

# **Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßen- verkehrssicherheit**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 278**

**bast**

# **Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßen- verkehrssicherheit**

**Berichtsjahre 2014 und 2015**

von

Rosemarie Schleh  
Maxim Bierbach  
Conrad Piasecki  
Martin Pöppel-Decker  
Susanne Schönebeck

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Mensch und Sicherheit Heft M 278**

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt F1100.4288003:**  
Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit  
Berichtsjahre 2014 und 2015

**Herausgeber**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

**Druck und Verlag**  
Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9315  
ISBN 978-3-95606-379-4

Bergisch Gladbach, März 2018

## Kurzfassung – Abstract

### **Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit – Berichtsjahre 2014 und 2015**

Zu Beginn des Jahres 2016 macht der Anteil der Pkws mit Alternativem Antrieb rund 2% des Pkw-Gesamtbestandes aus. Der Bestand an Pkw mit alternativem Antrieb stieg auf rund 712.000 Fahrzeuge im Jahr 2016 (ein Plus von etwa 11% gegenüber 2013). Um die zukünftige Entwicklung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb in Deutschland beurteilen zu können, initiierte die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) schon im Jahr 2010 die Einrichtung einer langfristigen Beobachtung des Fahrzeugmarktes und des Unfallgeschehens von Fahrzeugen mit alternativen Antriebsarten mit dem Ziel, die tatsächliche Umsetzung des technologischen Fortschritts in marktgängige Produkte zu verfolgen, frühzeitig Kenntnis über die Bestandsentwicklung zu erhalten sowie mögliche Fehlentwicklungen – insbesondere mit Blick auf die Verkehrssicherheit – zu identifizieren. Vor allem die Betrachtung des letzten Punktes soll die Möglichkeit schaffen, Vorschläge für eine sinnvolle Steuerung der Entwicklung leisten zu können.

Nachfolgend werden in Kapitel 2 die technischen Entwicklungslinien des Marktes für Fahrzeuge mit alternativem Antrieb dargestellt. In den Kapiteln 3 und 4 werden der Bestand sowie das Unfallgeschehen näher betrachtet.

### **Alternative drive technology: market penetration and consequences for Road Safety – years of reporting 2014 and 2015**

At the beginning of 2016, about 2% of the German passenger car stock is equipped with alternative drive technologies. The stock of passenger car with alternate drive technologies in 2016 increased to 712.000 vehicles (11% more than 2013). A long-term observation both of the vehicle market and accident occurrence of vehicles with alternative drive technologies in Germany is required, in order to be able to analyze future developments and to identify any possible adverse effects on road traffic safety. In 2010, the Federal Highway Research Institute (BASt) started the survey on behalf of the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure.

The technical development of vehicles with alternative drive technologies is described in chapter 2 of this report. In chapter 3 and 4 the stock and the accidents of the mentioned vehicles are assessed.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	31
<b>2</b>	<b>Entwicklungslinien alternativer Antriebstechnologien</b> .....	7		<b>Literatur</b> .....	34
2.1	Erdgas (CNG: Methan), Autogas (LPG: Butan/Propan) und Flüssigerdgas (LNG) .....	7		<b>Bilder</b> .....	37
2.1.1	Erdgas (CNG) .....	8		<b>Tabellen</b> .....	37
2.1.2	Autogas (LPG) .....	9		<b>Anhang</b> .....	39
2.1.3	Flüssigerdgas (LNG) .....	9			
2.2	Elektromobilität .....	10			
2.2.1	Brennstoffzellenfahrzeuge (engl.: Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)) .....	13			
2.2.2	Elektrofahrzeuge [Batterie-Fahrzeuge – engl.: Battery Electric Vehicle (BEV)] ..	13			
2.3	Aufladung von Elektrofahrzeugen .....	14			
2.4	Alternative Antriebe bei Nutzfahrzeugen und Kraftomnibussen .....	16			
2.4.1	Nutzfahrzeugbereich .....	16			
2.4.2	Kraftomnibusse mit alternativem Antrieb .....	16			
<b>3</b>	<b>Bestandsentwicklung</b> .....	17			
3.1	Bestandsentwicklung bei Personenkraftwagen .....	17			
3.2	Räumliche Verteilung des Bestandes an Pkw mit alternativen Antrieben .....	21			
3.3	Bestandsentwicklung bei den Fahrzeuggruppen Kraftrad, Kraftomnibus und leichte Lkw bis 2 t .....	23			
<b>4</b>	<b>Unfallgeschehen</b> .....	25			
4.1	Datengrundlage .....	26			
4.2	Unfallbeteiligung nach Kraftstoffart .....	26			
4.3	Beteiligte Pkw nach Kraftstoffart und Ortslage .....	27			
4.4	Pkw-Unfälle unter Beteiligung eines ungeschützten Verkehrsteilnehmers (Fußgänger/Radfahrer) .....	29			
4.5	Beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart .....	31			



## 1 Einleitung

Die Sorge über den Klimawandel, endliche Mineralölreserven und der Wunsch, bei der Energieversorgung nicht von einzelnen, eventuell politisch unberechenbaren Lieferländern abzuhängen, führen dazu, dass nach Ergänzungen oder Alternativen zu den etablierten Energieträgern gesucht wird. Der nachfolgend verwendete Begriff Alternative Antriebe umfasst Antriebsvarianten von Straßenverkehrsfahrzeugen, die sich hinsichtlich Energieart oder konstruktiver Lösung von den herkömmlichen Antriebstechniken unterscheiden. Mit deren Anwendung verbindet sich der Anspruch, negative Auswirkungen herkömmlicher Antriebe wie Umweltbelastung oder Erschöpfung fossiler Treibstoff-Quellen verringern zu können.

Benzin- und Dieselfahrzeuge machen zusammen immer noch rund 98 % des Pkw-Gesamtbestandes aus (2016 über 44,3 Millionen Fahrzeuge)<sup>1</sup>. Der Bestand an Pkw mit alternativem Antrieb stieg von rund 643.000 Fahrzeugen im Jahr 2013 auf rund 712.000 Pkw im Jahr 2016 (ein Plus von etwa 11 %). Um die zukünftige Entwicklung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb in Deutschland beurteilen zu können, initiierte die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) schon im Jahr 2010 die Einrichtung einer langfristigen Beobachtung des Fahrzeugmarktes und des Unfallgeschehens von Fahrzeugen mit alternativen Antriebsarten mit dem Ziel, die tatsächliche Umsetzung des technologischen Fortschritts in marktgängige Produkte zu verfolgen, frühzeitig Kenntnis über die Bestandsentwicklung zu erhalten sowie mögliche Fehlentwicklungen – insbesondere mit Blick auf die Verkehrssicherheit – zu identifizieren.

Vor allem die Betrachtung des letzten Punktes soll die Möglichkeit schaffen, Vorschläge für eine sinnvolle Steuerung der Entwicklung leisten zu können. Diese Sichtweise wurde im Verkehrssicherheitsprogramm 2011 des BMVI aufgegriffen. Hiernach sollen mögliche Sicherheitsrisiken der neuen Antriebstechnologien frühzeitig erkannt werden, um die Ent-

wicklung von Lösungsmöglichkeiten zeitnah zu gewährleisten<sup>2</sup>.

Die alternativen Antriebstechniken kommen neben Pkw auch in anderen Fahrzeuggruppen zur Anwendung. Die ersten elektrisch betriebenen Güterkraftfahrzeuge und Krafträder mit amtlichem Kennzeichen tauchen in der Verkehrsunfallstatistik auf. Im vorliegenden Bericht werden deshalb ebenfalls die Fahrzeuggruppen Kraftrad sowie Kraftomnibusse berücksichtigt. Außerdem werden Lastkraftwagen mit einer Nutzlast von weniger als 2t sowie mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3,5t analysiert.

Nachfolgend werden in Kapitel 2 die technischen Entwicklungslinien des Marktes für Fahrzeuge mit alternativem Antrieb dargestellt. In den Kapiteln 3 und 4 werden der Bestand sowie das Unfallgeschehen näher betrachtet.

## 2 Entwicklungslinien alternativer Antriebstechnologien

### 2.1 Erdgas (CNG: Methan), Autogas (LPG: Butan/Propan) und Flüssigerdgas (LNG)

Nachfolgend werden die Möglichkeiten zur Nutzung alternativer Kraftstoffe im Straßenverkehr und deren Potenziale vorgestellt. Zu den Energieträgern mit der weitesten Verbreitung im Pkw-Segment zählen neben den konventionellen Kraftstoffen Benzin und Diesel u. a. komprimiertes Erdgas (CNG – Compressed Natural Gas) sowie Autogas (LPG – Liquefied Petroleum Gas). Neben Umweltvorteilen sind es insbesondere steuerliche Anreize, die zum Kauf solcher Fahrzeugkonzepte bewegen und die Marktdurchdringung dieser Antriebstechnologien fördern sollen<sup>3</sup>. Darüber hinaus stellt Flüssigerdgas (LNG – Liquefied Natural Gas) eine weitere Option dar, konventionelle Kraftstoffe, insbesondere im Schwerlastverkehr, zu ersetzen. Die LNG-Technologie befindet sich derzeit jedoch sowohl fahrzeugtechnisch als auch infrastrukturseitig in der Entwick-

<sup>1</sup> Fahrzeugbestand zum 01.01.2016.

<sup>2</sup> Vgl. VSP (2011).

<sup>3</sup> Vgl. DLR (2013)



lungsphase und steht noch am Anfang einer zukünftigen Markteinführung.

Neben der Möglichkeit, bereits im Betrieb befindliche Fahrzeuge mit Ottomotor auf LPG/CNG umzurüsten, bieten mittlerweile nahezu alle Fahrzeughersteller einige ihrer Fahrzeugmodelle ab Werk in CNG- und LPG Ausführung an. Bei den meisten dieser Fahrzeugtypen mit Gasantrieb (sowohl OEM<sup>4</sup>-Ausführungen als auch Nachrüstlösungen) handelt es sich um solche mit bivalentem Antrieb, d. h. das Fahrzeug kann sowohl mit LPG/CNG als auch mit Benzin betrieben werden. Bedingt durch die z. T. schlechten Kaltstarteigenschaften im LPG/CNG-Betrieb werden die Fahrzeuge bis zum Erreichen einer bestimmten Motortemperatur mit Benzin betrieben und anschließend entweder automatisch oder manuell auf Gasbetrieb umgeschaltet. Bivalente Fahrzeugkonzepte sind mit zwei Kraftstofftanks ausgestattet (standardmäßig verbauter Benzintank und zusätzlicher Gastank), weswegen sie gegenüber monovalent betriebenen Fahrzeugen – es wird ausschließlich LPG/CNG als Energieträger verwendet – über z. T. deutlich höhere Reichweiten verfügen. Diese liegen in der Regel zwischen 300 – 1.000 km, abhängig von der Größe der Tanksysteme und vom Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs. Der Umschaltvorgang zwischen beiden Kraftstoffarten wird durch die Motorsteuerung geregelt und ist für die Fahrzeuginsassen hinsichtlich des Betriebsverhaltens nicht wahrnehmbar; es wird lediglich durch ein optisches und/oder akustisches Signal der Betriebswechsel angezeigt.

Erdgas und Autogas werden derzeit im Rahmen des Energiesteuergesetzes (EnergieStG) mit einem vergünstigten Steuersatz gefördert. Dieser ist bis zum 31.12.2018 auf 0,18 €/kg für LPG, bzw. 13,9 €/MWh für CNG<sup>5</sup> – festgesetzt. Verglichen hierzu liegen die Steuersätze für Energie- und Ökosteuern von konventionellen Kraftstoffen bei 0,65 €/l (Benzin) bzw. 0,47 €/l (Diesel – siehe hierzu auch Tabelle 19 im Anhang dieses Berichts). Anfang des Jahres 2017 beschloss das Bundeskabinett einen Gesetzentwurf zur Änderung des Energie- und Stromsteuergesetzes, wonach vorgesehen ist, die Steu-

erbegünstigung für CNG und LNG über das Jahr 2018 hinaus zu verlängern. Die Steuerbegünstigung für LPG soll hiernach jedoch Ende 2018 auslaufen<sup>6</sup>.

Im Folgenden werden die Eigenschaften und Potenziale der alternativen Energieträger CNG-, LPG- und LNG bei der Verwendung im Kraftfahrzeugbereich dargestellt.

### 2.1.1 Erdgas (CNG)

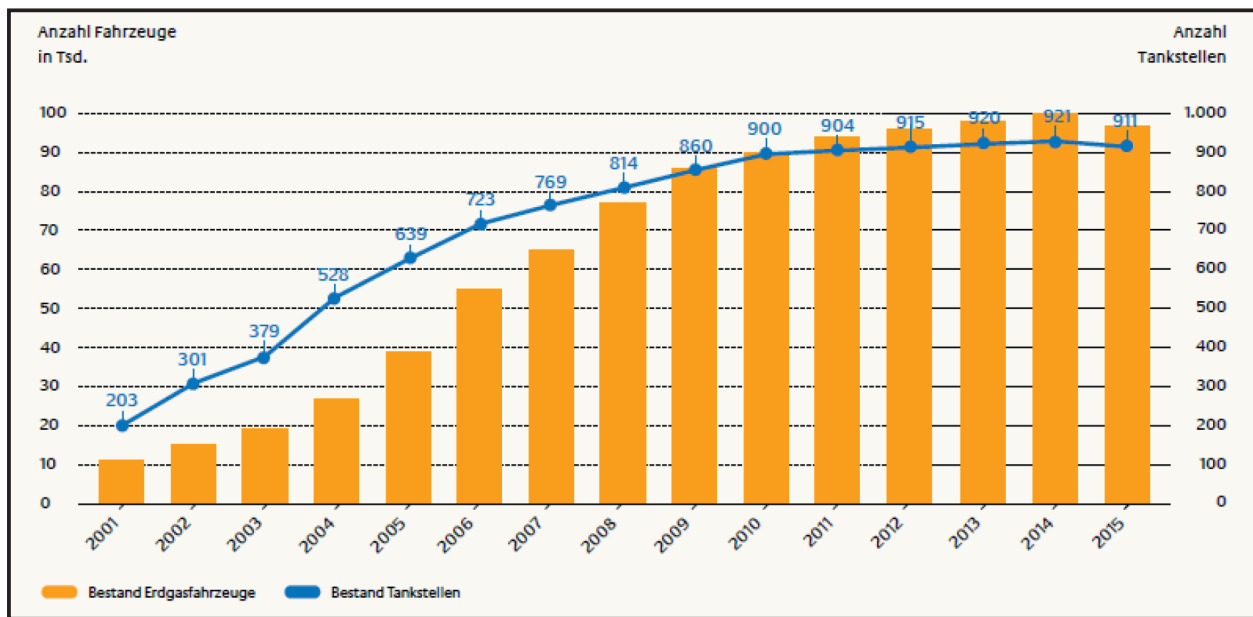
Bei CNG handelt es sich um komprimiertes Erdgas, welches sich aufgrund seiner chemischen Eigenschaften primär für die Verbrennung in angepassten Ottomotoren eignet (Basshuysen et al. 2015). Die Gaszusammensetzung variiert je nach Fördergebiet und Lagerstätte und es werden zwei Qualitätsstufen – H-Gas (High-Gas), Methananteil zwischen 87 und 99 Vol.-%, sowie L-Gas (Low-Gas), Methananteil zwischen 79 und 87 Vol.-% angeboten, wobei CNG-Fahrzeuge grundsätzlich für den Betrieb beider Kraftstoffqualitäten ausgelegt sind. Entsprechend ihrer Zusammensetzung variiert der Heizwert des Gasgemisches zwischen 46 – 53 MJ/kg (H-Gas) und 39 – 46 MJ/kg (L-Gas)<sup>7</sup>. CNG wird in Hochdruckspeichern mit bis zu 250 bar gasförmig im Fahrzeug mitgeführt. Dies macht Anpassungen an der Einspritzanlage und den Kraftstoffzuführleitungen sowie bei der Abstimmung der Motorsteuerung erforderlich. Vorteilhaft weist sich die von CNG gegenüber Ottokraftstoff höhere Oktanzahl (Maß für die Klopfestigkeit eines Kraftstoffs) aus, die im Betrieb von monovalent ausgelegten Motoren höhere Verdichtungsverhältnisse zulässt und damit höhere thermische Wirkungsgrade erzielt. Zudem weisen mit CNG betriebene Fahrzeuge prozessbedingt günstigere Schadstoff- und Klimagasemissionen auf und die Verbrennung erfolgt aufgrund der guten Durchmischung des Kraftstoff/Sauerstoff-Gemisches gleichmäßiger als die mit konventionellen Kraftstoffen. In Folge dessen weisen CNG-betriebene Fahrzeuge verminderte Schallemissionen auf. Die monovalente Auslegung stellt vor dem Hintergrund des sich derzeit noch im Aufbau befindlichen

<sup>4</sup> Original Equipment Manufacturer

<sup>5</sup> Dies entspricht ca. 0,18 €/kg.

<sup>6</sup> Vgl. BMF (2017)

<sup>7</sup> Vgl. ARAL (2017).



**Bild 1:** Entwicklung von Erdgasfahrzeug- und Erdgastankstellenbestand gem. (DENA 2016)

Tankstellenetzes und der Kaltstartprobleme aktuell die Ausnahme dar. Das Tankstellennetz im Bundesgebiet beläuft sich bei CNG auf 911 Standorte. Damit ist die Anzahl gegenüber dem Vorjahr (921 Tankstellen in 2014) erstmalig geringfügig gesunken (vgl. Bild 1).

### 2.1.2 Autogas (LPG)

LPG, oder auch Autogas, ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen mit den Hauptbestandteilen Propan ( $C_3H_8$ ) und Butan ( $C_4H_{10}$ ), welches ottomotorisch in Kraftfahrzeugen verbrannt werden kann. Die Zusammensetzung variiert dabei je nach Anbieter, Land und Jahreszeit und es wird Autogas in unterschiedlichen Mischungen angeboten, wobei Mischungsverhältnisse von Propan zu Butan von ca. 60:40 (Winterkraftstoff) und 40:60 (Sommerkraftstoff) die Regel sind; die Zündfähigkeit des Kraftstoffs wird über das Mischungsverhältnis angepasst<sup>8</sup>. Im Gegensatz zu CNG lässt sich LPG bei geringem Überdruck verflüssigen (ca. 5–10 bar) und in entsprechenden Speichersystemen im Fahrzeug mitführen. Die Kraftstoffzuführung in den Motor bzw. ins Saugrohr erfolgt über einen Verdampfer im gasförmigen Aggregatzustand. Erste Systeme, bei denen LPG direkt in den Brennraum eingespritzt wird, sind bereits auf dem Markt verfügbar. LPG

weist mit einer Oktanzahl von  $>100$  ROZ<sup>9</sup> eine hohe Klopfestigkeit auf und verbrennt ähnlich wie CNG sehr schadstoffarm. Zudem ist der Heizwert von LPG – je nach Zusammensetzung ca. 46 MJ/kg – geringfügig höher als der von Ottokraftstoff. Nach der Umrüstung weisen LPG-betriebene Fahrzeuge zum Teil Kraftstoffmehrerbräuche von bis zu 20 % auf<sup>10</sup>. Bedingt durch die geringeren Kraftstoffkosten von LPG, verbunden mit einem höheren Energiegehalt als Ottokraftstoff, ist der Betrieb von Autogas im Kraftfahrzeugbereich trotz des auftretenden Mehrverbrauchs kostengünstiger. Als Speichermedium für LPG existieren verschiedene Tankbauformen, u. a. Unterflurtanksysteme, zylindrische Tanks im Kofferraum sowie Tanksysteme, die in der Reserveradmulde untergebracht sind. Die Umrüstung von benzinbetriebenen Fahrzeugen auf LPG wird von verschiedenen Herstellern am Markt angeboten. Das Tankstellennetz im Bundesgebiet beläuft sich bei LPG mittlerweile auf ca. 6.000 Standorte.

### 2.1.3 Flüssigerdgas (LNG)

Bei LNG handelt es sich um ein Erdgasgemisch, welches bei atmosphärischem Druck auf Temperaturen von ca.  $-160$  °C herunter gekühlt und verflüssigt wird. Die Gaszusammensetzung entspricht der von CNG, es sind hierbei ebenfalls Unterschiede je

<sup>8</sup> Vgl. Vialle (2015)

<sup>9</sup> Research-Oktanzahl.

<sup>10</sup> Vgl. Autogas-Information (2017)

Arrangement of propulsion concepts into classes											
Combustion Engine			Hybrids				Electric Vehicle				
Diesel, Otto, optimized engine, alternative fuels. Concepts A, B, C, D			Full Hybrids, Mild Hybrids Concepts E, F				PHEV, REEV, BEV Concepts G, H, I				
Identifier	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Drive Structure	SI engine, conventional	CI engine, conventional	(HEV) Subhybrid	HEV Microhybrid	HEV Mild Hybrid	HEV Full Hybrid	PHEV Full Hybrid	PHEV Range Extender ICE	EV	PHEV Range Extender Fuel Cell	Fuel Cell Hybrid
Primary Energy Source	Hydro-carbons	Hydro-carbons	Hydro-carbons	Hydro-carbons	Hydro-carbons	Hydro-carbons	Hydro-carbons	Electricity (from grid)	Electricity (from grid)	Electricity (from grid)	Hydrogen
	Advanced, high efficiency si- and diesel technology; alternative fuels: CNG, LPG and even more		Additionally to A or B: start-stop-function by conventional equipment	Additionally to A or B: start-stop-function, with belt driven starter-alternator	Additionally to A or B: regenerative braking, acceleration assistance by integrat. SA	Instead of E: electric launch, acceleration assistance electric driving	Additionally to F: larger battery, plug-in-capability	Propulsion energy stored in the battery, only small ICE to recharge onboard	No onboard recharge unit.	Energy stored in the battery, only small fuel cell and hydrogen to recharge	PEM fuel cell produces electricity from hydrogen

Bild 2: Schematische Einteilung von alternativen Antrieben mit unterschiedlicher Ausprägung des elektrischen Anteils (HAST 2010).

nach Förderregion und Anbieter möglich. Typischerweise sind ca. 81 – 99 % Methan im LNG enthalten, zusätzlich finden sich Anteile von Ethan und Propan im Kraftstoff wieder. Die Verflüssigung bewirkt eine Volumenreduzierung um das ca. 600-fache des gasförmigen Stoffes, weswegen dieses Verfahren zu Transport- und Speicherzwecken von Erdgas angewandt wird. Mit LNG lassen sich höhere Reichweiten erzielen als mit CNG; der Energiegehalt von einem Kubikmeter LNG entspricht ca. dem von drei Kubikmetern CNG. Die Speicherung im Fahrzeug erfolgt in Kryotanks, welche geeignet isoliert sind und speziell für die Speicherung tiefkalter Medien entwickelt wurden. Flüssigerdgas als Antrieb von Fahrzeugen mit kontinuierlichen Fahrtzeiten wie u. a. schweren Nutzfahrzeugen und Bussen wird als zukunftsfähige Alternative angesehen, die neben geringen Schadstoff-, CO<sub>2</sub>- und Geräuschemissionen Kostenvorteile verspricht<sup>11</sup>. Dazu bedarf es jedoch dem Ausbau einer eigenen Infrastruktur, welche die Versorgung mit LNG sicherstellt. Europaweit sind ca. 900 LNG-betriebene Lkw auf der Straße. In Deutschland wurden 2016 erste Fahrzeuge sowie eine LNG-Tankstelle in Betrieb genommen.

