand geschädigt oder mehr als unvermeidbar geschädigt, behindert und belästigt werden darf. Hier sind genauere Vorschriften nötig. Bevor ein solches Fahrzeug genehmigt wird, muss ein technisches Gutachten vorgelegt werden, dass von TÜV, DEKRA oder GTÜ erstellt wird. Mittlerweile gibt es dazu ein einheitliches Merkblatt, welches dem Gutachten zugrunde liegt. Dies ist ein Schritt in die richtige Richtung, aber keine verbindliche Vorschrift.

Anforderungen an Batterien / Batterietests

Eine Batteriearbeitsgruppe überarbeitet die Regelung 100 in einer Änderungsreihe 02, dabei werden acht verschiedene Tests gefordert: Vibration, Hitze-Kälte-Test, mechanische Einwirkung, Feuer-Test, interner / externer Kurzschluss, Überladung, Tiefentladung und Überhitzung. Beispielfhaft seien zwei Tests herausgehoben, der Feuertest und mechanische Einwirkung. Beide können nur mit dem gesamten Fahrzeug durchgeführt werden bzw. machen nur dann Sinn. Eventuell wäre auch eine stufenweise Komponentengenehmigung vorstellbar. Die anderen Tests könnten beispielsweise auch vom Batteriehersteller durchgeführt werden. Damit werden die Fahrzeughersteller – was die Kosten betrifft – entlastet, die Produktion würde wieder günstiger werden. Die Kosten sind generell noch ein Problem.

Ausblick

Einer der nächsten Schritte wird sein, die bereits erwähnte elektromagnetische Verträglichkeit für Nutzfahrzeuge anzupassen. Außerdem wurde vom Weltforum für die Harmonisierung von Fahrzeugvorschriften beschlossen, zwei informelle Gruppen für die globalen technischen Regelungen für Hochvoltfahrzeuge zu gründen. Eine beschäftigt sich mit der Sicherheit, die andere mit den Umweltvorschriften für Hochvoltfahrzeuge. Bei einem ersten Treffen werden diese Gruppen genaue Zielsetzungen und Vorgehensweisen beschließen.

Die Batterievorschriften in der Regelung 100 sollen im Januar 2012 fachlich abgeschlossen und im Mai von der GRSP angenommen werden. Dringender Überarbeitungsbedarf besteht bei der Straßenverkehrszulassungsordnung; diese muss dringend an die internationalen Vorschriften angepasst werden.



Gerd Kellermann

gerd.kellermann@bmvbs.bund.de

Bundesministerium für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Innovative und kommunikative Fahrzeugtechnologien,
Kraftfahrzeugtechnik

Diskussionsergebnisse im Workshop „Crashsicherheit“

Der Workshop wurde stark durch den von Herrn Kellermann in seinem Impulsvortrag vorgestellten Änderungsstand 2 (Rev2) der ECE-R100¹ geprägt, in der bereits sehr wesentliche Forderungen zur Sicherheit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen abgebildet werden. Diese Vorschriften werden in Übereinstimmung mit dem Regierungsprogramm Elektromobilität² derzeit erarbeitet und gehen über die Anforderungen des geltenden Änderungsstandes 1 (Rev1) hinaus.

Der Diskussionsteil des Workshops gliedert sich in die drei Themenfelder:

1. Zulassungsvorschriften
2. Deaktivierung der Hochvoltanlage
3. Hochvoltbatterie nach dem Unfall

1. Zulassungsvorschriften

1.1 Vereinfachte Sicherheitsanforderungen an reine E-Fahrzeuge

Diskutiert wurde, ob für reine Elektrofahrzeuge vereinfachte Sicherheitsanforderungen gelten sollen, da sie reichweitentypisch als reine Stadtfahrzeuge gewertet werden können. Dies wurde jedoch nicht als sinnvoll angesehen, da tatsächlich keine saubere Trennung möglich ist und auch die innerstädtischen Unfälle hohe Anforderungen stellen können.

1.2 Umgerüstete Fahrzeuge

Grundsätzlich als problematisch wurden die umgerüsteten Fahrzeuge angesehen, die in einer ursprünglich mit Verbrennungsmotor gebauten Karosserie nun die Hochvoltkomponenten unterbringen müssen. Die bekannten Umrüstungen basieren auf Fahrzeugen der Kompakt- bzw. Kleinwagenklasse. Da deren Tankräume meist klein sind, werden Batterien z.B. auch im Kofferraum verbaut, so dass dem Heckaufprallschutz eine besondere Bedeutung zukommen kann. Qualifizierte strukturelle Anpassungen werden hier typischerweise nicht beobachtet. Besondere Testverfahren wurden vorgeschlagen, aber nicht für zielführend gehalten, weil diese umgerüsteten

Fahrzeuge nicht nach den von Herrn Kellermann beschriebenen Verfahren zugelassen werden. Vielmehr handelt es sich typisch um Einzelabnahmen nach den als ohnehin unzureichend eingeschätzten nationalen Vorschriften, so dass die Zulassung weitgehend im Ermessen eines Prüfers liegt und die für diesen Anwendungsfall nicht vorbereiteten und allgemein gehaltenen Zulassungsvorschriften zur Anwendung kommen.

Bei Serienfahrzeugen werden die in Abstimmung befindlichen Prüfungen nach ECE-R100 Rev2 in der Entwicklung schon angewandt und damit nach Einschätzung der Gruppe ein hohes Schutzniveau sichergestellt. Dies wird entweder durch Komponententests der Batterie gegen Stoß erreicht oder durch Aufpralltests des Gesamtfahrzeugs.

1.3 Umgebaute Fahrzeuge und nachträgliche Modifikation

Eine ähnliche Frage betraf Umbauten, auch durch sogenannte Bastler. Es ist zu erwarten, dass zukünftig Upgrades bei den Batterien mit fortschreitender Technik auch neben den OEM-Vertriebswegen bezogen werden können. Ebenso kann man sich vorstellen, dass leistungsfähigere Batterien oder andere Komponenten von „Tunern“ angeboten werden. Solche Maßnahmen wären nicht notwendigerweise durch § 27 StVZO erfasst und die Bauteile sind damit potentiell einer Zulassungsprüfung entziehbar. Es wäre in solchen Fällen nicht vorhersehbar, wie sich diese Teile bei einem Crash verhielten.

In diesem Punkt bestand Einigkeit, dass für dieses Szenario ein erhebliches Risiko – z.B. auch durch Bauteile minderer Qualität – entstehen kann.

