

F1100.4110008

Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen

Kai Assing
Dr. Hans Holdik
Martin Pöppel-Decker
Michael Ulitzsch



Bundesanstalt für Straßenwesen

Bergisch Gladbach, Dezember 2011

Inhalt

0	Einleitung	3
1	Entwicklungslinien alternativer Antriebstechnologien.....	4
	Erdgas (CNG) und Autogas (LPG) Fahrzeuge	4
	Elektrohybridfahrzeuge.....	4
	Mikro-Hybrid	4
	Mild-Hybrid	5
	Voll-Hybrid.....	5
	Plug-in-Hybrid: ICE-Elektrisch	6
	Überblick aktuell verfügbarer und angekündigter Modelle nach Hersteller und Technologie.....	7
2	Bestandsentwicklung.....	12
3	Unfallbeteiligung im Jahre 2007 bis 2010:.....	13
	3.1 Datengrundlage	13
	3.2 Unfallbeteiligung von Pkw nach Kraftstoffart	13
	3.3 Beteiligte Pkw nach Kraftstoffart und Ortslage	14
	3.4 Pkw-Unfälle unter Beteiligung eines schwächeren Verkehrsteilnehmers (Fußgänger/Radfahrer)	15
	3.5 Beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart	16
4	Synopse	18

0 Einleitung

Um die zukünftige Entwicklung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb, z.B. Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge, in Deutschland verfolgen und analysieren zu können, hatte die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Jahr 2010 die Einrichtung einer langfristigen Beobachtung des Fahrzeugmarktes und einer konzentrierten Beobachtung des Unfallgeschehens initiiert. Ziel ist dabei

- die tatsächliche Umsetzung des technologischen Fortschritts in marktgängige Produkte verfolgen zu können,
- frühzeitig genaue Kenntnis über die tatsächliche Marktentwicklung - die der technologischen Entwicklung nachfolgt - zu erlangen,
- mögliche Fehlentwicklungen - insbesondere mit Blick auf die Verkehrssicherheit - zeitnah zu identifizieren und somit Vorschläge für eine sinnvolle Steuerung der Entwicklung leisten zu können.

Nach der Vorlage des Erstberichtes im letzten Jahr wird nunmehr der Jahresbericht 2011 vorgelegt, der die Entwicklung im Berichtsjahr 2010 dokumentiert und auswertet.

Die Methodik der Erhebung basiert – wie im Erstbericht - weiterhin auf drei Screening-Prozessen, die die Produktentwicklung bzw. das Angebot von Kraftfahrzeug mit alternativem Antrieb, die Entwicklung der inländischen Zulassungen sowie das Unfallgeschehen abdecken.

Die Marktdurchdringung von innovativen Fahrzeugkonzepten hat sich im Berichtsjahr nicht wesentlich beschleunigt, da der Markteintritt von Fahrzeugen mit alternativer Antriebstechnik bei vielen größeren Fahrzeugherstellern erst noch bevorsteht. Erkennbar ist jedoch der wachsende Anteil von Fahrzeugen mit Hybridtechnologie – wenngleich auf quantitativ noch niedrigem Niveau (s. Kap. 1 und 2). Fahrzeuge mit Hybridantrieb weisen derzeit allerdings das stärkste Marktwachstum über alle alternativen Antriebsarten aus.

Erwartungsgemäß ist auf dieser Datenbasis die Analyse des Unfallgeschehens noch wenig aussagekräftig (s. Kap. 3). Zumindest kann zum jetzigen Zeitpunkt aber konstatiert werden, dass Befürchtungen, dass mit der Einführung von alternativen Antrieben auch verkehrssicherheitsmindernde Begleiterscheinungen eintreten würden, sich hinsichtlich der bisher erreichten Marktdurchdringung von Hybridfahrzeugen nicht bestätigt haben.

Auf politischer Ebene fand die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Konjunkturpaketes II mit dem Regierungsbeschluss zum Start von Schaufensterprojekten zur Elektromobilität ihre Fortführung.

Es bleibt abzuwarten, wie sich die Berichterstattung über die bei Anprallversuchen in den USA aufgetretenen Sicherheitsprobleme von Elektrofahrzeugen auf deren weitere Marktentwicklung auswirken werden.

1 Entwicklungslinien alternativer Antriebstechnologien

Erdgas (CNG) und Autogas (LPG) Fahrzeuge

Konventionelle Fahrzeuge mit Ottomotoren, aber ausgestattet bzw. umgerüstet für Erdgas (Compressed Natural Gas, CNG) oder Autogas (Propan/Butan, Liquefied Petroleum Gas, LPG) zeichnen sich aufgrund des gegenüber Benzin höheren stöchiometrischen Wasserstoffanteils, durch einen ca. 10% (LPG) bis 25% (CNG) geringeren CO₂ Ausstoß im Gasbetrieb aus. Das Tankstellennetz im Bundesgebiet beläuft sich bei LPG mittlerweile auf ca. 6000. Bei Erdgas sind es aktuell 900 Tankstellen, Tendenz steigend.

Fast alle Fahrzeughersteller (OEMs) bieten einige ihrer Fahrzeugmodelle ab Werk in CNG und LPG-Ausführung an. Insbesondere für LPG-Fahrzeuge hat sich darüber hinaus ein gewisser Nachrüstmarkt entwickelt.

Neben dem Vorteil einer CO₂-armen Verbrennung erfüllen Erdgasfahrzeuge der OEMs problemlos die Euro-5 Abgasanforderungen. Die zahlenmäßig kleinere Modellflotte bei CNG-Fahrzeugen ist der vergleichsweise geringen Nachfrage geschuldet, die sich mit der insgesamt noch geringen Flächendeckung bei Erdgastankstellen im Bundesgebiet erklären lässt.

