

Gnann, Till; Plötz, Patrick

Working Paper

Status Quo und Perspektiven der Elektromobilität in Deutschland

Working Paper Sustainability and Innovation, No. S14/2011

Provided in Cooperation with:

Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI

Suggested Citation: Gnann, Till; Plötz, Patrick (2011) : Status Quo und Perspektiven der Elektromobilität in Deutschland, Working Paper Sustainability and Innovation, No. S14/2011, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-295630>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/54753>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Working Paper Sustainability and Innovation
No. S 14/2011



Till Gnann
Patrick Plötz

Status Quo und Perspektiven der Elektro-
mobilität in Deutschland

Abstract

Elektromobilität bietet große Potenziale zur Reduktion der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen und Erhöhung der Versorgungssicherheit, bedeutet aber auch Veränderungen in der Automobilbranche. In der Vielzahl der Entwicklungen und Ereignisse gehen häufig der Blick auf die wesentlichen Ergebnisse und die Perspektive für zentrale Entwicklungen verloren. Die vorliegende Studie versucht in diesem Umfeld Orientierung zu bieten und die zentralen Punkte des Absatzmarktes, der politischen Rahmenbedingungen und zukünftiger Nutzer darstellen. Den Ausgangspunkt bilden der aktuelle deutsche PKW-Markt und die Entwicklungen der letzten Jahre. Die nahe Zukunft der Elektromobilität in Deutschland wird mittels der Ankündigung großer Hersteller, politischer Rahmenbedingungen und vorliegenden Ergebnisse zu den möglichen Erstkäufern charakterisiert. Anhand von Trends lassen sich langfristige Entwicklungen skizzieren.

Es lässt sich feststellen, dass heute kaum Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen sind, was teilweise daran liegt, dass kaum Fahrzeuge käuflich erwerbbar sind. Mittlerweile haben einige Fahrzeughersteller Elektromobile in Aussicht gestellt, jedoch möchte die Politik einen Kauf bislang nicht direkt subventionieren, um Preisdifferenzen auszugleichen und den Markt anzukurbeln. Stattdessen setzt die Politik auf indirekte und vornehmlich non-monetäre Instrumente. In Hinblick auf eine mögliche Leitanbieterschaft scheint Deutschland insbesondere im Bereich der Elektromotoren gut aufgestellt, bei Leistungselektronik und Fahrzeugen ist man auf Augenhöhe mit zahlreichen weiteren Konkurrenten, während im Batteriebereich vor allem asiatische und nordamerikanische Hersteller den deutschen voraus sind.

Key words

Elektromobilität, Transport, Automobilbranche, Automobilwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Einleitung	1
2	Heute	2
2.1	Der deutsche Automobilmarkt.....	2
2.2	Die wichtigsten Marktteilnehmer	9
2.3	Politische Rahmenbedingungen	11
3	Morgen	17
3.1	Akteure im Markt der Elektromobilität	17
3.2	Erwartete Erstkäufer von Elektrofahrzeugen.....	30
3.3	Zusammenfassung.....	33
4	Übermorgen	35
4.1	Trends im Bereich Elektromobilität	35
4.2	Politische Entwicklung in den nächsten Jahren	42
4.3	Zukünftiges Marktpotential für Elektrofahrzeuge.....	44
5	Zusammenfassung	47
6	Literaturverzeichnis	49

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Deutschland in linearer (links) und logarithmischer Auftragung (rechts)	2
Abbildung 2: Bestand an Kraftfahrzeugen in Deutschland 2010.....	3
Abbildung 3: Anteil der Größenklassen an gesamten PKW-Neuzulassungen 2009 bis 2011.....	4
Abbildung 4: Anteil neuer Antriebstechnologien an PKW-Neuzulassungen 2005 bis 2010.....	6
Abbildung 5: PKW-Neuzulassungen nach Herkunft der Marken (Mittelwerte 2001 - 2010)	7
Abbildung 6: Anteil nicht-deutscher Marken an PKW-Neuzulassungen der Jahre 2001 bis 2010.....	8
Abbildung 7: Entwicklung des PKW-Bestandes nach Herstellern 2001 bis 2009.....	9
Abbildung 8: Neuzulassungen von PKW im Jahr 2010 nach Herstellern	10
Abbildung 9: Überblick über die Fördermaßnahmen und Forschungsschwerpunkte des Bundes.....	16
Abbildung 10: Hersteller von Elektroautos nach weltweit produzierten Fahrzeugen im Jahr 2010.....	17
Abbildung 11: Aktivitäten von Automobilherstellern im Elektromobilitätsbereich (Stand Oktober 2011)	18
Abbildung 12: Weltweit größte (links) und größte deutsche (rechts) Automobilzulieferer nach Umsatz 2008 bis 2010.....	23
Abbildung 13: Marktanteile von Herstellern elektrischer Antriebe in Deutschland 2004	28
Abbildung 14: Entwicklungspotenzial Batteriepreises bis 2030	35
Abbildung 15: Ölpreisszenarien der Internationalen Energie Agentur	36
Abbildung 16: Wertschöpfungsverschiebung weltweit durch Elektromobilität im Fraunhofer ISI Dominanz-Szenario für 2030 (37 % ICE, 31 % HEV und 32 % BEV+PHEV).....	38
Abbildung 17: Leistungs- und Energiedichten zukünftiger Batterietechnologien	39
Abbildung 18: Entwicklung des mittleren Fahrzeugalters 2001 – 2009	40
Abbildung 19: Fraunhofer ISI - Szenarien für den Elektroauto-Bestand in Deutschland: Dominanz- (links) und Pluralismus-Szenario (rechts).....	44
Abbildung 20: Neuzulassungen von Plug-in-Hybriden und Batteriefahrzeugen in Deutschland.....	45

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: PKW-Neuzulassungen der letzten Jahre in Deutschland	4
Tabelle 2: PKW-Neuzulassungen nach Antriebsart in Deutschland.....	5
Tabelle 3: Jährliche Zuwachsraten von Antriebsarten bei PKW-Neuzulassungen.....	6
Tabelle 4: Herkunft neuer Hybrid- und Elektrofahrzeuge	8
Tabelle 5: Autohersteller und ihre Neuzulassungen in Deutschland, weltweiten Verkäufe, Umsätze und Mitarbeiterzahlen	11
Tabelle 6: Vergleich von Größenklassen der neu zugelassenen Verbrenner-Fahrzeuge 2010 (Verkauf) mit den im Markt erhältlichen (Serie) und den angekündigten Hybrid- und Elektrofahrzeugen (Marktankündigung)	19
Tabelle 7: Vergleich von Antriebstechnologien der erhältlichen und angekündigten Fahrzeuge der verschiedenen Fahrzeughersteller	20
Tabelle 8: Verteilung der Größenklassen auf die verschiedenen Antriebstechnologien der heute erhältlichen (Serie) und angekündigten Elektrofahrzeuge (Marktankündigung).....	22
Tabelle 9: Batteriehersteller nach Umsatz 2010, geschätztem Marktanteil im Fahrzeugsektor 2015 und Mitarbeiterzahl	26
Tabelle 10: Weltmarkt für Elektromotoren 2010	27
Tabelle 11: Ladeinfrastrukturszenario der Nationalen Plattform Elektromobilität.....	37

1 Einleitung

Elektromobilität ist eine Möglichkeit, die Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr langfristig zu reduzieren und bietet damit langfristig großes CO₂-Einsparpotential in diesem Bereich. Ein weiterer Treiber ist die Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen und der Sicherstellung einer bezahlbaren Individualmobilität. Zusätzlich hat eine starke Verbreitung von Elektrofahrzeugen deutliche Auswirkungen auf die Automobilbranche: Die Wertschöpfung könnte sich in Zukunft deutlich zugunsten der Zulieferer verschieben (Fromm, T. 2011). Entsprechend werden viele Erwartungen mit Elektromobilität verbunden. Auch die Einführung und Ankündigung von Elektrofahrzeugen und die aktuellen Pläne der Bundesregierung haben ein starkes mediales Echo erfahren.

Elektromobilität ist insgesamt ein sehr aktuelles Thema und die entstehende Branche zeigt deutliches Entwicklungspotential. Ziel dieser Kurzstudie ist es, eine grobe Übersicht und Orientierung zum aktuellen Stand der Elektromobilität in Deutschland zu geben. Dafür wird die aktuelle Marktsituation und die derzeitigen politischen Handlungen analysiert (Heute), Ankündigen von Automobilindustrie und Politik diskutiert sowie potenzielle Erstnutzer für die Erstmärkte der Elektromobilität ermittelt (Morgen) und mithilfe langfristiger Trends und Marktprognosen ein Ausblick in die Zukunft gewagt (Übermorgen). Diese kurze Übersicht kann dabei nicht umfassend. Es wird versucht, den Markt, die Akteure, Rahmenbedingungen, und Trends im Bereich Personenkraftwagen zusammenzufassen. Hierzu werden bestehende Ergebnisse aus anderen Studien dargestellt, reflektiert und bewertet sowie punktuell zusätzliche Recherchen vorgenommen.

Der Begriff „Elektromobilität“ bezieht sich dabei auf Kraftfahrzeuge, die hauptsächlich elektrisch angetrieben und aus einer wiederaufladbaren Batterie gespeist werden, welche am Stromnetz geladen werden kann. Demnach werden reine Batteriefahrzeuge (BEV) und Plug-in-Hybride (PHEV) als Elektrofahrzeuge angesehen. Hybridfahrzeuge (Mild- und Mikrohybride, HEV) verfügen zwar auch über kleine Batterien, können aber nicht rein elektrisch fahren. Sie spielen als Übergangstechnologie und zur Effizienzsteigerung eine wichtige Rolle und werden daher im vorliegenden Bericht mit betrachtet. Diese werden jedoch nicht als Elektrofahrzeuge bezeichnet, da sie nicht mit Netzstrom betrieben werden können. Brennstoffzellenfahrzeuge fahren ebenfalls rein elektrisch, speichern die dafür nötige Energie jedoch in Wasserstoff. Sie sind nicht zentraler Gegenstand dieser Studie und werden nur am Rande gestreift. Auf Elektromobilität im weiteren Sinne (Integration in Energie- und Verkehrssysteme) und auf viele weitere interessante Aspekte (Zweiräder, LKW, technische Details, Ladeinfrastruktur u.v.a.m.) kann hier nicht detailliert eingegangen werden.