Im Pkw-Segment sind aufgrund der hohen Systemkosten für die Speicherung von LNG in naher Zukunft nahezu keine Einsatzmöglichkeiten abzusehen.

## 2.2 Elektromobilität

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Ausprägungen von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen vorgestellt, um einen Überblick über die verschiedenen Techniken zu geben. Eine Unterscheidung zwischen Hybridfahrzeugen und Elektrofahrzeugen geschieht durch die Fähigkeit, rein elektrisch fahren zu können. Hybridfahrzeuge, die dies nicht können, zählen zu den konventionell angetriebenen Fahrzeugen, während die anderen (z.B. Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge) als Elektrofahrzeuge eingestuft werden (s. Bild 2, Konzepte G, H und I). Für entsprechende Fahrzeuge mit einem von außen aufladbaren Energiespeicher gibt es die Möglichkeit, das Aufladen im privaten, halböffentlichen sowie öffentlichen Bereich vorzunehmen. Zum Jah-

<sup>11</sup> DENA (2015).

resende 2015 gab es deutschlandweit 5.836 öffentlich zugängliche Ladepunkte<sup>12</sup>.

Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur zu beschleunigen, ist es seit Anfang März 2017 möglich, Anträge auf Förderung im Rahmen des Bundesprogramms Ladeinfrastruktur zu stellen. Mit dem Programm unterstützt das BMVI den Aufbau von 15.000 Schnell- und Normalladestationen. Bis 2020 stehen dafür rund 300 Millionen Euro bereit. Die Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen (BAV) ist die Bewilligungsbehörde des Förderprogramms<sup>13</sup>.

### **Hybrid-Elektro-Fahrzeuge (engl.: Hybrid Electric Vehicle, HEV)**

Hybridfahrzeuge verfügen neben dem konventionellen Verbrennungsmotor 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 (sogenannter Boost-Betrieb). Beim regenerativen Bremsen kann ein Teil der kinetischen Energie in elektrische zurückgewandelt und gespeichert werden (Rekuperation). Hybridantriebe zeichnen sich daher gegenüber konventionellen Antrieben bei Fahrmustern mit viel Beschleunigungs- und Bremsanteilen durch einen besseren Wirkungsgrad aus und führen daher zu einer merklichen Kraftstoffersparnis.

Je nach technischer Ausführungsform und elektrischer Antriebsleistung werden die Systeme nach Mikro-Hybrid, Mild-Hybrid, Voll-Hybrid und Plug-in-Hybrid unterschieden, wobei je nach Energiefluss, also der Art des Zusammenspiels des elektrischen und verbrennungsmotorischen Systemanteils, noch einmal nach Parallel- und Seriell-Hybrid sowie einem leistungsverzweigten Split-Hybrid differenziert wird.

Beim Parallel-Hybrid sind Verbrennungs- und Elektromotor entweder mit dem gemeinsamen Antriebsstrang verbunden (Bsp.: Toyota Hybrid-Systeme) oder wirken getrennt jeweils auf eine Antriebsachse

und können das Fahrzeug gemeinsam oder einzeln antreiben. (sogenannter Axle-Split-Hybrid, Bsp.: Peugeot/ Citroen Diesel-Hybrid-Systeme).

Beim Seriell-Hybrid erfolgt der Antrieb immer elektrisch. Der Verbrennungsmotor treibt einen Generator an, der Batterie und/oder Elektromotor mit elektrischer Energie versorgt. Im Automobilbau wird diese Architektur für Batterie-Fahrzeuge mit Reichweitenverlängerung (sog. Range-Extender) realisiert (z. B. BMW i3 mit Range-Extender).

Beim leistungsverzweigten Split-Hybrid ist es möglich, einen Teil der Leistung des Verbrennungsmotors direkt auf den Antrieb zu geben, während die restliche Motorleistung wie beim Seriell-Hybrid den Generator-Elektromotor-Strang bedient. (Beispiel: Opel Ampera, Chevrolet Volt)

### **Mild-Hybrid-Fahrzeuge (engl. Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV))**

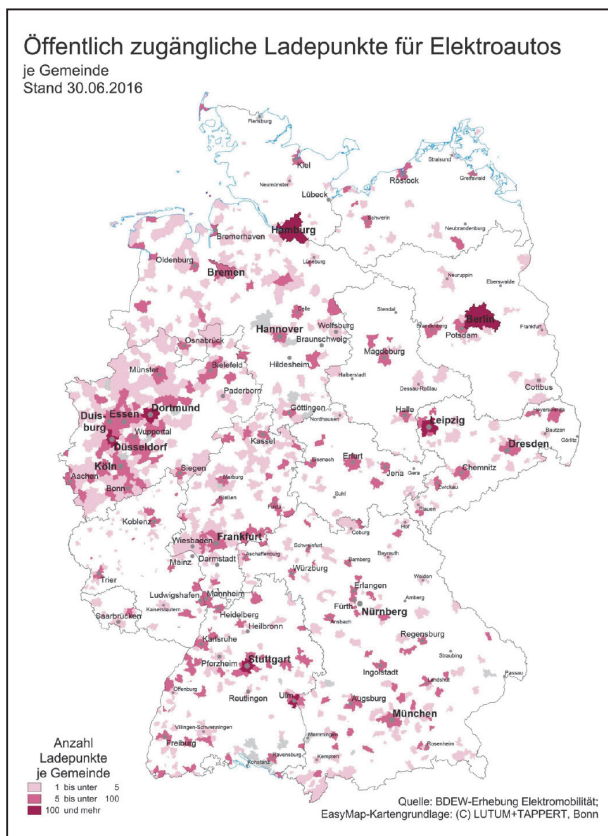
Bei Mild-Hybrid<sup>14</sup> Systemen ist im Kupplungsgehäuse auf der Kurbelwelle ein Elektromotor-Starter-Generator angebracht. Die typischen elektrischen Leistungen solcher Systeme liegen im Bereich von etwa 10 – 20 kW. Bewegungsenergie wird beim Verzögern teilweise in elektrische Energie rekuperiert und in die Batterie zurückgespeist. Beim Anfahren und Beschleunigen des Fahrzeugs unterstützt die Elektromaschine den Verbrennungsmotor durch zusätzliches Antriebsmoment.

Rein elektrisches Fahren ist bei Mild-Hybrid-Systemen aufgrund der üblichen Systemauslegungen nicht sinnvoll oder teilweise konstruktiv nicht möglich, weil z. B. das Schleppmoment des inaktiven Verbrennungsmotors überwunden werden müsste oder die Batteriekapazitäten zu gering sind.

<sup>12</sup> Vgl. Welt (2016).

<sup>13</sup> Vgl. BAV (2017).

<sup>14</sup> Nicht zu verwechseln mit Mikro-Hybrid. Unter dieser Bezeichnung werden bisweilen 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. Diese Fahrzeuge sind gemäß KBA-Kraftstoff-Code keine Hybridfahrzeuge.



**Bild 3:** Öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge gem. BDEW (2016)

Vor allem bei Fahrzeugen mit großvolumigen Otto- und Diesel-Motoren (Fahrzeuge der Oberklasse, SUVs) ergibt sich eine merkliche Reduzierung beim Kraftstoffverbrauch und der CO<sub>2</sub>-Emission. So bietet z. B. die Daimler AG mit dem Modell S 400 Hybrid ein Mild-Hybrid Serienfahrzeug an (Ottomotor 225 kW mit 20 kW Elektromotor und Lithium-Ionen-Akkumulator).

### Voll-Hybrid-Fahrzeuge (engl.: Full Hybrid Electric Vehicle (FHEV))

Fahrzeuge mit Voll-Hybrid System besitzen neben dem Verbrennungsmotor einen Elektromotor und ein separates Generatoraggregat mit nachgeschaltetem Hochvolt-Batteriespeicher. Es gibt Systeme, bei denen Motor und Generator mechanisch über ein (Differential-)Getriebe und Kupplungen in geeigneter Weise verbunden sind und auf eine gemeinsame Antriebsachse wirken. Die Bordelektronik steuert und überwacht dabei die verschiedenen Betriebsmodi (rein elektrischer, rein verbrennungsmotorischer, kombinierter Fahrbetrieb, Rekuperation). Desweiteren sind darüber hinaus auch sogenannte Axle-Split-Hybridsysteme auf den Markt gekom-

men, bei denen die Vorderachse in konventioneller Antriebsstrangarchitektur realisiert ist, die Hinterachse rein elektrisch angetrieben wird, oder entsprechend umgekehrt.

Neben einer Start/Stop-Funktion, regenerativem Bremsen und elektrischer Unterstützung beim Vortrieb ermöglicht das Voll-Hybrid System zudem rein elektrisches Fahren über Distanzen von einigen Kilometern. Mit dem Typ des Voll-Hybrid Fahrzeugs verbindet man in der öffentlichen Wahrnehmung bis dato vor allem das Modell Prius des japanischen Automobilherstellers Toyota. Seit Produktionsbeginn im Jahr 1997 stellt Toyota mittlerweile Hybrid-Fahrzeuge in der dritten Entwicklungsgeneration her und beansprucht für sich mit weltweit insgesamt über 10 Mio verkauften Einheiten (Stand Februar 2017)<sup>15</sup> derzeit die Marktführerschaft in diesem Segment (6,1 Mio. nur Prius) und insgesamt. Mittlerweile bieten auch die meisten europäischen Hersteller wie Audi, BMW, Mercedes, Porsche, PSA/Peugeot/Citroen und Volkswagen ebenfalls Voll-Hybrid-Fahrzeuge in unterschiedlichen Fahrzeugklassen an.

### Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (engl.: Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV))

Plug-in-Hybrid Fahrzeuge zeigen alle Features von Voll-Hybrid Fahrzeugen, verfügen darüber hinaus jedoch noch über eine deutlich größere elektrische Speicherkapazität. Die Batterie kann zusätzlich auch extern über Haushaltsstrom oder an öffentlich zugänglichen Ladesäulen aufgeladen werden. Die Fahrzeuge können größere Strecken (typischer Aktionsradius zwischen 20 und 50 km) im reinen Elektrobetrieb lokal emissionsfrei zurücklegen und sind so z. B. von umweltbedingten Fahrverboten im innerstädtischen Raum ausgenommen.

#### 2.2.1 Brennstoffzellenfahrzeuge (engl.: Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV))

Brennstoffzellenfahrzeuge sind von der Antriebsart her betrachtet Elektrofahrzeuge. Systembedingt fallen Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb mit ihren beiden Energiewandlern Brennstoffzelle und Elektromotor sowie den beiden Speichern H<sub>2</sub>-Tank und

<sup>15</sup> Vgl. TOYOTA (2017)

Batterie entlang der Bezeichnungssystematik streng genommen in die Kategorie Vollhybrid-Elektrofahrzeug. Toyota hat im November 2014 mit dem Mirai das erste Serienfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb auf den Markt gebracht<sup>16</sup>. Viele Fahrzeughersteller wie z. B. Daimler, Ford, GM, Honda, Hyundai, Renault/Nissan, haben ebenfalls serienreife Modelle entwickelt und können sich eine Markteinführung in naher Zukunft vorstellen. Voraussetzung ist jedoch eine ausreichende Wasserstoff-Infrastruktur. Derzeit stehen in Deutschland 17 Wasserstofftankstellen zur Verfügung<sup>17</sup>.

### Bioethanol als Energiequelle für Brennstoffzellen

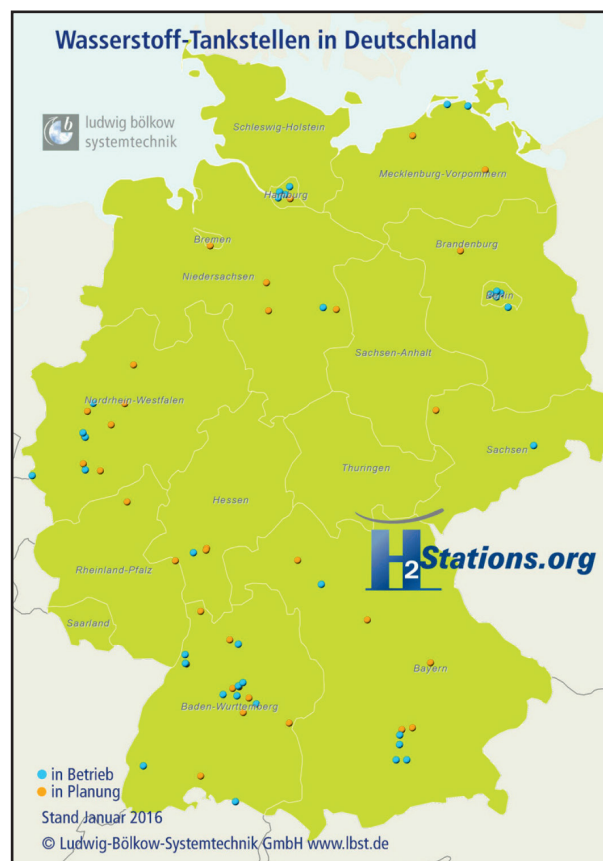
In einer Brennstoffzelle wird chemisch gebundene Energie in Form des Brennstoffs in elektrische Energie gewandelt. Meist wird für den Betrieb Wasserstoff als Brennstoff verwendet, doch es ist auch möglich, wasserstoffhaltiges Gas oder entsprechende Flüssigkeiten in sogenannten Reformersystemen einzusetzen.

Unter Bioethanol versteht man Ethanol der ausschließlich aus Biomasse und nicht aus fossilen Quellen gewonnen wird und somit zählt dieser zu den alternativen Brennstoffen. Zur Verwendung von Bioethanol für Brennstoffzellen sind zwei Verfahren möglich: Entweder wird ein Reformier eingesetzt, der aus dem Bioethanol Wasserstoff erzeugt, oder es ist möglich, durch Verwendung einer speziellen Membran den Bioethanol der Brennstoffzelle unmittelbar zuzuführen. Bei dieser Variante spricht man von einer „Direkt-Ethanol-Brennstoffzelle“.

Hinsichtlich der CO<sub>2</sub> Bilanz gibt es einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Betrieb mit Wasserstoff und Bioethanol als Ausgangsstoff: Bei der Verwendung von Wasserstoff wird als Endprodukt nur Wasser abgeschieden, während bei dem Einsatz von Bioethanol zusätzlich CO<sub>2</sub> entsteht. Da Bioethanol aus Biomasse hergestellt wird, ist die Klimabilanz dennoch insgesamt klimaneutral.

Für den Einsatz in Kraftfahrzeugen sind derzeit Direkt-Ethanol-Brennstoffzellen noch in der Entwicklung. Hingegen sind Systeme mit Reformier bereits

in der Erprobung und nahezu marktreif, wie z. B. im Nissan e-NV200 mit e-Bio-Brennstoffzelle.



**Bild 4:** Überblick Wasserstofftankstellen in Deutschland gem. LBST (2016)

### 2.2.2 Elektrofahrzeuge [Batterie-Fahrzeuge – engl.: Battery Electric Vehicle (BEV)]

Das Antriebssystem reiner Elektrofahrzeuge (Batterie-Fahrzeuge) 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 Seriell-Hybrid).

<sup>16</sup> Vgl. Autobild (2015)

<sup>17</sup> Vgl. NOW (2015)

Im Schnitt sind 80 Prozent der täglichen Fahrstrecken kürzer als 60 Kilometer. Der urbane Mobilitätsbedarf kann mit einem rein batteriebetriebenen Elektrofahrzeug technisch heutzutage bereits gut abgedeckt werden. Elektrofahrzeuge haben den Vorteil, lokal keine schädlichen Emissionen zu erzeugen und im Stadtverkehr geräuscharm zu sein. Man darf daher erwarten, dass sich mit verstärkter Elektromobilität in Städten eine neue Stufe der Lebensqualität hinsichtlich Luftreinheit und Lärmbelastung erreichen lässt. Mit Inkrafttreten der EU Verordnung 540/2014 wird eine akustische Warneinrichtung für elektrisch angetriebene Fahrzeuge (Klassen M und N) verpflichtend ab 2019 bzw 2021 eingeführt, um die akustische Wahrnehmbarkeit und damit die Verkehrssicherheit zu verbessern. Dieses System (Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)) wird im Geschwindigkeitsbereich bis etwa 20 km/h und beim Rückwärtsfahren ein künstliches Fahrgeräusch ausstrahlen.

Die hohen Kosten bei der gegenwärtigen Li-Ionen Batterietechnologie von ca. 250 €/kWh sowie Gewicht und Bauvolumen zwingen bei alltagstauglichen Modellen zu einem Kompromiss bei Reichweite und Motorleistung. Typische Reichweiten liegen heute modellabhängig zwischen 100 und 400 km bei einer Speicherkapazität zwischen 15 und 85 kWh und Motorleistungen zwischen 30 und 300 kW. Durch die noch hohen Kosten für die Energiespeicher – trotz sinkender Preise der Fahrzeugakkus – sind Elektrofahrzeuge in der Regel mehrere Tausend Euro teurer als das entsprechende Modell mit konventionellem Antrieb. Mit neuen Geschäftsmodellen wie beispielsweise separate Batteriemietverträge wie sie u. a. bei den Z.E.-Modellen von Renault zu finden sind, kann die Preisdifferenz ausgeglichen werden.

### 2.3 Aufladung von Elektrofahrzeugen

Zum Aufladen von Elektrofahrzeugen mit elektrischer Energie existieren verschiedene Möglichkeiten. Derzeit am weitesten verbreitet ist das kabelgebundene (konduktive) Laden mit Wechsel- bzw. Gleichstrom. Darüber hinaus gibt es noch das kabellose Laden, sowie prinzipiell den Akkutausch. Letztere Variante ist für Pkw zurzeit nicht von Be-

deutung, bei Kleinkrafträdern und Pedelecs allerdings schon etabliert.

Nationale und internationale Standards charakterisieren Stecker, Kabel und Ladestationen, wobei jeweils verschiedene (meist untereinander nicht kompatible) Systeme auf dem Markt sind.

Laut der EU-Richtlinie 2014 / 94 / EU „Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ spricht man von Normalladen bei Ladevorgängen bis 22 kW. Eine Ladeleistung von mehr als 22 kW charakterisiert das AC- bzw. DC-Schnellladen. Diese EU Richtlinie hat durch den Anhang 1 folgenden Mindeststandard festgelegt:

#### 1. Technische Spezifikationen für Ladepunkte

##### 1.1. Normalladepunkte für Kraftfahrzeuge

Wechselstrom-Normalladepunkte für Elektrofahrzeuge sind aus Gründen der Interoperabilität mindestens mit Steckdosen oder Fahrzeugkupplungen des Typs 2 nach der Norm EN62196-2 auszurüsten. Diese Steckdosen dürfen mit bestimmten Zusatzeinrichtungen wie mechanischen Steckdosen- Verschlüssen ausgestattet sein, sofern die Kompatibilität mit dem Typ 2 gewahrt bleibt.

##### 1.2. Schnellladepunkte für Kraftfahrzeuge

Wechselstrom-Schnellladepunkte für Elektrofahrzeuge sind aus Gründen der Interoperabilität mindestens mit Kupplungen des Typs 2 nach der Norm EN62196-2 auszurüsten. Gleichstrom-Schnellladepunkte für Elektrofahrzeuge sind aus Gründen der Interoperabilität mindestens mit Kupplungen des „combined charging system Combo 2“ nach der Norm EN62196-3 auszurüsten.

Für das kabelgebundene Laden von Elektrofahrzeugen gibt es neben den oben aufgeführten verpflichtenden Typ 2 und Combo 2 Steckern verschiedene andere meist genormte Ladestecker, die jedoch in der Regel untereinander nicht kompatibel sind.

Weitere Stecker für das Wechselstromladen sind beispielsweise vom Typ 1 oder Typ 3, während für das DC Schnellladen auch der CHAdeMO Stecker und der DC-Coupler GB erwähnt werden sollen.

Beim kabelgebundenen Aufladen von Kraftfahrzeugen unterscheidet man vier verschiedene Varianten, so genannte Ladebetriebsarten, die auch Lademodus bzw. kurz Mode 1 bis 4 betitelt werden. Je nach Ausprägung werden unterschiedliche maximale Ladeleistungen und damit verbundene entsprechende Ladezeiten ermöglicht. Auch die Steckerarten und Kommunikationsmöglichkeiten sind zu differenzieren.

### **Ladebetriebsart 1 / Mode 1**

Hierbei handelt es sich um eine Lademöglichkeit an einer nicht näher definierten Stromquelle mit Schutzkontakt entsprechend einer normalen Haushaltssteckdose (Schutzkontaktsteckdose) oder einer ein- bzw. dreiphasigen Industriesteckdose (z. B. CEE-Steckdose). In diesem Fall wird ein nicht fest mit dem Fahrzeug oder der Steckdose verbundenes Kabel verwendet und das Ladegerät ist fest im Fahrzeug integriert. Es ist keine besondere Ladeüberwachung bzw. Kommunikation vorgesehen. Ladebetriebsart 1 ist als langsames Normalladen einzustufen.

### **Ladebetriebsart 2 / Mode 2**

Auch die Ladebetriebsart 2 bezeichnet ein „angsaames Normalladen an einer konventionellen Haushalts-Steckdose (Schutzkontaktsteckdose) oder einer ein- bzw. dreiphasigen Industriesteckdose (z. B. CEE-Steckdose), allerdings ist hier im Gegensatz zur Ladebetriebsart 1 im Ladekabel eine Schutzrichtung in Form eines Fehlerstromschutzschalter vorhanden.

Das Ladekabel ist weder mit dem Fahrzeug noch mit der Ladeinfrastruktur fest verbunden und das Ladegerät ist fest im Fahrzeug verbaut. Über das Ladekabel wird eine Kommunikation realisiert, die eine Zustandsüberwachung des Ladevorgangs samt Start und Ende ermöglicht.

### **Ladebetriebsart 3 / Mode 3**

Ein besonderes Merkmal der Ladebetriebsart 3 ist die infrastrukturseitige Verwendung einer Ladevorrichtung (Wallbox) mit integrierter Kontroll- und

Schutzfunktion. Diese sieht neben der Energieübertragung auch einen Kommunikationsaustausch zwischen dem Fahrzeug und der Ladeinfrastruktur vor, wodurch ein kontrolliertes und optimiertes schnelleres Laden (im Vergleich zu Mode 1 und 2) ermöglicht wird.

Das Ladekabel kann sowohl fest in der Wallbox verbunden sein, als auch über eine Steckverbindung realisiert werden. Fahrzeugseitig ist immer eine Steckverbindung vorhanden und das Ladegerät ist fest im Fahrzeug verbaut.

### **Ladebetriebsart 4 / Mode 4**

Bei der Ladebetriebsart 4 handelt es sich um das Laden mit Gleichstrom an einer stationären Ladeinfrastruktur, an der das Ladekabel fest angeschlossen ist. Ein entscheidendes Merkmal dieser Ladebetriebsart ist das in der Ladestation befindliche Ladegerät, welches den Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt. Die hohe Ladeleistung (bis 170 kW derzeit) in Kombination mit der Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladeinfrastruktur ermöglicht so genanntes DC-Schnellladen.