Bei Fahrzeugen mit LPG-Ausrüstung der OEMs bleibt angesichts des technischen Aufwandes zur Erfüllung von Euro-5 abzuwarten, ob die Modellvielfalt erhalten, bzw. weiter fortschreiten wird.

Elektrohybridfahrzeuge

Die individuelle Mobilität über sehr große Distanzen wird nach heutigem Kenntnisstand noch für längere Zeit mit Fahrzeugen erfolgen, die mit fossiler Energie versorgt werden. Hybridfahrzeuge verfügen neben dem konventionellen Verbrennungsmotor - allgemein gesprochen - über ein zweites Speicher-Wandler-System. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um einen Elektromotor/Generator und einen Akkumulator. Beim Beschleunigen kann über den elektrischen Zweig zusätzlich Leistung zur Verfügung gestellt werden (hohe kurzzeitige Leistungsreserve auch bei kleinem Verbrennungsmotor), beim Bremsen wird kinetische Energie in elektrische zurückgewandelt und gespeichert (Rekuperation). Hybridantriebe zeichnen sich daher gegenüber konventionellen Antrieben bei Fahrmustern mit viel Beschleunigungs- und Bremsanteilen durch eine höhere Effizienz aus.

Je nach technischer Ausführungsform und Aufwand werden die Systeme nach Mikro-Hybrid, Mildhybrid, Vollhybrid und Plug-in-Hybrid unterschieden.

Mikro-Hybrid

Unter der Bezeichnung Mikro-Hybrid werden Fahrzeuge mit Start-Stopp-Systemen zusammengefasst, bei denen die Anlasser-Funktion ein Starter-Generator (3-5 kW) übernimmt, mit dem sich Bewegungsenergie beim Bremsen rückgewinnen lässt (Rekuperation) und als elektrische Energie für Motorstarts zur Verfügung steht. Moderne Bleiakkumulatoren in Glas-Vlies Bauweise („Absorption Glass Mat“, AGM-Batterie) mit drei bis vierfach höherer Zyklenfestigkeit und Tiefentladungseigenschaften kommen als elektrische Speicher zum Einsatz. Der Elektromotor liefert keinen Beitrag zum Antrieb des Fahrzeugs. Verbrauchsvorteile ergeben sich bei vorwiegendem Stop-and-Go Betrieb (bis ca. 10% CO₂-Reduktion).

Fahrzeuge im Kompaktfahrzeugsegment werden in Zukunft verstärkt mit diesem System ausgestattet werden. Diese Fahrzeuge sind gemäß KBA-Kraftstoff-Code keine Hybridfahrzeuge.

Mild-Hybrid

Bei Mild-Hybrid Systemen sitzt zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe ein Elektromotor mit einer Leistung im Bereich von etwa 10 – 20 kW. Er fungiert als Starter- und Lichtmaschine, rekuperiert Bewegungsenergie beim Bremsen und unterstützt den Verbrennungsmotor im Teillastbetrieb beim Vortrieb des Fahrzeugs. Rein elektrisches Fahren ist beim Mild-Hybrid allerdings nicht möglich. Vor allem bei Fahrzeugen mit großvolumigen Motoren (Fahrzeuge der Oberklasse, SUVs) ergibt sich eine merkliche Reduzierung im Kraftstoffverbrauch und damit in der CO₂-Emission von bis zu ca. 20%. So bietet z. B. die Daimler AG mit dem Typ S400H ein Mild-Hybrid Serienfahrzeug an (Ottomotor mit 15 kW Elektromotor und Lithium-Ionen-Akkumulator), das nach firmeneigenen Angaben segmentweit den geringsten Kraftstoffverbrauch aufweisen soll.

Voll-Hybrid

Mit dem Typ des Voll-Hybrid Fahrzeugs verbindet man in der öffentlichen Wahrnehmung bis dato vor allem das Modell „Prius“ des japanischen Automobilherstellers Toyota, der seit Produktionsbeginn im Jahr 1997 mittlerweile Fahrzeuge in dritter Entwicklungsgeneration baut und mit weltweit insgesamt über 2,4 Mio verkauften Einheiten derzeit den mit Abstand größten Marktanteil in diesem Segment hat und über die meiste Technologieerfahrung verfügt.

Fahrzeuge mit Voll-Hybrid System besitzen neben dem Verbrennungsmotor ein etwa leistungsgleichen Elektromotor und ein separates Generatoraggregat mit nachgeschaltetem Hochvolt-Batteriespeicher. Motoren und Generator sind mechanisch über ein Getriebe so in geeigneter Weise gekoppelt, dass sie unter Überwachung einer elektronischen Steuer- und Regeleinheit in den verschiedenen Betriebsmodi optimal zusammenarbeiten können.

Neben Start/Stopp-Funktion, Rekuperation beim Bremsen und elektrische Unterstützung beim Vortrieb lässt das Voll-Hybrid System zudem rein elektrisches Fahren über kurze Distanzen von einigen Kilometern zu. Da Verbrennungs- und Elektromotor unabhängig voneinander agieren können (sowohl reiner Elektro- als auch konventioneller Antrieb, sowie beide zusammen) spricht man von *Parallel-Hybrid*. Im Gegensatz hierzu bezeichnet man Systemarchitekturen, bei denen ein Verbrennungsmotor einem Generator als sogenannter „Range-Extender“ vorgeschaltet ist und der eigentliche Fahrzeugantrieb rein elektrisch erfolgt, als *Reihen-Hybrid*.