2. Deaktivierung der Hochvoltanlage

2.1 Automatische Abschaltung der Batterie nach einem Unfall

Diskutiert wurde auch die Abschaltung der Batterie bei einem Unfall. Dazu wurde festgehalten, dass bereits mit der ECE-R100 Rev1 die Eigensicherheit entweder durch sicheren Zugangsschutz oder durch Selbstüberwachung mit Abschaltung der Anlage gefordert wird. Diese Ab-

1 Group of interested experts on Rechargeable Energy Storage Systems (RESS), http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grsp/elsa/elsa_subgroup2_6.html
 2 Die Bundesregierung: Regierungsprogramm Elektromobilität, http://www.bmbf.de/pubRD/programm_elektromobilitaet.pdf

schaltung wird z.B. an eine Airbagauslösung gekoppelt. Der Punkt wurde dahingehend vertieft, dass so eine Entscheidung über die Fahrbarkeit des Fahrzeugs nach dem Unfall durch das Batteriemangement getroffen wird, was auch kritisch gesehen wurde. Dem wurde von Vertretern einiger Fahrzeughersteller entgegen gehalten, dass dort als Lösung eine zweistufige Abschaltung realisiert wird. Diese erlaubt nach einfacheren Unfällen und bestandenen Selbsttest einen weiteren Betrieb. Erst wenn eine große Unfallschwere unterstellt werden kann, ist die Anlage nur durch eine Werkstatt zu reaktivieren. Grundsätzlich werden aber schon die Forderungen nach ECE-R100 Rev1 als ausreichend für die Sicherheit von Personen angesehen.

2.2 Abschaltung mittels Trennstecker

Ein weiterer Diskussionspunkt war der Trennstecker für die Batterie, auch als Service-Disconnect bezeichnet, mit dem die Batterie vom HV-Netz getrennt werden kann. Beim Opel Ampera steht dieser Stecker für die Feuerwehr im Innenraum zur Verfügung. In der Diskussion ging es um die regelmäßige Verfügbarkeit dieses Steckers nach einem Unfall, die heute nicht gegeben ist. Aufgrund der gesetzlichen Anforderungen werden Hochvolt-Kraftfahrzeuge in Serie mit sogenannten „Always-Off“-Relais gebaut, d.h. bei Abfall der 12 V-Versorgung am Relais wird die Batterie durch Relais/Schütze vom Netz getrennt. Diese 12 V-Versorgung wird bei der Abschaltung beim Unfall unterbrochen und so ohnehin die Batterie getrennt. Deshalb sehen manche Workshopteilnehmer den Trennstecker als nicht notwendig an. Zumindest eine Visualisierung der erfolgten Abschaltung wurde schließlich als wünschenswert genannt. Außerdem sollte die Kenntnis über dieses Sicherheitsverhalten bei den Fahrzeugnutzern und Ersthelfern verbreitet werden.

3. Hochvoltbatterie nach dem Unfall

3.1 Umgang mit beschädigter Batterie

Ein wesentlicher Punkt war der Umgang mit der Hochvoltbatterie nach dem Unfall. Zwar ist nach Auffassung anwesender Vertreter von Fahrzeugherstellern bereits durch

die ECE-R100 Rev2 ein hoher Schutz gegen Beschädigungsfolgen gegeben. Jedoch ist nach tatsächlichem Eintritt von Batterieschäden der Umgang mit diesen Batterien noch nicht ausreichend geregelt. Hier wurden insbesondere Herstellervorgaben für das jeweilige Fahrzeug als notwendig erachtet und auch hier wurde wieder auf die Notwendigkeit einer weitergehenden Information an Betroffene wie z.B. Abschleppunternehmen hingewiesen. Konkret wurde vorgeschlagen, dass die VDA Taskforce „Retten von Personen“ dieses Thema aufgreift.

3.2 Transport der beschädigten Batterie oder von Batterie-Teilen

In der Folge von Unfällen ist u.U. auch die Batterie als Einzelteil oder deren Module getrennt vom Fahrzeug zu bergen und zu transportieren. Hier besteht nach Auffassung des Workshops ein dringender Handlungsbedarf, weil Lithium-Ionen-Batterien außerhalb des Fahrzeugs nur sehr eingeschränkt transportiert werden dürfen. Die heutige Vorschriftenlage ist möglicherweise durch frühere Erfahrungen mit Batterien auf der Basis von metallischem Lithium geprägt und entspricht nicht den heutigen Gegebenheiten, deswegen finden praktisch alle Transporte in Ausnahmeverfahren statt.

Die Gruppe sah hier den VDA und das BMVBS in der Pflicht zur Einbringung von Vorschlägen zur Änderung der Gesetzeslage.

3.3 Gefährdung der Insassen durch austretende Batterie-Chemikalien oder Brand

Weitere Diskussionspunkte betrafen die Gefährdung von Fahrzeuginsassen durch Gasaustritt aus der Traktionsbatterie sowie die Gefährdung auch von Reinigungsdiensten und Feuerwehren nach Elektrolytaustritt. Hierzu wurde ausgeführt, dass Lithium-Ionen-Batterien keinen flüssigen Elektrolyten in größeren Mengen enthalten und die frei werdenden Mengen aufgrund chemischer Reaktionen normalerweise nicht flüssig bleiben. Austritte in den Innenraum werden nach dem derzeitigen Entwurf der ECE-R100 Rev2 innerhalb 30 Minuten nach dem Unfall nicht erlaubt und generell darf nur 7% des Elektrolyten

austreten. Damit ist implizit auch der Eintritt von Gasen, die aus dem Elektrolyten der Traktionsbatterie gebildet werden, in den Fahrzeuginnenraum erfasst. Auch hier wird ein weitgehender Schutz angestrebt. Grundsätzlich wurde das Thema Brand nach Batteriefehlern oder -schäden angesprochen. Hinsichtlich der Beherrschbarkeit wird beim Brand nach Unfall ein größeres Risiko gesehen, als bei den elektrischen Gefahren, allerdings war es aufgrund mangelnder Erfahrung nicht möglich, dieses Thema zu vertiefen. Die herrschende Meinung war, dass bei einem Unfall eine zuverlässige Trennung der Batterie vom Hochvoltsystem und eine aktive Entladung des Hochvoltsystems oberste Priorität haben sollte.

Workshop „Rettungskette“

Etwa 30 Teilnehmer diskutierten im Workshop „Rettungskette“ engagiert Aspekte der Rettung aus verunglückten Hochvolt-Kraftfahrzeugen, aber auch Besonderheiten, die bei der Begutachtung und Bergung von Unfallfahrzeugen mit solchen Antrieben zu beachten sind. Besonders erfreulich war dabei die große Vielfalt an Organisationen, die Vertreter in diesen Workshop entsandt hatten. Sie umfassten neben internationalen Automobilherstellern, Feuerwehren und Polizeibehörden unter anderem auch Verbände der Automobilwirtschaft sowie Abschlepp- und Servicedienste. Drei Impulsreferate lieferten den Einstieg in die Thematik der „Rettungskette“.