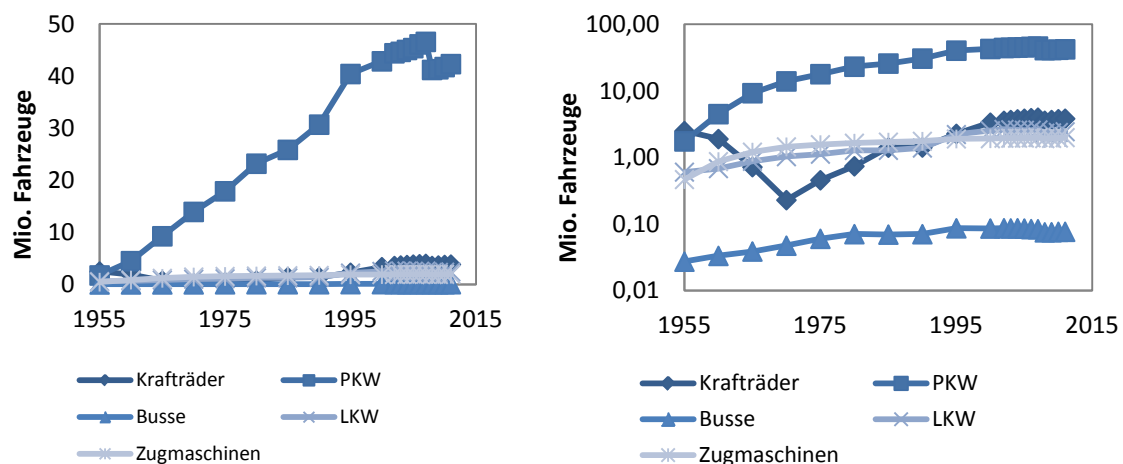
2 Heute

2.1 Der deutsche Automobilmarkt

In diesem Abschnitt wird die aktuelle Marktsituation des Automobilmarktes für Deutschland dargestellt, sowie die Größe der Teilmärkte nach Größenklassen und Antriebsformen.

Gesamtmarkt von Personenkraftwagen

Für die prinzipielle Größe des PKW-Marktes ist die Entwicklung des gesamten PKW-Bestandes und dessen kontinuierliche Erneuerung durch die jährliche Zahl der PKW-Neuzulassungen von Bedeutung. Das Kraftfahrtbundesamt (KBA) gibt Auskunft über die Entwicklung des Bestandes an Kraftfahrzeugen in Deutschland, was Abbildung 1 darstellt.

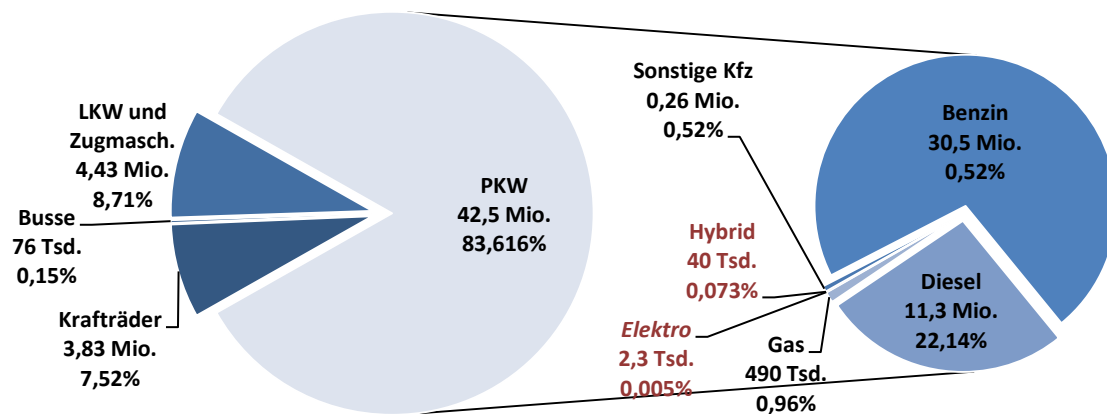


Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Abbildung 1: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Deutschland in linearer (links) und logarithmischer Auftragung (rechts)

Es lässt sich feststellen, dass die Zahl der Kraftfahrzeuge in der Bundesrepublik seit den 1950er Jahren kontinuierlich gewachsen ist. Heute kommt in der BRD auf zwei Personen etwa ein PKW. Der PKW-Bestand hat die Anzahl an Zweirädern früh übertroffen und stellt seither die klar größte Gruppe an Fahrzeugen dar. Die größten Zuwachsraten zeigen in den letzten Jahren PKW und Zweiräder, die Zahl der anderen Fahrzeugarten steigt nur langsam an.

Die genaue Zusammensetzung des Bestandes an Kraftfahrzeugen in Deutschland stellt sich heute wie in Abbildung 2 dar. Den Hauptteil der Fahrzeuge bilden PKW mit 42,5 Mio. Fahrzeugen, wobei drei Viertel hiervon (30 Mio. Fahrzeuge) mit Benzinmotoren angetrieben werden. Dieselmotoren kommen auf einen Anteil von ca. 11 Mio. Fahrzeugen. Andere Antriebsarten machen heute im PKW-Bereich 1,5 % des Bestandes aus. Darunter sind ca. 0,5 Mio. Gasfahrzeuge, und nur ein kleiner Teil von insgesamt 2300 Fahrzeugen sind schon heute (Daten zum 01.01.2011) reine Batteriefahrzeuge. Gerade Kleinkrafträder haben jedoch ein hohes Potenzial für elektrische Antriebe, in Deutschland betrifft das prinzipiell 3,8 Mio. Krafträder.



Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Abbildung 2: Bestand an Kraftfahrzeugen in Deutschland 2010

Der aktuelle Bestand an Hybrid- und Elektrofahrzeugen ist, wie in Abbildung 2 zu sehen, sehr gering in der Bundesrepublik. Dies liegt daran, dass Hybridfahrzeuge in größerer Modellpalette erst seit kurzem und Elektrofahrzeuge bisher kaum kommerziell verfügbar sind. Dabei werden Elektrofahrzeuge typischerweise eingeteilt in reine Batteriefahrzeuge und Plug-in-Hybride. Für beide Fahrzeugtypen sind erst kürzlich die ersten Fahrzeuge auf den deutschen Markt gekommen (vgl. Abschnitt 2.2).

Die Zahl der jährlichen Neuzulassungen lag in den letzten Jahren zwischen drei und vier Millionen Fahrzeugen und schwankte erheblich innerhalb dieses Bereiches. Die Größe der Schwankung ist zum Teil auf die Weltwirtschaftskrise und politische Reaktionen darauf (z. B. die sogenannte Umweltpremie) zurückzuführen.

Tabelle 1: PKW-Neuzulassungen der letzten Jahre in Deutschland

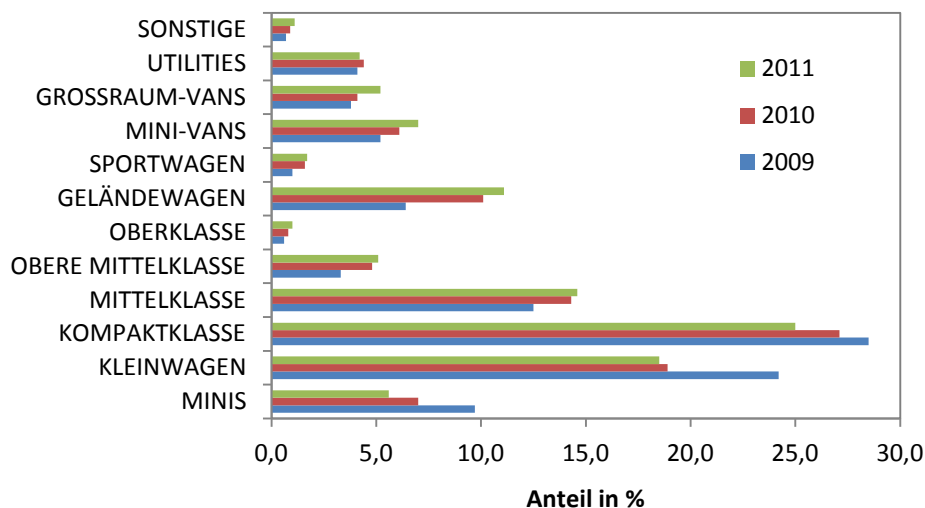
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittelwert
Neu	3.342.122	3.467.961	3.148.163	3.090.040	3.807.175	2.916.260	3.295.287
Relative Änderung zum Vorjahr		+3,8 %	-9,2 %	-1,8 %	+23,8 %	-23,4 %	

Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Man erkennt klar, dass das deutliche Wachstum der Zahl der Neuzulassungen im Jahr 2009 durch das zurückgegangene Kaufverhalten der Käufer im Folgejahr ausgeglichen wurde. Insgesamt liegt die Zahl der Neuzulassungen in den letzten Jahren im Mittel bei etwas über drei Millionen Fahrzeuge pro Jahr mit einer leicht sinkenden Tendenz.

Verkäufe nach Segment

Abgesehen von den Schwankungen in den absoluten Verkaufszahlen der letzten Jahre zeigen die Anteile der einzelnen Größenklassen an den Verkäufen leichte Veränderungen. Abbildung 3 zeigt den prozentualen Anteil der einzelnen Fahrzeugklassen an den Neuzulassungen der letzten Jahre (Zahlen für 2011: Januar bis einschließlich August 2011).



Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Abbildung 3: Anteil der Größenklassen an gesamten PKW-Neuzulassungen 2009 bis 2011

Die drei Gruppen Kleinwagen, Kompakt- und Mittelklasse haben die größten Anteile an den Verkaufszahlen der letzten Jahre und machen gemeinsam ca. 60 % der Verkäufe aus (2009: 65 %; 2010: 60 %; 2011: 58 %). Allerdings haben diese Gruppen in den letzten Jahren Marktanteile an Geländewagen und Vans verloren (2009: 15,4 %; 2010: 20,3 %; 2011: 23,3 %). Anhand der Verkaufszahlen der letzten drei Jahre ist daher ein Trend zu größeren Fahrzeugen erkennbar.

Verkäufe nach Antriebsart

Für die mögliche Bedeutung und den zukünftigen Markt von Elektrofahrzeugen ist der Anteil verschiedener Antriebsarten an den PKW-Verkäufen relevant. Seit einer Revision der Kraftfahrzeug-Statistik 2005 sind die Anteile von Benzin-, Diesel-, Flüssiggas-, Erdgas-, Elektro- und Hybridfahrzeugen an den gesamten Neuzulassungen verfügbar. Tabelle 2 zeigt die Zahl der Neuzulassungen nach Antriebsart der letzten sechs Jahre.

Tabelle 2: PKW-Neuzulassungen nach Antriebsart in Deutschland

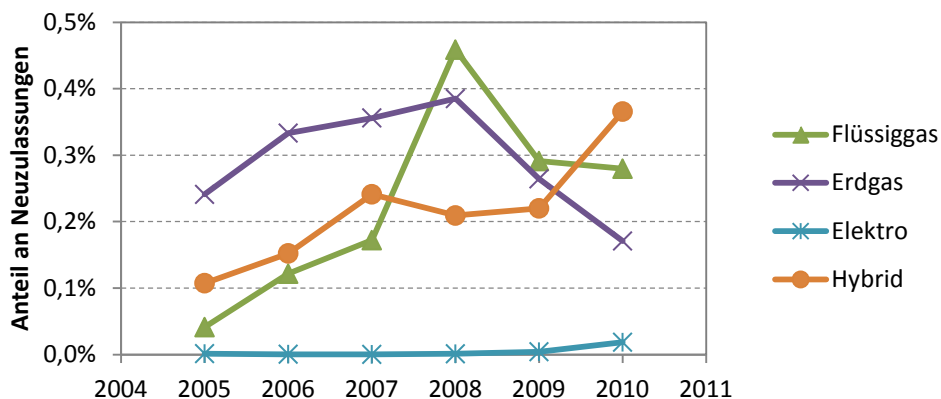
Jahr	Benzin	Diesel	Flüssiggas	Erdgas	Elektro	Hybrid	Gesamt
2005	1.903.190	1.425.576	1.380	8.053	47	3.589	3.342.122
2006	1.910.823	1.535.881	4.220	11.555	19	5.278	3.467.961
2007	1.622.276	1.501.566	5.419	11.208	8	7.591	3.148.163
2008	1.695.972	1.361.457	14.175	11.896	36	6.464	3.090.040
2009	2.608.767	1.168.633	11.083	10.062	162	8.374	3.807.175
2010	1.669.927	1.221.938	8.154	4.982	541	10.661	2.916.260

Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Reine Benzin- und Dieselfahrzeuge bildeten in den letzten Jahren zusammen über 99 % aller neu zugelassenen PKW in Deutschland. Die restlichen Antriebsarten spielen derzeit noch eine nur untergeordnete Rolle. Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Anteile an Neuzulassungen dieser alternativen Antriebstechnologien.

Innerhalb dieser kleinen Gruppe an alternativen Antrieben verzeichnen Flüssiggas- und Hybridfahrzeuge wachsende Anteile. Das aktuelle Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen im gesamten PKW-Bestand 2020 (Bundesregierung 2011) ließe sich erreichen, wenn der Anteil der Elektro-

fahrzeuge an den Neuzulassungen bis 2020 kontinuierlich auf zweistellige Prozentzahlen wächst.¹



Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Abbildung 4: Anteil neuer Antriebstechnologien an PKW-Neuzulassungen 2005 bis 2010

Folgende Tabelle fasst die Zuwächse der einzelnen Gruppen zusammen und verdeutlicht die starken jährlichen Schwankungen.

Tabelle 3: Jährliche Zuwachsraten von Antriebsarten bei PKW-Neuzulassungen²

Jahr	Benzin	Diesel	Flüssiggas	Erdgas	Elektro	Hybrid	Gesamt
2006	0,4 %	7,7 %	205,8 %	43,5 %	-59,6 %	47,1 %	3,8 %
2007	-15,1 %	-2,2 %	28,4 %	-3,0 %	-57,9 %	43,8 %	-9,2 %
2008	4,5 %	-9,3 %	161,6 %	6,1 %	350,0 %	-14,8 %	-1,8 %
2009	53,8 %	-14,2 %	-21,8 %	-15,4 %	350,0 %	29,5 %	23,2 %
2010	-36,0 %	4,6 %	-26,4 %	-50,5 %	234,0 %	27,3 %	-23,4 %

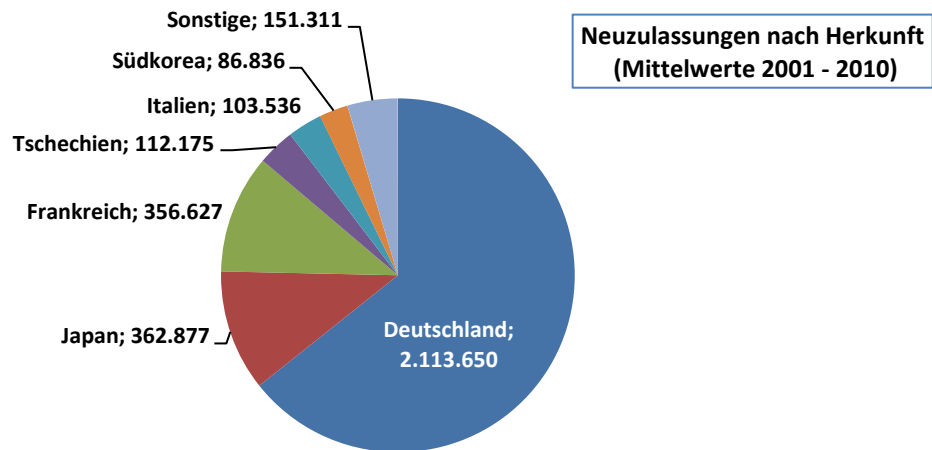
¹ Bei derzeit 2300 Elektrofahrzeugen und zu erreichenden 1 Mio. ergibt sich bei geometrischem Wachstum $10^6 - 2300 = 541 \sum_m q^m = 541 \frac{1-q^{10+1}}{1-q}$ eine Wachstumsrate von $q = 1.97$

(einzige reelle Lösung der letzten Gleichung), d. h. fast eine jährliche Verdopplung. Dies wären knapp 500.000 PKW 2020, d. h. 16,7 % von hypothetischen 3 Mio. Neuzulassungen.

² Die Wachstumsraten für Elektrofahrzeuge sind der Vollständigkeit halber in der Tabelle mitaufgeführt, sie sind jedoch wenig aussagekräftig, denn es gab bisher kaum kommerziell verfügbare Elektrofahrzeuge in der Bundesrepublik. Die angeführten Fahrzeuge sind zu großen Teilen Fahrzeuge von kleinen Nischenproduzenten, privat umgebaute Fahrzeuge und Demonstrationsfahrzeuge aus Forschungsprojekten.

Herkunft der PKW nach Marken

Von den ca. 3 Millionen jährlich in Deutschland neuzugelassenen PKW, stammt rund ein Drittel aus dem Ausland (siehe Abbildung 5).



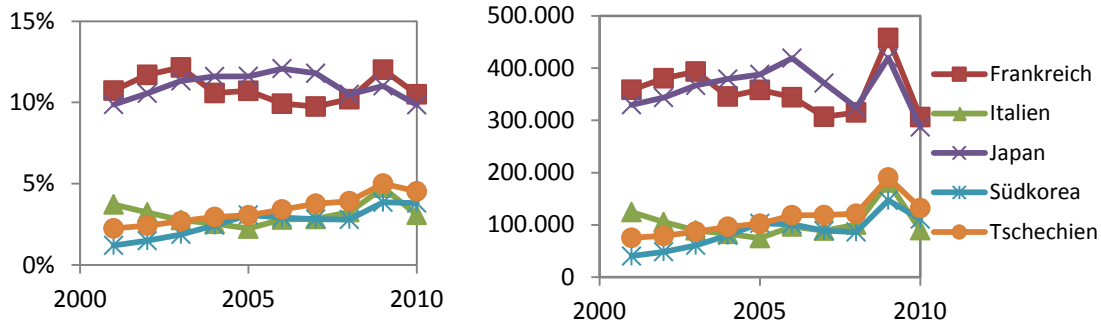
Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Abbildung 5: PKW-Neuzulassungen nach Herkunft der Marken (Mittelwerte 2001 bis 2010)

Die Herkunft der Marken neuzugelassener nicht-deutscher PKW verteilt sich vor allem auf japanische (Toyota, Nissan, Mitsubishi, Mazda, Daihatsu, Honda, Subaru), französische (Citroen, Peugeot, Renault, Dacia), tschechische (Skoda), italienische (Alfa Romeo, Ferrari, Fiat, Lancia, Maserati, Lamborghini) und südkoreanische Fahrzeuge (Hyundai, Kia). Das genaue Verhältnis zwischen Neuzulassungen deutscher und ausländischer Herkunft variiert dabei leicht von Jahr zu Jahr. Seit Mitte der achtziger Jahre liegt der deutsche Anteil aber relativ konstant bei zwei Dritteln.