Auch Fahrzeuge mit „Brennstoffzellenantrieb“ fallen bei der Bezeichnungssystematik unter die Kategorie Vollhybrid-Fahrzeuge (genauer: Elektro-Hybridfahrzeug), denn auch sie erfüllen die vom Kraftfahrtbundesamt verwendete Definition für Hybridantriebe, nämlich über „(...) mindestens zwei verschiedenen Energiewandler (Brennstoffzelle, Elektromotor) und Energiespeichersysteme (Wasserstofftank, Batterie) für den Antrieb zu verfügen“. Fahrzeughersteller wie z. B. GM, Ford, Daimler, Hyundai, Honda, Renault/Nissan, Toyota haben seriennahe Modelle entwickelt und können sich eine Markteinführung mit weltweit einigen hunderttausend Fahrzeugen ab 2015 vorstellen, sofern bis dahin der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur ausreichend fortgeschritten ist.

Plug-in-Hybrid: Verbrennungsmotor-Elektrischer Antrieb

Plug-in-Hybrid Fahrzeuge verfügen gegenüber Voll-Hybrid Fahrzeugen über einen deutlich größeren Batteriespeicher, der auch extern über Haushaltsstrom aufgeladen werden kann. Die Fahrzeuge können größere Strecken (20 bis 50 km) im reinen Elektrobetrieb emissionsfrei zurücklegen und sind so z. B. von umweltbedingten Fahrverboten im innerstädtischen Raum ausgenommen.

Elektrofahrzeuge

Das Antriebssystem des Elektrofahrzeugs umfasst die Baugruppen Elektromotor/Generator, Steuergerät und Batteriespeicher. Aufgrund des Drehmoment- und Leistungsabgabeverhaltens der verwendeten Elektromotortypen kommt das Antriebssystem meistens mit einer festen mechanischen Getriebestufe aus. Die Fahrzeuge wandeln beim Verzögern die Bewegungsenergie in elektrische Energie zurück (Rekuperation), so dass die zur Verfügung stehende Batterieladung optimal ausgenutzt wird. Zusätzliche Verbraucher des Bordnetzes (Licht, Heizung, Klimaanlage, usw.) führen zu einer geringeren Reichweite. Um diese Problematik zu entschärfen, verfolgen manche Hersteller eine Systemarchitektur mit eingebautem Bordstromaggregat (siehe Reihen-Hybrid).

Im Schnitt sind 80 Prozent der täglichen Fahrstrecken kürzer als 60 Kilometer. Verzichtet man auf bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen übliche Tankreichweiten von 500 bis 1000 km, kann der urbane Mobilitätsbedarf mit einem rein batteriebetriebenen Elektrofahrzeug technisch heutzutage durchaus erfüllt werden. Elektrofahrzeuge haben den Vorteil, lokal keine schädlichen Emissionen zu erzeugen und bei entsprechendem Design im Stadtverkehr geräuscharm zu sein. Man darf daher erwarten, dass sich mit Elektromobilität in Städten eine neue Stufe der Lebensqualität hinsichtlich Luftreinheit und Lärmbelastung erreichen lässt.

Die hohen Kosten bei der gegenwärtigen Li-Ionen Batterietechnologie von ca. 700 €/kWh, sowie Gewicht und Bauvolumen zwingen bei alltagstauglichen Modellen zu einem Kompromiss bei Reichweite und Motorleistung. Typische Reichweiten liegen heute modellabhängig zwischen 100 und 250 km bei einer Speicherkapazität zwischen 15 und 40 kWh und Motorleistungen zwischen 30 und 150 kW. Selbst eine von den Batterieherstellern als realistisches Szenario eingeschätzte Halbierung der Speicherkosten bis 2014 bedeutet immer noch einen Aufwand von bis zu 15 Tausend Euro allein für die Batterieausstattung. Unter diesem Gesichtspunkt werden Elektrofahrzeuge wahrscheinlich zunächst einmal bei Flottenbetreibern Anwendung z. B. für Zustell- oder Kurierdienste in umweltsensiblen Bereichen finden. Ein Absatz in nennenswerten Stückzahlen bei privaten Kunden werden wahrscheinlich neue Finanzierungs- und Nutzungsmodelle notwendig machen. Erste neue Geschäftsmodelle, wie beispielsweise separate Batteriemietverträge sind u.a. bei den Z.E.-Modellen von Renault zu finden.

Überblick aktuell verfügbarer und angekündigter Modelle nach Hersteller und Technologie¹

Konzept	Technik	Hersteller	Modell	Markteinführung	Bemerkungen
Verbrennungsmotor					
Erdgas	CNG /Benzin Motoren	Fiat	Panda, Doblo, Punto	verfügbar	
		Ford	Focus, C-Max		
		Mercedes	B180		
			E200		
		Opel	Combo, Zafira,		
VW	Caddy, Passat, Touran				
Autogas	LPG /Benzin Motoren	Chevrolet	Captiva, Aveo (2 Modelle), Lacetti, Nubira, Epica, Matiz		
		Dacia	Logan, Sandero		
		Dodge	Journey		
		Ford	Fiesta, Focus (2 Modelle), Mondeo (2 Modelle), C- Max		
		Jeep	Patriot		
		Kia	Cee'd (6 Modelle), Sportage, Picanto, Opirus, Carnival, Sportage		
		Lada	Kalina (2 Modelle), Priora (2 Modelle), Niva (2 Modelle),		
		Opel	Agila (2 Modelle), Corsa (2 Modelle), Astra, Meriva, Zafira		
		Mitsubishi	Colt (3 Modelle), Lancer, Outlander		
		Skoda	Oktavia (2 Modelle)		
		Subaru	Impreza (2 Modelle), Forester, Legacy (3 Modelle),		
		VW	Golf (2 Modelle), Polo, Sharan		