Workshopleitung:

Dr. Axel Malczyk, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Unfallforschung der Versicherer (UDV)



Interdisziplinärer VDA / VDIK Arbeitskreis: Feuerwehr + Rettungsdienst + Fahrzeughersteller



Jürgen Peitz
Adam Opel AG

1. Ausgangssituation

Normale VDA- oder VDIK-Arbeiten sind rein herstellerbesetzte Arbeitskreise, der „Interdisziplinäre VDA/VDIK Arbeitskreis: Feuerwehr + Rettungsdienst + Fahrzeughersteller“ ist anders: Es geht ausschließlich um die Rettung von Menschenleben. In interdisziplinärer Zusammenarbeit sollen diesbezügliche einheitliche Aussagen und Regelungen gefunden werden. Hintergrund der ersten Zusammenkunft des Arbeitskreises im Jahr 2007 war eine Diskussion im Innenministerium. Thema waren die Probleme der Feuerwehren mit vermehrt verbauten hoch- und höchstfesten Stählen. Eine gemeinsame Richtung fehlte und es war unklar, wie man an die benötigten Informationen gelangen sollte. Auf Anregung des VDA wurde daraufhin der Arbeitskreis gebildet. Zwischenzeitlich setzt er sich zusammen aus VDA, VDIK, Bevollmächtigten der Feuerwehren, einem Notarzt und beratenden Gästen, Dienstleistern von Moditech, ADAC, DAT und KBA.

2. Bisherige Ergebnisse

Im Jahr 2009 wurden die standardisierten Rettungsdatenblätter hinsichtlich Inhalt, Layout und Legende erneuert. Parallel dazu entwickelte die Feuerwehr VFDB-Richtlinien weiter und passte sie an die neuen Erkenntnisse an. Angefordert von diesem Arbeitskreis kam es 2011 im Deut-

schen Bundestag zu einer Gesetzesänderung; die Rettungsleitstellen sind seither zu einer Kennzeichenabfrage berechtigt. Der nächste Schritt, dessen Umsetzung in die Praxis im Jahr 2012 erfolgen soll, ist bereits in Arbeit: Über die Kennzeichenabfrage der Leitstelle werden die Einsatzkräfte innerhalb kürzester Zeit (<5sek) das hierfür automatisch selektierte zugehörige Fahrzeug-Rettungsdatenblatt angezeigt bekommen.

3. Zusammensetzung des Arbeitskreises

Der VDA setzt sich aus den deutschen Automobilherstellern zusammen. Ein Vertreter im VDIK bringt die Interessen der Mitglieder in den Arbeitskreis mit ein. Ein offiziell vom Innenministerium benannter Vertreter der Feuerwehren hat eine zentrale Führungsaufgabe innerhalb des Arbeitskreises. Experten der Feuerwehr aus Berlin, Ludwigshafen, München, Hamburg und Wiesbaden stellen dem Arbeitskreis Fragen und Aufgaben. Das breite Fundament des Arbeitskreises ist besonders wichtig. Über das KBA kam die Datenbankabfrage zustande, im Bundesministerium werden Gesetze auf den Weg gebracht, der ADAC steht dem Arbeitskreis zeitweise beratend zur Verfügung und mittlerweile ist auch die Berufsgenossenschaft mit eingebunden. Die Fahrzeughersteller erstellen die vom Layout standardisierten spezifischen Rettungsdatenblätter nach dem Informationsbedarf der Feuerwehren. Die DAT, ein Unternehmen, das zu VDA und VDIK und dem ZDK gehört, hat zwischenzeitlich den Auftrag eine zentrale Datenbank mit integrierter Kennzeichenabfrage zu generieren.

4. Wichtigste Inhalte der Rettungsdatenblätter

In den Rettungsdatenblättern sind einheitliche Informationen rund um die Fahrzeugtechnik enthalten. Erfahrungen und daraus resultierende Anforderungen werden direkt und kontinuierlich zwischen Feuerwehr, Notarzt und Fahrzeugherstellern besprochen. Die Rettungsdatenblätter sind immer gleich gegliedert. Abbildung 1 zeigt ein Rettungsdatenblatt für Hochvoltfahrzeuge. Es zeigt beispielsweise wie das Fahrzeug gegen Wegrollen gesichert werden kann oder wie das HV-System deaktiviert



Abb. 1: Rettungsdatenblatt für Hochvoltfahrzeuge

wird. Weiter sind verschiedene Szenarien für mögliche Unfallsituationen enthalten (Abb. 2 und 3). Eine Standardisierung ist bereits durchgängig erfolgt und umgesetzt.



Abb. 2 und 3: Rettungsdatenblatt für Hochvoltfahrzeuge

5. Ausblick

Momentan befasst sich der Arbeitskreis mit Details wie Nutzungsrechten etc. Diese Detailarbeit ist nicht zu unterschätzen. Allein aufgrund des Datenschutzes müssen beispielsweise eine Vielzahl behördlicher Anforderungen erfüllt werden. Im März 2012 startet die so genannte Pre-Pilot-Phase – dabei werden mit Dummy-Datensätzen des KBA fiktive Abrufe unter realen Bedingungen durchgespielt. Vier Wochen später beginnt dann die Pilotphase: Fünf Feuerwehren erproben das System über 6 Monate hinweg und halten mögliche Mängel fest. Verlaufen diese Testphasen reibungslos, kann das System im September 2012 eingeführt werden.

Bereits in Arbeit ist außerdem der Dialog mit anderen Ländern um Kennzeichenabfragen ausländischer Fahrzeuge legal durchführen zu können. Technisch wäre dies durchaus machbar; problematischer ist das Thema Datenschutz. In Gesprächen mit einem Verein schwedischer Automobilhersteller zeigte sich das große Interesse Schwedens am deutschen System zur Kennzeichenabfrage und einer internationalen Zusammenarbeit. Auch von englischer Seite wurde bereits Interesse geäußert. Eine große Herausforderung stellt die Aufklärung und Schulung der Feuerwehren dar. Es gibt in Deutschland 40 000 Berufsfeuerwehrleute und eine Million Freiwillige; die Schulungsmaßnahmen werden also entsprechend aufwendig sein. Hochvoltausrüstung und Laptops gehören bisher nicht zur Grundausstattung der Feuerwehren. Außerdem ist zu klären, ob die geplanten eCall-Inhalte die Anforderungen der Feuerwehr decken. Eine Datenbank-Verknüpfung beider Systeme ist zumindest systemtechnisch schon berücksichtigt worden.