Die Anteile und Verteilung nicht-deutscher PKW an den Neuzulassungen untereinander sind in Abbildung 6 dargestellt. Es kommt zu leichten Verschiebungen zwischen den Anteilen, insbesondere tschechische PKW konnten ihren Anteil an den Neuzulassungen stetig von zwei auf vier Prozent verbessern.

Zusammenfassend wird deutlich, dass ein Drittel der neuzugelassenen Fahrzeuge importiert wird. Da ausländische Hersteller (wie Mitsubishi, Toyota, Honda, Renault) bereits Elektrofahrzeuge anbieten, haben diese vermutlich gute Chancen auch auf dem deutschen Markt Fuß zu fassen.



Quelle: (KBA 2011c) und eigene Auswertung

Abbildung 6: Anteil nicht-deutscher Marken an PKW-Neuzulassungen der Jahre 2001 bis 2010

Herkunft neuer Hybrid- und Elektrofahrzeuge

In einem Fachartikel (KBA 2011a) geht das Kraftfahrtbundesamt auf die 2010 am häufigsten neuzugelassenen Hybrid- und Elektrofahrzeuge genauer ein, deren Zahlen in Tabelle 4 zusammengefasst sind.

Dabei sind die fünf häufigsten Hybride alle japanischer Herkunft (Lexus ist Teil des Toyota-Konzerns) und machen 81 % der 10.661 neuzugelassenen Hybride im Jahr 2010 aus. Bei den reinen Elektrofahrzeugen hingegen sind mehrere deutsche Unternehmen (Smart, Mercedes, Volkswagen) vertreten. Allerdings muss auch wieder einschränkend bemerkt werden, dass es sich hierbei vermutlich um eine große Zahl von Forschungsfahrzeugen handelt. Da ein erheblicher Anteil der Hybridfahrzeuge aus Japan stammt, ist auch zukünftig ein hoher Anteil an japanischen Hybridfahrzeugen gut vorstellbar.

Tabelle 4: Herkunft neuer Hybrid- und Elektrofahrzeuge

Hybrid	Neu 2010	Rein Elektro	Neu 2010
Toyota Prius	3.481	Smart ForTwo	150
Toyota Auris	1.880	Fiat 500	57
Honda CR-Z	1.375	VW Golf, Jetta	51
Lexus RX	1.157	Suzuki Splash	34
Honda Insight	762	Mercedes A-Klasse	32

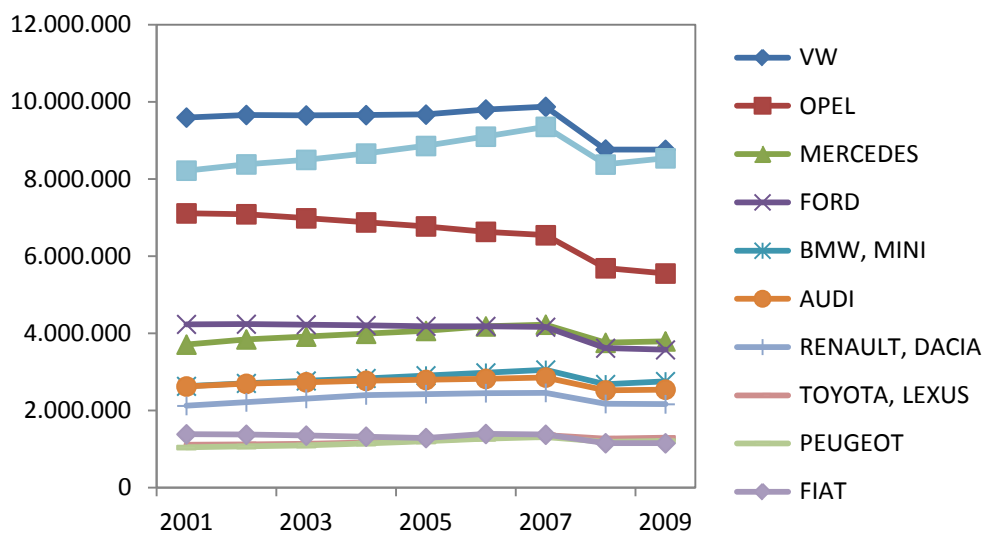
Quelle: (KBA 2011a)

Es lässt sich festhalten, dass der deutsche Automobilabsatzmarkt bislang kaum von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben beeinflusst wird. Die bislang kleine

Zahl an Hybridfahrzeugen (etwa 10.000) stammt vornehmlich aus Japan, die sehr kleine Zahl an reinen Elektrofahrzeugen teilweise aus Deutschland. Im Folgeabschnitt werden deshalb die wichtigsten Automobilhersteller im Absatzmarkt für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren detaillierter analysiert.

2.2 Die wichtigsten Marktteilnehmer

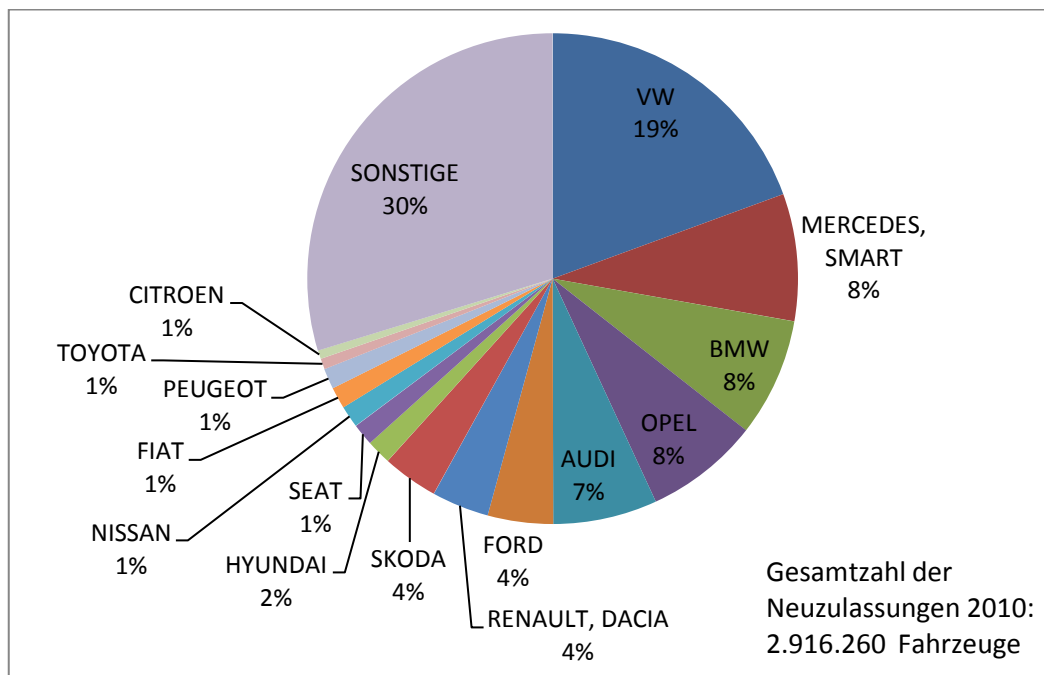
Im deutschen Automobilbestand steht seit einigen Jahren VW mit einem Anteil von rund 20 % an der Spitze der Autohersteller, wie Abbildung 7 zu entnehmen ist, welche den Bestand der PKW nach Herstellern zwischen 2001 und 2009 zeigt. An zweiter Stelle liegt Opel (etwa 13 %) mit einigem Abstand zu Mercedes, Ford, BMW und Audi (6 bis 9 %). Danach folgen Renault, Toyota, Peugeot und Fiat (rund 3 %). Es sind zudem viele weitere Marken im deutschen Autobestand vertreten, ihr Anteil ist tendenziell steigend.



Quelle: (KBA 2010)

Abbildung 7: Entwicklung des PKW-Bestandes nach Herstellern 2001 bis 2009

Auch bei den Neuzulassungen im Jahr 2010 (Abbildung 8) liegt VW an der Spitze mit einem Marktanteil von fast 30 %. Danach folgen Mercedes, BMW, Opel und Audi mit Marktanteilen von 10 bis 12 %, sowie Ford, Renault und Skoda (5 bis 6 %). Weitere Fahrzeughersteller sind mit Marktanteilen unter 2 % vertreten.



Quelle: (KBA 2010)

Abbildung 8: Neuzulassungen von PKW im Jahr 2010 nach Herstellern

In Tabelle 5 sind neben den Absolutwerten der Neuzulassungen der wichtigsten Hersteller für den deutschen Markt auch deren weltweite Verkäufe, sowie der Umsatz und die Mitarbeiterzahlen aus dem Jahr 2010 dargestellt.³ Hier wird anhand der weltweit verkauften Fahrzeuge deutlich, dass 2010 nur VW (4,6 Mio.) mit dem Branchenprimus Toyota (6,3 Mio.) mithalten konnte; auch Hyundai (5,2 Mio.) verkaufte weltweit mehr Fahrzeuge als VW. Die Umsätze verhalten sich zumeist proportional zu den verkauften Fahrzeugen, nur Hyundai und Opel fallen durch verhältnismäßig geringen Umsatz auf, Mercedes und BMW durch einen relativ hohen.

Bei den Marken Mercedes und BMW ist dies durch die verkauften Premium-Marken zu erklären, Opel könnte zur Konsolidierung der Bilanzen nach der Wirtschaftskrise mit Verkäufen unter Wert das Geschäft angekurbelt haben. Die Mitarbeiterzahlen lassen eine Aussage über die Unternehmensgröße zu, hier muss jedoch ebenso die Sparte der Fahrzeughersteller beachtet werden. Mercedes (96.000 Mitarbeiter) und BMW (95.000) als Premiummarken beschäfti-

³ Die Daten sind den Geschäftsberichten und Firmenwebseiten der verschiedenen Unternehmen entnommen.

gen demnach relativ viele Mitarbeiter gemessen an ihren Fahrzeugverkäufen, wenn man sie mit VW (95.000) vergleicht, Opel hingegen relativ wenige. Spitzenreiter ist auch hier Toyota (318.000), gefolgt von Peugeot (202.000) und Ford (157.000).