¹ Auflistung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, Stand 10/2011

Konzept	Technik	Hersteller	Modell	Markteinführung	Bemerkungen
Mikro-Hybrid	Start-Stopp – Anlagen mit Starter-Generator	BMW	div. Modelle	} verfügbar	
		Ford	Econetic Modelle		
		Hyundai/Kia	Picanto, i30		
		Mercedes	A-, B-Klasse		
		Opel	div. Ecoflex Modelle		
		Smart	fortwo mhd		
		VW	Bluemotion Modelle		
Mild-Hybrid	Starter-Generator, regeneratives Bremsen und Unterstützung im Teillastbetrieb durch E-Motor	BMW	Active Hybrid 7	} verfügbar	
		Honda	Civic Hybrid		
			CR-Z Insight Jazz Hybrid		
		Mercedes	S400Hybrid		
E300 BlueTEC Hybrid			Diesel Hybrid (US Markt)		
Voll-Hybrid	Elektrische Leistung bis zu 150 kW, Starter-Generator, Rekuperation, el. Fahren, Parallel-Hybrid	Audi	A8 Hybride	Markteinführung 2012	
			Q5 hybrid quattro	verfügbar	
		BMW	ActiveHybrid X6 ActiveHybrid 5	verfügbar Markteinführung 03/2012	Two Mode Hybrid
		Ford	Fusion	verfügbar	
		GM	GM Saturn Vue Greenline 2Mode Hybrid	} verfügbar	(US Markt)
			GM Cadillac Escalade Hybrid		
		Mazda	Tribute HEV		
		Mercedes	ML 450 Hybrid		Two-Mode-Hybride (US Markt)
		Nissan/Infinity	M35h	} verfügbar	US Markt
			Nissan Altima Hybrid		
		Porsche	Cayenne S Hybrid Panamera S Hybrid		
		PSA	Peugeot 3008 Hybrid4 Peugeot 508 RXH Citroen DS4, DS5	} verfügbar	Diesel Hybrid
	Toyota	Estima Hybrid Camry Hybrid Prius Prius+ Auris Lexus CT 200 h Lexus RX450h, RX400h Lexus GS450h Lexus LS 600h, Lexus LS 600h L	} verfügbar	7-Sitzer (Japan Markt) US Markt Prius+ Anfang 2012	
		VW	Tuareg Hybrid Jetta	Verfügbar 2012	(US Markt)
	Elektrische Leistung bis zu 150 kW, Starter-Generator, Rekuperation, el. Fahren, Reihen-Hybrid	GM	GM Volt bzw. Opel Ampera	Verfügbar Auslieferung auf voraussichtlich 2. Quartal 2012 verschoben	Kann auch als E-Fahrzeug mit Range-Extender eingeordnet werden

Plug-in Hybrid	Elektrische Leistung bis zu 150 kW, Starter-Generator, Rekuperation, el. Fahren, Parallel-Hybrid, 20 km Elektrofahrt	KIA Hyundai	KIA Optima PHEV Hyundai HE PHEV	Anfang 2012 Ende 2012	
		Toyota	Prius PHV	2012	
		Volvo	V60 Plug-in-Hybrid	2. Halbjahr 2012	

Konzept	Technik	Hersteller	Modell	Markteinführung	Bemerkungen
Elektrofahrzeuge	Elektrische Leistung bis zu 150 kW, Starter-Generator, Rekuperation, el. Fahren 100 – 200km Reichweite	BMW	Mini Mega City Vehicle	Kleinserie für Feldversuch Markteinführung 2013	kommt nicht in den Markt
		Daimler AG	Mercedes A-Klasse E-Cell	500 Fzge. Im Rahmen eines Full-Service Mietmodells seit 2011 an ausgewählte Kunden in D, F, NL	36 kWh Li-Ionen, 50/70 kW, PSM, 250 km RW
			Smart, Fortwo electric drive	1/2012	16 kWh Li-Ionen, 30 kW, 160 km RW
		GM	Chevrolet Spark	2013	
		German E-Cars	Stromos (Suzuki Splash) Plantos (MB Sprinter)		Umrüstfahrzeug, Powertrain von FRÄGER: 56kW, Li-Ionen 19 kWh, 100 km RW Umrüstfahrzeug, Powertain von FRÄGER
		Mia Electric	Mia	2012	18 kW, 8 kWh Li-FePO4-Akku, RW 80-90 km
		Micro-Vett / FIAT	500 E Doblo Cargo, Fiorino, Ducato L4H2, Scudo	verfügbar verfügbar	Umrüstfahrzeug von Micro-Vett, Vertrieb in D durch Fa. Karabag 22 kWh Li-Ionen, 30 kW ASM-Motor, 140 km RW Umrüstfahrzeuge von Micro-Vett, Vertrieb durch Fa. Karabag
	NaNiCl (Zebra) Batterien	Kamoo	Kamoo Fiat 500 Kamoo Fiat Panda Kamoo Renault Twingo	verfügbar	Umrüstfahrzeuge von Kamoo (Stabio, Ch)
		Mitsubishi/PSA	i-Miev, Peugeot iOn, Citroen C-Zero	verfügbar	16 kWh Li-Ionen, 47 kW PSM Motor, 120 km RW
		Nissan	Leaf	verfügbar	
		PSA	Citroen Berlingo First Electricque		2-Sitzer NFZ, 42kW
		Renault/Nissan	Leaf	verfügbar	24kWh Li-Ionen,

					80 kW PSM Motor ² , 160 km Reichweite
			Twizy	3/2012	2-Sitzer 4kW, 45 km/h
			Fluence Z.E.	1/2012	Limousine 70kW, 185 km RW
			Kangoo Z.E., Kangoo Maxi Z.E.	verfügbar	15 kWh Li-Ionen, 44kW ASM ³ , 100 km RW
			Zoe Preview Z.E.	6/2012	60 kW, 160 km RW
		Toyota	IQ E	Markteinführung 2010/2011	
		VW	Golf blue emotion	Markteinführung 2013	26 kWh Li-Ionen, 85 kW, 150 km RW
			E-Up!	Markteinführung 2013	40kW, 18 kWh Li-Ionen, 130 km RW
		Volvo	C30 Electric	Markteinführung 4. Quartal 2011	

² PSM: permanent erregter Synchronmotor

³ ASM: Asynchronmotor (3-Phasen)

2 Bestandsentwicklung

Die Beobachtung der jährlichen Bestandsentwicklung ermöglicht Aussagen über die fortschreitende Durchsetzung des Automobilmarktes mit Personenkraftwagen moderner Antriebsarten.