### **Induktives Laden**

Neben dem zuvor beschriebenen kabelgebundenen (konduktiven) Laden sei an dieser Stelle auch das kabellose Laden erwähnt, bei dem die Energieübertragung induktiv erfolgt. Dazu wird ein Ladesystem verwendet, das aus einem aufeinander abgestimmten Spulenpaar, je eine Spule im Fahrzeug und eine außerhalb, besteht. Typischerweise wird im Fahrzeugboden die eine Spule installiert, damit direkt über der anderen geparkt werden kann. Die am Boden angebrachte Primärspule wird von der Ladeinfrastruktur mit Wechselstrom beaufschlagt, um ein Magnetfeld zur Energieübertragung aufzubauen. Durch die Sekundärspule im Fahrzeug wird das Magnetfeld wieder in Wechselstrom gewandelt, der das fahrzeugseitige Batterieladegerät versorgt. Spezielle Schutzmaßnahmen unterbrechen den Energiefluss, sobald sich Metallgegenstände oder andere Objekte im Magnetfeld befinden.



## 2.4 Alternative Antriebe bei Nutzfahrzeugen und Kraftomnibussen

### 2.4.1 Nutzfahrzeuggbereich

Nach dem Beschluss des Umweltausschusses des Europäischen Parlaments vom 5. November 2013 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen für neue leichte Nutzfahrzeuge bei dem Zielwert von 175 g/km ab dem Jahr 2017 und 147 g/km ab dem Jahr 2020 liegen<sup>18</sup>.

Um diese Werte zu erreichen, werden alternative Antriebe – wie sie bereits in den klassischen Fahrzeugen zur Personenbeförderung (Personenkraftwagen, EU Fahrzeugklasse M1) verwendet werden – nun verstärkt auch bei Nutzfahrzeugen zum Tragen kommen. In Analogie zum Pkw kann die dort etablierte alternative Antriebstechnik auf Fahrzeuge der Klasse N1 übernommen werden. Typischerweise werden diese Fahrzeuge von Kurierdiensten, Handwerkern und Kommunalbetrieben eingesetzt. Für das Nutzungsprofil mit Fahrten im urbanen Raum sind wegen der geringen lokalen Abgas- und Lärmemissionen Motorisierungen auf Basis alternativer Antriebe besonders gut geeignet.

Im innerstädtischen Zulieferverkehr mit hohem Stop and Go-Anteil sowie häufigen Startvorgängen kommen die Vorteile eines elektrifizierten Antriebsstrangs voll zum Zug. Regionale Projekte fördern bereits den Einsatz von Kleintransportern mit elektrischen Antrieben.

Bei einem Einsatzprofil im ländlichen Bereich ist eine Ergänzung des bisher typischerweise mit Dieselmotor betriebenen Kleintransporters durch alternative Antriebstechnik in Form eines Hybridantriebs ökologisch sinnvoll, um auch bei einer großen Reichweite eine geringe Menge von CO<sub>2</sub> zu emittieren. Allerdings bedeutet das Mitführen von zwei Antriebssystemen auch eine Einschränkung in der möglichen Zuladung.

### 2.4.2 Kraftomnibusse mit alternativem Antrieb

Die Bestandszahlen zeigen, dass der Dieselmotor als Antriebsart weiterhin diese Fahrzeuggruppe do-

miniert. Die nächsthöhere Nutzungsart ist jedoch bereits der Antrieb mit Gas (CNG und LPG). Die höchsten relativen Zuwächse von 2015 auf 2016 haben reine Elektro- sowie Hybridbusse zu verzeichnen (siehe hierzu auch Kapitel 3.3 dieses Berichts).

Seit 2010 fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) die Beschaffung von Hybridbussen. Der positive Bestandeseffekt ist in Bild 10 erkennbar. Seit Anfang 2015 erfolgt die Förderung im Rahmen einer Richtlinie, die die Beschaffung von Linienbussen mit dieselektrischem Antrieb durch Verkehrsbetriebe zum Zwecke der Personenbeförderung im ÖPNV umfasst, wobei Hybrid-Fahrzeuge ohne sowie mit externer Auflademöglichkeit (Plug-In-Hybridbusse) durch einen Investitionszuschuss gefördert werden. Die maximal zulässige Beihilfeintensität beträgt 35 Prozent der beihilfefähigen Investitionsmehrkosten<sup>19</sup>.

Die Förderung ist an bestimmte Umweltanforderungen geknüpft. So müssen beispielsweise Mindeststandards im Hinblick auf Verbrauch, CO<sub>2</sub>- sowie Lärmemissionen erfüllt werden. Hybridbusse müssen z.B. eine Verbesserung beim Kraftstoffverbrauch um 20 Prozent und Plug-In-Hybridbusse um 35 Prozent gegenüber vergleichbaren konventionellen Dieselnissen erreichen<sup>20</sup>. Im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen muss eine Reduktion von mind. 20 % (Hybridbusse) bzw. 35 % (Plug-In-Hybridbusse) gegenüber einem vergleichbaren Linienbus ohne Hybridtechnologie erreicht werden. Außerdem muss der Dieselmotor die Euro VI-Norm erfüllen und über ein geschlossenes Partikelfiltersystem verfügen<sup>21</sup>. Auch bei den Lärmemissionen gibt es konkrete Auflagen<sup>22</sup>. Die Förderrichtlinie ist bis Ende 2017 gültig.

Begründet wird eine Förderung mit der besonderen Eignung der Hybridtechnologie für Linienbusse, da diese häufig bremsen müssen und ein wesentlicher Teil der Bremsenergie zurückgewonnen und für den Betrieb des Elektromotors genutzt werden kann. Die Busse werden effizienter und beim rein elektri-

<sup>19</sup> Vgl. BMUB (2014a).

<sup>20</sup> Vgl. BMUB (2015).

<sup>21</sup> Vgl. BMUB (2014a).

<sup>22</sup> Maximal 75 dB(A) bei einer Motorleistung ≤ 150 kW bzw. 77 dB(A) bei einer Motorleistung > 150 kW. Vgl. BMUB (2014a).

<sup>18</sup> Vgl. EU (2011)

schen Betrieb auch leiser. Zudem stoßen sie weniger CO<sub>2</sub> und Luftschadstoffe aus, was ihren Einsatz zum Beispiel in Fußgängerzonen attraktiv macht. Um langfristig eine Bustechnologie zu erhalten, die komplette Strecken rein elektrisch bedienen kann, fördert das BMU auch Projekte zur Entwicklung von Plug-in-Hybridbussen.

### 3 Bestandsentwicklung

Die Beobachtung der jährlichen Bestandsentwicklung ermöglicht Aussagen über die fortschreitende Durchdringung des Automobilmarktes mit Fahrzeugen alternativer Antriebsarten. Die nachfolgend dargestellten Bestandsdaten stammen aus den amtlichen Veröffentlichungen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA)<sup>23</sup> sowie Datenlieferungen des KBA zum Bestand von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen<sup>24</sup>. Für die Analyse der räumlichen Verteilung des Pkw-Bestandes wurden die Daten des KBA mit den siedlungsstrukturellen Kreistypen<sup>25</sup> des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) verknüpft<sup>26</sup>.

Zählungen des Fahrzeugbestandes werden vom KBA jeweils mit dem Stichtag des 01.01. eines Jahres durchgeführt. Im vorliegenden Bericht wird diese Systematik des KBA übernommen. Aussagen beispielsweise für das Jahr 2016 betreffen also den Jahresanfang 01.01.2016.

Unterjährige Veränderungen des Fahrzeugbestandes wie z. B. Neuzulassungen, Umschreibungen etc. werden durch das KBA zeitraumbezogen erfasst, d. h. dass z. B. ein Berichtsmonat alle Zulassungsmittelungen umfasst, die bis zum letzten Werktag dieses Monats im Zentralen Fahrzeugregister (ZFZR) eingetragen wurden. Die hier verwendete Jahresdatei des KBA zu Neuzulassungen setzt sich aus den gebildeten Monatsdateien zusammen. Aussagen zu den Neuzulassungen im Jahr 2015 betreffen also das Jahresende 31.12.2015. Auch

diese Systematik des KBA wurde im vorliegenden Bericht übernommen.

Die nachfolgend analysierten Zeitreihen beginnen i. d. R. mit dem Jahr 2011, dem Erscheinungsjahr des aktuellen Verkehrssicherheitsprogramms des BMVI<sup>27</sup>. Allgemeine Vergleiche werden vor dem Hintergrund der o. g. Systematik vor allem für den Berichtszeitraum vorgenommen. Detailliertere Auswertungen auf Grundlage der Sonderauswertungen des Datenmaterials des KBA durch die BASt liegen erst mit dem Jahr 2013 vor, so dass die überwiegenden Entwicklungsvergleiche der Bestände die Jahre 2013 bis 2016 betreffen.

Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse zur Fahrleistung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb stammen aus der Fahrleistungserhebung 2014, die im Rahmen eines BASt-Forschungsprojekts durchgeführt wurde [vgl. BÄUMER et al. (2016)]. In diesem Zusammenhang versteht man unter Fahrleistung ganz allgemein die von Fahrzeugen in einem bestimmten Zeitraum in einem bestimmten Verkehrsnetz zurückgelegte Distanz in Kilometern. Die Gesamtfahrleistung von im Inland zugelassenen Kraftfahrzeugen auf inländischen und ausländischen Straßen wird Inländerfahrleistung genannt<sup>28</sup>.

#### 3.1 Bestandsentwicklung bei Personenkraftwagen

Benzin- und Dieselfahrzeuge machen am Jahresanfang 2016 zusammen immer noch rund 98 % des Pkw-Gesamtbestandes aus (ca. 44,4 Millionen Fahrzeuge). Im Zeitraum 2013 bis 2016 ging dabei der Bestand an Benzin-Pkw um nahezu 1,3 % zurück, der Bestand an Dieselfahrzeugen erhöhte sich im gleichen Zeitraum um mehr als 15,5 %. Der Bestand an Pkw mit alternativem Antrieb<sup>29</sup> stieg von rund 643.000 Fahrzeugen im Jahr 2013 auf rund 712.000 Pkw im Jahr 2016 (ein Plus von fast 10,7 %). Pkw, die mit Erdgas (CNG) oder Autogas (LPG) fahren, stellen im aktuellen Fahrzeugbestand die größ-

<sup>23</sup> KBA Fachserie Fahrzeugzulassung FZ13 sowie FZ14.

<sup>24</sup> BASt/KBA (2013-2016).

<sup>25</sup> Kreisfreie Großstädte, städtische Kreise, ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen und dünn besiedelte ländliche Kreise

<sup>26</sup> Vgl. BBSR (2017).

<sup>27</sup> Vgl. VSP (2011).

<sup>28</sup> Entsprechend heißt die auf dem inländischen Straßennetz erbrachte Gesamtfahrleistung von im Inland oder Ausland zugelassenen Kraftfahrzeugen „Inlandsfahrleistung“.

<sup>29</sup> Summe aus reinen Elektrofahrzeugen, Hybriden, Gas- und Brennstoffzellenfahrzeugen (hier Wasserstoff).

Pkw-Bestand zum 01.01. d.J.	Kraftstoffart bzw. Energiequelle								Pkw insgesamt	
	Benzin		Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid		Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	Brennstoffzelle Primärenergie Wasserstoff		sonstige
	gesamt	darunter Benzin / Ethanol (z.B. E85)			Hybrid (gesamt)	darunter Plug-In-Hybride				
2011	30.487.578	k.A.	11.266.644	2.307	37.256	k.A.	490.178	k.A.	17.600	42.301.563
2012	30.452.019	k.A.	11.891.375	4.541	47.642	k.A.	531.105	k.A.	965	42.927.647
2013	30.206.472	8.838	12.578.950	7.114	64.995	389	571.061	127	2.405	43.431.124
2014	29.956.296	9.505	13.215.190	12.156	85.575	1.371	579.932	140	1.941	43.851.230
2015	29.837.614	9.662	13.861.404	18.948	107.754	5.058	575.571	138	1.695	44.403.124
2016	29.825.223	9.587	14.532.426	25.502	130.365	10.809	556.011	196	1.486	45.071.209
Veränderung 2016/2015 in %	-0,04%	-0,8%	4,8%	34,6%	21,0%	113,7%	-3,4%	42,0%	-12,3%	1,5%
Verteilung 2016	66,2%	0,02%	32,2%	0,06%	0,3%	0,02%	1,2%	0,0004%	0,0033%	100,00%

Tab.: Bestand an Pkw nach Kraftstoffart [Quellen: KBA (2016) sowie BAST/KBA (2013-2016)]

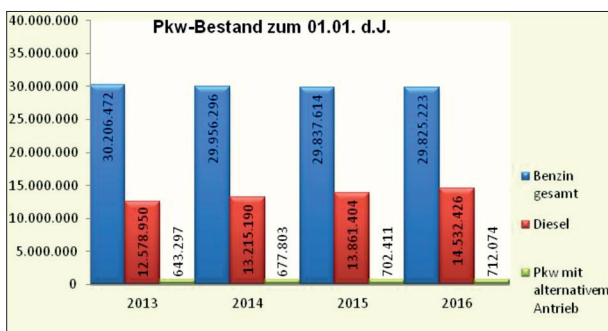


Bild 5: Vergleich Bestand Pkw ausgewählter Kraftstoffarten [Quelle: BAST/KBA (2013–2016)]

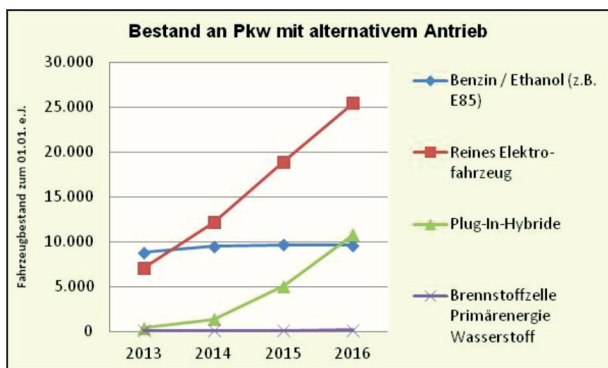


Bild 6: Vergleich Pkw-Bestand ausgewählter alternativer Kraftstoffarten [Quelle: BAST/KBA (2013 –2016)]

te Gruppe mit alternativem Antrieb (2016 rund 556.000 Pkw – rund 78 % aller Pkw mit alternativem Antrieb). Jedoch zeichnet sich in den letzten beiden Jahren ein Rückgang im Bestand ab (-3,4% allein von 2015 auf 2016 – siehe auch Tabelle 1).

Hybrid-Pkw stellen mit 130.365 Fahrzeugen die zweitgrößte Gruppe mit alternativem Antrieb im Jahr 2016 (rund 18 % aller Pkw mit alternativem Antrieb). Hier zeigt sich ein Anstieg von 2015 auf 2016 um rund 21 %. Seit 2013 hat sich der Bestand sogar verdoppelt. Die Entwicklung des Plug-In-Hybrid-Be-

standes (rund 2 % aller Pkw mit alternativem Antrieb) ist noch deutlicher: hier hat sich der Wert von 2015 auf 2016 mehr als verdoppelt und im Zeitraum von 2013 bis 2016 stieg er auf das 27-fache.

Auch bei reinen Elektro-Pkw (rund 4 % aller Pkw mit alternativem Antrieb) gab es in den letzten Jahren starke Bestandsanstiege (von 2015 auf 2016 um 34,6% sowie im Zeitraum 2013 bis 2016 um mehr als das 2 ½-fache). Die Entwicklung des Pkw-Bestandes mit Brennstoffzellen-Antrieb (hier Wasserstoff) zeigt – bei vergleichsweise kleinen Anzahlen – einen durchweg stetigen Aufwärtstrend. Demgegenüber verzeichnet der Bestand an Benzin/Ethanol-Fahrzeugen im obigen Zeitraum zunächst einen leichten Anstieg und seit 2015 wieder einen Rückgang um 0,8%.

Im Anhang dieses Berichts befindet sich eine detaillierte Auflistung des Pkw-Bestandes nach Antriebsarten, die auch den Hersteller der Fahrzeuge aufweist (siehe Tabelle 21, Tabelle 22 sowie Tabelle 23).

2016 sind Pkw, die mit Benzin, Benzin/Ethanol oder Gas<sup>30</sup> fahren, jeweils mit mehr als 90% in privatem Besitz, gefolgt von Diesel- und Hybrid-Pkw (beide mit rund 78%). Hier ist der Anteil im Vergleich zum Jahr 2015 annähernd gleich geblieben. Bei reinen Elektro-Pkw sowie bei Plug-In-Hybriden dominieren gewerbliche Halter. Nur rund 39% der im Pkw-Bestand befindlichen reinen Elektrofahrzeuge sowie rund 28% der Plug-In-Hybride befinden sich 2016 im privaten Besitz. Der Anteil der privaten Halter von

<sup>30</sup> (CNG und LPG).

Pkw-Bestand nach Halter zum 01.01. d.J.		Kraftstoffart bzw. Energiequelle								Pkw insgesamt	
		Benzin		Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid		Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	Brennstoffzelle Primärenergie Wasserstoff		sonstige
		gesamt	darunter Benzin / Ethanol (z.B. E85)			Hybrid (gesamt)	darunter Plug-In-Hybride				
Gesamt	2015	29.837.614	9.662	13.861.404	18.948	107.754	5.058	575.571	138	1.695	44.403.124
davon privat		28.384.162	8.808	10.807.558	6.024	85.588	1.380	532.937	4	1.536	39.817.809
Anteil in %		95,1%	91,2%	78,0%	31,8%	79,4%	27,3%	92,6%	2,9%	90,6%	89,7%
Gesamt	2016	29.825.223	9.587	14.532.426	25.502	130.365	10.809	556.011	196	1.486	45.071.209
davon privat		28.352.638	8.881	11.397.758	10.001	101.251	3.002	516.659	6	1.287	40.391.483
Anteil in %		95,1%	92,6%	78,4%	39,2%	77,7%	27,8%	92,9%	3,1%	86,6%	89,6%
Veränderung Bestand privat 2016/2015 in %		-0,1%	0,8%	5,5%	66,0%	18,3%	117,5%	-3,1%	50,0%	-16,2%	1,4%

**Tabelle 2:** Pkw-Bestand nach Kraftstoffart und Halter [Quelle: KBA (2016), KBA (2015) sowie BAST/KBA (2015-2016)]

Pkw-Neuzulassungen zum 31.12. d.J. nach FZ14	Kraftstoffart bzw. Energiequelle						Pkw-Neuzulassungen insgesamt
	Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid	Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	sonstige	
2010	1.669.927	1.221.938	541	10.661	13.136	57	2.916.260
2011	1.651.637	1.495.966	2.154	12.622	11.156	99	3.173.634
2012	1.555.241	1.486.119	2.956	21.438	16.680	70	3.082.504
2013	1.502.784	1.403.113	6.051	26.348	14.092	43	2.952.431
2014	1.533.726	1.452.565	8.522	27.435	14.428	97	3.036.773
2015	1.611.389	1.538.451	12.363	33.630	10.001	208	3.206.042
Veränderung 2015/2014 in %	5,1%	5,9%	45,1%	22,6%	-30,7%	114,4%	5,6%
Verteilung 2015	50,3%	48,0%	0,4%	1,0%	0,3%	0,0%	100,0%

**Tabelle 3:** Neuzulassungen von Pkw nach Kraftstoffart [Quelle: KBA (2016a)]

Neuzulassungen an Pkw nach Halter zum 31.12. d.J.		Kraftstoffart bzw. Energiequelle							Pkw insgesamt
		Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid		Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	sonstige	
					gesamt	darunter Plug-In-Hybride			
Gesamt	2014	1.533.726	1.452.565	8.522	27.435	4.527	14.428	97	3.036.773
davon privat		712.667	366.061	1.930	11.126	770	7.242	7	1.099.033
Anteil in %		46,5%	25,2%	22,6%	40,6%	17,0%	50,2%	7,2%	36,2%
Gesamt	2015	1.611.389	1.538.451	12.363	33.630	11.101	10.001	208	3.206.042
davon privat		723.920	357.424	2.370	9.518	1.312	4.826	10	1.098.068
Anteil in %		44,9%	23,2%	19,2%	28,3%	11,8%	48,3%	4,8%	34,2%
Veränderung privat 2015/2014 in %		1,6%	-2,4%	22,8%	-14,5%	70,4%	-33,4%	42,9%	-0,1%

**Tabelle 4:** Neuzulassungen an Pkw nach Kraftstoffart und Halter [Quelle: KBA (2016a)]

reinen Elektrofahrzeugen ist von 31,8% in 2015 auf 39,2% in 2016 gestiegen (siehe auch Tabelle 2).

Unter Neuzulassung versteht man die erstmalige Zulassung und Registrierung eines fabrikneuen Fahrzeugs mit einem Kennzeichen in Deutschland.

2015 machten Benzin- und Dieselfahrzeuge immer noch mehr als 98% der Neuzulassungen aus. Die größten Zuwächse bei den Pkw-Neuzulassungen werden 2015 jedoch bei den reinen Elektro-Pkw (45,1% gegenüber 2014) sowie den Hybridfahrzeugen (22,6% gegenüber 2014) erreicht. Die Neuzu-

lassungen von Pkw, die mit Erdgas (CNG) oder Autogas (LPG) fahren, gingen im gleichen Zeitraum sogar um über 30 % zurück (siehe auch Tabelle 3).

Die Mehrzahl aller neu zugelassenen Pkw wird durch gewerbliche Halter angemeldet (rund 66 % im Jahr 2015 – siehe auch Tabelle 4). Bei Plug-In-Hybriden liegt dieser Wert 2015 sogar bei mehr als 88 % und bei reinen Elektro-Pkw bei nahezu 81 %. Der Anteil privater Neuzulassungen sinkt 2015 im Vergleich zum Vorjahr über alle Antriebsarten hinweg. Besonders stark ist der Rückgang bei Hybridfahrzeugen zu erkennen: der Anteil von 40,6 % in 2014 sinkt auf 28,3 % in 2015.

Pkw privater Halter, die mit Flüssiggas bzw. Erdgas betrieben werden, weisen die höchsten Fahrleistungen pro Pkw auf (siehe auch Tabelle 5). Im Hinblick auf Fahrzeuge mit Elektroantrieb ist bei den priva-

ten Pkw die Fahrleistung pro Fahrzeug etwa genauso hoch wie bei Pkw mit Benzinantrieb. Demgegenüber werden gewerbliche Pkw mit Elektroantrieb deutlich weniger intensiv genutzt<sup>31</sup>.

Anfang 2016 gehören mehr als die Hälfte aller Erdgas- und Flüssiggas-Pkw im Bestand zu den Segmenten Minis, Kleinwagen, Kompakt- und Mittelklasse. Mehr als 64,2 % des Gesamtbestandes an Elektro-Pkw werden den Fahrzeugsegmenten Minis und Kleinwagen zugeordnet. Rund ein Viertel des Elektro-Pkw-Bestandes gehört zu den Segmenten Kompaktklasse sowie Oberklasse (zusammen 25,7 %). Bei den Hybrid-Pkw dominieren die Segmente Kleinwagen und Kompaktklasse (rund 77 % aller Hybrid-Pkw). 2016 betrug der Gesamtbestand an Pkw mit Brennstoffzellenantrieb (Primärenergie Wasserstoff) 196 Fahrzeuge. Mehr als 88 % hiervon sind den Fahrzeugsegmenten Mini-Vans sowie SUVs zuzuordnen (siehe auch Tabelle 6).

Im Anhang dieses Berichts sind Tabellen zur Inländerfahrleistung von Pkw privater und gewerblicher Halter für das Jahr 2014 enthalten, die nach Antriebsart und Segment aufgeschlüsselt sind (siehe Tabelle 24 und Tabelle 25).