Jürgen Peitz

juergen.peitz@de.opel.com

Adam Opel AG

Insurance Classification (TIC)

Sicherheit nach Unfällen



Dirk Breuer
Toyota Deutschland GmbH

1. Einleitung

Toyota hat in den letzten 15 Jahren bereits 3,3 Millionen Hybridfahrzeuge in Serie verkauft. Der erste Toyota Prius wurde in den sechs Jahren seiner Produktionszeit von 1997-2002 130.000 mal gebaut, der Prius 2 von 2003-2009 bereits 1,2 Millionen mal und der Prius 3 wird momentan durchschnittlich 45.000 mal im Monat gebaut, d.h. in den letzten zwei Jahren wurden bereits eine Million Fahrzeuge hergestellt. Alle Generationen sind mit Hochvolttechnik ausgerüstet; anstelle eines Getriebes ist ein Hybrid-Getriebe mit zwei Motor-Generatoren verbaut. Eine Inverter/Konverter Einheit steuert die beiden E-Maschinen. Die Batterie befindet sich im Kofferraum. Der Hybrid-Antrieb wurde so entwickelt, dass er wie üblich längs oder quer eingebaut unter der vorderen Motorhaube platziert werden kann. Im Prinzip sind mit Hybridantrieb alle denkbaren Antriebskonfigurationen darstellbar, also auch wie bei LEXUS Heck- und Allradantrieb. Weltweit gibt es 13 verschiedene Modelle mit Hybridantrieb. Mittlerweile funktionieren auch alle Nebenggregate wie Servolenkung und Wasserpumpe elektrisch, einen Keilriemen gibt es nicht mehr. Das Auto fährt vor- bzw. rückwärts rein elektrisch und auch die Klimaanlage wird mit Hochvolt betrieben. Bei höherem Leistungsbe-

darf schaltet der Verbrennungsmotor bedarfsgerecht zu und unterstützt die E-Maschine. Durch die Bremsenergie-rückgewinnung wird die Hybrid-Batterie beim Bremsen wieder aufgeladen, ebenso im Schiebetrieb.

Die Batterie muss relativ groß sein, sie hat 201,6 V und ihre Stromhöchstgrenze beträgt in etwa 110 Ampere. Das Bremsen erfolgt über eine kooperative Regelung. Die Elektronik im Auto entscheidet je nach Situation welcher Bestandteil, Hydraulik oder Generator, die meiste Bremsarbeit übernimmt. Wie bei jedem anderen Auto auch, wird die Hydraulikbremse über das Bremspedal gesteuert. Der Unterschied besteht – wie oben erläutert – darin, dass ein Teil der Bewegungsenergie, die beim normalen Auto verloren geht, wieder in der Batterie gespeichert wird.

Diese Technik kann bei allen Karosserievarianten eingesetzt werden. 2010 wurde damit begonnen, den Toyota Auris mit einem Hybridantrieb zu versehen. Mittlerweile ist dies auch beim Lexus CT 200h geschehen. Im Jahr 2012 werden weitere Hybridfahrzeuge folgen. Der Antrieb befindet sich in etwa auf dem Kostenniveau eines Diesels; ist jedoch 35 kg leichter.

Der Werksabgabepreis einer einzelnen Batterie beträgt 1.545 Euro exklusive der Mehrwertsteuer. Den Toyota Prius gibt es als Van-Variante (Prius+); für die USA als Fünfsitzer mit Batterie im Kofferraum, für Europa wird der Van als Siebensitzer eingeführt, die Batterie sitzt dabei in der Mittelkonsole zwischen Fahrer- und Beifahrersitz.

2. Risikofaktoren und Gefahrenvermeidung

Die Kabel der Batterie verlaufen nicht durch den Innenraum, es besteht also keine Gefahr, mit der hohen Spannung in Berührung zu kommen. Die Batterie ist so verbaut, dass die Kabelführung direkt hinter den Sitzen unter einer Abdeckung nach außen geführt wird. Die Kabel verlaufen dann, wie Kraftstoff- oder Bremsleitungen, am Fahrzeugunterboden entlang und enden vorne im Inverter/Konverter. Alle Kabel sind so genannte Koaxialkabel, d.h. sie sind von einem Metallgewebe umgeben. Dies dient der Überwachung von Isolationsschäden.

Die Toyota-Händler wurden in den letzten Jahren im Umgang mit der Hochvolttechnik geschult. Die deutsche gesetzliche Unfallversicherung hat diesbezüglich eine Broschüre und Schulungsvorgaben herausgebracht. Mittlerweile gibt es in Deutschland ein standardisiertes Verfahren welches in Nachschulungen an alle Toyota-Händler weitergegeben wurde.

Die Batterie besteht aus einzelnen Platten, die von Zugankern zusammengehalten werden. Die Position der Batterie ist so gewählt, dass das Risiko, bei einem Unfall beschädigt zu werden, extrem gering ist. Sollte ein Aufprall dennoch so heftig sein dass er bis in den Bereich der Rückbank hineinwirkt, wird die Batterie erstmal als Ganzes verschoben. Selbst wenn die Zuganker reißen und die Batterie auseinanderbricht, kann keine Flüssigkeit austreten, denn die Batterie besteht aus abgedichteten Zellen, die theoretisch auch einzeln ausgebaut werden können. Das System ist also sehr sicher konzipiert. Innerhalb der Batterie befinden sich verschiedene Sicherheitskomponenten: Es gibt einen Stromsensor, der prüft, ob geladen oder entladen wird. Weiter sind Relais enthalten, welche die Batterie von den hochspannungsführenden Kabeln trennen, etwa beim Ausschalten der Zündung oder einem Aufprall.

Durch Betätigen des Startknopfes werden die Relais eingeschaltet. Wird das Auto ausgeschaltet, öffnen sie wieder und es fließt kein Strom mehr. Weiter wird geprüft, ob die Relais wirklich mechanisch geöffnet haben. Diese Überprüfung ist wichtig, da diese Kontakte bei 110 Ampere aufgrund eines Defekts theoretisch verschmelzen könnten und damit unbeweglich wären.