Auswertbare Bestandsdaten können zum einen den jährlichen amtlichen Veröffentlichungen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) in den „Fachserien Fahrzeugzulassungen (FZ 13)“ entnommen werden und zum anderen steht der Bundesanstalt für Straßenwesen ein vom Kraftfahrt-Bundesamt speziell erstellter Pkw-Typgruppenkatalog zur Verfügung. An dieser Stelle sei auf wesentliche Unterschiede zwischen beiden Datenquellen hingewiesen. Die Daten des Pkw-Typgruppenkatalogs sind bezüglich der o.g. Fragestellung sehr gut im verfügbaren Merkmalsumfang, betreffen aber nur die Menge der getypten Pkw⁴. Demgegenüber umfassen die Bestandsdaten aus den amtlichen Veröffentlichungen zwar alle in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Pkw sind aber bezüglich des Merkmalsumfangs deutlich gröber strukturiert (z.B. Kraftstoffarten/Antriebsarten) und mit den Daten des Pkw-Typgruppenkatalogs nur eingeschränkt vergleichbar.

Die Bestandsstatistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes sind in den vergangenen Jahren mehrfachen Änderungen unterzogen worden. Als die gravierendsten sind hier zum einen in der Umstellung des Merkmals „Antriebsarten“ auf das Merkmal „Kraftstoffart“ im Jahr 2005 und die Nichterfassung der vorübergehenden Stilllegungen bzw. Außerbetriebsetzungen seit dem 1.1.2008 zu nennen. In Folge dieser Veränderungen können vergleichbare Zeitreihen sinnvollerweise erst ab dem 1.1.2008 (entspricht in Tabelle 1: 2007) aufgebaut werden.

Eine weitere Einschränkung kann bei den (im Pkw-Typgruppenkatalog ausgewiesenen) Elektrofahrzeugen beobachtet werden. Der in Tabelle 1 dargestellte Bestand von deutlich weniger als 212 Elektro-Kfz benennt nur die Anzahl der getypten Fahrzeuge. Der reale Bestand zugelassener Elektro-Kfz (einschl. ungetypter Fahrzeuge) lag nach Angaben des KBA im Jahre 2010 bei rund 2.300 Pkw und liegt damit etwa um den Faktor 10 höher. Die künftig zu erwartende Serienreife der Elektro-Kfz wird zu vermehrten EG-Typgenehmigungen führen und damit wesentlich zu einer Verringerung des Unterschieds beitragen.

Bestand im Pkw-Typgruppenkatalog (Auswertung nur für getypte Pkw's möglich)								
(PKW-Bestand jeweils zum 31.12. des Jahres mit Stichtag am 01.01. des Folgejahres; Definition der Kraftstoffarten in KBA, SV1, 2009)								
	Kraftstoffart							Gesamt
	Benzin	Diesel	Elektro	Gas	Hybrid Benzin/ Elektro	Brennstoff- zelle/ Wasserstoff	Benzin / Ethanol	
2007	30.063.404	9.810.106	59	358.831	16.619			40.249.019
2008	29.960.754	10.057.074	57	357.123	21.452		8	40.396.468
2009	29.872.527	10.580.915	78	349.312	27.870		1.082	40.831.784
2010	30.082.247	10.939.078	212	344.114	35.996	18	2.492	41.404.175
2010 / 2009	0,7%	3,4%	171,8%	-1,5%	29,2%		130,3%	1,4%

BASt-U2u-48/2011

Tab 1: Bestand an Pkw nach Kraftstoffart (Pkw-Typgruppenkatalog der BASt)

⁴ Das Kraftfahrtbundesamt KBA erteilt für serienmäßig herzustellende Fahrzeuge Typgenehmigungen mit bundes- und europaweiter Geltung. Ungetypte Pkw, z.B. Pkw mit Einzelzulassung über TÜV-Gutachten (ca. 2% des Gesamtbestandes) können nicht in die Auswertung einbezogen werden

3 Unfallbeteiligung im Jahre 2007 bis 2010:

3.1 Datengrundlage

Grundlage dieser Untersuchung sind die Einzeldaten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik. Diese werden aufgrund der polizeilichen Aufzeichnungen von den Statistischen Landesämtern erfasst und der BAST für Zwecke der Unfallforschung übermittelt. Das Datenmaterial umfasst neben den polizeilich erhobenen Merkmalen zum Unfall und den unfallbeteiligten Personen zusätzlich die vom Kraftfahrt-Bundesamt zugespielten Angaben zu den unfallbeteiligten Kraftfahrzeugen⁵.

Die den Unfalldatensätzen zugespielten fahrzeugtechnischen Daten enthalten jedoch keine Angaben zum KBA-Segment und der zum Antrieb verwendeten Kraftstoffart. Diese Informationen werden von der BAST in einem weiteren Schritt den unfallbeteiligten Pkw zugewiesen. Grundlage dafür ist der Pkw-Typgruppenkatalog, der vom KBA im Auftrag der BAST erstellt wird. Der Typgruppenkatalog liegt für die Jahre 2007 bis 2010 vor. Jedem unfallbeteiligten Pkw, dessen Fahrzeughersteller und Fahrzeugtyp bekannt ist, werden die entsprechenden Daten aus dem Pkw-Typgruppenkatalog zugespielt.