Antriebsart	Pkw privater Halter	Pkw gewerbliche Halter
	Fahrleistung 2014 pro Kfz und Jahr	
	in km	in km
Benzin	10.435	15.309
Diesel	17.411	29.073
Flüssiggas	18.213	22.972
Erdgas	18.460	22.470
Elektro	10.794	7.839
Hybrid	13.567	22.813

**Tabelle 5:** Inländerfahrleistung von Pkw 2014 gegliedert nach Antriebsart und Halter nach Bäumer et al. (2016), S. 87.

<sup>31</sup> Vgl. Hierzu auch Bäumer et al. (2016); S. 88.

Pkw-Bestand zum 01.01.2016 nach Segmenten	Kraftstoffart bzw. Energiequelle									Pkw insgesamt
	Benzin		Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid		Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	Brennstoffzelle Primärenergie Wasserstoff	sonstige	
	gesamt	darunter Benzin / Ethanol (z.B. E85)			gesamt	darunter Plug-In-Hybride				
Minis	2.876.431	2	109.897	9.101	13	2	26.764		66	3.022.272
Kleinwagen	7.999.337	16	788.065	7.273	28.430	2.211	61.115	1	231	8.884.452
Kompaktklasse	8.373.086	4.539	3.314.918	4.156	71.438	4.074	116.370	1	191	11.880.160
Mittelklasse	3.777.381	2.997	3.208.653	12	5.528	1.041	84.922	1	275	7.076.772
Obere Mittelklasse	814.337	538	1.203.640		4.094	38	49.411		61	2.071.543
Oberklasse	141.449	252	116.062	2.398	2.021	413	8.231		17	270.178
Geländewagen	458.290	216	1.376.307		2.231	707	28.025	2	34	1.864.889
SUVs	849.313	241	923.374	2	7.316	1.338	32.982	78	18	1.813.083
Mini-Vans	1.496.644	368	477.968	624	1.144		31.569	95	32	2.008.076
Grossraum-Vans	788.032	365	1.235.135	4	3.838		49.787	1	43	2.076.840
Utilities	367.127	7	1.222.800	299	19	2	41.329	2	49	1.631.625
Sportwagen	791.395	1	36.699	167	2.981	577	8.385		43	839.670
Wohnmobile	5.004		359.708	2	11		1.627		52	366.404
Sonstige	1.087.397	45	159.200	1.464	1.301	406	15.494	15	374	1.265.245
<b>Gesamt</b>	<b>29.825.223</b>	<b>9.587</b>	<b>14.532.426</b>	<b>25.502</b>	<b>130.365</b>	<b>10.809</b>	<b>556.011</b>	<b>196</b>	<b>1.486</b>	<b>45.071.209</b>

**Tabelle 6:** Pkw-Bestand 2016 nach Kraftstoffart und Fahrzeugsegment [Quelle: BAST/KBA (2016)]

Verteilung des Pkw-Bestands nach Kraftstoffart und Kreisen, 2016				
Alle Halter	Anteil / Anzahl Kreise			
Bestands-anteil	Reines Elektrofahrzeug	Hybridfahrzeug (ohne Plug-In)	Plug-in-Hybride	Pkw insgesamt
25%	2% (=9 Kreise)	4% (=17 Kreise)	1% (=4 Kreise)	8% (=33 Kreise)
50%	14% (=56 Kreise)	17% (=70 Kreise)	7% (=28 Kreise)	25% (=100 Kreise)
75%	38% (=151 Kreise)	42% (=170 Kreise)	28% (=112 Kreise)	51% (=204 Kreise)
90%	62% (=248 Kreise)	67% (=268 Kreise)	55% (=219 Kreise)	74% (=295 Kreise)

Verteilung des Pkw-Bestands nach Kraftstoffart und Kreisregion, 2016				
Alle Halter	Anteil / Anzahl Kreisregionen			
Bestands-anteil	Reines Elektrofahrzeug	Hybridfahrzeug (ohne Plug-In)	Plug-in-Hybride	Pkw insgesamt
25%	2% (=9 Kreisregionen)	4% (=17 Kreisregionen)	1% (=4 Kreisregionen)	8% (=33 Kreisregionen)
50%	14% (=56 Kreisregionen)	17% (=70 Kreisregionen)	7% (=28 Kreisregionen)	25% (=100 Kreisregionen)
75%	38% (=151 Kreisregionen)	42% (=170 Kreisregionen)	28% (=112 Kreisregionen)	51% (=204 Kreisregionen)
90%	62% (=248 Kreisregionen)	67% (=268 Kreisregionen)	55% (=219 Kreisregionen)	74% (=295 Kreisregionen)

**Tabelle 7:** Verteilung des Pkw-Bestsands nach Kraftstoffart und Kreisen [Quelle: BAST/KBA (2016)]

### 3.2 Räumliche Verteilung des Bestandes an Pkw mit alternativen Antrieben

Der Bestand an Pkw mit alternativem Antrieb ist in Deutschland sehr ungleichmäßig über die verschiedenen Regionen verteilt. Die Konzentration auf eine geringe Anzahl Kreise ist im Vergleich zu Pkw mit konventionellem Antrieb deutlich ausgeprägter.

Die Hälfte des gesamten Pkw-Bestandes verteilt sich in 2016 auf ein Viertel aller Kreise (100 von 401 Kreisen<sup>32</sup> – siehe Tabelle 7). Dies entspricht im Wesentlichen der gleichen Konzentration wie die der Bevölkerung auf die verschiedenen Kreise. Bei den Hybridfahrzeugen (ohne Plug-In-Hybride) verteilt sich die Hälfte des Bestandes jedoch auf nur 70 Kreise. Bei den Plug-in Hybriden ist die Konzentration noch wesentlich höher. Die Hälfte des Bestandes verteilt sich auf lediglich 28 Kreise (entspricht 7 % aller Kreise).

Die Bedeutung der gewerblichen Halter im Bereich der alternativen Antriebe hat dabei einen maßgeblichen Einfluss auf die vorhandene Konzentration.

Generell sind gewerbliche Halter häufiger in städtischen Kreisen und kreisfreien Großstädten angesiedelt und weniger in dünn besiedelten und ländlich geprägten Räumen<sup>33</sup> anzutreffen.

Die Hälfte des Pkw-Bestandes gewerblicher Halter ist in 16 % der Kreise (63 von 401 Kreisen) gemeldet. Gewerblich angemeldete Pkw mit alternativen Antriebstechnologien konzentrieren sich noch auf eine weitaus geringere Anzahl Kreise. Zum Beispiel ist bei den reinen Elektro-Pkw die Hälfte der Fahrzeuge in 30 Kreisen zu finden (7 % aller Kreise). Am stärksten ausgeprägt ist die Konzentration bei den Plug-In-Hybriden mit der Hälfte aller Fahrzeuge in 14 von 401 Kreisen (3 % aller Kreise). Für gewerbliche Pkw aller Arten von alternativen Antrieben gilt, dass sich ein Viertel des Bestandes in 3–5 Kreisen konzentriert und 90 % des Bestandes in etwa der Hälfte der Kreise in Deutschland angemeldet ist. Zum Vergleich: Im Mittel sind 90 % des gesamten Pkw-Bestandes auf 75 % der Kreise verteilt.

Bei einer Betrachtung der Kreise mit dem höchsten Bestand an Pkw mit alternativen Antrieben wird deutlich, dass es sich häufig um kreisfreie Städte oder städtische Kreise handelt, in denen ein Fahr-

<sup>32</sup> Zu den 401 Kreisen zählen 294 Landkreise als auch 107 kreisfreie Städte

<sup>33</sup> Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen und dünn besiedelte ländliche Kreise

TOP10 Kreise für Pkw mit alternativen Antrieben, 2016								
Reines Elektrofahrzeug			Hybrid (ohne Plug-In)			Plug-In-Hybrid		
Name des Kreises / der kreisfreien Stadt	Anzahl Elektrofahrzeuge	darunter mit gewerblichen Haltern	Name des Kreises / der kreisfreien Stadt	Anzahl Hybridfahrzeuge	darunter mit gewerblichen Haltern	Name des Kreises / der kreisfreien Stadt	Anzahl Plug-In-Hybride	darunter mit gewerblichen Haltern
Berlin, Stadt	1.445	1.240 (86%)	Berlin, Stadt	8.126	2.536 (31%)	München, Stadt	1.366	1.287 (94%)
München, Stadt	1.202	1.020 (85%)	München, Stadt	3.134	1.441 (46%)	Ingolstadt, Stadt	474	465 (98%)
Hamburg, Stadt	858	684 (80%)	Hamburg, Stadt	2.574	568 (22%)	Wolfsburg, Stadt	384	374 (97%)
Köln, Stadt	766	689 (90%)	Köln, Stadt	2.239	1.023 (46%)	Stuttgart, Stadt	357	319 (89%)
Stuttgart, Stadt	602	460 (76%)	Region Hannover	1.372	237 (17%)	Braunschweig, Stadt	316	306 (97%)
Region Hannover	393	280 (71%)	Frankfurt a.M., Stadt	1.331	427 (32%)	Hamburg, Stadt	280	231 (83%)
Wolfsburg, Stadt	375	371 (99%)	Dresden, Stadt	1.145	188 (16%)	Berlin, Stadt	274	179 (65%)
Böblingen	372	236 (63%)	Düsseldorf, Stadt	1.133	401 (35%)	Region Hannover	147	104 (71%)
Frankfurt a.M., Stadt	370	310 (84%)	Rhein-Sieg-Kreis	1.086	122 (11%)	Frankfurt a.M., Stadt	144	114 (79%)
Braunschweig, Stadt	279	258 (92%)	Leipzig, Stadt	1.046	135 (13%)	Leipzig, Stadt	142	129 (91%)
Bremen, Stadt	247	215 (87%)	Stuttgart, Stadt	1.027	382 (37%)	Köln, Stadt	132	105 (80%)
München	246	152 (62%)	Esslingen	980	130 (13%)	Düsseldorf, Stadt	122	102 (84%)
Ludwigsburg	244	135 (55%)	München	942	268 (28%)	Böblingen	110	90 (82%)
Esslingen	227	98 (43%)	Böblingen	907	467 (51%)	Main-Taunus-Kreis	108	91 (84%)
Städteregion Aachen	191	137 (72%)	Mettmann	900	108 (12%)	Heilbronn, Stadt	99	91 (92%)

TOP10 Kreise für Pkw mit alternativen Antrieben, 2016								
Reines Elektrofahrzeug			Hybrid (ohne Plug-In)			Plug-In-Hybrid		
Name des Kreises / der kreisfreien Stadt	Anzahl Elektrofahrzeuge	darunter mit gewerblichen Haltern	Name des Kreises / der kreisfreien Stadt	Anzahl Hybridfahrzeuge	darunter mit gewerblichen Haltern	Name des Kreises / der kreisfreien Stadt	Anzahl Plug-In-Hybride	darunter mit gewerblichen Haltern
Berlin, Stadt	1.445	1.240 (86%)	Berlin	8.126	2.536 (31%)	München	1.366	1.287 (94%)
München-Stadt	1.202	1.020 (85%)	München-Stadt	3.134	1.441 (46%)	Ingolstadt	474	465 (98%)
Hamburg	858	684 (80%)	Hamburg	2.574	568 (22%)	Wolfsburg	384	374 (97%)
Köln	766	689 (90%)	Köln	2.239	1.023 (46%)	Stuttgart	357	319 (89%)
Stuttgart	602	460 (76%)	Region Hannover	1.372	237 (17%)	Braunschweig	316	306 (97%)
Region Hannover	393	280 (71%)	Frankfurt am Main	1.331	427 (32%)	Hamburg	280	231 (83%)
Wolfsburg	375	371 (99%)	Dresden	1.145	188 (16%)	Berlin	274	179 (65%)
Böblingen	372	236 (63%)	Düsseldorf	1.133	401 (35%)	Region Hannover	147	104 (71%)
Frankfurt am Main	370	310 (84%)	Rhein-Sieg-Kreis	1.086	122 (11%)	Frankfurt am Main	144	114 (79%)
Braunschweig	279	258 (92%)	Leipzig	1.046	135 (13%)	Leipzig	142	129 (91%)
Bremen	247	215 (87%)	Stuttgart	1.027	382 (37%)	Köln	132	105 (80%)
München	246	152 (62%)	Esslingen	980	130 (13%)	Düsseldorf	122	102 (84%)
Ludwigsburg	244	135 (55%)	München	942	268 (28%)	Böblingen	110	90 (82%)
Esslingen	227	98 (43%)	Böblingen	907	467 (51%)	Main-Taunus-Kreis	108	91 (84%)
Städteregion Aachen	191	137 (72%)	Mettmann	900	108 (12%)	Heilbronn	99	91 (92%)

Tabelle 8: TOP10 Kreise für Pkw mit alternativen Antrieben, 2016 [Quelle: BASt/KBA (2016)]

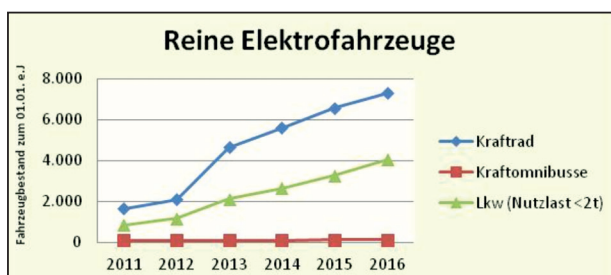
zeughersteller ansässig ist oder z. B. ein Carsharing-Unternehmen. Bei der absoluten Anzahl gemeldeter Pkw – unabhängig von der Kraftstoffart – spielt darüber hinaus selbstverständlich die eigentliche Größe und Bevölkerung des entsprechenden Kreises eine Rolle. Die Vermutung, dass es sich oft um Eigenzulassungen der Hersteller handelt, liegt teilweise nahe. So sind zum Beispiel 371 von den 375 reinen Elektrofahrzeugen in Wolfsburg gewerblich angemeldet – bei den Plug-In-Hybriden in Ingolstadt sind 465 von 474 Fahrzeugen gewerblich angemeldet (siehe Tabelle 8).

Auch bei privat angemeldeten Pkw mit alternativen Antriebstechnologien finden sich in der Regel die gleichen Kreise in den TOP10 der absoluten Bestandszahlen. Die im gewerblichen Bereich wahrgenommene Konzentration ist jedoch im privaten

Bereich kaum sichtbar. Hier ähnelt die Verteilung des Bestandes an Pkw mit alternativen Antriebstechnologien der Verteilung aller Pkw, die sich wiederum größtenteils an der Bevölkerungsstruktur orientiert. Grundsätzlich ist nur ein leichter Überhang des Bestandes zugunsten der Kreise mit höherer Siedlungsdichte feststellbar.

Um den Effekt im Bestand auszugleichen, der allein durch die Größe eines Kreises entsteht, ist eine relative Betrachtung der Pkw mit alternativen Antriebstechnologien bezogen auf den gesamten Pkw-Bestand in dem jeweiligen Kreis notwendig.

Hier zeigt sich, dass sich unter den TOP10 der Kreise mit einem hohen Anteil Fahrzeuge mit alternativen Antriebstechnologien vermehrt auch ländliche und dünn besiedelte Kreise befinden. Während sich



**Bild 7:** Entwicklung des Bestands an Krafträdern, Kraftomnibussen und Lastkraftwagen (Nutzlast <2t) seit 2011 [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]

diese Kreistypen bei den gewerblich angemeldeten Fahrzeugen nur gelegentlich in den TOP10 befinden, sind sie bei den privat angemeldeten Fahrzeugen schon deutlich häufiger vertreten. Da die Anteile der Fahrzeuge mit alternativem Antrieb an allen Fahrzeugen in den verschiedenen Kreisen jedoch häufig recht ähnlich und die Bestandszahlen generell noch niedrig sind, ist die Reihung sehr gemischt und über die Jahre veränderlich. Tabellen der TOP15 Kreise für den Anteil der Pkw mit alternativen Antriebstechnologien an allen Pkw privater Halter befinden sich im Anhang (Tabelle 27, Tabelle 28 und Tabelle 29) dieses Berichts.

### 3.3 Bestandsentwicklung bei den Fahrzeuggruppen Kraftrad, Kraftomnibus und leichte Lkw bis 2 t.

Neben dem Pkw-Bereich gewinnen alternative Antriebsarten auch in anderen Fahrzeuggruppen an Bedeutung. Beispielsweise zeigen sich die größten Zuwächse der Bestände von Krafträdern<sup>34</sup>, Kraftomnibussen und leichten Lastkraftwagen<sup>35</sup> bei den reinen Elektrofahrzeugen: Krafträder zeigen Anfang 2016 ein Plus von 11,2% gegenüber 2015, der Bestand an Kraftomnibussen steigt um 18,1% und der von leichten Lastkraftwagen sogar um 24,7%. Insgesamt bleibt der Anstieg dennoch deutlich hinter dem Anstieg bei Pkw zurück.

Bei den Krafträdern dominiert mit mehr als 99% nach wie vor die Kraftstoffart Benzin (siehe auch Ta-

belle 9). Reine Elektrofahrzeuge stehen im Bestand an zweiter Stelle und weisen die höchsten Zuwächse auf. Hybrid- sowie Gasfahrzeuge spielen als Alternativen zu herkömmlichen Antrieben bei den Krafträdern eine eher untergeordnete Rolle.

Der ab dem Jahr 2013 erkennbare starke Anstieg bei den reinen Elektrofahrzeugen (Tabelle 9) ist maßgeblich durch die Markteinführung des Renault Twizy im Jahre 2012 bedingt. Als L7e-Fahrzeug wird der vierrädrige Twizy unter dem Oberbegriff Kraftrad geführt. Im Jahr 2013 waren bereits 2.231 Twizy beim KBA registriert. Das sind 48% aller reinen Elektrofahrzeuge. Im Jahre 2016 hat der Twizy weiter an Bedeutung gewonnen. Mit 3.781 Fahrzeugen stellt er einen Anteil von 52% an den reinen Elektrofahrzeugen.

Bei den Kraftomnibussen dominiert mit mehr als 97% nach wie vor der Dieselantrieb den Markt (siehe Tabelle 10). Erd- und Flüssiggasfahrzeuge stehen im Bestand an zweiter und Hybridfahrzeuge an dritter Stelle. Im Anhang dieses Berichts befinden sich Informationen zur Inländerfahrleistung von Bussen für das Jahr 2014, die nach diesen Antriebsarten aufgeschlüsselt sind (siehe Tabelle 26).

Die höchsten relativen Zuwächse von 2015 auf 2016 haben reine Elektro- sowie Hybridbusse zu verzeichnen. Wie in Kapitel 2.4.2 bereits vorgestellt, fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) seit 2010 die Beschaffung von Hybridbussen. Der positive Bestandseffekt ist in Bild 9 erkennbar. Die Förderung ist an bestimmte Umweltauflagen geknüpft. So müssen beispielsweise Mindeststandards im Hinblick auf Verbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Lärmemissionen erfüllt werden. Die Förderrichtlinie ist bis Ende 2017 gültig. Mehr als 93% aller leichten Lkw mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3.500 kg (Klasse N1) verfügen Anfang 2016 über einen Dieselantrieb (siehe auch Tabelle 11). Der Bestand an Benzinfahrzeugen nimmt seit 2013 stetig ab.

Gasfahrzeuge stellen bei den alternativen Antriebsarten die größte Gruppe im Bestand der N1-Fahrzeuge dar. Seit 2013 ist ein stetiges Wachstum zu verzeichnen. Den größten Zuwachs von 2015 auf

<sup>34</sup> Hier ausgewiesen sind zulassungspflichtige Krafträder mit amtlichem Kennzeichen. Zu den Krafträdern gehören zwei- und dreirädrige sowie leichte vierrädrige Kraftfahrzeuge.

<sup>35</sup> Lastkraftwagen der Fahrzeugklasse N1 mit einer zulässigen Gesamtmasse von bis zu 3.500 kg.



Bestand an Krafträdern zum 01.01. d.J.	Kraftstoffart bzw. Energiequelle						Krafträder insgesamt
	Benzin	Diesel	Reines Elektro- fahrzeug	Hybrid	Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	sonstige	
2011	3.811.634	4.055	1.659	198	158	10.190	3.827.894
2012	3.897.320	4.234	2.086	225	151	4.056	3.908.072
2013	3.966.457	4.373	4.652	251	154	7.091	3.982.978
2014	4.036.921	4.374	5.596	236	157	7.662	4.054.946
2015	4.126.676	4.429	6.566	242	146	7.333	4.145.392
2016	4.209.099	4.455	7.300	239	146	6.999	4.228.238
Veränderung 2016/2015 in %	2,0%	0,6%	11,2%	-1,2%	0,0%	-4,6%	2,0%
Verteilung 2016	99,5%	0,1%	0,2%	0,01%	0,003%	0,2%	100%

Tabelle 9: Kraftrad-Bestand nach Kraftstoffart [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]

Bestand an Kraftomnibus- sen zum 01.01. d.J. (KBA FZ13)	Kraftstoffart bzw. Energiequelle						Krafträder insgesamt
	Benzin	Diesel	Reines Elektro- fahrzeug	Hybrid	Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	sonstige	
2011	99	74.593	90	91	1.550	40	76.463
2012	89	74.083	90	177	1.521	28	75.988
2013	89	74.101	96	202	1.499	36	76.023
2014	94	74.575	99	244	1.745	37	76.794
2015	98	75.335	116	291	1.623	38	77.501
2016	92	76.334	137	321	1.430	31	78.345
Veränderung 2016/2015 in %	-6,1%	1,3%	18,1%	10,3%	-11,9%	-18,4%	1,1%
Verteilung 2016	0,1%	97,4%	0,2%	0,4%	1,8%	0,04%	100%

Tabelle 10: Bestand an Kraftomnibussen nach Kraftstoffart [Quelle: KBA FZ 13 (2011-2016)]

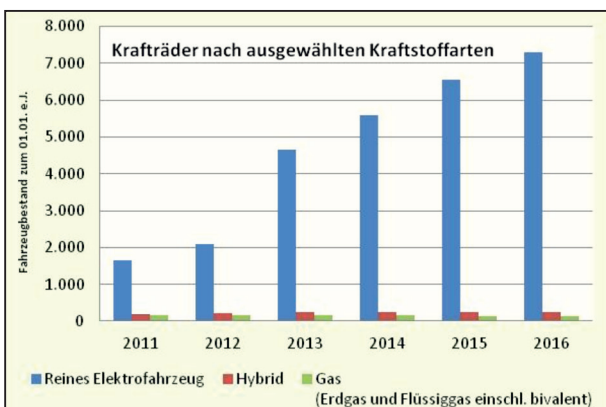


Bild 8: Bestand an Krafträdern nach ausgewählten Kraftstoffarten [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]

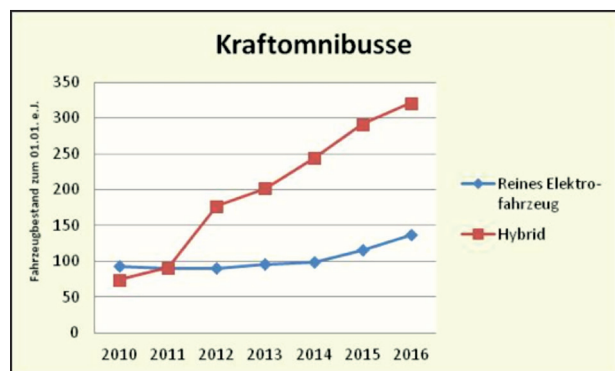


Bild 9: Bestand an Kraftomnibussen nach ausgewählten Kraftstoffarten [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]

2016 sieht man jedoch bei den reinen Elektrofahrzeugen. Die anderen Antriebsalternativen spielen im Marktbestand in dieser Fahrzeugklasse keine Rolle.