Die Zeitschrift Auto Bild hat die Sicherheit der Batterie vor einigen Jahren getestet. Ein Toyota Prius wurde so gegen eine Wand gefahren, dass beim Aufprall hochspannungsführende Teile getroffen wurden. Das Ergebnis: „...übersteht auch einen heftigen Aufprall ohne dass die Elektrik für Gefahr sorgt.“

Jede Batterie verfügt außerdem über einen Sicherheitsstecker, der die Batterieverkabelung mechanisch trennt. In ihm verbaut ist ebenfalls eine Schmelzsicherung, die bei 125 Ampere auslöst, etwa bei einem Kurzschluss in der Verkabelung. Selbst wenn bei einem Einsatz der Feuerwehr ein Hochspannungskabel verletzt wird, besteht keine Gefahr durch Berühren der Karosserie einen Stromschlag zu bekommen. Denn anders als bei 12 Volt Systemen wird die Karosserie nicht als „Minuspol“ genutzt. Er wird stattdessen separat per Kabel zum Motorraum geführt. Auch der Klimaanlagekompressor ist über zwei Kabel mit der Batterie verbunden, die nach einem Unfall natürlich auch nicht mehr mit Spannung versorgt werden.



Dirk Breuer

dirk.breuer@toyota.de

Toyota Deutschland GmbH

Pressesprecher Technik

Unfallrettung und Brandbekämpfung bei Hochvoltfahrzeugen



Markus Egelhaaf
DEKRA Automobil GmbH

1. Unfallgeschehen

Laut amtlicher Statistik gab es im vergangenen Jahr 3.648 Verkehrstote in Deutschland, jeden Tag starben also durchschnittlich 10 Menschen im Straßenverkehr, die Zahl der Verletzten auf Deutschlands Straßen liegt bei täglich etwa 1.000 Menschen. Die Zahl der zugelassenen PKW beträgt gut 41 Millionen. Der Anteil der mit alternativen Kraftstoffen angetriebenen Fahrzeuge ist daran mit 468.000 Autos (1,12 %) sehr gering. Dazu zählen Elektro-, Hybrid-, Erd- und Flüssiggas- sowie Wasserstofffahrzeuge mit Direktverbrennung. Der Anteil von Elektro- und Hybridautos betrug im Januar 2010 nur 0,07 % (30.450 Fahrzeuge). Mitte des Jahres 2011 war mit 3.500 Elektro- und 42.000 Hybridfahrzeugen ein deutlicher Zuwachs zu verzeichnen. Von einem weiteren Zuwachs ist auszugehen.

2. Antriebssysteme

Wenn Polizei, Feuerwehr oder Rettungsdienste an einen Unfallort kommen, ist ihnen zunächst nicht bekannt, mit welcher Art Fahrzeug sie rechnen müssen. Es gibt konventionell betriebene Autos (Diesel, Benzin), solche mit Gasantrieb und Hochvoltfahrzeuge. Die Hybridautos unterscheiden sich in Voll- oder Mildhybrid. Sie haben eine Batterie und einen Kraftstofftank, in der Regel mit Benzin, in einigen Fällen mit Gas oder noch seltener mit Diesel. Weiter gibt es Elektrofahrzeuge mit Range-Extender, diese haben eine entsprechend größere Batterie

und einen kleinen Kraftstofftank mit Benzin bzw. bald auch mit Diesel. Brennstoffzellenfahrzeuge haben eine Batterie und beinhalten zusätzlich den „Gefahrenschwerpunkt“ Wasserstoff – dies ist für die Einsatzkräfte noch neu. Weiter gibt es noch reine Elektroautos, die nur eine Batterie und keinen zusätzlichen Kraftstofftank haben.



3. Unfallanalyse

Unfälle mit Elektrofahrzeugen sind selten. Dies liegt aber auch daran, dass bislang wenige dieser Autos auf den Straßen unterwegs sind. Betrachtet man die internationalen Unfallzahlen, ist festzustellen, dass sich Unfall- und Beschädigungsmuster dieser Fahrzeuge nicht wesentlich von denen mit konventionellen Antrieben unterscheiden. Allein die Schadenssummen haben sich im Hybridbereich als höher herausgestellt, da nach einem Unfall meist 2 Systeme reparaturbedürftig sind: das elektrische und das konventionelle Antriebssystem. Einer Studie der NHTSA zufolge gibt es außerdem ein höheres Risiko für Fußgängerunfälle; Messungen der DEKRA konnten dies allerdings nur bedingt bestätigen.

Bei einem Crashtest im Auftrag der Zeitschrift Auto Bild schnitt ein Hybridfahrzeug sehr gut ab. Der Test wurde nach US-amerikanischem Standard durchgeführt. Beim Versuchsfahrzeug handelte es sich um einen Gebrauchtwagen mit einer Laufleistung von über 100.000 km. Die Notabschaltung löste innerhalb von 5 Sekunden aus, auch die Spannungsfreischaltung funktionierte zuverlässig. Außerdem blieb der Inverter unbeschädigt. Auch die Hochvoltleitungen stellten beim Crash kein Problem dar.



Bei einem Crashtest schnitt ein Hybridfahrzeug sehr gut ab

4. Rettung aus Hochvoltfahrzeugen

Momentan besteht bei den Einsatzkräften noch ein Schulungsdefizit. Um dies zu ändern, hat der VDA einen Arbeitskreis gebildet. Durch die dezentrale Organisationsstruktur der deutschen Feuerwehren und die limitierten zur Verfügung stehenden Schulungszeiten bei den überwiegend freiwilligen Kräften gestaltet es sich aber sehr schwer, die im Arbeitskreis erarbeiteten Ergebnisse flächendeckend an die Einsatzkräfte zu bringen. Problematisch ist weiter die Fahrzeugidentifikation – es herrscht eine große Bandbreite an Antriebs- und Kraftstoffsystemen, die dem Auto nicht anzusehen sind, einsatztaktisch aber ein unterschiedliches Vorgehen erforderlich machen. Diesbezüglich besteht aber die Hoffnung, dass mit der nun auf den Weg gebrachten Kennzeichenabfrage für mehr Klarheit gesorgt wird. Ein weiteres Problem ist die Überlagerung von verschiedenen Risiken, z.B. Wasserstoff und Elektrizität. Dazu kommt die „unbekannte“ Größe Gleichstrom. Jede Einsatzkraft weiß, was bei einem Stromunfall zu tun ist. Jedoch sind bei einem Gleichstromschlag ganz andere medizinische Maßnahmen erforderlich als bei einem Wechselstromschlag. Dass das Rettungsdienstpersonal hier einen entsprechenden Hinweis benötigt wissen nur sehr wenige Einsatzkräfte.

Die Rettungsleitfäden, die vor der Einführung der Rettungsdatenblätter auf dem Markt waren, beinhalteten

teilweise sehr widersprüchliche herstellerspezifische Angaben. Die manuelle Deaktivierung der HV-Elektrik besteht in vielen Fällen aus der Umschreibung der Werkstattanleitung. Die Deaktivierung solle etwa von einer im elektrischen Bereich unterwiesenen Person mit Schutzhandschuhen durchgeführt werden. An einer Unfallstelle ist aber meist weder eine entsprechend geschulte Person verfügbar noch das benötigte Material an Schutzhandschuhen.