3.2 Unfallbeteiligung von Pkw nach Kraftstoffart

Im Jahr 2010 waren insgesamt 354.919 Pkw an Unfällen mit Personenschaden beteiligt. Bei 32.664 Pkw konnte keine Kraftstoffart zugewiesen werden. Unter den Pkw mit Angaben zur Kraftstoffart dominiert Benzin mit einem Anteil von 71%. Mit 220 unfallbeteiligten Hybrid-Pkw liegt deren Anteil an allen unfallbeteiligten Pkw bei 0,07%. Im Untersuchungszeitraum war kein "getypter" Pkw mit Elektroantrieb an einem Unfall mit Personenschaden beteiligt.

Bei insgesamt rückläufiger Unfallbeteiligung von Pkw im Jahr 2010 (-6% im Vergleich zum Jahr 2009) hat die Anzahl der unfallbeteiligten Hybrid-Pkw - bei äußerst kleinen Fallzahlen - um 8% zugenommen. Dieser Wert liegt deutlich unter dem Bestandsanstieg von 30%.

	Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden				Veränderung 2010/2009 in %	Verteilung 2009 (mit Angaben)
	2007	2008	2009	2010		
Benzin	271.154	254.185	244.841	227.537	-7%	71%
Diesel	95.113	93.540	93.045	91.408	-2%	28%
Hybrid Benzin/Elektro	113	151	204	220	8%	0,07%
Benzin/Ethanol	0	0	1	12	-	0%
Gas einschl. bivalent	3.198	3.159	3.162	3.078	-3%	1%
ohne Angabe	43.388	36.739	36.459	32.664	-10%	-
Insgesamt	412.966	387.774	377.712	354.919	-6%	100%

BAST-U2p-48/2011

Tab 2: Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart

⁵ Das betrifft jedoch nur in Deutschland zugelassene Kraftfahrzeuge, deren Unfalldaten um Angaben aus dem zentralen Fahrzeugregister des Kraftfahrt-Bundesamtes ergänzt werden konnten. An Unfällen beteiligte ausländische Kraftfahrzeuge und z. B. auch Kraftfahrzeuge, deren Kfz-Kennzeichen aufgrund von Unfallflucht nicht bekannt ist bzw. fehlerhaft erfasst wurde, können nicht um die fahrzeugtechnischen Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes ergänzt werden.

3.3 Beteiligte Pkw nach Kraftstoffart und Ortslage

Im Mittel werden 65% der an Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw innerhalb von Ortschaften registriert. Hybrid-Pkw weisen demgegenüber einen Anteil von 75% (n = 164) auf. Inwieweit dieser überdurchschnittliche Anteil auf einer unterschiedlichen Nutzungsstruktur beruht, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Dies ist jedoch zu vermuten, da bei Hybridfahrzeugen die systembedingten Vorteile gerade im innerörtlichen Verkehr zum Tragen kommen.

		Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden			
		Innerorts	Landstraßen	Bundesautobahnen	Insgesamt
2007	Benzin	180.820	73.480	16.854	271.154
	Diesel	60.044	24.461	10.608	95.113
	Hybrid Benzin/Elektro	77	25	11	113
	Gas einschl. bivalent	2.162	828	208	3.198
	k.A.	27.396	10.970	5.022	43.388
	Insgesamt	270.499	109.764	32.703	412.966
2008	Benzin	171.368	67.617	15.200	254.185
	Diesel	60.184	23.569	9.787	93.540
	Hybrid Benzin/Elektro	120	24	7	151
	Gas einschl. bivalent	2.176	804	179	3.159
	k.A.	22.988	9.437	4.314	36.739
	Insgesamt	256.836	101.451	29.487	387.774
2009	Benzin	164.187	65.112	15.542	244.841
	Diesel	59.838	23.252	9.955	93.045
	Hybrid Benzin/Elektro	160	28	16	204
	Benzin/Ethanol	1	0	0	1
	Gas einschl. bivalent	2.183	776	203	3.162
	k.A.	22.501	9.616	4.342	36.459
	Insgesamt	248.870	98.784	30.058	377.712
2010	Benzin	151.653	60.904	14.980	227.537
	Diesel	58.169	23.062	10.177	91.408
	Hybrid Benzin/Elektro	164	45	11	220
	Benzin/Ethanol	10	2	0	12
	Gas einschl. bivalent	2.165	719	194	3.078
	k.A.	20.116	8.326	4.222	32.664
	Gesamt	232.277	93.058	29.584	354.919
Verteilung 2010	65%	26%	8%	100%	

BA St-U2p-48/2011

Tab. 3: Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart und Ortslage

Der Anstieg in der Unfallbeteiligung von Hybrid-Pkw von 8% wird ganz überwiegend durch einen Anstieg auf Landstraßen geprägt.

	Veränderung 2010 / 2009 in %			
	Innerorts	Landstraßen	Bundesautobahnen	Insgesamt
Benzin	-8%	-6%	-4%	-7%
Diesel	-3%	-1%	2%	-2%
Hybrid Benzin/Elektro	2%	61%	-31%	8%
Benzin/Ethanol	-	-	-	-
Gas einschl. bivalent	-1%	-7%	-4%	-3%
k.A.	-11%	-13%	-3%	-10%
Insgesamt	-7%	-6%	-2%	-6%

BA St-U2p-48/2011

Tab. 4: Prozentuale Veränderung der Pkw-Unfallbeteiligung nach Kraftstoffart und Ortslage

3.4 Pkw-Unfälle unter Beteiligung eines schwächeren Verkehrsteilnehmers (Fußgänger/Radfahrer)

Im Folgenden werden Unfälle mit Personenschaden betrachtet, an denen genau ein Pkw und ein schwächerer Verkehrsteilnehmer (Fußgänger oder Radfahrer) beteiligt waren. Der Pkw muss dabei nicht als Hauptverursacher eingestuft worden sein.