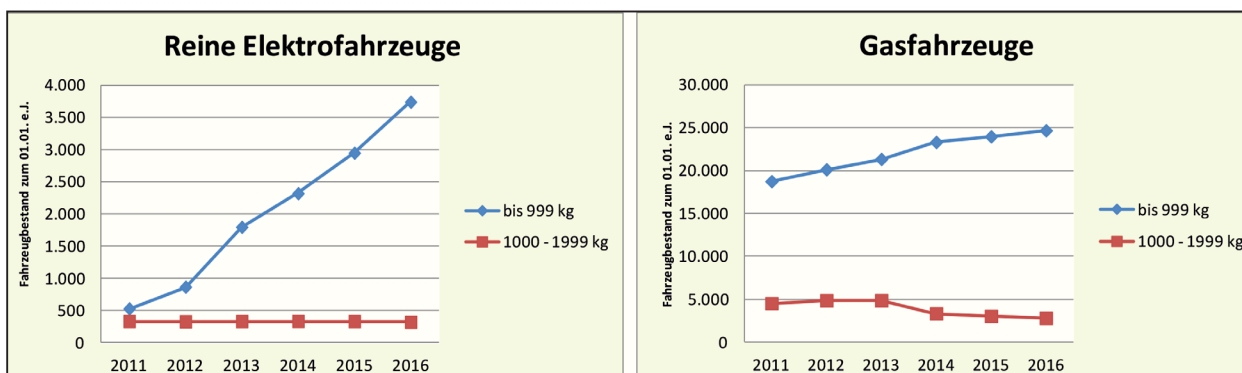
Schaut man sich den Lkw-Bestand im Hinblick auf die Nutzlast an, wird deutlich, dass sich der Zuwachs der Bestände von Gas- und Elektrofahrzeugen vor allem in der Klasse der kleineren Nutzlast-

Lkw-Bestand zum 01.01. d.J. nach zulässiger Gesamt-masse bis 3.500 kg	Kraftstoffart bzw. Energiequelle									Lkw insgesamt
	Benzin		Diesel	Reines Elektro-fahrzeug	Hybrid		Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	Brennstoff-zelle Primär-energie Wasserstoff	sonstige	
	gesamt	darunter Benzin / Ethanol (z.B. E85)			Hybrid (gesamt)	darunter Plug-In-Hybride				
2013	123.704	6	1.893.922	2.052	31	0	25.584	1	142	2.045.436
2014	119.790	7	1.951.261	2.585	25	0	26.012	1	161	2.099.835
2015	117.655	13	2.029.124	3.212	30	0	26.431	1	160	2.176.613
2016	116.360	16	2.128.236	4.006	29	0	26.981	1	149	2.275.762
Veränderung 2016/2015 in % nach zulässiger Gesamtmasse	-1,1%	23,1%	4,9%	24,7%	-3,3%	0,0%	2,1%	0,0%	-6,9%	4,6%
Verteilung 2016 in % nach zulässiger Gesamtmasse	5,1%	0,001%	93,5%	0,2%	0,001%	0,0%	1,2%	0,0%	0,007%	100%

**Tabelle 11:** Lkw-Bestand der Klasse N1 (bis 3,5t zulässiger Gesamtmasse) nach Kraftstoffart [Quelle: BAST/KBA (2013 bis 2016)]

Lkw-Bestand zum 01.01. d.J. nach Nutzlast	Kraftstoffart bzw. Energiequelle									Lkw insgesamt	
	Benzin		Diesel	Reines Elektro-fahrzeug	Hybrid		Gas (Erdgas und Flüssiggas einschl. bivalent)	Brennstoff-zelle Primär-energie Wasserstoff	sonstige		
	gesamt	darunter Benzin / Ethanol (z.B. E85)			Hybrid (gesamt)	darunter Plug-In-Hybride					
2011	bis 999 kg	119.059	k.A.	958.697	525	20	k.A.	18.729	k.A.	292	1.097.322
	1000 - 1999 kg	13.428	k.A.	838.998	328	13	k.A.	4.501	k.A.	254	857.522
2012	bis 999 kg	116.211	k.A.	983.275	862	22	k.A.	20.109	k.A.	72	1.120.551
	1000 - 1999 kg	12.848	k.A.	897.026	323	13	k.A.	4.841	k.A.	56	915.107
2013	bis 999 kg	112.393	k.A.	997.495	1.793	19	k.A.	21.319	k.A.	100	1.133.119
	1000 - 1999 kg	12.005	k.A.	941.081	327	15	k.A.	4.846	k.A.	86	958.360
2014	bis 999 kg	110.190	k.A.	1.275.077	2.316	14	k.A.	23.303	k.A.	114	1.411.014
	1000 - 1999 kg	10.659	k.A.	724.142	329	10	k.A.	3.312	k.A.	96	738.548
2015	bis 999 kg	108.481	k.A.	1.349.725	2.946	17	k.A.	23.955	k.A.	110	1.485.234
	1000 - 1999 kg	10.259	k.A.	727.734	327	13	k.A.	3.016	k.A.	99	741.448
2016	bis 999 kg	107.398	k.A.	1.435.791	3.739	18	k.A.	24.661	k.A.	106	1.571.713
	1000 - 1999 kg	10.079	k.A.	741.577	316	11	k.A.	2.787	k.A.	97	754.867

**Tabelle 12:** Lkw-Bestand nach Kraftstoffart und Nutzlast [Quelle: KBA FZ13 der Jahre 2011–2016]



**Bild 10:** Entwicklung des Lastkraftwagenbestands nach Nutzlast von Gas- und Elektrofahrzeugen [Quelle: KBA (2011–2016)]

kategorie bis 999 kg abspielt (siehe auch Tabelle 12 sowie Bild 10).

## 4 Unfallgeschehen

Das Verkehrssicherheitsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur

BMVI<sup>36</sup> berücksichtigt bereits seit 2011 im Aktionsfeld Fahrzeugtechnik das Thema alternative Antriebstechnologien. Vor allem das Problem der akustischen Wahrnehmbarkeit von Hybrid- und reinen Elektrofahrzeugen wird aufgegriffen, da diese kaum Geräuschemissionen abgeben. Dies könnte besonders für Fußgänger und Radfahrer in bestimmten Situationen zur Gefahr werden. Handlungsbedarf sieht man vor allem bei der Aufklärung

<sup>36</sup> Vgl. VSP (2011)

über die potentiell neu entstehenden Gefahren, um ein entsprechendes Problembewusstsein der Verkehrsteilnehmer zu stärken sowie bei der Ausstattung der Fahrzeuge mit neuester Sicherheitstechnik.

Der Unfallverhütungsbericht Straßenverkehr 2014/2015 berichtet über Maßnahmen und Forschungsprojekte des Bundes zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Themenbereich alternativer Antriebe<sup>37</sup>. Wie in Kapitel 2.2 bereits ausgeführt, wird eine akustische Warneinrichtung für elektrisch angetriebene Fahrzeuge (Klassen M und N) verpflichtend ab 2019 bzw. 2021 eingeführt, um die akustische Wahrnehmbarkeit und damit die Verkehrssicherheit zu verbessern. Nachfolgend soll auf das Unfallgeschehen eingegangen werden.

#### 4.1 Datengrundlage

Grundlage der Untersuchung zur Unfallbeteiligung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb 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 deutschen Kraftfahrzeugen<sup>38</sup>.

Die den Unfalldatensätzen vom KBA zugespielten fahrzeugtechnischen Daten enthalten bis einschließlich 2010 keine Angaben zum Segment und der zum Antrieb verwendeten Kraftstoffart. Diese Informationen wurden damals von der BAST in einem weiteren Schritt den unfallbeteiligten Pkw zugewiesen. Grundlage dafür war der Pkw-Typgruppenka-

talog, der vom KBA im Auftrag der BAST erstellt wurde. Der Typgruppenkatalog liegt für die Jahre 2007 bis 2016 vor. Jedem unfallbeteiligten Pkw, dessen Fahrzeughersteller und Fahrzeugtyp bekannt ist, wurden die entsprechenden Daten aus dem Pkw-Typgruppenkatalog zugespielt.

Ab 2011 hat sich diese Zuordnungsmethodik geändert. Nun werden das Segment und die Kraftstoffart im Rahmen der KBA-Ergänzung den unfallbeteiligten deutschen Fahrzeugen direkt zugespielt. Durch die direkte Abfrage des zentralen Fahrzeugregisters (ZFZR) (aufgrund des jeweiligen Kraftfahrzeugkennzeichens) konnte die Ergänzungsquote und die Qualität im Vergleich zur BAST-Ergänzung über den Typgruppenkatalog deutlich verbessert werden. Ein Vergleich der Jahre ab 2011 mit den Vorjahren ist daher nicht sinnvoll. Insbesondere sind nun auch bei einem Großteil der ungetypten Pkw die Angaben zur Kraftstoffart und dem Segment ergänzt worden.

Weiterhin sind ab 2011 auch bei Güterkraftfahrzeugen und Krafträdern mit amtlichem Kennzeichen Angaben zur Kraftstoffart verfügbar. Auch bei diesen Kraftfahrzeugen zeigen sich erste Elektrofahrzeuge im Unfallgeschehen. In der Unfallauswertung wurden Güterkraftfahrzeuge mit einer Nutzlast von maximal 1.999 kg betrachtet, da nach den Bestandsangaben 89 % der zugelassenen Güterkraftfahrzeuge mit Elektroantrieb unter diese Nutzlastklasse fallen. Damit werden Kleintransporter weitestgehend erfasst.

#### 4.2 Unfallbeteiligung nach Kraftstoffart

Im Jahr 2015 waren insgesamt 378.156 Pkw an Unfällen mit Personenschaden beteiligt. Bei 24.851 Pkw konnte das KBA keine Kraftstoffart zuweisen; dies sind überwiegend ausländische Pkw. Unter den Pkw mit Angaben zur Kraftstoffart dominiert Benzin mit einem Anteil von 63 %. Mit 1.088 unfallbeteiligten Hybrid-Pkw (darunter 47 Plug-in-Hybride) liegt deren Anteil an allen unfallbeteiligten Pkw bei 0,3 %.

<sup>37</sup> Vgl. UVB (2016)

<sup>38</sup> Eine Ergänzung kann nur für solche Kraftfahrzeuge erfolgen, die in Deutschland zugelassen sind und deren Kraftfahrzeugkennzeichen im zentralen Fahrzeugregister des Kraftfahrt-Bundesamtes gespeichert sind. 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.

Bei insgesamt steigender Unfallbeteiligung von Pkw konnten 186 Elektro-Pkw als Unfallbeteiligte identifiziert werden. Dies entspricht einem Anstieg um 35 % im Vergleich zum Vorjahr. Unter den 186 - von der Polizei als Pkw eingestuft – Elektrofahrzeugen wurden 21 Twizy erfasst, obwohl dieses Fahrzeug nach offizieller KBA Systematik nicht als Pkw, sondern als schweres vierrädriges Kraftfahrzeug (L7e) eingestuft wird.

Wegen der geringen Bedeutung alternativer Antriebe bei den Güterkraftfahrzeugen (4 Elektro-Gkz in 2015) und den Krafträdern (24 Elektro-Krafträder) werden diese Gruppen im Berichtsjahr 2015 nicht tiefergehend ausgewertet. Im Unfallgeschehen zeigen diese Gruppen keine signifikante Zunahme.

### 4.3 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 erhöhten Anteil von 77 % (n = 803) auf. 143 der 186 Pkw mit Elektro-Antrieb waren 2015 innerhalb von Ortschaften unfallbeteiligt (77 %). Inwieweit diese überdurchschnittlichen Anteile – man beachte dabei die eingeschränkte Aussagekraft aufgrund der geringen Fallzahlen – auf einer unterschiedlichen Nutzungsstruktur beruht, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Dies ist jedoch zu vermuten, da bei Hybrid- und Elektrofahrzeugen die systembedingten Vorteile gerade im innerörtlichen Verkehr zum Tragen kommen und daher von einer erhöhten Verkehrsteilnahme innerorts auszugehen

Pkw	Kraftstoffart bzw. Energiequelle <sup>1)</sup>									Insgesamt
	Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid	Hybrid (Plug-in)	Benzin/Ethanol z.B. E85	Gas (CNG, LPG)	Sonstige	Ohne Angabe	
2007	271.154	95.113	0	113	0	0	3.198	0	43.388	412.966
2008	254.185	93.540	0	151	0	0	3.159	0	36.739	387.774
2009	244.841	93.045	0	204	0	1	3.162	0	36.459	377.712
2010	227.537	91.408	0	220	0	12	3.078	0	32.664	354.919
2011	242.896	101.077	17	353	0	23	5.192	6	21.068	370.632
2012	233.759	106.222	37	457	0	38	5.772	0	20.770	367.055
2013	222.251	110.095	64	618	3	49	5.799	4	20.925	359.808
2014	216.235	112.511	138	786	11	72	5.633	1	35.708	371.095
2015	222.141	124.181	186	1.041	47	56	5.648	5	24.851	378.156
Veränderung 2015/2014 in %	3%	10%	35%	32%	327%	-22%	0%	-	-30%	2%
Verteilung 2015 (nur mit Angaben)	63%	35%	0,05%	0,29%	0,01%	0,02%	1,6%	0%		100%

<sup>1)</sup> Bis 2010 Kraftstoffarten aus dem Pkw-Typgruppenkatalog zugespielt, ab 2011 vom KBA ergänzt

BAST-U2p-47/2016

Tabelle 13: Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart

Gkz mit Nutzlast < 2 t	Kraftstoffart bzw. Energiequelle									Insgesamt
	Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid	Hybrid (Plug-in)	Benzin/Ethanol z.B. E85	Gas (CNG, LPG)	Sonstige	Ohne Angabe	
2011	855	17.508	2	0	0	0	273	2	4.503	23.143
2012	683	16.400	2	0	0	0	242	1	4.434	21.762
2013	625	15.311	7	0	0	0	234	1	4.573	20.751
2014	536	14.497	7	0	0	0	173	1	5.564	20.778
2015	496	14.614	4	1	0	0	188	0	5.250	20.553
Veränderung 2015/2014 in %	-7%	1%	-	-	-	-	9%	-	-6%	-1%
Verteilung 2015 (nur mit Angaben)	3%	95%	0,03%	0%	0%	0%	1,2%	0%		100%

BAST-U2p-47/2016

Tabelle 14: Beteiligte Güterkraftfahrzeuge (Nutzlast max. 1.999 kg) an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart

Krafträder mit amtlichem Kennzeichen	Kraftstoffart bzw. Energiequelle									Ins- gesamt
	Benzin	Diesel	Reines Elektro- fahrzeug	Hybrid	Hybrid (Plug-in)	Benzin/ Ethanol z.B. E85	Gas (CNG, LPG)	Sonstige	Ohne Angabe	
2011	28.044	16	6	3	0	0	2	2	2.228	30.301
2012	25.710	17	10	0	0	0	0	2	1.959	27.698
2013	25.422	17	17	0	0	0	0	4	1.726	27.186
2014	27.894	22	21	0	0	0	0	0	2.799	30.736
2015	28.164	23	24	0	0	0	2	5	1.982	30.200
Veränderung 2015/2014 in %	1%	5%	14%	-	-	-	-	-	-29%	-2%
Verteilung 2015 (nur mit Angaben)	99,8%	0,08%	0,09%	0%	0%	0%	0%	0%		100%

BAST-U2p-47/2016

Tabelle 15: Beteiligte Krafträder mit amtlichem Kennzeichen an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart

		Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Ortslage				
		Innerorts	Land- straßen	Bundes- auto- bahnen	Insgesamt	Anteil innerorts in %
2013	Benzin	149.294	58.664	14.293	222.251	67%
	Diesel	69.591	27.846	12.658	110.095	63%
	Reines Elektrofahrzeug	49	14	1	64	77%
	Hybrid	472	99	47	618	76%
	Hybrid (Plug-in)	3	0	0	3	-
	Benzin/ Ethanol z.B. E85	36	7	6	49	73%
	Gas (CNG, LPG)	3.824	1.467	508	5.799	66%
	Sonstige	2	2	0	4	-
	Ohne Angabe	12.966	4.678	3.281	20.925	62%
Insgesamt	236.237	92.777	30.794	359.808	66%	
2014	Benzin	147.326	54.875	14.034	216.235	68%
	Diesel	71.505	27.900	13.106	112.511	64%
	Reines Elektrofahrzeug	114	19	5	138	83%
	Hybrid	621	105	60	786	79%
	Hybrid (Plug-in)	7	3	1	11	64%
	Benzin/ Ethanol z.B. E85	52	10	10	72	72%
	Gas (CNG, LPG)	3.805	1.322	506	5.633	68%
	Sonstige	1	0	0	1	-
	Ohne Angabe	22.066	9.182	4.460	35.708	62%
Gesamt	245.497	93.416	32.182	371.095	66%	
2015	Benzin	148.614	58.451	15.076	222.141	67%
	Diesel	77.141	32.150	14.890	124.181	62%
	Reines Elektrofahrzeug	143	35	8	186	77%
	Hybrid	803	171	67	1.041	77%
	Hybrid (Plug-in)	32	9	6	47	68%
	Benzin/ Ethanol z.B. E85	37	15	4	56	66%
	Gas (CNG, LPG)	3.787	1.341	520	5.648	67%
	Sonstige	4	1	0	5	-
	Ohne Angabe	16.063	4.916	3.872	24.851	65%
	Gesamt	246.624	97.089	34.443	378.156	65%
Verteilung 2013		65%	26%	9%	100%	

BAST-U2p-47/2016

Tabelle 16: Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart und Ortslage

ist. Trotz der kleinen Anzahlen und der kräftigen Anstiege der Unfallbeteiligung bewegt sich der Innerortsanteil bei den Hybridfahrzeugen und Elektro-Pkw in allen Jahren über 76%. Zum Vergleich:

Unfälle mit zwei Beteiligten innerhalb von Ortschaften auf Gemeinde oder nicht klassifizierten Straßen		Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden innerorts nach Unfallkonstellation ...			
		... bei der eine akkustische Wahrnehmung idR. <b>KEINE</b> Rolle spielt		... bei der die akkustische Wahrnehmung <b>EINE</b> Rolle spielen kann	
		KEIN Fußgänger oder Fahrrad beteiligt		Fußgänger oder Fahrrad beteiligt	
		Anzahl Pkw	Verteilung	Anzahl Pkw	Verteilung
2013	Benzin	41.251	67%	25.242	66%
	Diesel	19.540	32%	11.899	31%
	Reines Elektro	10	0,02%	7	0,02%
	Hybrid	132	0,21%	129	<b>0,34%</b>
	Hybrid (Plug-in)	1	0,00%	1	0,00%
	Benzin/ Ethanol z.B. E85	14	0%	5	0%
	Gas einschl. bivalent (CNG,LPG)	1.039	1,68%	715	1,88%
	Sonstige	1	0%	0	0%
	Ohne Angabe	(2.769)		(3.911)	
	Pkw mit Angabe der Kraftstoffart	61.988	100%	37.998	100%
2014	Benzin	40.325	66%	25.366	66%
	Diesel	19.955	32%	12.390	32%
	Reines Elektro	36	0,06%	33	<b>0,09%</b>
	Hybrid	174	0,28%	162	<b>0,42%</b>
	Hybrid (Plug-in)	2	0,00%	3	0,01%
	Benzin/ Ethanol z.B. E85	10	0%	6	0%
	Gas einschl. bivalent (CNG,LPG)	1.028	1,67%	715	1,85%
	Sonstige	0	0%	0	0%
	Ohne Angabe	(5.162)		(5.670)	
	Pkw mit Angabe der Kraftstoffart	61.530	100%	38.675	100%
2015	Benzin	40.538	64%	25.813	64%
	Diesel	21.336	34%	13.420	33%
	Reines Elektro	40	0,06%	33	<b>0,08%</b>
	Hybrid	239	0,38%	246	<b>0,61%</b>
	Hybrid (Plug-in)	4	0,01%	8	0,02%
	Benzin/ Ethanol z.B. E85	14	0%	5	0%
	Gas einschl. bivalent (CNG,LPG)	1.000	1,58%	717	1,78%
	Sonstige	0	0%	3	0%
	Ohne Angabe	(4.282)		(4.913)	
	Pkw mit Angabe der Kraftstoffart	63.171	100%	40.245	100%

BAST-U2p-49/2016

**Tabelle 17:** Beteiligte Pkw an Unfällen nach Unfallkonstellation (Fußgänger oder Radfahrer) und Kraftstoffart (Unfälle mit Personenschaden und genau zwei Unfallbeteiligten auf Gemeinde oder nicht klassif. Straßen)

Bei Pkw insgesamt liegt der Innerortsanteil bei maximal 65 % (Tabelle 16).

#### 4.4 Pkw-Unfälle unter Beteiligung eines ungeschützten Verkehrsteilnehmers (Fußgänger/Radfahrer)

Von besonderem Interesse sind Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, die möglicherweise in Zusammenhang mit dem geräuscharmen Antrieb der Elektrofahrzeuge stehen könnten. Daher werden im

Folgenden Unfälle mit Personenschaden betrachtet, an denen genau zwei Verkehrsteilnehmer beteiligt waren: ein Pkw und ein ungeschützter Verkehrsteilnehmer (Fußgänger oder Radfahrer). Dieser Gruppe werden Unfälle gegenübergestellt, an denen mindestens ein Pkw aber KEIN ungeschützter Verkehrsteilnehmer beteiligt war.