Bei Unfällen muss mit der Beaufschlagung von stromführenden Komponenten gerechnet werden und es gibt keine Möglichkeit ohne entsprechendes Material zuverlässig und schnell zu prüfen, ob die Notabschaltung wirklich stattgefunden hat. Die Systeme sind zuverlässig und in den allermeisten Fällen wird die Notabschaltung funktionieren. Hinzu kommt, dass die elektrischen Systeme in sich geschlossen sind. Das Berühren von Karosserieteilen ist von daher auch dann unkritisch, wenn es zu einem Kontakt zwischen Leiter und Karosserie kam. Das verbleibende Restrisiko für einen Stromschlag ist daher als minimal einzustufen.

Die Batterie ist ein Faktor für sich. Tritt Flüssigkeit aus, ist mit ätzenden Stoffen zu rechnen. Außerdem ist je nach Batterietyp ein Brandrisiko zu beachten. Eine Batterie kann auch erst einige Zeit nach der Kollision in Brand geraten. Weiter kann es, je nach Beschädigungsmuster, zu einem Kurzschluss mit Brandfolge innerhalb der Batterie kommen, wenn das Fahrzeug nach dem Unfall z.B. im Rahmen der Bergung bewegt wird.

5. Brandszenarien

Bislang gibt es keinen Hinweis darauf, dass bei Elektrofahrzeugen von renommierten Herstellern ein gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen erhöhtes Brandrisiko besteht. Bei Fahrzeugen mit Nickelmetallhydrid-Batterien kann die Batterie bei einem Fahrzeugbrand platzen; dies geschieht ab einer Temperatur von etwa 100 bis 110 Grad. In diesem Fall werden gesundheitsschädliche Flüssigkeiten freigesetzt.

Bei Lithium-Ionen-Akkus besteht das Problem darin, dass unter diesem Begriff Batterien mit extrem unterschiedlichen internen Systemen zusammengefasst werden. Deren Risiken sind oftmals noch wenig erforscht. Weiter stellt sich die Frage, was während des Ladens mit den Fahrzeugen passiert: Welche Relais sind dabei offen? Werden die Systeme im Falle einer Kollision konsequent abgeschaltet? Bei einem Großteil der Hersteller ist dies der Fall, leider jedoch nicht bei allen. Abschaltindikatoren, wie das von einigen Herstellern genannte Auslösen von Airbags, stehen in diesem Zustand nicht zur Verfügung.

Was das Löschen von Elektrofahrzeugen angeht, kann nach aktuellem Wissensstand die konventionelle Methode mit Wasser oder Schaum empfohlen werden. Sollte die Batterie dabei nicht ausgehen, brennt sie von selbst aus und es besteht anschließend keine Gefahr mehr. Erste Versuche mit Löschmitteln wie z. B. F500® oder Cold Metal® befinden sich noch im Anfangsstadium.

6. Impulse zur Diskussion

Sinnvoll für die Einsatzkräfte wäre eine Anzeige der Systemabschaltung, damit sicher erkannt werden kann, ob diese auch funktioniert hat. Weiter sollten die Informationen über ein Fahrzeug, die in den Rettungsdatenblättern enthalten sind, von allen Herstellern so gestaltet werden, dass sie auch unter Einsatzbedingungen an beschädigten Fahrzeugen umsetzbar sind. Die Einsatzkräfte müssen an Abschalteinrichtungen am Fahrzeug auch unter widrigen Bedingungen problemlos herankommen können und diese mit Standardmitteln ohne zusätzliche elektrotechnische Unterweisungen bedienen dürfen, wenn deren Betätigung durch den Hersteller als notwendiger Schritt im Rettungsdatenblatt verankert ist. In Zusammenarbeit mit Feuerwehren und Rettungsdiensten sollte ein gemeinsames Konzept erstellt werden, das als Arbeitsgrundlage zur Verfügung steht um zukünftig Standards bei der Brandbekämpfung zu schaffen. Ebenso wichtig ist es, die Abfrage von Fahrzeugdaten über das Kennzeichen voranzutreiben.



Markus Egelhaaf

markus.egelhaaf@dekra.com
DEKRA Automobil GmbH
Unfallforschung

Diskussionsergebnisse im Workshop „Rettungskette“

Die Diskussion unter den Teilnehmern des Workshops lässt sich in drei Hauptaspekte gliedern:

1. Information über und Identifikation von HV-Fahrzeugen
2. Rettung aus HV-Fahrzeugen
3. Brand oder Stoffaustritt an HV-Fahrzeugen

1. Information über und Identifikation von HV-Fahrzeugen

1.1 Information der Rettungsdienste, Feuerwehren, Abschleppdienste etc. über Sicherheitsaspekte von Hochvoltfahrzeugen

Trotz Erarbeitung von Rettungsdatenblättern speziell für HV-Modelle durch die Automobilindustrie ist die Kommunikation allgemeiner Informationen zum Umgang mit solchen Fahrzeugen noch zu verbessern. Beispielsweise herrscht bei Mitarbeitern von Abschlepp- und Bergungsdiensten diesbezüglich ein sehr unterschiedlicher Ausbildungsstand. Das Merkblatt der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung zur Qualifizierung für Arbeiten an HV-Pkw (Berufsgenossenschaftliche Informationsschrift BGI 8686) wird als guter erster Ansatz zur grundlegenden Information gesehen. Auch die Polizei meldet Interesse an Informationen über HV-Fahrzeuge zu erhalten. Dies könne Polizeibeamte als Ersthelfer an der Unfallstelle, aber auch Mitarbeiter, die mit der Verwahrung und Identifikation sichergestellter Fahrzeuge befasst sind, betreffen. Der Bedarf für die Informationstiefe ist noch zu klären.