Tabelle 5: Autohersteller und ihre Neuzulassungen in Deutschland, weltweiten Verkäufe, Umsätze und Mitarbeiterzahlen

Hersteller	Neuzulassungen in D 2010	Verkaufte Fahrzeuge weltweit 2010	Umsatz 2010 [Mio. €]	Mitarbeiter 2010
VW	565.586	4.591.451	80.251	95.000
MERCEDES, SMART	244.152	1.178.300	53.426	96.281
BMW	227.121	1.236.989	54.137	95.453
OPEL	218.688	1.254.750	9.994	25.103
AUDI	199.971	1.149.018	35.441	59.513
FORD	125.622	2.958.507	82.370	157.000
RENAULT, DACIA	109.958	2.065.528	37.172	100.000
SKODA	107.005	585.000	8.692	24.714
HYUNDAI	47.201	5.247.339	19.500	75.000
SEAT	42.238	345.000	4.101	10.354
NISSAN	41.837	4.185.000	84.552	187.487
FIAT	41.345	2.081.800	27.860	57.611
PEUGEOT	39.370	2.142.000	48.817	201.690
TOYOTA	20.811	6.274.953	163.345	317.734
CITROEN	16.619	1.460.000	n. n.*	n. n.

* Citroen ist Teil von PSA (Peugeot Société Anonyme), weswegen weder der Umsatz, noch die Mitarbeiterzahl markenspezifisch verfügbar war.

2.3 Politische Rahmenbedingungen

Aus politischer Sicht existieren eine Vielzahl von gesetzlichen Regelungen, die Elektromobilität begünstigen, sowie nationale Zielsetzungen bei der Einführung von Elektromobilität. Um diese Ziele zu erreichen existieren verschiedene direkte und indirekte Förderinstrumente.

EU-Verordnung zum CO₂-Ausstoß von Fahrzeugflotten

Die „20-20-20-Ziele“ der EU bilden einen übergeordneten politischen Rahmen zur Förderung von Elektromobilität aus ökologischer Sicht (EC 2010). Aufgrund

der zunehmenden Treibhausgasbelastung im Personenverkehr wurde die Verordnung über die Regelung von Emissionsgrenzwerten erlassen, da Selbstverpflichtungen der Automobilindustrie und bessere Informationen für Verbraucher, bzw. Förderungen von kraftstoffsparenden Fahrzeugen nicht zum gewünschten Erfolg führten (EU 2007); (EU 2008); (EU 2009b). „Mit dieser Verordnung werden Normen für CO₂-Emissionen von neuen Personenkraftwagen aufgestellt. Die Verordnung legt einen Emissionsdurchschnitt [über alle Fahrzeuge eines Herstellers, die in der EU zugelassen wurden] von 130 Gramm CO₂ pro Kilometer [ab 2012] fest. Ab 2020 muss dieser Wert auf 95 Gramm CO₂ pro Kilometer gesenkt werden.“ (EU 2011)⁴ In Deutschland gibt es keine zusätzlichen Verschärfungen, es wird nur ein weiterer Zwischenschritt mit 120 Gramm CO₂ pro Kilometer im Jahr 2015 genannt (BMU 2011).

Kennzeichnungspflicht von Fahrzeugen

Eine neue Rechtsverordnung trat am 01.12.2011 in Kraft, welche die Kennzeichnungspflicht von Fahrzeugen novelliert. Seither wird beim Verkauf von Fahrzeugen auf einem Kennzeichnungsetikett, ähnlich wie bei Elektrogeräten, der Verbrauch (innerorts und außerorts sowie je nach Fahrzeugtyp in Litern, Kubikmetern oder Kilowattstunden) und die CO₂-Effizienz unter Berücksichtigung der Masse angegeben (BMW 2011). Allerdings wird die Berücksichtigung des Fahrzeuggewichts beim CO₂-Ausstoß stellenweise scharf kritisiert, da so schwere emissionsintensive Fahrzeuge teilweise in bessere Klassen als emissionsarme Kleinfahrzeuge eingestuft werden (DUH 2011).

Deutsche Zielsetzung bei Elektrofahrzeugen

Von großer Relevanz ist im politischen Bereich das Regierungsprogramm Elektromobilität, das im Mai 2011 den Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität ablöste und eine Konkretisierung des Energiekonzepts der Bundesregierung im Bereich Elektromobilität liefert (Bundesregierung 2011); (Bundesregierung 2009); (BMW, BMU 2010). Zielsetzung der Bundesregierung ist die technologische Entwicklung insgesamt zu fördern, so dass Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität werden kann. Hierbei liegt der Schwerpunkt zum einen auf der Industriepolitik sowie der Koordination von Forschung und

⁴ Hersteller, die im Jahr weniger als 10.000 Fahrzeuge verkaufen, legen gemeinsam mit der EU eine Zielvereinbarung fest, anhand der sie bemessen werden. Für Nicht-Einhaltung sind Geldstrafen für die Hersteller festgelegt.

Entwicklung, zum anderen auf der akademischen und beruflichen Bildung. Ein weiterer Schwerpunkt ist Normung und Standardisierung, um Entwicklungstätigkeiten effizienter zu gestalten und Skaleneffekte besser nutzen zu können (NPE 2011b); (NPE 2010). Bei den Elektrofahrzeugzahlen ist die Zielsetzung der Bundesregierung, dass eine Million Elektroautos im Jahr 2020 und sechs Millionen im Jahr 2030 auf deutschen Straßen fahren.

Zur Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Umsetzung dieser Ziele wurde die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) gegründet, die in ihrem zweiten Bericht zahlreiche Vorschläge zur Umsetzung der deutschen Zielsetzung machte, welche in das Regierungsprogramm Elektromobilität übernommen wurden (NPE 2011b). Die NPE ist ein Zusammenschluss von Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft rund um das Themenfeld Elektromobilität und wurde mit der gemeinsamen Geschäftsstelle Elektromobilität (GGEMO) in Berlin institutionalisiert.

Direkte Kauf-Förderung

In Deutschland findet heute keine direkte Förderung zum Kauf von Elektrofahrzeugen statt, stattdessen wird von Seiten der Bundesregierung ein hohes Budget für Forschung und Entwicklung von Elektrofahrzeugen bereitgestellt. Dies wird teilweise auch kritisch betrachtet, da sich die Politik gewissermaßen auf eine bestimmte Technologie festlegt (Heymann, E., Koppel, O., und Puls, T. 2011, S. 21).⁵ Damit nimmt Deutschland im europäischen Vergleich einen der hinteren Plätze bei der direkten Kaufförderung ein. Spitzenreiter sind hier Dänemark und Norwegen mit Förderungen um 20.000 €, gefolgt von Belgien und Portugal mit rund 10.000 € pro Fahrzeug (JATO 2011). Die deutsche Förderung von einigen hundert Euro kommt nur über Steuererleichterungen beim laufenden Betrieb zu Stande (Kley, F., Wietschel, M., und Dallinger, D. 2010). Diese steuerlichen Vorteile wurden im Regierungsprogramm Elektromobilität festgelegt und umfassen:

- *Befreiung von der Kraftfahrzeugsteuer:* Derzeit sind reine Elektrofahrzeuge für fünf Jahre von der Kfz-Steuer befreit. Alle PKW, die ab dem 31.12.2015 zugelassen werden und einen CO₂-Typprüfwert unter 50 g/km nachweisen, werden nun für zehn Jahre von der Steuer befreit, womit auch PHEV eingeschlossen werden.

⁵ Die Brennstoffzellentechnologie und die Biokraftstoffe werden jedoch ebenso gefördert.

- *Dienstwagenbesteuerung*: Da die Anschaffungskosten eines Dienstwagens bei privater Mitnutzung dem zu versteuernden Einkommen zugerechnet werden, wirkt sich die aktuelle Regelung aufgrund des Anschaffungspreises von Elektrofahrzeugen negativ für deren Käufer aus. Diese Regelung soll mindestens zu einer Gleichstellung angepasst werden.

Zudem unterliegt der Strom, der zum Betrieb der Elektrofahrzeuge verwendet wird, nicht der Mineralölsteuer, die 2010 circa 43 % des durchschnittlichen Kraftstoffpreises betrug (ifo 2011, Tab. 2), womit er deutlich günstiger als andere Kraftstoffe ist; über eine Fahrzeugstrombesteuerung wird jedoch diskutiert. Allerdings ist durch die höheren Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Verbrennern die Mehrwertsteuer betragsmäßig ebenso höher, wodurch der Mehrbetrag als effektiver Nachteil wirkt.

Indirekte Förderung

Bei der indirekten Förderung existieren zahlreiche Vorschläge aus dem Regierungsprogramm Elektromobilität, die in den kommenden Jahren umgesetzt werden sollen, teilweise aber gesetzlicher Regelungen bis auf Kommunalebene bedürfen, wodurch Entscheidungen verzögert werden. Grundsätzlich hat sich die Bundesregierung in Anlehnung an den zweiten Bericht der NPE aber im Wesentlichen auf folgende Punkte festgelegt, die nicht bereits zuvor genannt wurden:

- *Sonderparkplätze für Elektrofahrzeuge*⁶: Insbesondere in der Nähe von öffentlichen Ladesäulen sollen Parkplätze ausschließlich für Elektrofahrzeuge geschaffen werden.
- *Aufhebung von Zufahrtsverboten für Elektrofahrzeuge*⁶: Für den rein elektrisch betriebenen Lieferverkehr sollen Zufahrtsbeschränkungen gelockert werden, da diese zumeist aus Lärmschutzgründen aufgestellt wurden, welche von Elektrofahrzeugen entkräftet werden.
- *Freigabe von Busspuren für Elektrofahrzeuge*⁶: Je nach Verkehrsbelastung und Auswirkung auf den ÖPNV sollen Busspuren für Elektrofahrzeuge zur Mitnutzung freigegeben werden.
- *Sonderfahrspuren für Elektrofahrzeuge*⁶: Nach Testphasen sollen ggf. eigene Fahrspuren für Elektrofahrzeuge bereitgestellt werden.