Rund 94 % der Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern ereignen sich innerhalb von Ortschaften. Daher wird ausschließlich diese Ortslage betrachtet

In Tabelle 17 ist die Anzahl der beteiligten Pkw nach Kraftstoffart für beide Unfallkonstellationen (mit/ ohne Beteiligung eines ungeschützten Verkehrsteilnehmers) unterschieden dargestellt. Im Jahr 2015

KBA-Segment		Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden							Insgesamt	
		Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid	Hybrid (Plug-in)	Benzin/Ethanol z.B. E85	Gas (CNG, LPG)		Ohne Angabe
2013	Mini	24.026	1.306	30	0	0	0	210	3	25.575
	Kleinwagen	67.929	7.299	5	80	0	0	666	4	75.983
	Kompaktklasse	62.056	26.496	3	368	3	25	1.155	11	90.117
	Mittelklasse	32.797	26.387	0	12	0	14	977	4	60.191
	obere Mittelklasse	6.835	12.114	0	19	0	3	638	1	19.610
	Oberklasse	1.010	1.034	1	6	0	0	116	0	2.167
	Geländewagen	1.990	7.142	0	16	0	0	226	0	9.374
	Cabrio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Utilities	2.168	8.044	0	0	0	0	353	1	10.566
	Wohnmobile	2	173	0	0	0	0	2	0	177
	Sportwagen	3.467	246	0	20	0	0	71	1	3.805
	Mini-Van	8.889	3.953	1	4	0	2	356	0	13.205
	Großraum-Van	4.956	9.220	0	40	0	4	657	1	14.878
	SUV (Sport Utility Veh.)	2.828	3.540	0	44	0	1	257	0	6.670
	Sonstige	1.212	147	5	9	0	0	55	0	1.428
k.A.	2.086	2.994	19	0	0	0	60	20.903	26.062	
Insgesamt	222.251	110.095	64	618	3	49	5.799	20.929	359.808	
2014	Mini	24.502	1.222	54	0	0	0	269	2	26.049
	Kleinwagen	66.284	7.463	26	99	4	0	644	2	74.522
	Kompaktklasse	59.663	26.462	12	437	1	35	1.109	3	87.722
	Mittelklasse	30.429	26.285	0	26	2	15	954	2	57.713
	obere Mittelklasse	6.063	12.185	0	28	1	6	602	0	18.885
	Oberklasse	953	1.077	7	17	1	6	113	0	2.174
	Geländewagen	2.044	7.463	0	7	0	0	196	0	9.710
	Cabrio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Utilities	2.133	8.146	0	0	0	0	320	0	10.599
	Wohnmobile	7	206	0	0	0	0	4	0	217
	Sportwagen	3.537	281	2	17	1	0	76	0	3.914
	Mini-Van	9.485	4.169	0	6	0	7	322	1	13.990
	Großraum-Van	5.042	9.274	0	97	0	1	615	1	15.030
	SUV (Sport Utility Veh.)	3.306	4.295	0	45	1	2	279	0	7.928
	Sonstige	1.126	116	2	7	0	0	65	0	1.316
k.A.	1.661	3.867	35	0	0	0	65	35.698	41.326	
Insgesamt	216.235	112.511	138	786	11	72	5.633	35.709	371.095	
2015	Mini	25.798	1.187	77	0	0	0	329	6	27.397
	Kleinwagen	67.528	7.792	35	181	7	0	625	2	76.170
	Kompaktklasse	61.557	29.788	20	522	25	28	1.083	3	93.026
	Mittelklasse	29.715	28.506	1	34	3	17	893	7	59.176
	obere Mittelklasse	5.914	12.248	0	27	0	3	571	0	18.763
	Oberklasse	1.079	1.301	18	15	2	0	136	0	2.551
	Geländewagen	2.298	8.857	0	14	2	2	232	0	11.405
	Cabrio	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Utilities	2.213	8.836	0	0	0	0	377	0	11.426
	Wohnmobile	8	214	0	0	0	0	4	0	226
	Sportwagen	3.739	337	2	27	1	0	91	0	4.197
	Mini-Van	8.979	3.943	1	6	0	4	293	2	13.228
	Großraum-Van	5.175	10.060	0	177	0	1	586	1	16.000
	SUV (Sport Utility Veh.)	4.105	5.383	0	36	7	0	250	1	9.782
	Sonstige	2.506	555	5	2	0	1	97	1	3.167
k.A.	1.527	5.174	27	0	0	0	81	24.832	31.641	
Insgesamt	222.141	124.181	186	1.041	47	56	5.648	24.856	378.156	

BAST-U2p-47/2016

Tabelle 18: An Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart

waren 40.245 Pkw an Unfällen mit Personenschaden beteiligt, an denen genau ein Pkw und ein ungeschützter Verkehrsteilnehmer beteiligt waren. In der Vergleichsgruppe waren es 63.171 Pkw. Ein Vergleich der Verteilung nach Kraftstoffart zeigt etwas höhere Anteile von elektrisch angetriebenen Pkw bei Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (z. B.: 0,61 % bei Hybrid-Pkw (n=246)). Zu beachten sind die geringen absoluten Unterschiede des Anteils bei den Hybrid-Pkw (0,61 % gegenüber 0,38 %). Überträgt man jedoch den geringen Hybrid-Anteil von 0,38 % bei Unfällen ohne Fußgänger- oder Fahrrad-Beteiligung auf die Untersuchungsgruppe der Unfälle mit Fußgänger- oder Fahrrad-Beteiligung (n=40.219) so dürften dort rechnerisch nur 153 Hybrid-Pkw beteiligt sein. Es sind jedoch 246!

Auch bei Pkw mit reinem Elektroantrieb zeichnet sich mit zunehmender Unfallanzahl (ab 2014) ein etwas höherer Anteil bei Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern ab.

#### 4.5 Beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart

Im Folgenden werden die unfallbeteiligten Pkw nach dem KBA-Segment tabelliert. Letzteres wird vom KBA vergeben und beschrieben. Hybridfahrzeuge werden überwiegend in der Kompaktklasse unfallauffällig (2015: n=522), gefolgt vom Segment Kleinwagen. Dort waren im Jahre 2015 181 Pkw in einen Unfall mit Personenschaden verwickelt. Die meisten Elektro-Pkw sind im Segment Mini zu finden (n=77 von 186).

## 5 Zusammenfassung

### Technische Entwicklungen

Die in Kapitel 2 vorgestellten technischen Entwicklungslinien des Marktes für Fahrzeuge mit alternativem Antrieb konnten die Nutzung und die Potentiale alternativer Kraftstoffe zeigen. Insgesamt kann z.B. festgehalten werden, dass der urbane Mobilitätsbedarf z. B. mit einem rein batteriebetriebenen Elektrofahrzeug technisch bereits gut abgedeckt werden kann, da im Schnitt 80 Prozent der täglichen Fahrstrecken kürzer als 60 Kilometer sind. Elektrofahrzeuge haben den Vorteil, lokal keine schädlichen Emissionen zu erzeugen und im Stadtverkehr geräuscharm zu sein. Man darf daher erwarten, dass sich mit verstärkter Elektromobilität in Städten eine neue Stufe der Lebensqualität hinsichtlich Luftreinheit und Lärmbelastung erreichen lässt.

Die Straßenverkehrssicherheit darf jedoch hierbei nicht auf der Strecke bleiben. Mit Inkrafttreten der EU Verordnung 540/2014 wird eine akustische Warneinrichtung für elektrisch angetriebene Fahrzeuge (Klassen M und N) verpflichtend ab 2019 bzw. 2021 eingeführt, um die akustische Wahrnehmbarkeit und damit die Verkehrssicherheit zu verbessern. Dieses System [Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)] wird im Geschwindigkeitsbereich bis etwa 20 km/h und beim Rückwärtsfahren ein künstliches Fahrgeräusch ausstrahlen.

### Marktentwicklung

Der Bestand an Pkw mit alternativem Antrieb stieg von rund 643.000 Fahrzeugen im Jahr 2013 auf rund 712.000 Pkw im Jahr 2016 (ein Plus von etwa 11 %). Pkw, die mit Erdgas (CNG) oder Autogas (LPG) fahren, stellen im aktuellen Fahrzeugbestand die größte Gruppe mit alternativem Antrieb (2016 rund 556.000 Pkw). Danach folgen die Hybridfahrzeuge mit mehr als 130.000 Pkw, dessen Bestand sich seit 2013 verdoppelt hat. Die Entwicklung des Plug-In-Hybrid-Bestandes ist noch deutlicher: im Zeitraum von 2013 bis 2016 stieg der Wert auf das 27-fache. Bei reinen Elektro-Pkw stieg der Bestand auf 25.502 Fahrzeuge im Jahre 2016.



In Bezug auf die regionale Verteilung von Pkw mit alternativen Antriebstechnologien ist festzustellen, dass eine ausgeprägte Konzentration auf Kreise mit höherer Bevölkerungsdichte zu verzeichnen ist. Diese Konzentration auf wenige Kreise ist besonders deutlich bei Pkw von gewerblichen Haltern, während sie bei Pkw privater Halter nur in geringem Maße sichtbar wird. Die Kreise und Städte, in denen die meisten Pkw mit alternativen Antriebstechnologien gemeldet sind, sind zum einen in der Regel von der Bevölkerungszahl her größerer Städte, fast immer auch Städte oder Regionen, in denen ein Fahrzeughersteller ansässig ist oder sich der Sitz eines Carsharing-Unternehmens befindet. In diesen Regionen ist der Anteil der gewerblichen Halter besonders hoch. Auch bezogen auf den Anteil der Pkw mit alternativen Antriebstechnologien an allen zugelassenen Pkw sind häufig eher höher verdichtete Regionen unter den Regionen mit den höchsten Anteilen zu finden. Dennoch zeichnen sich besonders bei den Pkw von privaten Haltern auch einige ländliche oder dünn besiedelte Kreise durch einen hohen Anteil an Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien aus. Hier ist jedoch anzumerken, dass die absoluten Bestandszahlen von Fahrzeugen privater Halter noch relativ niedrig sind und die Aussagekraft dieser Ergebnisse zurzeit noch relativ niedrig einzuschätzen ist.

Neben dem Pkw-Bereich gewinnen alternative Antriebsarten auch in anderen Fahrzeuggruppen an Bedeutung. Beispielsweise zeigen sich die größten Zuwächse der Bestände von Krafträdern, Kraftomnibussen und leichten Lastkraftwagen bei den reinen Elektrofahrzeugen: Krafträder zeigen Anfang 2016 ein Plus von 11,2% gegenüber 2015, der Bestand an Kraftomnibussen steigt um 18,1% und der von leichten Lastkraftwagen sogar um 24,7%. Insgesamt bleibt der Anstieg dennoch deutlich hinter dem Anstieg bei Pkw zurück.

Seit 2010 fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) die Beschaffung von Hybridbussen. Seit Anfang 2015 erfolgt die Förderung im Rahmen einer Richtlinie, die die Beschaffung von Linienbussen mit dieselektrischem Antrieb durch Verkehrsbetriebe zum Zwecke der Personenbeförderung im ÖPNV umfasst, wobei Hybrid-Fahrzeuge

ohne sowie mit externer Auflademöglichkeit (Plug-In-Hybridbusse) durch einen Investitionszuschuss gefördert werden<sup>39</sup>. Der positive Bestandseffekt ist in Bild 9 dieses Berichts erkennbar.

Mit einer zeitlich befristeten Kaufprämie (Umweltbonus) will die Bundesregierung weitere Anreize für den Kauf eines rein elektrischen Fahrzeugs oder Plug-in-Hybrid-Fahrzeugs setzen. Grundlage dabei ist das s.g. Regierungsprogramm Elektromobilität<sup>40</sup>. Seit Juli 2016 kann beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ein entsprechender Antrag gestellt werden. Der Umweltbonus gilt rückwirkend für den Kauf von neuen Elektrofahrzeugen ab dem 18. Mai 2016 und beträgt für reine Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge 4.000 € sowie für Plug-In-Hybride 3.000 €<sup>41</sup>. Es werden detaillierte Anforderungen an die Förderung gestellt. So müssen die genannten Fahrzeuge den Fahrzeugklassen M1 oder N1<sup>42</sup> zugeordnet sein, der Netto-Listenpreis des Basismodells darf 60.000 € nicht überschreiten und von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge dürfen nicht mehr als 50 g CO<sub>2</sub>-Emission pro Kilometer verursachen. Fahrzeuge, die keine lokalen CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, sind reinen Batterieelektrofahrzeugen gleichgestellt und Fahrzeuge, die höchstens 50 g CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilometer vorweisen, den von außen aufladbaren Hybridelektrofahrzeugen. Eine Liste der förderfähigen Elektrofahrzeuge ist auf <http://www.bafa.de> unter Publikationen veröffentlicht. Diese Liste führt gegenwärtig 108 förderfähige Fahrzeuge auf<sup>43</sup>. Bis Ende 2016 wurden 9.023 Kaufprämien-Anträge gestellt. Davon 5.129 für reine Batterieelektrofahrzeuge, 3.892 für Plug-In Hybride sowie 2 für Brennstoffzellenfahrzeuge<sup>44</sup>.

Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur zu beschleunigen, ist es seit Anfang März 2017 möglich, Anträge auf Förderung im Rahmen des Bundespro-

<sup>39</sup> Die maximal zulässige Beihilfeintensität beträgt 35 Prozent der beihilfefähigen Investitionsmehrkosten. Vgl. BMUB (2014a).

<sup>40</sup> Vgl. BMVI (2016).

<sup>41</sup> Die Hälfte des Umweltbonus wird unmittelbar auf den Kaufpreis erlassen (Herstelleranteil), den Bundesanteil überweist das BAFA direkt an den Antragssteller. Gebrauchte Elektrofahrzeuge werden bei der Kaufprämie nicht berücksichtigt.

<sup>42</sup> Bzw. N2 soweit es mit einer Fahrerlaubnis der Klasse B im Inland geführt werden darf.

<sup>43</sup> Stand 03/2017.

<sup>44</sup> Vgl. BAFA (2017).

gramms Ladeinfrastruktur zu stellen. Mit dem Programm unterstützt das BMVI den Aufbau von 15.000 Schnell- und Normladestationen. Bis 2020 stehen dafür rund 300 Millionen Euro bereit. Die Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen (BAV) ist die Bewilligungsbehörde des Förderprogramms<sup>45</sup>.

Erdgas und Autogas werden derzeit im Rahmen des Energiesteuergesetzes (EnergieStG) mit einem vergünstigten Steuersatz gefördert. Dieser ist bis zum 31.12.2018 auf 0,18 €/kg für LPG, bzw. 13,9 €/MWh für CNG festgesetzt. Verglichen hierzu liegen die Steuersätze für Energie- und Ökosteuern von konventionellen Kraftstoffen bei 0,65 €/l (Benzin) bzw. 0,47 €/l (Diesel). Anfang des Jahres 2017 beschloss das Bundeskabinett einen Gesetzentwurf zur Änderung des Energie- und Stromsteuergesetzes, wonach vorgesehen ist, die Steuerbegünstigung für CNG und LNG über das Jahr 2018 hinaus zu verlängern. Die Steuerbegünstigung für LPG soll hiernach Ende 2018 auslaufen<sup>46</sup>.

## Sicherheit

Die Betrachtung der Unfallbeteiligung von Kraftfahrzeugen an Unfällen mit Personenschaden hat gezeigt, dass nach wie vor benzin- und dieselbetriebene Kraftfahrzeuge den Hauptanteil von mindestens 98% ausmachen. Dies gilt für alle drei Kraftfahrzeuggruppen. Bei den Pkw haben Gas-Fahrzeuge einen Anteil von 1,6% an allen an Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw, gefolgt von Hybridfahrzeugen mit einem Anteil von 0,3% im Jahr 2015. Unter den unfallbeteiligten Güterkraftfahrzeugen (Nutzlast max. 1.999 kg) weisen 1,2% die Kraftstoffart Gas und 0,03% Elektro auf. Unter den Krafträdern mit amtlichem Kennzeichen waren in 2015 lediglich 24 Krafträder mit Elektroantrieb unfallbeteiligt. Bezogen auf alle Krafträder mit Angaben zur Kraftstoffart liegt der Elektro-Anteil jedoch bei 0,09% und damit deutlich über dem entsprechenden Elektroanteil bei den Pkw oder den Güterkraftfahrzeugen.

Im Mittel werden rund 65% der an Unfällen mit Personenschaden beteiligten Pkw innerhalb von Ort-

schaften registriert. Demgegenüber weisen Fahrzeuge mit alternativem Antrieb 2015 (bis auf Gas) einen höheren Anteil an Unfällen innerorts auf, als die mit herkömmlichem Antrieb. 77% der Hybrid- und Elektrofahrzeuge waren innerorts unfallbeteiligt. Der relativ hohe Anteil von Innerortsunfällen von alternativ betriebenen Fahrzeugen ist vor allem vor dem Hintergrund der Nutzung der Fahrzeuge zu interpretieren.

In der Gruppe der Innerortsunfälle mit oder ohne Beteiligung ungeschützter Verkehrsteilnehmer zeigt sich im Jahr 2015, dass Hybridfahrzeuge gegenüber Benzin- und Diesel-Pkw höhere Anteile bei Unfällen aufweisen, an denen genau ein Pkw und ein ungeschützter Verkehrsteilnehmer (Fußgänger oder Radfahrer) beteiligt waren. Allerdings liegt der Anteil bei gasbetriebenen Pkw ebenfalls leicht über den konventionellen Antriebsarten.

Interpretierbare Aussagen bezüglich der Unfallbeteiligungen von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, hinsichtlich der tiefgehenden Struktur des Unfallgeschehens, lassen sich derzeit aufgrund geringer Fallzahlen anhand der Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik noch nicht sinnvoll treffen. Die Datenbasis wird sich in den kommenden Jahren allerdings sukzessive verbessern.

<sup>45</sup> Vgl. BAV (2017).

<sup>46</sup> Vgl. BMF (2017).

## Literatur

- ARAL (2017) Erdgas als Kraftstoff – CNG: Eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Kraftstoffen, unter: <http://www.aral.de/de/forschung/kraftstoffe/heutige-alternativen/erdgas-als-kraftstoff-cng.html>, 06.01.2017.
- Autobild (2015) Internetauftritt Autobild; „So sieht die Zukunft aus!“, Toyota Mira (FCV); Vorstellung und Preis“; <http://www.autobild.de/bilder/toyota-mirai-fcv-vorstellung-und-preis-5178298.html>; Download vom 15.04.2015.
- Autogas-Information (2017) Download unter: <http://www.autogas-informationen.de/verbrauch-autogas-lpg.htm> vom 07.03.2017
- BÄUMER et al. (2016) BÄUMER, M., HAUZINGER, H., PFEIFFER, M., STOCK, W., LENZ, B., KUHNIMHOF, T., KÖHLER, K., „Fahrleistungserhebung 2014: Begleitung und Auswertung – Schlussbericht zur Inländerfahrleistung“; Forschungsprojekt der BAST FE 82.0584/2013; Mannheim, August 2016 (z. Zt. noch unveröffentlicht). Bericht enthält einen tabellarischen Anhang.
- BAFA (2017) Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle; „Elektromobilität – (Umweltpbonus) – Zwischenbilanz zum Antragstand vom 01. Januar 2017“; Download unter [http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob\\_zwischenbilanz.html](http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/emob_zwischenbilanz.html) vom 13.01.2017.
- Basshuysen et al. (2015) van Basshuysen, R. et al.: Handbuch Verbrennungsmotor – Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven, ATZ/MTZ Fachbuch, 2015
- BAST/KBA (2013 bis 2016) Sonderauswertung der BAST; Quelle: Datenlieferung des KBA zum Bestand von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen mit Stand jeweils zum 01.01.2013 bis 01.01.2016.
- BAV (2017) Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen (BAV), „Bundesprogramm Ladeinfrastruktur – Ab 1. März Anträge bei der BAV stellen“; Pressemitteilung Nummer 07 vom 16.02.2017.
- BBSR (2017) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung; Rubrik Referenzdateien und Karten; „Siedlungsstrukturelle Kreistypen“; Download unter [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Downloads/downloads\\_node.html;jsessionid=1F972790D-96F7F2F6F6318A0F6650AC9.live21304](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Downloads/downloads_node.html;jsessionid=1F972790D-96F7F2F6F6318A0F6650AC9.live21304) vom 17.03.2017.
- BDEW (2016) Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; „BDEW-Erhebung Elektromobilität“; <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/bdew-erhebung-elektromobilitaet-de>; 2016 - ein Belegexemplar dieses Berichts ist vor Veröffentlichung an den BDEW zu senden (Belegexemplare sind zu senden an: Bundesverband der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Reinhardtstraße 32, 10117 Berlin)
- BMF (2017) Bundesministerium der Finanzen; „Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Energiesteuer- und des Stromsteuergesetzes – 15.02.2017“, [http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetzentwuerfe\\_Arbeitsfassungen/2017-02-15-aenderung-energie-und-stromsteuergesetz.html](http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetzentwuerfe_Arbeitsfassungen/2017-02-15-aenderung-energie-und-stromsteuergesetz.html) download vom 10.03.2017.
- BMVI (2016) Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur (BMVI); „Rahmenbedingungen und Anreize für Elektrofahrzeuge und Ladeinfrastruktur“; Download unter <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Elektromobilitaet/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html> vom 30.12.2016.
- BMUB (2015) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Artikel „BMUB setzt Förderung von Hybridbussen fort“; Download <http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/foerderprojekte/hybridbusse-im-oepnv/> vom 27.01.2017.

- BMUB (2014) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Artikel vom 12.12.2014 „Richtlinien zur Förderung von Hybridbussen - Förderung der Anschaffung dieselelektrischer Hybridbusse im öffentlichen Nahverkehr“; Download [http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/luft-verkehr-download/artikel/richtlinien-zur-foerderung-von-hybridbussen/?tx\\_ttnews\[backPid\]=741](http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/luft-verkehr-download/artikel/richtlinien-zur-foerderung-von-hybridbussen/?tx_ttnews[backPid]=741) vom 03.02.2017.
- BMUB (2014a) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Bekanntmachung der „Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von dieselelektrischen Hybridbussen im öffentlichen Nahverkehr“ vom 12. Dezember 2014; Fundstelle: BAnz AT 29.12.2014 B4; Download vom 03.02.2017 über [http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/luft-verkehr-download/artikel/richtlinien-zur-foerderung-von-hybridbussen/?tx\\_ttnews\[backPid\]=741](http://www.bmub.bund.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/luft-verkehr-download/artikel/richtlinien-zur-foerderung-von-hybridbussen/?tx_ttnews[backPid]=741). Die Richtlinie trat im Januar 2015 in Kraft.
- DENA (2016) Nachhaltige Mobilität mit Erdgas und Biomethan: Marktentwicklung 2015/2016. Vierter Fortschrittsbericht. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) Berlin, August 2016.
- DENA (2015a) LNG in Deutschland: Flüssigerdgas und erneuerbares Methan im Schwerlastverkehr.
- Potenzialanalyse und Politikempfehlungen für einen erfolgreichen Markteintritt, Berlin, Februar 2015.
- DLR (2013) Heidt, C.; Lambrecht, U.; Hardinghaus, M.; Knitschky, G.; Schmidt, P.; Weindorf, W.; Naumann, K.; Majer, S., Müller-Langer, F.; Seiffert, M.: CNG und LPG – Potenziale dieser Energieträger auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Energieversorgung des Straßenverkehrs – Kurzstudie im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVBS in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie und Klima, Heidelberg, Berlin, Ottobrunn, Leipzig, 31. Juli 2013.
- EU (2011) „Verordnung (EU) Nr. 510/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2011 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue leichte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Gesamtkonzepts der Union zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen“; Amtsblatt der Europäischen Union L145/1 vom 31.05.2011.
- HAST (2010); „Schematische Einteilung von alternativen Antrieben mit unterschiedlicher Ausprägung des elektrischen Anteils“; Hastdutoene; <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Hastdutoene#/media/File:Schema-Antriebe.jpg>; 2010 – Bildrechte sind vor Veröffentlichung noch zu klären.
- KBA (2016) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ13) - 01. Januar 2016“, Erschienen im Mai 2016.
- KBA (2016a) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ14) – Jahr 2015“, Erschienen im Mai 2016.
- KBA (2015) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ13) – 01. Januar 2015“, Erschienen im April 2016.
- KBA (2015a) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ14) – Jahr 2014“, Erschienen im April 2015.
- KBA (2014) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen nach Um-

- welt-Merkmalen (FZ13) – 01. Januar 2014“, Erschienen im März 2014.
- KBA (2013) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ13) – 01. Januar 2013“, Erschienen im März 2013.
- KBA (2012) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ13) – 01. Januar 2012“, Erschienen im April 2012.
- KBA (2011) Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes; „Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ13) – 01. Januar 2011“, Erschienen im April 2011.
- LBST (2016) Wasserstoff-Tankstellen in Deutschland; Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH; <http://www.pressetext.com/news/20170221035>; vom 17.03.2017; vor Veröffentlichung sind die Bildrechte zu prüfen.
- NOW (2015) Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW); Presse/Aktuelles vom 13.04.2015; „Aktuelle Programmzahlen – NIP / Modellregionen – Status Quo – 50 Wasserstofftankstellen für Deutschland und H2 Mobility“; <http://www.now-gmbh.de/de/presse-aktuelles/2015/aktuelle-programmzahlen-nip-modellregionen.html>, download vom 19.04.2015; Graphik abrufbar unter [http://www.now-gmbh.de/fileadmin/user\\_upload/RE-Presses\\_Aktuelles/2014\\_Q2/PM140407\\_KarteH2Tankstellen.jpg](http://www.now-gmbh.de/fileadmin/user_upload/RE-Presses_Aktuelles/2014_Q2/PM140407_KarteH2Tankstellen.jpg)
- Toyota (2017) „Worldwide Sales of Toyota Hybrids Surpass 10 Million Units“; Download unter <http://newsroom.toyota.eu/global-sales-of-toyota-hybrids-reach-10-million> vom 14.03.2017
- Toyota (2017a) „Hybrid Model Global Sales Results“; <http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/4063130>; Erschienen am 14. Feb. 2017
- UVB (2016) „Bericht über Maßnahmen auf dem Gebiet der Unfallverhütung im Straßenverkehr 2014 und 2015 (Unfallverhütungsbericht Straßenverkehr 2014/15)“; Drucksache 18/9640 vom 15.09.2016; Download unter <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LA/unfallverhuetungsbericht-strassenverkehr-2014-2015.html?nn=12830> vom 13.01.2017.
- Vialle (2015) Vialle Autogas Systems BV: LPG Mischungsverhältnis Sommer & Winter – Unterschiede LPG Autogas Mischungsverhältnis zwischen Sommer und Winter, 2015, <http://www.vialle-in-deutschland.de/muss-im-winter-mit-einer-anderen-autogaszusammensetzung-gefahren-werden-als-im-sommer/>.
- VSP (2011) Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur; „Verkehrssicherheitsprogramm 2011“ – Broschüre erschienen am 09.11.2011; Download unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/LA/verkehrssicherheitsprogramm-2011.html> vom 13.01.2017.
- Welt (2016) Online-Artikel „Stromtankstellen-Ausbau kommt kaum voran – Ladenetz für E-Autos“; Download unter <https://www.welt.de/motor/news/article154389422/Ladenetz-fuer-E-Autos.html> vom 17.03.2017.