1.2 Einheitliche Kennzeichnung von HV-Fahrzeugen für Rettungskräfte

Eine einheitliche Kenntlichmachung von außen, auch durch kleine Aufkleber etc., ist nicht zu erwarten. Derzeit müssen HV-Fahrzeuge durch herstellerbezogene Aufschriften oder Modellbezeichnungen als solche identifiziert werden. Mit Zugriff auf KBA-Daten über das amtliche Kennzeichen wäre allerdings eine Information über die Antriebsart (elektrisch unterstützt gegenüber Verbrennungsmotor) vorhanden. Der Zugriff auf die Datenbank soll für eine geringe Jahresgebühr (ca. 50 Euro) möglich sein. Besonders wurde auf Kleinserienhersteller hingewiesen, die konventionelle Kleinwagen oder Lieferwagen

zu elektrisch betriebenen umbauen. Diese sind auf den ersten Blick ebenfalls nicht ohne weiteres von ihren konventionell angetriebenen Großserienmodellen zu unterscheiden und wegen ihrer geringen Stückzahl beim KBA häufig nicht über eine eigene Schlüsselnummer identifizierbar. Zwar liegen auch für einige dieser Umbauten Rettungsdatenblätter vor, doch wird bezweifelt, ob die Fahrzeuge das gleiche Niveau an Eigensicherheit der HV-Anlage bieten. Es stellt sich die Frage, ob in solchen Fällen den Herstellern über die zulassende Behörde eine Kenntlichmachung auferlegt werden sollte. Im VDA oder VDIK sind diese Hersteller nicht organisiert. Ansprechpartner könnte eventuell der Bundesverband Solare Mobilität e.V. (BSM) sein.

1.3 Eindeutige Identifizierung von Fahrzeugmodell und Antriebsart für Rettungskräfte

Die Automobilindustrie setzt in dieser Hinsicht auf die zukünftige Abfragemöglichkeit von grundlegenden KBA-Fahrzeuginformationen durch Rettungskräfte. Damit lassen sich dann die in Rettungsdatenblättern dargestellten Modelle dem tatsächlichen Unfallfahrzeug zuordnen. Werden diese darüber hinaus, wie im Impulsreferat erwähnt, über eine Datenbank zugriffsfähig und letztere mit eCall-Daten verknüpft, könnten in der Zukunft bei einer automatischen Notrufmeldung an die Rettungsleitstelle den Feuerwehren bereits auf der Anfahrt zum Einsatzort spezifische Informationen für die Rettung bereitgestellt werden. Vertreter einer großen Berufsfeuerwehr verwiesen allerdings darauf, dass die informationstechnische Ausstattung auf ihren Einsatzfahrzeugen die Nutzung dieser Möglichkeiten derzeit nicht erlaube. Insbesondere der drahtlose Zugang zum Internet kann noch lange nicht als Standard bei Rettungsorganisationen vorausgesetzt werden.

1.4 Erfassung von Unfällen und Vorfällen mit Beteiligung von HV-Fahrzeugen in der Einführungsphase

Die Vertreter mehrerer Organisationen, aber auch Hersteller, bekundeten Interesse an einem Register, welches die Umstände von Unfällen mit solchen Fahrzeugen er-

fasst. Dabei sollten idealerweise neben Details der beteiligten Modelle und der näheren Umstände auch die Maßnahmen der Feuerwehr oder anderer Helfer dokumentiert werden. So könnten auch Ereignisse beschrieben werden, in denen die fahrzeugseitigen Sicherheits- und Abschalt-einrichtungen bestimmungsgemäß arbeiteten, um so auch positive Aspekte des Verhaltens von Hochvolt-Fahrzeugen nach einer Kollision zu erfassen und in Relation zu Komplikationen in Einzelfällen setzen zu können. Die personelle beziehungsweise finanzielle Ausstattung einer solchen prospektiven Studie wäre allerdings noch zu klären. Unabhängig von diesem Ansatz wurde angeregt, Daten der Unfallforschung GIDAS (German In-Depth Accident Study) und der Unfallforschung der Versicherer (UDV) auf solche Fälle hin zu untersuchen.

2. Rettung aus HV-Fahrzeugen

2.1 Risiko eines Stromschlages für Rettungskräfte und Ersthelfer bei Berührung / Annäherung an das Fahrzeug

Diese Sorge wurde von den Vertretern aus der Automobilwirtschaft klar verneint. Neben den Abschaltmechanismen bei einem schwereren Unfall mit Airbagauslösung sehen die Großserienhersteller auch Sicherheitsvorkehrungen vor, die das Hochvolt-System unter anderem bei beschädigten Isolierungen der Hochvolt-Komponenten abschalten.

2.2 Abschaltung des Hochvolt-Netzes

Der von Rettungskräften mehrfach geäußerte Wunsch, zur Sicherheit den Service-Disconnect-Schalter (manuelle Trenneinrichtung der Batterie vom übrigen Hochvolt-System) betätigen zu können, wird von einigen Herstellern nicht favorisiert, da damit das gesamte Bordnetz des Fahrzeugs lahmgelegt werden kann und der Schalter deshalb nur für geschultes Fachpersonal in Werkstätten vorgesehen ist. In einigen Modellen, insbesondere des amerikanischen Marktes, sind im Niederspannungsleitungsnetz definierte Stellen zum Trennen – ausschließlich durch Rettungskräfte – markiert, um durch den Spannungsverlust im 12 V-Bereich auch die Abschaltung des Hochvolt-Netzes zu aktivieren und eine eventuelle Rückspeisung

heruntertransformierter Spannung aus dem Hochvolt in das 12 V-Netz zu verhindern. Noch einmal wurde in diesem Zusammenhang das Anliegen vorgebracht, eine stattgefundene Abschaltung für Retter eindeutig kenntlich zu machen.

2.3 Vergleichbarkeit der Eigensicherheit bei Großserien-Pkw und bei anderen HV-Fahrzeugen

Im Rahmen des Workshops konnten – da keine entsprechenden Vertreter dieser Branchen anwesend waren – Zweifel nicht ausgeräumt werden, dass die Eigensicherheit von Kleinserien-Modellen oder nachträglicher Umbauten gängiger Modelle eventuell nicht das Niveau der Großserienhersteller erreiche. Ähnliche Bedenken wurden im Hinblick auf Nutzfahrzeuge geäußert. Gerade auf diesem Gebiet sind die Stückzahlen naturgemäß klein und an der Fertigung des Nutzfahrzeugs mehrere Hersteller beteiligt, die das Fahrgestell liefern, die einsatzspezifische Aufbauten erstellen oder Umbauten vornehmen.