⁶ Bedarf der kommunalen Einwilligung/Gesetzesänderung.

- *CO₂-arme Verkehrsflotte der Bundesregierung*: Zehn Prozent der ab 2013 neu angeschafften oder neu angemieteten Fahrzeuge der Bundesressorts sollen weniger als 50 g CO₂/km ausstoßen.
- Die Bundesregierung will Unterstützung bei der Beschaffung von *Elektrofahrzeugen für Flotten*, die der Allgemeinheit zur Verfügung stehen, bieten.
- Eine *Informationsplattform Elektromobilität* soll eingerichtet werden, die dem Erfahrungsaustausch von Bund, Ländern und Kommunen regeln soll.

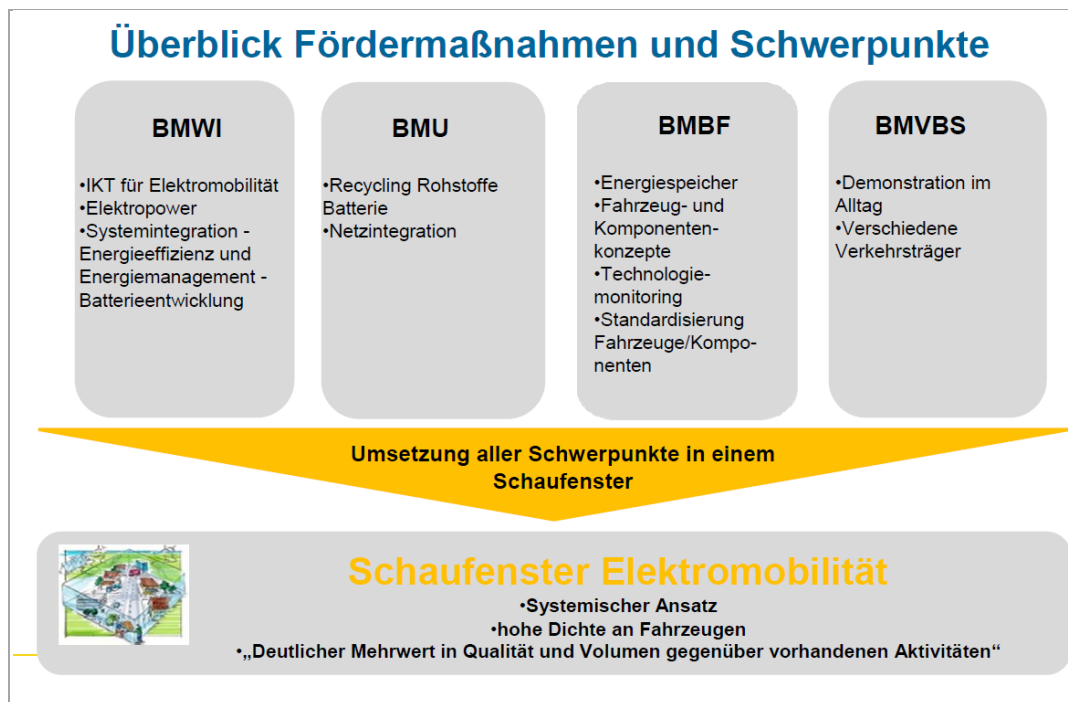
Ergänzt werden diese großen Maßnahmen durch eine Vielzahl zusätzlicher Maßnahmen, die allerdings zumeist noch nicht ausgereift sind (Bundesregierung 2011, S. 50–58). Die oben genannten Maßnahmen wurden bislang noch nicht rechtsverbindlich umgesetzt, sie sind teilweise auch umstritten, beispielsweise die Nutzung von Busspuren durch E-Fahrzeuge, da hierdurch unter anderem befürchtet wird, dass der Busverkehr behindert wird und die speziellen Signalzeichen von Elektrofahrzeugnutzern nicht verstanden werden.

Ob diese Maßnahmen aus volkswirtschaftlicher Perspektive sinnvoll sind und zur Steigerung der Anzahl der elektromobilen Fahrzeuge beitragen, wird in dieser Studie nicht behandelt, eine Bewertung politischer Maßnahmen enthält (Holtermann, M. et al. 2011).

Förderung von Forschung und Entwicklung

Große Zuwendungen erhalten eine Vielzahl an Forschungsprojekten im Bereich Elektromobilität. Während in den vergangenen Jahren viele kleine und ähnliche Projekte gefördert wurden, soll auch auf Anraten der NPE in den kommenden Jahren eine Konzentration der Forschung mit größeren Forschungsetats erwirkt werden. So sollen zwei Milliarden Euro in den kommenden Jahren in die Forschung der Elektromobilität fließen, insbesondere in die Leuchttürme (thematische Forschungsschwerpunkte) und die Schaufenster Elektromobilität (großflächige Regionen, die zu Flottenversuchen herangezogen werden), die in Abbildung 9 illustriert sind (Bundesregierung 2011).

Es bleibt demnach festzuhalten, dass in Deutschland die Förderung von Forschung und Entwicklung und die indirekte Förderung der Nutzer mittels einer Vielzahl regulatorischer Maßnahmen derzeit im Vordergrund stehen. Vor allem die ökologischen Zielsetzungen sind jedoch ein entscheidender Treiber für eine zunehmende Einführung der Elektromobilität.



Quelle: (E-mobil BW 2011)

Abbildung 9: Überblick über die Fördermaßnahmen und Forschungsschwerpunkte des Bundes

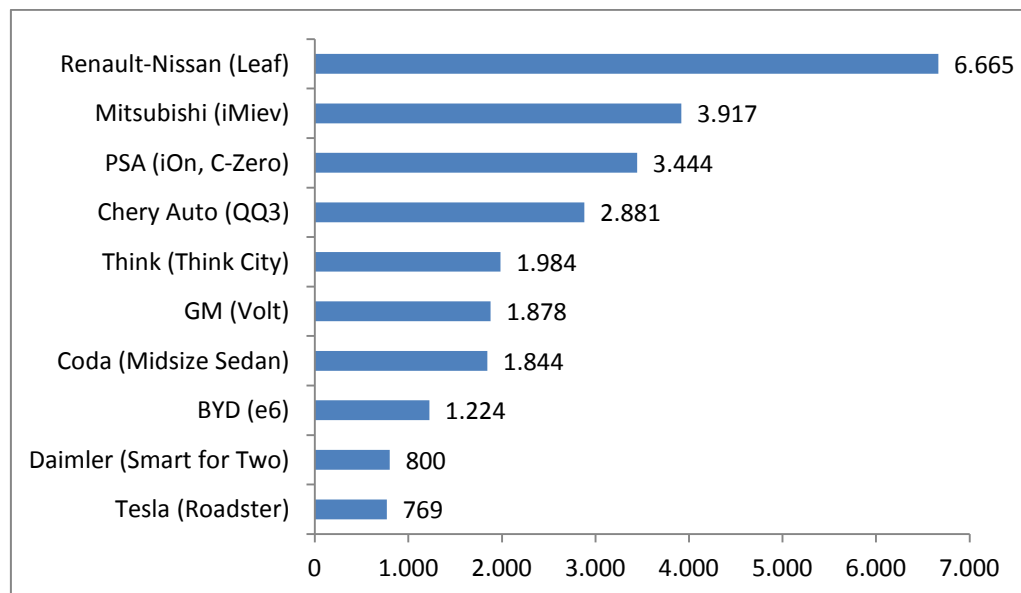
3 Morgen

3.1 Akteure im Markt der Elektromobilität

Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben sind Elektrofahrzeuge bisher kaum kommerziell verfügbar, weshalb heute noch kein Markt für Elektrofahrzeuge mit ausreichend hohen Zahlen besteht, um nur diesen selbst zu analysieren. Deshalb werden im Folgenden die Aktivitäten im Bereich der Elektromobilität von Automobilherstellern und ihrer Zulieferer untersucht. Gänzlich neue Akteure in der automobilen Wertschöpfung wie Batteriehersteller oder Elektromotoren produzierende Unternehmen bilden hierbei neue Zuliefermärkte.

Aktivitäten der Automobilisten im Bereich Elektromobilität

Wie in Abbildung 10 zu sehen, ist der Markt der Elektroautos bisher noch weit vom Markt der verbrennungsmotorgetriebenen Autos entfernt. Das weltweit meistproduzierte Elektrofahrzeug war 2010 der Renault-Nissan Leaf mit 6.665 produzierten Fahrzeugen. Danach folgt der japanische Mitsubishi i-Miev (3.917 Fahrzeuge), der französische PSA C-Zero oder I-On (3.444) und der chinesische Chery QQ3 (2.881). Erst auf dem neunten Platz liegt ein deutsches Fahrzeug mit dem smart-for-two, der 800 Mal produziert wurde.



Quelle: (PwC 2011)

Abbildung 10: Hersteller von Elektroautos nach weltweit produzierten Fahrzeugen im Jahr 2010

Doch auch die deutschen Fahrzeughersteller stellen sich auf die neuen Fahrzeugkonzepte ein. Für die 15 Unternehmen mit den meisten Neuzulassungen in Deutschland im Jahr 2010 wurden die Aktivitäten im Elektromobilitätsbereich analysiert, was auch in den weiteren Analysen zu beachten ist. Hierbei wurden durchgeführte Studien sowie Informationen über Flottenversuche, Marktankündigungen und bereits in Serie produzierte Fahrzeugmodelle gesammelt und darüber ein Aktivitätsgrad der Unternehmen im Elektromobilitätsbereich ermittelt, wie in Abbildung 11 dargestellt ist.⁷ Der Stand der Abbildung ist Oktober 2011, aufgrund der aktuellen Entwicklungen kommt es hier zu sehr schnellen Veränderungen. Da noch weitere Marken im deutschen Markt vertreten sind und sich die Ankündigungen der Hersteller häufig ändern, kann auch die nachfolgende Analyse keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Aufgrund der öffentlich verfügbaren Informationen ergibt sich daraus jedoch ein gutes Bild der Aktivitäten der Fahrzeughersteller im Bereich Elektromobilität.