94% der Pkw-Unfälle unter Beteiligung eines schwächeren Verkehrsteilnehmers ereignen sich innerhalb von Ortschaften.

	Beteiligte Pkw an Unfällen mit schwächeren Verkehrsteilnehmern			
	Innerorts	Landstraßen	Bundesautobahnen	Insgesamt
2007 Benzin	42.838	2.638	35	45.511
Diesel	14.583	1.012	23	15.618
Hybrid Benzin/Elektro	23	0	0	23
Gas einschl. bivalent (5,6,7,9)	536	26	1	563
k.A.	9.064	653	4	9.721
Insgesamt	67.044	4.329	63	71.436
2008 Benzin	42.536	2.471	32	45.039
Diesel	15.041	1.056	24	16.121
Hybrid Benzin/Elektro	41	2	0	43
Gas einschl. bivalent (5,6,7,9)	569	28	0	597
k.A.	7.947	569	12	8.528
Insgesamt	66.134	4.126	68	70.328
2009 Benzin	40.415	2.242	26	42.683
Diesel	14.752	962	26	15.740
Hybrid Benzin/Elektro	66	2	0	68
Gas einschl. bivalent (5,6,7,9)	580	29	0	609
k.A.	7.350	534	16	7.900
Insgesamt	63.163	3.769	68	67.000
2010 Benzin	35.417	2.046	26	37.489
Diesel	13.586	918	17	14.521
Hybrid Benzin/Elektro	60	2	0	62
Benzin/Ethanol	1	0	0	1
Gas einschl. bivalent (5,6,7,9)	590	29	0	619
k.A.	6.570	475	11	7.056
Insgesamt	56.224	3.470	54	59.748
Verteilung 2010	94%	6%	0%	100%

BAST-U2p-48/2011

Tab. 5: Beteiligte Pkw an Unfällen mit einem schwächeren Verkehrsteilnehmern (Fußgänger oder Radfahrer) nach Kraftstoffart und Ortslage (Unfälle mit Personenschaden und genau 2 Unfallbeteiligten)

Die Anzahl der insgesamt beteiligten Pkw an Unfällen mit Fußgänger- oder Radfahrbeteiligung ist 2010 innerorts um 11% zurückgegangen. Auch die Anzahl der beteiligten Hybridfahrzeuge hat sich innerorts um 9% (auf n=60) verringert.

	Veränderung 2010 / 2009 in %			
	Innerorts	Landstraßen	Bundesautobahnen	Insgesamt
Benzin	-12%	-9%	-	-12%
Diesel	-8%	-5%	-	-8%
Hybrid Benzin/Elektro	-9%	-	-	-9%
Benzin/Ethanol	-	-	-	-
Gas einschl. bivalent (5,6,7,9)	2%	-	-	2%
k.A.	-11%	-11%	-	-11%
Insgesamt	-11%	-8%	-21%	-11%

BAST-U2p-48/2011

Tab. 6: Veränderung der Anzahl unfallbeteiligter Pkw an Unfällen mit einem schwächeren Verkehrsteilnehmern (Fußgänger oder Radfahrer)

3.5 Beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart

Im Folgenden werden die unfallbeteiligten Pkw nach dem KBA-Segment tabelliert. Das KBA-Segment wird vom KBA vergeben und beschrieben.⁶ Hybridfahrzeuge werden überwiegend in der "Kompaktklasse" unfallauffällig (2010: n=169). Aus dem Segment "Geländefahrzeuge" waren im Jahre 2010 27 Pkw in einen Unfall mit Personenschaden verwickelt.

⁶ "Mit dem Ziel einer besseren statistischen Vergleichbarkeit wurde eine Gliederung der Pkw-Modelle nach zurzeit 12 Segmenten geschaffen. Die Eingruppierung der Modellreihen erfolgt anhand optischer, technischer und marktorientierter Merkmale. Die Bildung der Klassifizierungsmerkmale und die Zuordnung wird in enger Abstimmung mit Vertretern der Automobilindustrie vorgenommen. Im Zulassungsdokument sind diesbezügliche Merkmale nicht enthalten." (www.KBA.de, 2010).