3. Brand oder Stoffaustritt an HV-Fahrzeugen

3.1 Gefahren durch brennende Batteriezellen und geeignete Löschtechniken

Die Vertreter der Automobilindustrie erläuterten, dass von brennenden oder anderweitig thermisch belasteten HV-Batterien keine Explosionsgefahr zu erwarten sei, räumten allerdings der Bauart entsprechend unterschiedliche Sicherheitsniveaus ein. Am ehesten seien explosive Reaktionen noch bei konventionellen Blei-Säure-Akkus möglich. Ein „Bonfire“-Test als globaler Standard für das Verhalten von Batterien unter Einwirkung offenen Feuers sei in Arbeit. Ein Brand der Batterie oder ihrer einzelnen Zellen ist nach Möglichkeit dennoch zu vermeiden. Sollte diese ganz oder teilweise vom Feuer erfasst werden, wird als Löschtaktik einhellig der Einsatz von reichlich Wasser empfohlen, um die betroffenen und umliegenden Bereiche zu kühlen. Löschen lassen sich Lithium-Ionen-Zellen, die bereits brennen, allerdings nicht. Die Verwendung von Schaummittel wird nicht als schädlich erachtet, könnte aber die Sicht auf Glutnester verdecken. Die Brandbekämpfung mit CO₂ wird nicht empfohlen.

Der Sorge, dass sich durch massive Beschädigung von Batteriezellen oder Kontakt der offenen Zelle, zum Beispiel mit Wasser, giftige Substanzen in gefährlicher Konzentration bilden könnten, die sowohl Fahrzeuginsassen als auch Rettungskräfte und Ersthelfer gefährden könnten, wurde seitens der Automobilindustrie widersprochen. Negative Erfahrungen mit Lithium-Ionen-Batterien aus Laptop-Computern in der Vergangenheit seien nicht auf die in Autos verwendeten Batterien zu übertragen, weil dabei eine andere Technologie zum Einsatz käme. Eventuell entstehende Flusssäure sei in ihrer Konzentration in der Regel unbedenklich. Einschränkend wird aber anerkannt, dass die Batteriechemie im Detail teilweise noch unbekannt ist und dass im Gegensatz zur Feuerwehr, die bei der Brandbekämpfung mit Atemschutz vorgehen könne, anderen Rettern dieser Schutz nicht zur Verfügung stehe.

3.2 Umgang mit Batterien, die nicht im Fahrzeug verbaut sind

Wenngleich nur bei schwersten Unfällen vorstellbar, ist nicht völlig auszuschließen, dass bei einem Aufprall der HV-Energiespeicher aus dem Fahrzeug gerissen wird und dann separat behandelt und transportiert werden muss. Für die Beförderung derart havariierter Batterien, beispielsweise durch einen Abschleppdienst, gelten strengere Anforderungen, auch an die Qualifikation des Personals, als beim Transport in eingebauten Zustand im Unfallfahrzeug. Für diese unklare Rechtssituation besteht Lösungsbedarf.

Erkenntnisse des Symposiums

Informieren

- Aufklärungsbedarf bei Rettungsdiensten, Polizei und Feuerwehr
- Aufklärung über die Abschaltlogik bei Unfällen oder sonstigen Störungen an der Hochvolt-Anlage
- Aufklärungsbedarf bei den Nutzern über spezielle Gefahren oder Besonderheiten beim Betrieb von Hochvolt-Kraftfahrzeugen z. B. durch Fahrschulen
- periodischer Erfahrungsaustausch in interdisziplinärem Kreis

Sicherheit schaffen

- Akustische Wahrnehmbarkeit muss bei allen Geschwindigkeiten gegeben sein
- Eindeutige Visualisierung des Status der Batterie oder der Hochvoltanlage – insbesondere nach einem Unfall
- Identifizierbarkeit von Hochvolt-Kraftfahrzeugen durch Rettungsdienste, Feuerwehren und Polizei muss gewährleistet sein
- Durchführung von Untersuchungen zur Vermeidung von Batterie-Fehlfunktionen im Zusammenhang mit Gas-, Elektrolyt- und Brandeinwirkung auf Personen
- Erfassung von Schäden, Unfällen und Vorfällen mit Hochvolt-Kraftfahrzeugen

Vorschriften und Zulassung entwickeln

- Kommende Zulassungsvorschriften adressieren Batteriesicherheit und elektrische Sicherheit deutlicher
- Keine Unterschiede in den Sicherheitsstandards zwischen Klein- und Großserienfahrzeugen zulassen
- Gefahr von Umbauten und nachträglichen Modifikationen adressieren

Vereinheitlichen

- Wunsch nach einer manuellen, möglichst standardisierten Abschaltmöglichkeit (Trennstecker)
- Einheitlicher Ladestecker – zumindest ein europäischer Standard muss schnell geschaffen werden

Batterietransport erleichtern

- Handhabung schadhafter Traktionsbatterien oder Teilen davon muss zweckmäßig geregelt werden
 - Transportvorschriften müssen realitätsnäher geregelt werden, da sie unangemessen einschränken
-

Ausblick und Verabschiedung



Siegfried Brockmann
Leiter Unfallforschung der
Versicherer (UDV)

Aus den Workshops dieses Symposiums habe ich vier Punkte mitgenommen, die meiner Meinung nach besondere Berücksichtigung erfahren müssen.

Ein Punkt betrifft das Thema **Bastler**, und zwar im Bereich der Wartung und auch beim Tuning: Möglicherweise haben wir noch gar keine Vorstellung davon, welcher Unsinn in den Garagen von Privatpersonen angerichtet werden kann.

Ebenso wichtig ist das Problem des **Batterietransports** durch die Rettungskräfte – diese können nicht dazu verpflichtet werden, sich bei jedem Unfall eine Sondergenehmigung einzuholen um ein verunfalltes Fahrzeug bzw. dessen Batterie abtransportieren zu dürfen.

Weiter ist das Thema **Aufklärung** enorm wichtig. Aufklärung der Öffentlichkeit, der Polizei und der Abschleppunternehmen. Auch auf Seiten der Feuerwehr gibt es hierbei noch Bedarf.

Der letzte Punkt betrifft die **Geräuschverursachung** von Elektrofahrzeugen. In der Arbeitsgruppe wurde deutlich, dass die Meinung vorherrscht, dass Elektrofahrzeuge Geräusche produzieren sollen – welcher Art sei erst einmal dahingestellt. Die Sicherheit wird also vor dem Aspekt Geräuschbelästigung gehandelt.

Die Workshopergebnisse haben mich sehr beeindruckt, obwohl in dem einen oder anderen Fall festgehalten wurde, dass weiterer Forschungsbedarf besteht. Bei einer so neuen Technologie ist dies auch ganz natürlich. Auch wenn noch einige Fragen zu klären sind, kann als Ergebnis dieser Veranstaltung festgehalten werden: Die Elektromobilität ist eine sichere Mobilität, vor der niemand Angst haben muss.

Meine Erwartungen wurden mehr als erfüllt und ich hoffe, dass wir die Diskussion fortsetzen werden.

Vielen Dank!





**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Unfallforschung der Versicherer**

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

Telefon 030 / 20 20 - 50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00
www.udv.de, unfallforschung@gdv.de