## Bilder

- Bild 1: Entwicklung von Erdgasfahrzeug- und Erdgastankstellenbestand gem. (DENA 2016)
- Bild 2: Schematische Einteilung von alternativen Antrieben mit unterschiedlicher Ausprägung des elektrischen Anteils (HAST 2010)
- Bild 3: Öffentlich zugängliche Ladepunkte für Elektrofahrzeuge gem. BDEW (2016)
- Bild 4: Überblick Wasserstofftankstellen in Deutschland gem. LBST (2016)
- Bild 5: Vergleich Bestand Pkw ausgewählter Kraftstoffarten [Quelle: BAST/KBA (2013–2016)]
- Bild 6: Vergleich Pkw-Bestand ausgewählter alternativer Kraftstoffarten [Quelle: BAST/KBA (2013–2016)]
- Bild 7: Entwicklung des Bestands an Krafträdern, Kraftomnibussen und Lastkraftwagen (Nutzlast <2t) seit 2011 [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]
- Bild 8: Bestand an Krafträdern nach ausgewählten Kraftstoffarten [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]
- Bild 9: Bestand an Kraftomnibussen nach ausgewählten Kraftstoffarten [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]
- Bild 10: Entwicklung des Lastkraftwagenbestands nach Nutzlast von Gas- und Elektrofahrzeugen [Quelle: KBA (2011–2016)]

## Tabellen

- Tabelle 1: Bestand an Pkw nach Kraftstoffart [Quellen: KBA (2016) sowie BAST/KBA (2013–2016)]
- Tabelle 2: Pkw-Bestand nach Kraftstoffart und Halter [Quelle: KBA (2016, KBA (2015) sowie BAST/KBA (2015–2016)]
- Tabelle 3: Neuzulassungen von Pkw nach Kraftstoffart [Quelle: KBA (2016a)]
- Tabelle 4: Neuzulassungen an Pkw nach Kraftstoffart und Halter [Quelle: KBA (2016a)]
- Tabelle 5: Inländerfahrleistung von Pkw 2014 gegliedert nach Antriebsart und Halter nach Bäumer et al. (2016), S. 87
- Tabelle 6: Pkw-Bestand 2016 nach Kraftstoffart und Fahrzeugsegment [Quelle: BAST/KBA (2016)]
- Tabelle 7: Verteilung des Pkw-Bestsands nach Kraftstoffart und Kreisen [Quelle: BAST/KBA (2016)]
- Tabelle 8: TOP10 Kreise für Pkw mit alternativen Antrieben, 2016 [Quelle: BAST/KBA (2016)]
- Tabelle 9: Kraftrad-Bestand nach Kraftstoffart [Quelle: KBA FZ13 (2011–2016)]
- Tabelle 10: Bestand an Kraftomnibussen nach Kraftstoffart [Quelle: KBA FZ 13 (2011–2016)]
- Tabelle 11: Lkw-Bestand der Klasse N1 (bis 3,5t zulässiger Gesamtmasse) nach Kraftstoffart [Quelle: BAST/KBA (2013 bis 2016)]
- Tabelle 12: Lkw-Bestand nach Kraftstoffart und Nutzlast [Quelle: KBA FZ13 der Jahre 2011–2016]
- Tabelle 13: Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart
- Tabelle 14: Beteiligte Güterkraftfahrzeuge (Nutzlast max. 1.999 kg) an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart

- Tabelle 15: Beteiligte Krafträder mit amtlichem Kennzeichen an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart
- Tabelle 16: Beteiligte Pkw an Unfällen mit Personenschaden nach Kraftstoffart und Ortslage
- Tabelle 17: Beteiligte Pkw an Unfällen nach Unfallkonstellation (Fußgänger oder Radfahrer) und Kraftstoffart (Unfälle mit Personenschaden und genau zwei Unfallbeteiligten auf Gemeinde oder nicht klassif. Straßen)
- Tabelle 18: An Unfällen mit Personenschaden beteiligte Pkw nach KBA-Segment und Kraftstoffart
- Tabelle 19: Steuersätze für Energieerzeugnisse nach §2 Abs. 1 EnergieStG sowie abweichende Steuersätze für Erdgase und Flüssiggase als Kraftstoff befristet bis zum 31. Dezember 2018; Vergleichsrechnung anhand eigener Berechnungen
- Tabelle 20: Verzeichnis der Kraftstoffarten bzw. Energiequellen (KBA)
- Tabelle 21: Bestand an getypten Pkw mit reinem Elektroantrieb nach Hersteller und Handelsname (KBA)
- Tabelle 22: Bestand an getypten Pkw mit Hybrid Antrieb nach Hersteller und Handelsname (KBA)
- Tabelle 23: Bestand an getypten Pkw mit Plug-In Hybrid Antrieb nach Hersteller und Handelsname (KBA)
- Tabelle 24: Inländerfahrleistung von Pkw privater Halter gegliedert nach Antriebsart und Segment nach Bäumer et al. (2016) – tabellarischer Anhang; Tabelle Nr. 25)
- Tabelle 25: Inländerfahrleistung von Pkw gewerblicher Halter gegliedert nach Antriebsart und Segment nach Bäumer et al. (2016) – tabellarischer Anhang; Tabelle Nr. 36)
- Tabelle 26: Inländerfahrleistung von Bussen nach Antriebsart [Bäumer et al. (2016), S87]
- Tabelle 27: TOP15 Kreise für Elektro-Pkw privater Halter, 2016 [Quelle: BAST/KBA (2016)]
- Tabelle 28: TOP15 Kreise für Hybrid-Pkw privater Halter, 2016 [Quelle: BAST/KBA (2016)]
- Tabelle 29: TOP15 Kreise für Plug-In-Hybrid-Pkw privater Halter, 2016 [Quelle: BAST/KBA (2016)] 50

## Anhang



Steuergegenstand	Steuersatz je 1.000 Liter in €	Entspricht einem Steuersatz je kg in € (gerundet)
<b>1.a)</b> Benzin, unverbleit mit einem Schwefelgehalt von mehr als 10 mg/kg ("verschwefelt" bzw. "schwefelarm"); Unterposition 2710 11 41 bis 2710 11 49	669,80	0,89
<b>1.b)</b> Benzin, unverbleit mit einem Schwefelgehalt von höchstens 10 mg/kg ("schwefelfrei"); Unterposition 2710 11 41 bis 2710 11 49	654,50	0,89
<b>2.</b> Benzin, verbleit (alle Motorenbenzine und Flugbenzin); Unterpositionen 2710 11 31, 2710 11 51, 2710 11 59	721,00	0,96
<b>3.</b> Mittelschwere Öle (hauptsächlich Petroleum und Kerosin); Unterposition 2710 19 25 und 2710 19 21	654,50	0,83
<b>4.a)</b> Gasöl, mit einem Schwefelgehalt von mehr als 10 mg/kg ("verschwefelt" bzw. "schwefelarm"); Unterpositionen 2710 19 41 bis 2710 19 49 (Diesel)	485,70	0,59
<b>4.b)</b> Gasöl, mit einem Schwefelgehalt von höchstens 10 mg/kg ("schwefelfrei"); Unterpositionen 2710 19 41 bis 2710 19 49 (Diesel)	470,40	0,57
Steuergegenstand	Steuersatz	Entspricht einem Steuersatz je kg in € (gerundet)
<b>1.</b> Erdgas und andere gasförmige Kohlenwasserstoffe	13,90 Euro je Megawattstun de	0,18
<b>2.</b> Flüssiggase, unvermischt mit anderen Energieerzeugnissen	180,32 Euro je 1.000 Kilogramm	0,18

**Tabelle 19:** Steuersätze für Energieerzeugnisse nach §2 Abs. 1 EnergieStG sowie abweichende Steuersätze für Erdgase und Flüssiggase als Kraftstoff befristet bis zum 31. Dezember 2018; Vergleichsrechnung anhand eigener Berechnungen.

## Verzeichnis der Kraftstoffarten bzw. Energiequellen (KBA)

Kraftstoffart bzw. Energiequelle	Kurzbezeichnung in den Zulassungs-dokumenten Feld P.3	Codes zu Feld (10)	Zusammenfassung im Bericht
Benzin	Benzin	1	Benzin
Diesel	Diesel	2	Diesel
Vielstoff <sup>1)</sup>	Vielstoff	3	Sonstige
Reines Elektrofahrzeug	Elektro	4	Reines Elektrofahrzeug
Flüssiggas (LPG) <sup>2)</sup>	Flüssiggas	5	Gas (CNG, LPG)
Bivalenter Betrieb <sup>4)</sup> mit Benzin oder Flüssiggas 2)	Benzin/Flüssiggas	6	Gas (CNG, LPG)
Bivalenter Betrieb <sup>4)</sup> mit Benzin oder komprimiertem Erdgas 2) 7)	Benzin/komp.Erdgas	7	Gas (CNG, LPG)
Kombinierter Betrieb <sup>5)</sup> mit Benzin und Elektromotor	Hybr.Benzin/E	8	Hybrid
Erdgas (NG) 2) 3) 7)	Erdgas NG	9	Gas (CNG, LPG)
Kombinierter Betrieb <sup>5)</sup> mit Diesel und Elektromotor	Hybr.Diesel/E	10	Hybrid
Wasserstoff	Wasserstoff	11	Sonstige
Kombinierter Betrieb <sup>5)</sup> mit Wasserstoff und Elektromotor	Hybr.Wasserst./E	12	Hybrid
Bivalenter Betrieb <sup>4)</sup> mit Wasserstoff oder Benzin	Wasserstoff/Benzin	13	Gas (CNG, LPG)
Bivalenter Betrieb <sup>4)</sup> mit Wasserstoff oder Benzin kombiniert mit Elektromotor	Wasserst./Benzin/E	14	Gas (CNG, LPG)
Brennstoffzelle <sup>6)</sup> mit Primärenergie Wasserstoff	BZ/Wasserstoff	15	Sonstige
Brennstoffzelle <sup>6)</sup> mit Primärenergie Benzin	BZ/Benzin	16	Sonstige
Brennstoffzelle <sup>6)</sup> mit Primärenergie Methanol	BZ/Methanol	17	Sonstige
Brennstoffzelle <sup>6)</sup> mit Primärenergie Ethanol	BZ/Ethanol	18	Sonstige
Kombinierter Betrieb <sup>5)</sup> mit Vielstoff und Elektromotor	Hybr.Vielstoff/E	19	Hybrid
Kombinierter Betrieb <sup>5)</sup> mit Erdgas und Elektromotor	Hybr.Erdgas/E	22	Hybrid
Benzin/Ethanol (hierunter ist ein Kraftstoffgemisch zu verstehen wie z.B. E85)	Benzin/Ethanol	23	Benzin/Ethanol z.B. E85
Kombinierter Betrieb <sup>5)</sup> mit Flüssiggas (LPG) und Elektromotor	Hybr.Flüssiggas/E	24	Hybrid
Hybridantrieb mit Benzin und extern aufladbarem elektrischen Speicher (Plug-in-Hybrid)	Hybr.B/E ext.aufl.	25	Hybrid (Plug-in)
Hybridantrieb mit Diesel und extern aufladbarem elektrischen Speicher (Plug-in-Hybrid)	Hybr.D/E ext.aufl.	26	Hybrid (Plug-in)
Hybridantrieb mit Flüssiggas (LPG) und extern aufladbarem elektrischen Speicher	Hybr.LPG/E ext.aufl.	27	Hybrid (Plug-in)
Hybridantrieb mit Wasserstoff und extern aufladbarem elektrischen Speicher (Plug-in-Hybrid)	Hybr.W/E ext.aufl.	28	Hybrid (Plug-in)
Hybridantrieb mit Vielstoff und extern aufladbarem elektrischen Speicher (Plug-in-Hybrid)	Hybr.V/E ext.aufl.	29	Hybrid (Plug-in)
Hybridantrieb mit Erdgas (NG) und extern aufladbarem elektrischen Speicher (Plug-in-Hybrid)	Hybr.NG/E ext.aufl.	30	Hybrid (Plug-in)
Hybridantrieb mit bivalentem Betrieb <sup>4)</sup> mit Wasserstoff oder Benzin und extern aufladbarem elektrischen Speicher	Hybr.Wod.B/Eext.aufl.	31	Hybrid (Plug-in)
Wasserstoff/Erdgas (hierunter ist ein Kraftstoffgemisch zu verstehen)	Wasserstoff/NG	32	Gas (CNG, LPG)
Hybridantrieb mit Wasserstoff/Erdgas und extern aufladbarem elektrischen Speicher (Plug-in-Hybrid)	Hybr.W/NG/E ext.aufl.	33	Hybrid (Plug-in)
Ethanol (hierunter ist ein Kraftstoffgemisch zu verstehen, dem neben Ethanol noch andere Kraftstoffe - ausgenommen Benzin (s. Code 0023) - oder Additive zugesetzt wurden (z. B. E95))	Ethanol	34	Benzin/Ethanol z.B. E85
Andere	Andere	9999	Sonstige
Unbekannt	Unbekannt	0	Unbekannt

1) Hier wird auch die Gasturbine zugeordnet, da sie wie ein Vielstoffmotor zu betrachten ist. Sie ist eigentlich ein Düsenaggregat ähnlich wie bei einem Strahlflugzeug und wird durch die Verbrennungsgase angetrieben. Die Verbrennung kann durch unterschiedliche Kraftstoffe herbeigeführt werden. 2) Anmerkung zu den unterschiedlichen Gaskraftstoffen „Erdgas“ und „Autogas“ (Flüssiggas): Es sind zwei unterschiedliche Gaskraftstoffe, die nicht gegenseitig ausgetauscht werden dürfen. Um Verwechslungen vorzubeugen sind die jeweiligen Fahrzeuge mit unterschiedlichen Einfüllstutzen ausgerüstet. 3) Wurde bisher in den Fahrzeugpapieren als Hochdruck-gas bezeichnet. 4) Bivalenter Betrieb bedeutet, dass ein Motor mit zwei verschiedenen Kraftstoffen betrieben werden kann. 5) Kombiniertes Betrieb (Hybrid) bedeutet, dass das Fahrzeug mit mindestens zwei unterschiedlichen Energiewandlern und zwei unterschiedlichen Energiespeichersystemen ausgerüstet ist (KBA-Nr. 002, Januar 2012). 6) Der Einsatz einer Brennstoffzelle ist nur in Verbindung mit einem Elektromotor möglich. 7) Hierzu zählen ebenfalls Kraftfahrzeuge, die mit den Kraftstoffarten bzw. Energiequellen „Methan“ oder „Biogas“ oder im „bivalenten Betrieb mit Benzin oder Methan bzw. Biogas“ betrieben werden (VkBf. 2007 S. 140 und Teil B 3). 8) Im Einzelgenehmigungsverfahren kann es diverse Kraftstoffarten und Kombinationen daraus geben, für die im Teil A 3 keine Codierung vorgesehen wird. Sollte die Hauptkraftstoffart keiner existierenden Codierung zugeordnet werden können, ist in diesen Fällen die Sammelposition „Andere“ zuzuteilen (KBA-Nr. 001, Juli 2011).

Verzeichnis des Kraftfahrt-Bundesamtes, Systematisierung von Kfz und ihren Anhängern, Stand: Mai 2016

**Tabelle 20:** Verzeichnis der Kraftstoffarten bzw. Energiequellen (KBA)

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse stammen aus mehreren Quellen:

- den amtlichen Veröffentlichungen des Kraftfahrt-Bundesamtes<sup>47</sup>,
- einem vom KBA speziell für die BAST erstellten Pkw-Typgruppenkatalog<sup>48</sup>.

Reines Elektrofahrzeug		Bestand am 01.01. des Jahres		
		2014	2015	2016
BAYER.MOT.WERKE-BMW	i3	224	1.409	2.302
CITROEN (F)	C-Zero	860	828	825
Daimler (D)	electric drive	2.368	3.957	4.592
	E-CELL	217	217	157
	BRABUS electric drive	61	122	142
	B 250 e			71
	fortwo electric drive	426	214	60
	Vito E-Cell	17	17	17
FORD (D)	Focus Electric	35	38	57
KIA MOTOR (ROK)	SOUL		12	186
Mercedes-AMG	SLS AMG Electric Drive	1	3	3
MIA ELECTRIC (F)		6	11	14
mitsubishi (J)	Mitsubishi i-MIEV	784	884	991
NISSAN (CH)	NISSAN LEAF	1.121	1.582	1.940
	NISSAN e-NV200		42	175
PEUGEOT (F)	iOn	451	433	533
RENAULT (F)	ZOE	1.047	2.752	4.615
	FLUENCE Z.E.	240	272	290
Tesla (USA)	Model S	191	933	2.383
	Roadster Sport,Roadster	135	133	132
VOLKSWAGEN-VW	UP!	756	1.341	1.749
	GOLF	47	758	1.532
	GOLF-CITYSTROMER	49	47	47
VOLVO (S)	C30	27	69	58
<b>Getypte Pkw mit reinem Elektroantrieb insgesamt</b>		<b>9.063</b>	<b>16.074</b>	<b>22.871</b>

(Quelle: KBA/BAST, Typgruppenkatalog)

BAST-U2p-47/2016

**Tabelle 21:** Bestand an getypten Pkw mit reinem Elektroantrieb nach Hersteller und Handelsname (KBA)

<sup>47</sup> KBA Fachserie Fahrzeugzulassung FZ13 sowie FZ14.

<sup>48</sup> Das Kraftfahrtbundesamt KBA erteilt für serienmäßig herzustellende Fahrzeuge Typgenehmigungen mit bundes- und europaweiter Geltung. Die Daten des Pkw-Typgruppenkatalogs verfügen über einen sehr guten Merkmalsumfang, betreffen aber nur die Menge der getypten Pkw.