KBA-Segment	Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden						Insgesamt	
	Benzin	Diesel	Hybrid Benzin/ Elektro	Benzin/ Ethanol	Gas einschl. bivalent	k.A.		
2007	Mini	21.106	1.386	0	0	6	0	22.498
	Kleinwagen	72.758	6.039	0	0	754	0	79.551
	Kompaktklasse	82.726	25.211	92	0	436	0	108.465
	Mittelklasse	52.607	25.331	0	0	803	0	78.741
	obere Mittelklasse	12.508	12.223	2	0	94	0	24.827
	Oberklasse	1.537	722	0	0	0	0	2.259
	Geländewagen	3.325	4.170	19	0	0	0	7.514
	Utilities	2.006	7.602	0	0	270	0	9.878
	Sportwagen	3.812	66	0	0	0	0	3.878
	Mini-Van	5.786	3.129	0	0	622	0	9.537
	Großraum-Van	5.461	7.749	0	0	213	0	13.423
	sonstige	1.957	225	0	0	0	0	2.182
	k.A.	5.565	1.260	0	0	0	43.388	50.213
	Insgesamt	271.154	95.113	113	0	3.198	43.388	412.966
2008	Mini	20.923	1.444	0	0	16	0	22.383
	Kleinwagen	70.447	5.989	0	0	702	0	77.138
	Kompaktklasse	76.986	24.404	116	0	388	0	101.894
	Mittelklasse	46.780	24.530	0	0	763	0	72.073
	obere Mittelklasse	11.095	11.678	5	0	116	0	22.894
	Oberklasse	1.400	730	1	0	0	0	2.131
	Geländewagen	3.387	4.887	29	0	0	0	8.303
	Utilities	2.161	7.398	0	0	299	0	9.858
	Sportwagen	3.617	84	0	0	0	0	3.701
	Mini-Van	6.336	3.261	0	0	613	0	10.210
	Großraum-Van	5.251	8.002	0	0	262	0	13.515
	sonstige	1.649	157	0	0	0	0	1.806
	k.A.	4.153	976	0	0	0	36.739	41.868
	Insgesamt	254.185	93.540	151	0	3.159	36.739	387.774
2009	Mini	21.997	1.432	0	0	20	0	23.449
	Kleinwagen	68.923	6.235	6	0	668	0	75.832
	Kompaktklasse	71.987	24.165	150	1	395	0	96.698
	Mittelklasse	44.202	23.921	0	0	677	0	68.800
	obere Mittelklasse	10.390	11.348	6	0	115	0	21.859
	Oberklasse	1.348	786	5	0	0	0	2.139
	Geländewagen	3.443	5.565	37	0	0	0	9.045
	Utilities	2.167	7.285	0	0	340	0	9.792
	Sportwagen	3.627	90	0	0	0	0	3.717
	Mini-Van	6.803	3.248	0	0	652	0	10.703
	Großraum-Van	5.341	8.189	0	0	295	0	13.825
	sonstige	1.382	135	0	0	0	0	1.517
	k.A.	3.231	646	0	0	0	36.459	40.336
	Insgesamt	244.841	93.045	204	1	3.162	36.459	377.712
2010	Mini	21.542	1.360	0	0	35	0	22.937
	Kleinwagen	64.723	6.124	7	0	629	0	71.483
	Kompaktklasse	66.848	22.838	169	6	388	0	90.249
	Mittelklasse	39.181	23.438	0	4	640	0	63.263
	obere Mittelklasse	9.112	11.013	6	0	122	0	20.253
	Oberklasse	1.246	775	8	0	0	0	2.029
	Geländewagen	3.522	6.286	27	0	0	0	9.835
	Utilities	2.179	7.532	0	0	327	0	10.038
	Sportwagen	3.420	122	3	0	0	0	3.545
	Mini-Van	7.143	3.273	0	0	629	0	11.045
	Großraum-Van	5.279	8.072	0	2	308	0	13.661
	sonstige	1.079	115	0	0	0	0	1.194
	k.A.	2.263	460	0	0	0	32.664	35.387
	Insgesamt	227.537	91.408	220	12	3.078	32.664	354.919

BASt-U2p-48/2011

Tab. 7: An Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart

4 Synopse

Die Daten des vorliegenden zweiten Berichtes dokumentieren den Entwicklungspfad in Richtung alternative Antriebe. Informationen liegen derzeit fast ausschließlich über das geplante Produktangebot vor. Die Verfügbarkeit von Bestandszahlen in diesem Sektor ist noch sehr eingeschränkt. Bei vielen der momentan schon mit alternativen Antrieben fahrenden Fahrzeuge - insbesondere Elektrofahrzeuge - handelt es sich in erster Linie um Einzelzulassungen, die über keine EG-Typgenehmigung verfügen. Aufgrund dessen sind keine detaillierteren Informationen über den Bestand möglich.

Die Betrachtung der von den Fahrzeugherstellern angekündigten Modelle zeigt, dass insbesondere in den Segmenten Vollhybrid, Plug-in-Hybrid und reine Elektrofahrzeuge in den kommenden Jahren zahlreiche neue Fahrzeugmodelle auf dem Fahrzeugmarkt angeboten werden sollen.

Von insgesamt ca. 2.300 derzeit in Deutschland angemeldeten Pkw mit reinem Elektroantrieb waren im Jahr 2010 lediglich 212 „getypt“ und würden somit für weitere Analysen zur Verfügung stehen bzw. theoretisch in den Unfalldaten identifizierbar sein. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die künftig zu erwartende Serienreife von Elektro-Kfz zu einer deutlichen Zunahme getypter Fahrzeuge führt.

Betrachtet man die Entwicklung des Bestands von Hybridfahrzeugen, so ist hier im Jahr 2010 (35.996) eine deutliche Zunahme von 116% gegenüber dem Jahr 2007 (16.619) festzustellen. Informationen über Anteile der einzelnen Hybridvarianten liegen jedoch nicht vor.

Interpretierbare Aussagen bezüglich der Unfallbeteiligungen von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben lassen sich derzeit anhand der Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik noch nicht treffen. Da die Identifizierung dieser Fahrzeuge in den Unfalldaten von dem Vorhandensein der EG-Typgenehmigung abhängt, sind die absoluten Zahlen hier bislang zu gering, um die Daten hinsichtlich der Art oder Struktur des Unfallgeschehens interpretieren zu können. Jedoch kann auch hier davon ausgegangen werden, dass sich mit einem steigenden Anteil von Typgenehmigungen die Datenlage in den kommenden Jahren sukzessive verbessern wird. Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2007 - 2010) war kein „getypter“ Pkw mit Elektroantrieb an einem Unfall mit Personenschaden beteiligt.

Die deutliche Zunahme der Unfallbeteiligung von Hybridfahrzeugen um 95% von 2007 bis 2010 wird durch eine Bestandsanstiegs von 116% in diesem Zeitraum relativiert und deutet daher eher auf ein unterdurchschnittliches Risiko, wobei keine Informationen über die durchschnittliche Fahrleistung in die Interpretationen einbezogen werden können. Der relativ hohe Anteil von Innerortsunfällen ist vor allem vor dem Hintergrund der Nutzung der Fahrzeuge zu interpretieren. Ob diese strukturellen Unterschiede von einer möglicherweise speziellen Nutzerpopulation der Hybridfahrzeuge bestimmt werden, lässt sich aufgrund der aktuell verfügbaren Daten jedoch bislang nur vermuten.