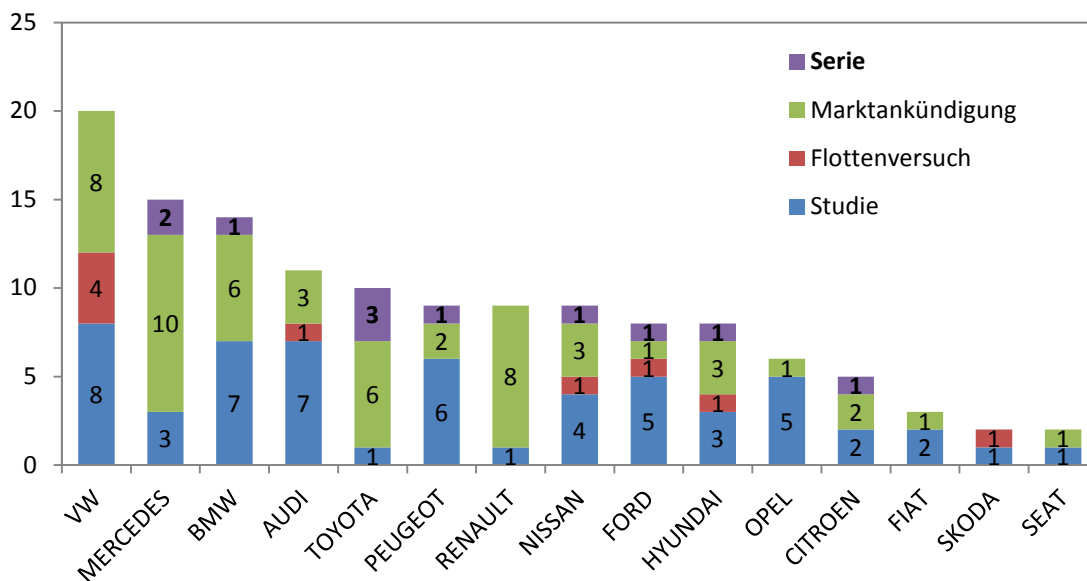


Abbildung 11: Aktivitäten von Automobilherstellern im Elektromobilitätsbereich (Stand Oktober 2011)

Hier wird deutlich, dass alle großen deutschen Automobilhersteller in Studien und Flottenversuchen zu Elektromobilität aktiv sind, aber auch zahlreiche An-

⁷ Diese und die weiteren Auswertungen basieren auf Recherchen von zahlreichen Artikeln und Unternehmenswebseiten, die hier nicht im Einzelnen aufgeführt werden. Eine gute Übersicht findet sich auch unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Elektroautos

kündigungen für Elektrofahrzeuge verbreiten. Signifikant ist auch, dass bislang nur zehn Fahrzeuge kommerziell erhältlich sind, wovon sieben Hybridfahrzeuge sind, die nicht zu den Elektrofahrzeugen zählen, und ein Plug-in-Hybrid sowie zwei reine Batteriefahrzeuge den aktuellen Markt der alternativen Antriebe dieser Hersteller komplettieren.⁸ Ebenso deutlich wird der Vorsprung von Toyota, das bereits seit langem mit dem Toyota Prius ein HEV-Modell auf dem Markt anbietet.

Wie in Abbildung 3 dargestellt ist, waren von den deutschen Neuzulassungen im Jahr 2010 über 40 % der Fahrzeugmodelle in der Kleinwagen- und Kompaktklasse. Um dem Kundenbedarf gerecht zu werden, werden insbesondere in diesen Größenklassen Fahrzeuge mit alternativen Antrieben entwickelt. Tabelle 6 zeigt dazu einen Vergleich der zugelassenen Segmente des Jahres 2010 mit den heute verfügbaren Hybrid- und Elektrofahrzeugen (Serie) und den angekündigten Fahrzeugen mit alternativen Antrieben für die kommenden Jahre.

Tabelle 6: Vergleich von Größenklassen der neu zugelassenen Verbrenner-Fahrzeuge 2010 (Verkauf) mit den im Markt erhältlichen (Serie) und den angekündigten Hybrid- und Elektrofahrzeugen (Marktankündigung)

Größenklasse	Verkauf 2010	Serie 2010	Marktankündigung						
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MINI	5	2		1	4	1	1		
KLEINWAGEN	11			2	3	2			1
KOMPAKTKLASSE	11	2	1	3	5	2	5		
MITTELKLASSE	8	4	1	2	1		1	1	
OBERE MITTELKLASSE	3	3	2	2	1	2			
GELÄNDEWAGEN	3		1	2	1			1	
MINI-VAN	5						1	1	
GROSSRAUM-VAN	2						1	1	
UTILITIES	2			2					
Summe	50	11	5	14	15	7	9	4	1

Betrachtet man die Neuzulassungen 2010 als Kundenbedarf, so wird deutlich, dass insbesondere im Klein- und Kompaktwagenbereich noch Handlungsbedarf besteht, um die Kundenanforderungen abzudecken. Im Kleinwagensegment stehen den elf heutigen Modellen nur acht angekündigte gegenüber, bei der

⁸ Stand Oktober 2011, vgl. auch Tabelle 8.

Kompaktklasse sind als Alternative zu ebenfalls elf zugelassenen Modellen 18 Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben angekündigt, fünf davon jedoch erst im Jahr 2014. Ein großes Defizit besteht außerdem im Mini-Van-Bereich, wo nur zwei Fahrzeuge für das Jahr 2015 angekündigt sind, heute jedoch fünf verschiedene Modelle verkauft werden. Auffällig ist, dass viele Fahrzeuge der Oberen Mittelklasse mit alternativen Antrieben auf den Markt kommen – hier scheint das Kraftstoffeinsparpotenzial durch die Hybridtechnologie eine große Rolle zu spielen.

Um den Grad der Umstellung auf elektromobile Antriebe zu analysieren, werden die Antriebstechnologien der bereits erhältlichen oder angekündigten Fahrzeuge der 15 Hersteller, die 2010 bei den deutschen Neuzulassungen am stärksten vertreten waren, analysiert.⁹ Eine Zusammenfassung dieser Analyse zeigt Tabelle 7.

Tabelle 7: Vergleich von Antriebstechnologien der erhältlichen und angekündigten Fahrzeuge der verschiedenen Fahrzeughersteller

Marke	HEV	LPG-HEV	PHEV	REEV	BEV	FCEV	Summe
MERCEDES	5			2	4	1	12
TOYOTA	3	1	2		3		9
VW	3				5		8
RENAULT					8		8
BMW	3			2	2		7
HYUNDAI	1	1	1		1		4
NISSAN					3	1	4
CITROEN	2				1		3
PEUGEOT	1				2		3
AUDI	1				2		3
FORD	1				1		2
OPEL				1			1
FIAT					1		1
SEAT			1				1
Summe	20	2	4	3	33	2	64

⁹ Hier sei angemerkt, dass auch andere Fahrzeuge auf dem deutschen Markt vertreten sein könnten, so hat beispielsweise Volvo einen V70 PHEV angekündigt (Volvo Car Germany GmbH 2011).

Man erkennt, dass die Fahrzeughersteller besonders im HEV- und BEV-Bereich aktiv sind und hier 20 bzw. 33 Modelle angeboten werden.¹⁰ Die Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge, die technologisch zwischen Verbrenner und reinem Elektrofahrzeug stehen, werden stattdessen zumeist ausgelassen; insgesamt sind nur vier Plug-in-Hybride und drei Fahrzeuge mit Range-Extender angekündigt. Im Brennstoffzellenbereich haben nur Mercedes und Nissan Fahrzeuge in Aussicht gestellt.

In einer Analyse der Antriebstechnologien im Zusammenhang mit den Größenklassen der angekündigten Fahrzeuge (Tabelle 8) wird deutlich, dass Plug-in-Hybride (inkl. Range-Extender) vor allem in kleineren Fahrzeugen eingesetzt werden sollen, während die größeren Fahrzeuge primär als Hybride ohne zusätzlichen Anschluss an das Stromnetz fungieren sollen. Bei den reinen Batteriefahrzeugen wird nahezu das ganze Spektrum der Fahrzeugklassen abgedeckt, der Großteil sind eher jedoch kleinere Fahrzeuge. Die Brennstoffzellentechnologie ist in zwei größeren Fahrzeugklassen vertreten, hier ist jedoch eine Verallgemeinerung schwer möglich.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass wenige Elektromobile auf dem heutigen Automobilmarkt verfügbar sind und die aktuell verfügbaren Modelle vornehmlich HEVs umfassen. Die Plug-in-Hybrid-Technologie, die als Übergangstechnologie zu reinen Elektrofahrzeugen gilt, wird von den meisten Fahrzeugherstellern übersprungen; Brennstoffzellenfahrzeuge sind nur vereinzelt angekündigt. Bei den Größenklassen der Fahrzeuge sind Hybride vor allem bei großen Fahrzeugen, die reine Batteriefahrzeuge eher in den kleinen Klassen vertreten, was vermutlich zu einem Großteil am zunehmenden Gewicht der Batterie mit der Fahrzeuggröße liegt.¹¹

¹⁰ Der Fahrzeugtyp LPG-HEV stellt hier einen Sondertyp des HEV dar und wird nicht spezifischer betrachtet.

¹¹ Auch hier sei nochmals erwähnt, dass nur die 15 Unternehmen mit dem größten Marktanteil im Jahr 2010 analysiert wurden, weitere Unternehmen jedoch im deutschen Markt aktiv sind.