Pkw mit Hybrid Antrieb		Bestand am 01.01. des Jahres		
		2014	2015	2016
AUDI	Q5 hybrid,AUDI Q5 HYBRID	394	441	410
	A6 Limousine hybrid	118	158	152
	A8 hybrid,A8 L hybrid	71	58	48
BAYER.MOT.WERKE- BMW	ActiveHybrid 7er Reihe	153	147	143
	ActiveHybrid 3	88	109	102
	ActiveHybrid 5,5er Reihe	96	121	111
	ActiveHybrid X Reihe	122	105	91
	ActiveHybrid 7,ActiveHybr	23	36	37
CITROEN (F)	C4 PICASSO		36	1.036
	DS5	480	524	585
	C5			288
	DS 4,DS4			82
Daimler (D)	E 300 BLUETEC HYBRID,E 30	1.679	2.355	2.415
	S 400 HYBRID	632	796	726
	C 300 h			359
	C 300 BLUETEC HYBRID		93	308
	S 300 BLUETEC Hybrid	8	130	96
	S 400 h			50
	S 300 h			48
FERRARI (I)	LaFerrari		24	34
FORD (D)	Mondeo Hybrid		27	119
GENERAL MOT- GMC(USA)	Volt	38	44	46
	Escalade Hybrid	15	18	23
HONDA MOTOR (J)	Insight,INSIGHT	2.448	2.440	2.423
	Civic 4dr Hybrid;CIVIC 4D	2.552	2.477	2.373
	CR-Z	2.398	2.356	2.295
	JAZZ Hybrid	1.600	1.999	2.115
Jaguar Land Rover (GB)	Range Rover Sport		11	56
	Range Rover	1	10	44
KIA MOTOR (ROK)	Optima	103	179	246
NISSAN (CH)	INFINITI Q50	27	77	116
	Infiniti Q70,Infiniti M	99	83	88
OPEL	Ampera	1.022	1.087	1.057
PEUGEOT (F)	508	732	931	1.511
	3008	730	809	1.137
	308			940
	5008			372
PORSCHE	Cayenne S Hybrid	372	308	251
	Panamera S Hybrid	157	126	96
TOYOTA EUROPE (B)	TOYOTA AURIS	16.837	24.890	30.877
	TOYOTA YARIS HYBRID	12.254	18.832	24.082
	TOYOTA PRIUS	19.709	20.045	20.105
	LEXUS RX450H	2.600	2.604	2.600
	LEXUS CT200H	2.272	2.471	2.580
	Toyota Prius Plus	1.813	1.871	1.826
	LEXUS RX400h	1.855	1.838	1.800
	TOYOTA PRIUS PLUS	168	809	1.628
	LEXUS NX300H		237	781
	LEXUS IS300H	269	522	686
	LEXUS GS450H,LEXUS GS450h	588	602	606
	LEXUS GS450H	397	441	470
	LEXUS LS600HL,LEXUS LS600	191	202	205
	LEXUS GS300H	16	53	73
	TOYOTA RAV4			11
LEXUS RC300H			3	
TOYOTA MEM (B)	TOYOTA PRIUS	5.665	5.551	5.399
	LEXUS RX400H	831	812	785
VOLKSWAGEN-VW	TOUAREG	389	348	329
	JETTA	95	160	199
Getypte Pkw mit Hybridantrieb insgesamt		80.562	98.668	114.389

(Quelle: KBA/BAST, Typgruppenkatalog)

BAST-U2p-47/2016

Tabelle 22: Bestand an getypten Pkw mit Hybrid Antrieb nach Hersteller und Handelsname (KBA)

Pkw mit Plug-In-Hybrid Antrieb		Bestand am 01.01. des Jahres		
		2014	2015	2016
AUDI	A3 Sportback e-tron		398	1543
	Q7 e-tron			42
BAYER.MOT.WERKE-BMW	i3	156	1101	2138
	i8		359	577
	X5 xDrive40e			170
	225xe Active Tourer			41
	330e			31
Daimler (D)	C 350 e			307
	GLE 500 e 4MATIC			97
	S 500 PLUG IN HYBRID		69	94
	S 500 e			57
	GLC 350 e 4MATIC			20
Fisker (USA)	Karma	47	62	58
FORD (D)	C-MAX ENERGII		10	5
GENERAL MOT-GMC	Volt		1	2
MITSUBISHI (J)	Mitsubishi Outlander		911	1317
OPEL	Ampera	106	154	160
PORSCHE	Cayenne S e-hybrid		85	302
	Panamera S E-Hybrid	185	218	256
	918 Spyder		34	88
TOYOTA EUROPE	TOYOTA PRIUS PLUG-IN HYBR	546	656	748
VOLKSWAGEN-VW	GOLF		415	1501
	PASSAT			318
	XL1	29	73	82
VOLVO (S)	V60 Plug in Hybrid	159	320	289
	V60 Twin Engine			78
	XC90 T8 Twin Engine			60
Getypte Pkw mit Plug-In Hybridantrieb insgesamt		1.228	4.866	10.381

(Quelle: KBA/BASt, Typgruppenkatalog)

BASt-U2p-48/2016

**Tabelle 23:** Bestand an getypten Pkw mit Plug-In Hybrid Antrieb nach Hersteller und Handelsname (KBA)

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse stammen aus dem tabellarischen Anhang der Fahrleistungserhebung 2014 [siehe Bäumer et al. (2016)]:

Fahrleistung in km pro Kfz und Jahr	Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid	Flüssiggas	Erdgas	keine Angaben	Sonstige	Insgesamt
Mini	9.982	12.658	10.254		21.027	18.131	11.078	7.108	10.158
Kleinwagen	9.830	17.550	12.488	10.920	19.077	23.077	15.944	11.605	10.492
Kompaktklasse	10.716	17.781	11.007	13.754	18.664	15.331	6.627	10.248	12.531
Mittelklasse	10.711	17.776		20.965	17.747	21.392	8.492	10.052	13.365
obere Mittelklasse	11.968	17.154		22.284	18.678	20.723	14.521	15.753	14.458
Oberklasse	18.079	24.052	21.239	5.779	15.903		1.674	1.326	19.888
Geländewagen	11.451	17.015		9.386	16.040	5.115	10.784		15.451
Utilities	11.964	18.724			17.454	18.425	12.150	16.989	16.306
Sportwagen	8.736	15.121	12.304	12.796	17.951		8.885	6.957	9.132
Mini-Van	10.268	15.550		16.409	15.433	17.246	11.170	14.032	11.528
Großraum-Van	12.708	17.734		40.534	19.079	18.075	20.600	14.495	15.640
SUV	11.301	16.707		13.606	17.516	14.831	23.522	8.930	14.062
sonstige	9.527	8.585	9.615		18.297		11.462	4.784	10.256
keine Angabe	9.846	15.666		12.827	19.178	12.509	9.208	9.027	10.825
Insgesamt	10.435	17.411	10.794	13.567	18.213	18.460	9.942	10.953	12.334

**Tabelle 24:** Inländerfahrleistung von Pkw privater Halter gegliedert nach Antriebsart und Segment nach Bäumer et al. (2016) – tabellarischer Anhang; Tabelle Nr. 25)

Fahrleistung in km pro Kfz und Jahr	Benzin	Diesel	Reines Elektrofahrzeug	Hybrid	Flüssiggas	Erdgas	keine Angaben	Sonstige	Insgesamt
Mini	15.688	18.819	6.662		22.143	16.808		9.177	15.714
Kleinwagen	14.359	23.224	7.787	16.139	25.009	8.714		7.222	16.508
Kompaktklasse	16.010	30.120	7.647	17.571	29.595	9.918			25.120
Mittelklasse	17.738	33.092		21.872	33.640	28.517		15.413	30.038
obere Mittelklasse	18.105	32.251		27.643	13.338	52.186		14.793	29.492
Oberklasse	12.832	32.369	33.631	19.693				27.835	24.639
Geländewagen	17.601	27.893		18.200	16.782				26.389
Utilities	9.438	22.836	1.842		22.051	18.174	1.005	34.729	21.473
Sportwagen	13.972	27.982	10.349	19.382					15.315
Mini-Van	15.345	28.276	10.305		14.485	30.836		16.366	21.687
Großraum-Van	18.704	33.226		54.675	15.704	34.783			31.190
SUV	11.540	23.656		17.577	19.002	49.413		7.461	21.196
sonstige	31.942	19.678		4.886	12.332		20.836		21.701
keine Angaben	10.201	16.242	5.725	31.582	15.940	13.658	19.568	21.384	13.234
Insgesamt	15.309	29.073	7.839	22.813	22.972	22.470	20.013	22.477	24.519

**Tabelle 25:** Inländerfahrleistung von Pkw gewerblicher Halter gegliedert nach Antriebsart und Segment nach Bäumer et al. (2016) - tabellarischer Anhang; Tabelle Nr. 36

Antriebsart	Fahrleistung von Bussen 2014
	pro Kfz und Jahr in km
Diesel	51.378
Erdgas	50.526
anderer	43.079

**Tabelle 26:** Inländerfahrleistung von Bussen nach Antriebsart [Bäumer et al. (2016), S87].

<b>TOP15 Kreise für reine Elektro-Pkw privater Halter, 2016</b>			
<b>(Rang nach Anteil reine Elektrofahrzeuge an allen Fahrzeugen)</b>			
<b>Name des Kreises / der kreisfreien Stadt</b>	<b>Kreistyp</b>	<b>Anzahl reine Elektrofahrzeuge je 10.000 Fahrzeuge</b>	<b>Anzahl reine Elektrofahrzeuge absolut</b>
Starnberg	Städtische Kreise	10,02	72
Nordfriesland	Dünn besiedelte ländliche Kreise	8,05	72
Bad Kissingen	Dünn besiedelte ländliche Kreise	7,67	47
Böblingen	Städtische Kreise	6,66	136
Stuttgart	Kreisfreie Großstädte	6,44	142
Hochtaunuskreis	Städtische Kreise	6,39	80
Rhön-Grabfeld	Dünn besiedelte ländliche Kreise	6,15	29
Calw	Städtische Kreise	6,01	52
Rosenheim	Städtische Kreise	5,93	85
Traunstein	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,68	57
Erlangen-Höchstadt	Städtische Kreise	5,67	45
Landsberg am Lech	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,66	38
München	Städtische Kreise	5,65	94
Würzburg	Städtische Kreise	5,65	53
Schweinfurt	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,60	40
<b>TOP15 Regionen für reine Elektro-Pkw privater Halter, 2016</b>			
<b>(Rang nach Anteil reine Elektrofahrzeuge an allen Fahrzeugen)</b>			
<b>Name des Kreises / der kreisfreien Stadt</b>	<b>Kreistyp</b>	<b>Anzahl reine Elektrofahrzeuge je 10.000 Fahrzeuge</b>	<b>Anzahl reine Elektrofahrzeuge absolut</b>
Starnberg	Städtische Kreise	10,02	72
Nordfriesland	Dünn besiedelte ländliche Kreise	8,05	72
Bad Kissingen	Dünn besiedelte ländliche Kreise	7,67	47
Böblingen	Städtische Kreise	6,66	136
Stuttgart	Kreisfreie Großstädte	6,44	142
Hochtaunuskreis	Städtische Kreise	6,39	80
Rhön-Grabfeld	Dünn besiedelte ländliche Kreise	6,15	29
Calw	Städtische Kreise	6,01	52
Rosenheim	Städtische Kreise	5,93	85
Traunstein	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,68	57
Erlangen-Höchstadt	Städtische Kreise	5,67	45
Landsberg am Lech	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,66	38
München	Städtische Kreise	5,65	94
Würzburg	Städtische Kreise	5,65	53
Schweinfurt	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,60	40

**Tabelle 27:** TOP15 Kreise für Elektro-Pkw privater Halter, 2016 [Quelle: BAST/KBA (2016)]

<b>TOP15 Kreise für Hybrid-Pkw privater Halter, 2016</b>			
<b>(Rang nach Anteil Hybridfahrzeugen an allen Fahrzeugen)</b>			
<b>Name des Kreises / der kreisfreien Stadt</b>	<b>Kreistyp</b>	<b>Anzahl Hybridfahrzeuge ja 10.000 Fahrzeuge</b>	<b>Anzahl Hybridfahrzeuge absolut</b>
Berlin	Kreisfreie Großstädte	54,56	5.590
Dresden	Kreisfreie Großstädte	50,20	957
Zweibrücken	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	47,57	89
Leipzig	Kreisfreie Großstädte	47,54	911
Suhl	Dünn besiedelte ländliche Kreise	45,94	82
Schwabach	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	44,77	97
Augsburg	Kreisfreie Großstädte	44,15	488
Halle (Saale)	Kreisfreie Großstädte	43,34	357
Jena	Kreisfreie Großstädte	43,14	167
Weimar	Städtische Kreise	41,90	106
Dahme-Spreewald	Dünn besiedelte ländliche Kreise	41,73	368
Offenbach	Städtische Kreise	41,55	749
München	Städtische Kreise	40,54	674
Brandenburg a.d.Havel	Dünn besiedelte ländliche Kreise	40,54	124
Darmstadt	Kreisfreie Großstädte	40,52	238
<b>TOP15 Regionen für Hybrid-Pkw privater Halter, 2016</b>			
<b>(Rang nach Anteil Hybridfahrzeugen an allen Fahrzeugen)</b>			
<b>Name des Kreises / der kreisfreien Stadt</b>	<b>Kreistyp</b>	<b>Anzahl Hybridfahrzeuge ja 10.000 Fahrzeuge</b>	<b>Anzahl Hybridfahrzeuge absolut</b>
Berlin	Kreisfreie Großstädte	54,56	5.590
Dresden	Kreisfreie Großstädte	50,20	957
Zweibrücken	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	47,57	89
Leipzig	Kreisfreie Großstädte	47,54	911
Suhl	Dünn besiedelte ländliche Kreise	45,94	82
Schwabach	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	44,77	97
Augsburg	Kreisfreie Großstädte	44,15	488
Halle (Saale)	Kreisfreie Großstädte	43,34	357
Jena	Kreisfreie Großstädte	43,14	167
Weimar	Städtische Kreise	41,90	106
Dahme-Spreewald	Dünn besiedelte ländliche Kreise	41,73	368
Offenbach	Städtische Kreise	41,55	749
München	Städtische Kreise	40,54	674
Brandenburg a.d.Havel	Dünn besiedelte ländliche Kreise	40,54	124
Darmstadt	Kreisfreie Großstädte	40,52	238

**Tabelle 28:** TOP15 Kreise für Hybrid-Pkw privater Halter, 2016 [Quelle: BASt/KBA (2016)]



<b>TOP15 Kreise für Plug-in-Hybrid-Pkw privater Halter, 2016</b>			
<b>(Rang nach Anteil Plug-in-Fahrzeugen an allen Fahrzeugen)</b>			
<b>Name des Kreises / der kreisfreien Stadt</b>	<b>Kreistyp</b>	<b>Anzahl Plug-in-Hybride je 10.000 Fahrzeuge</b>	<b>Anzahl Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge absolut</b>
Starnberg	Städtische Kreise	3,34	24
München	Städtische Kreise	2,41	40
Miesbach	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	2,35	114
Flensburg	Dünn besiedelte ländliche Kreise	2,22	96
Bad Tölz-Wolfratshausen	Städtische Kreise	2,20	131
Wolfsburg	Kreisfreie Großstädte	1,92	46
Potsdam	Kreisfreie Großstädte	1,91	245
Darmstadt-Dieburg	Städtische Kreise	1,84	30
Hochtaunuskreis	Städtische Kreise	1,84	23
Passau	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	1,82	152
Würzburg	Kreisfreie Großstädte	1,76	156
Stuttgart	Kreisfreie Großstädte	1,72	38
Darmstadt	Kreisfreie Großstädte	1,70	238
Regensburg	Kreisfreie Großstädte	1,69	173
Landshut	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	1,64	257
<b>TOP15 Regionen für Plug-in-Hybrid-Pkw privater Halter, 2016</b>			
<b>(Rang nach Anteil Plug-in-Fahrzeugen an allen Fahrzeugen)</b>			
<b>Name des Kreises / der kreisfreien Stadt</b>	<b>Kreistyp</b>	<b>Anzahl Plug-in-Hybride je 10.000 Fahrzeuge</b>	<b>Anzahl Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge absolut</b>
Starnberg	Städtische Kreise	3,34	24
München	Städtische Kreise	2,41	40
Miesbach	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	2,35	114
Flensburg	Dünn besiedelte ländliche Kreise	2,22	96
Bad Tölz-Wolfratshausen	Städtische Kreise	2,20	131
Wolfsburg	Kreisfreie Großstädte	1,92	46
Potsdam	Kreisfreie Großstädte	1,91	245
Darmstadt-Dieburg	Städtische Kreise	1,84	30
Hochtaunuskreis	Städtische Kreise	1,84	23
Passau	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	1,82	152
Würzburg	Kreisfreie Großstädte	1,76	156
Stuttgart	Kreisfreie Großstädte	1,72	38
Darmstadt	Kreisfreie Großstädte	1,70	238
Regensburg	Kreisfreie Großstädte	1,69	173
Landshut	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	1,64	257

**Tabelle 29:** TOP15 Kreise für Plug-In-Hybrid-Pkw privater Halter, 2016 [Quelle: BAST/KBA (2016)]

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

## 2012

M 224: **Entwicklung der Verkehrssicherheit und ihrer Rahmenbedingungen bis 2015/2020**

Maier, Ahrens, Aurich, Bartz, Schiller, Winkler, Wittwer € 17,00

M 225: **Ablenkung durch fahrfremde Tätigkeiten – Machbarkeitsstudie**

Huemer, Vollrath € 17,50

M 226: **Rehabilitationsverlauf verkehrsauffälliger Kraftfahrer**

Glitsch, Bornewasser, Dünkel € 14,00

M 227: **Entwicklung eines methodischen Rahmenkonzeptes für Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr**

Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 16,00

M 228: **Profile von Senioren mit Autounfällen (PROSA)**

Pottgießer, Kleinemas, Dohmes, Spiegel, Schädlich, Rudinger € 17,50

M 229: **Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer**

Holte € 25,50

M 230: **Entwicklung, Verbreitung und Anwendung von Schulwegplänen**

Gerlach, Leven, Leven, Neumann, Jansen € 21,00

M 231: **Verkehrssicherheitsrelevante Leistungspotenziale, Defizite und Kompensationsmöglichkeiten älterer Kraftfahrer**

Poschadel, Falkenstein, Rinke, Mendzheritskiy, Fimm, Worringer, Engin, Kleinemas, Rudinger € 19,00

M 232: **Kinderunfallatlas – Regionale Verteilung von Kinderverkehrsunfällen in Deutschland**

Neumann-Opitz, Bartz, Leipnitz € 18,00

## 2013

M 233: **8. ADAC/BAST-Symposium 2012 – Sicher fahren in Europa**

CD-ROM / kostenpflichtiger Download € 18,00

M 234: **Fahranfängervorbereitung im internationalen Vergleich**

Genschow, Sturzbecher, Willmes-Lenz € 23,00

M 235: **Ein Verfahren zur Messung der Fahrsicherheit im Realverkehr entwickelt am Begleiteten Fahren**

Glaser, Waschulewski, Glaser, Schmid € 15,00

M 236: **Unfallbeteiligung von Wohnmobilen 2000 bis 2010**

Pöppel-Decker, Langner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 237: **Schwer erreichbare Zielgruppen – Handlungsansätze für eine neue Verkehrssicherheitsarbeit in Deutschland**

Funk, Faßmann € 18,00

M 238: **Verkehrserziehung in Kindergärten und Grundschulen**

Funk, Hecht, Nebel, Stumpf € 24,50

M 239: **Das Fahrerlaubnisprüfungssystem und seine Entwicklungspotenziale – Innovationsbericht 2009/2010**

€ 16,00

M 240: **Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen – Berichtsjahr 2011 – Abschlussbericht**

Küter, Holdik, Pöppel-Decker, Ulitzsch  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

M 241: **Intervention für punkteauffällige Fahrer – Konzeptgrundlagen des Fahreignungsseminars**

Glitsch, Bornewasser, Sturzbecher, Bredow, Kaltenbaek, Büttner € 25,50

M 242: **Zahlungsbereitschaft für Verkehrssicherheit – Vorstudie**

Bahamonde-Birke, Link, Kunert € 14,00

## 2014

M 243: **Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung**

Sturzbecher, Mörl, Kaltenbaek € 25,50

M 244: **Innovative Konzepte zur Begleitung von Fahranfängern durch E-Kommunikation**

Funk, Lang, Held, Hallmeier € 18,50

M 245: **Psychische Folgen von Verkehrsunfällen**

Auerbach € 20,00

M 246: **Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung 2011-2012 „Runter vom Gas!“**

Klimmt, Maurer, Baumann € 14,50

**AKTUALISIERTE NEUAUFLAGE VON:**

M 115: **Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung – gültig ab 1. Mai 2014**

Gräcmann, Albrecht € 17,50

M 247: **Psychologische Aspekte des Unfallrisikos für Motorradfahrerinnen und -fahrer**

von Below, Holte € 19,50

M 248: **Erkenntnisstand zu Verkehrssicherheitsmaßnahmen für ältere Verkehrsteilnehmer**

Falkenstein, Joiko, Poschadel € 15,00

M 249: **Wirkungsvolle Risikokommunikation für junge Fahrerinnen und Fahrer**

Holte, Klimmt, Baumann, Geber € 20,00

M 250: **Ausdehnung der Kostentragungspflicht des § 25a StVG auf den fließenden Verkehr**

Müller € 15,50

M 251: **Alkohol-Interlocks für alkoholauffällige Kraftfahrer**

Hauser, Merz, Pauls, Schnabel, Aydeniz, Blume, Bogus, Nitzsche, Stengl-Herrmann, Klipp, Buchstaller, DeVol, Laub, Müller, Veltgens, Ziegler € 15,50

M 252 **Psychologische Aspekte des Einsatzes von Lang-Lkw**

Glaser, Glaser, Schmid, Waschulewski

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor, ist interaktiv und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2015

M 253: **Simulatorstudien zur Ablenkungswirkung fahrfremder Tätigkeiten**

Schömig, Schoch, Neukum, Schumacher, Wandtner € 18,50

M 254: **Kompensationsstrategien von älteren Verkehrsteilnehmern nach einer VZR-Auffälligkeit**

Karthaus, Willemssen, Joiko, Falkenstein € 17,00

M 255: **Demenz und Verkehrssicherheit**

Fimm, Blankenheim, Poschadel € 17,00

M 256: **Verkehrsbezogene Eckdaten und verkehrssicherheitsrelevante Gesundheitsdaten älterer Verkehrsteilnehmer**

Rudinger, Haverkamp, Mehlis, Falkenstein, Hahn, Willemssen € 20,00

- M 257: **Projektgruppe MPU-Reform**  
Albrecht, Evers, Klipp, Schulze € 14,00
- M 258: **Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen**  
Follmer, Geis, Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 14,00
- M 259: **Alkoholkonsum und Verkehrsunfallgefahren bei Jugendlichen**  
Hoppe, Tekaat € 16,50
- M 260: **Leistungen des Rettungsdienstes 2012/13**  
Schmiedel, Behrendt € 16,50
- M 261: **Stand der Radfahrausbildung an Schulen und motorische Voraussetzungen bei Kindern**  
Günther, Kraft € 18,50
- M 262: **Qualität in Fahreignungsberatung und fahreignungsfördernden Maßnahmen**  
Klipp, Bischof, Born, DeVol, Dreyer, Ehler, Hofstätter, Kalwitzki, Schattschneider, Veltgens € 13,50
- M 263: **Nachweis alkoholbedingter Leistungsveränderungen mit einer Fahrverhaltensprobe im Fahrsimulator der BAST**  
Schumacher  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2016

- M 264: **Verkehrssicherheit von Radfahrern – Analyse sicherheitsrelevanter Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen**  
von Below € 17,50
- M 265: **Legalbewährung verkehrsauffälliger Kraftfahrer nach Neuerteilung der Fahrerlaubnis**  
Kühne, Hundertmark € 15,00
- M 266: **Die Wirkung von Verkehrssicherheitsbotschaften im Fahrsimulator – eine Machbarkeitsstudie**  
Wandtner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 267: **Wahrnehmungspsychologische Analyse der Radfahraufgabe**  
Platho, Paulenz, Kolrep € 16,50
- M 268: **Revision zur optimierten Praktischen Fahrerlaubnisprüfung**  
Sturzbecher, Luniak, Mörl € 20,50
- M 269: **Ansätze zur Optimierung der Fahrschulausbildung in Deutschland**  
Sturzbecher, Luniak, Mörl € 21,50
- M 270: **Alternative Antriebstechnologien – Marktdurchdringung und Konsequenzen**  
Schleh, Bierbach, Piasecki, Pöppel-Decker, Ulitzsch  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2017

- M 271: **Evaluation der Kampagnenfortsetzung 2013/2014 „Runter vom Gas!“**  
Klimmt, Geber, Maurer, Oschatz, Süßlow € 14,50
- M 272: **Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen 2015**  
Gruschwitz, Hölscher, Raudszus, Zlocki € 15,00
- M 273: **Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung – Grundlagen und Umsetzungsmöglichkeiten in der Fahranfängervorbereitung**  
TÜV | DEKRA arge tp 21 € 22,00

- M 273b: **Traffic perception and hazard avoidance – Foundations and possibilities for implementation in novice driver preparation**  
Bredow, Brünken, Dressler, Friedel, Genschow, Kaufmann, Malone, Mörl, Rüdell, Schubert, Sturzbecher, Teichert, Wagner, Weiße  
Dieser Bericht ist die englische Fassung von M 273 und liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 274: **Fahrschulüberwachung in Deutschland – Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen**  
Sturzbecher, Bredow  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 275: **Reform der Fahrlehrerausbildung**  
**Teil 1: Weiterentwicklung der Fahrlehrerausbildung in Deutschland**  
**Teil 2: Kompetenzorientierte Neugestaltung der Qualifizierung von Inhabern/verantwortlichen Leitern von Ausbildungsfahrschulen und Ausbildungsfahrlehrern**  
Brünken, Leutner, Sturzbecher  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- M 276: **Zeitreihenmodelle mit meteorologischen Variablen zur Prognose von Unfallzahlen**  
Martensen, Diependaele € 14,50

## 2018

- M 277: **Unfallgeschehen schwerer Güterkraftfahrzeuge**  
Panwinkler € 18,50
- M 278: **Alternative Antriebstechnologien: Marktdurchdringung und Konsequenzen für die Straßenverkehrssicherheit**  
Schleh, Bierbach, Piasecki, Pöppel-Decker, Schönebeck  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

**Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH**  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax+(0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)