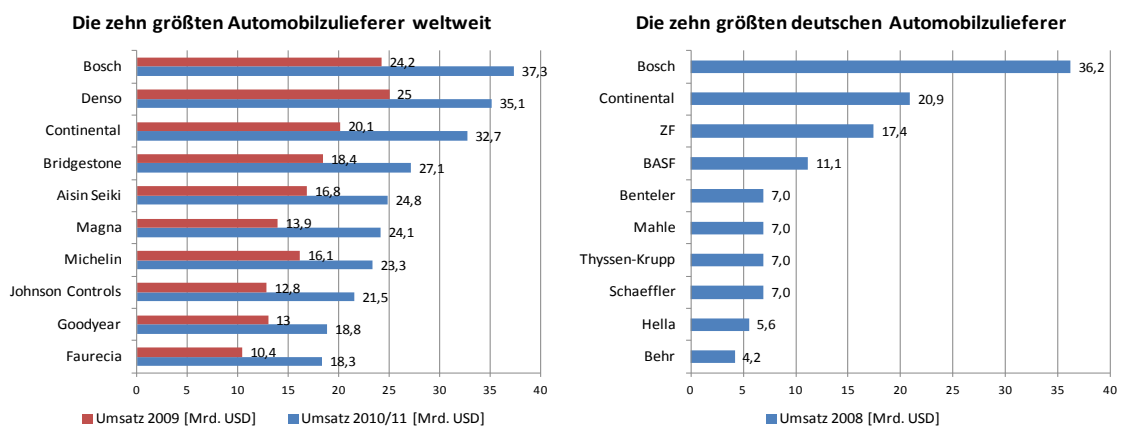
Tabelle 8: Verteilung der Größenklassen auf die verschiedenen Antriebstechnologien der heute erhältlichen (Serie) und angekündigten Elektrofahrzeuge (Marktankündigung)

Typ	Größenklasse	Serie	Marktankündigung						
		2010	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
HEV	Kompaktklasse	1	1	1	2		1		
	Mittelklasse	1	1	2					
	Obere Mittelklasse	3	2	2					
	Geländewagen		1	2					
HEV Ergebnis		5	5	7	2		1		
LPG-HEV	Mittelklasse	2							
LPG-HEV Ergebnis		2							
PHEV	Kompaktklasse			1	1		1		
	Mittelklasse	1							
PHEV Ergebnis		1		1	1		1		
REEV	Kleinwagen					1			
	Kompaktklasse			1					
	Mittelklasse						1		
	Mini-Van						1		
	Obere Mittelklasse					1			
REEV Ergebnis				1		2	2		
BEV	Mini	2		1	4	1	1		
	Kleinwagen			2	3	1			1
	Kompaktklasse	1			2	2	3		
	Mittelklasse				1			1	
	Obere Mittelklasse				1	1			
	Geländewagen				1				
	Großraum-Van						1	1	
BEV Ergebnis		3		5	12	5	5	2	1
FCEV	Mini-Van							1	
	Geländewagen							1	
FCEV Ergebnis								2	
Gesamtergebnis		11	5	14	15	7	9	4	1

Bisherige Zulieferer im deutschen Automobilabsatzmarkt

Bei den direkten Zulieferern (Tier-1-Supplier) stellt sich wie bei den Fahrzeugherstellern die Situation im nationalen und internationalen Vergleich unterschiedlich dar, wie Abbildung 12 zeigt. Der international größte Automobilzulieferer ist Bosch mit einem Jahresumsatz von 37,3 Mrd. USD 2010. Auf dem drit-

ten internationalen Rang ist mit Continental (32,7 Mrd. USD Umsatz 2010) noch ein zweites deutsches Unternehmen vertreten, weitere schaffen es nicht unter internationalen die Top Ten. Stattdessen spielen Denso (35,1 Mrd. USD), Bridgestone (27,1 Mrd. USD), Aisin Seiki (24,8 Mrd. USD), Magna (24,1 Mrd. USD), Michelin (23,3 Mrd. USD), Johnson Controls (21,5 Mrd. USD), Goodyear (18,8 Mrd. USD) und Faurecia (18,3 Mrd. USD) eine wichtige Rolle. Im Wirtschaftskrisenjahr 2009 lag hier Michelin noch vor Magna, ansonsten blieb die Rangfolge zwischen 2009 und 2010 gleich.



Quellen: (Automobil Produktion 2011), (FTD 2009a)¹²

Abbildung 12: Weltweit größte (links) und größte deutsche (rechts) Automobilzulieferer nach Umsatz 2008 bis 2010

Zu den größten deutschen Automobilzulieferern gehören ZF und BASF mit 17,4 bzw. 11,1 Mrd. USD Jahresumsatz 2008, gefolgt von Benteler, Mahle, Thyssen-Krupp und Schaeffler mit jeweils 7 Mrd. USD. Hella (5,6 Mrd. USD) und Behr (4,2 Mrd. USD) komplettieren die zehn größten deutschen Zulieferer.

Aktivitäten der etablierten Zulieferer im Bereich Elektromobilität

Um die wichtigsten Zulieferer in der Automobilindustrie für Elektromobilität zu bestimmen, werden die Aktivitäten im Bereich der Elektromobilität der bisher wichtigsten Automobilzulieferer ermittelt. Dabei kann man einen Eindruck gewinnen, wie wichtig Elektromobilität für die einzelnen Zulieferer zu sein scheint. Die Analyse zeigt, dass nahezu alle Unternehmen in zwei großen Netzwerken zu Elektromobilität vertreten sind. Die Ausnahmen in den beiden großen Netz-

¹² Umrechnungskurs zum 31.12.2008, (Exchange-rates.org 2011)

werken eNOVA und der NPE bilden hier Mahle, Benteler und Behr. Ebenso bieten fast alle Produkte im Bereich Elektromobilität an. Auch hier ist Benteler eine Ausnahme, ebenso konnten bei Hella keine speziellen Produkte zur Elektromobilität ermittelt werden. Während Schaeffler zudem auf die Ausgliederung einer eigenen Abteilung setzt, scheint diese bei den anderen Unternehmen nicht als erfolgsversprechend bewertet zu werden. Continental und Branchenführer Bosch sind außerdem in verschiedenen Forschungsprojekten vertreten.

Mit Hilfe dieser Kurzanalysen lässt sich festhalten, dass insbesondere Bosch, Continental und Schaeffler Elektromobilität als einen wichtigen Faktor für ihr zukünftiges Unternehmen ansehen. ZF, BASF und Thyssen-Krupp sind ebenfalls aktiv, nehmen jedoch eher eine zurückhaltende Rolle im Bereich Elektromobilität ein. Behr und Mahle haben wenig, Benteler und Hella derzeit kaum Aktivitäten in der Elektromobilität, die sie der Öffentlichkeit zugänglich machen.¹³ Da die bisher wichtigsten Automobilhersteller geteiltes Interesse an Elektromobilität zeigen, stehen einige neue, teilweise namhafte Unternehmen bereit, die im Folgeabschnitt analysiert werden.

Neue Zulieferunternehmen der Elektromobilität

Viele Fahrzeughersteller sind bereits verschiedene Kooperationen mit neuen Zulieferunternehmen eingegangen, um in der Elektromobilität zu forschen oder bereits im Markt aktiv zu sein¹⁴:

- So hat VW Lieferantenverträge mit Toshiba (für Antrieb), Sanyo (Batterie) und EnerDel Inc. (Batterie), aber auch eine strategische Allianz mit BYD (Batterie) gebildet. Außerdem wurde die Volkswagen Varta Microbattery GmbH gegründet, um die Forschung an Li-Ionen-Batterien voranzutreiben.
- Die Daimler Benz AG kooperiert mit Evonik in der Deutsche Accumotive GmbH & Co. KG (Batterie), hat ein Joint Venture mit BYD (Batterie), eine Kapitalbeteiligung bei Tesla Motors Inc., sowie einen Lieferantenvertrag und ein gemeinsames Entwicklungsprogramm mit Johnson Controls Saft Advanced Power Solutions GmbH (Batterie). Die Zusammenarbeit mit Bosch (Batterie,

¹³ Es muss hier angemerkt werden, dass einige Unternehmen Produkte herstellen, die nicht von Änderungen beim Umstieg von herkömmlichen zu Elektrofahrzeugen betroffen sind. Hella beispielsweise stellt Lichttechnik und Elektronik her, die sich in beiden Fahrzeugkonzepten einsetzen lassen. vgl. (Hella 2011)

¹⁴ Zu den Kooperationen vgl. (heise.de 2009); (heise.de 2008); (Volkswagen AG 2009); (Handelsblatt 2009); (Handelsblatt 2008); (Deutsche ACCUotive GmbH & Co. KG 2011); (manager-magazin.de 2010); (FTD 2009b); (faz 2011). Eine gute Übersicht bietet (Auto, Motor und Sport 2010). Hier können nur einige wichtige Beispiele genannt werden.

Elektromotor) konnte bereits zahlreichen Pressemitteilungen entnommen werden.

- BMW steht in einer Kooperation mit SB LiMotive Germany GmbH (Batterie) und unterhält ebenso einen Lieferantenvertrag mit Johnson Controls Saft Advanced Power Solutions GmbH (Batterie).
- Audi kooperiert mit Sanyo (Batterie), Opel mit LG (Batterie), Renault mit AESC (Batterie) und Toyota mit Panasonic und Sanyo (beide Batterie).¹⁵

Hier wird deutlich, dass die Automobilzulieferer insbesondere Kooperationen mit Batterieherstellern schließen, um im Bereich Elektromobilität handlungsfähig zu sein.

Zulieferer für Fahrzeugbatterien

In Tabelle 9 sind die wichtigsten Lithium-Ionen-Batteriehersteller für den Fahrzeugmarkt zum heutigen Zeitpunkt mit ihrem Umsatz im Jahr 2010, ihrer Mitarbeiterzahl, sowie dem geschätzten Marktanteil in der Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge im Jahr 2015 dargestellt.¹⁶

Die größten Hersteller für Li-Ionen-Batterien sind heute vor allem in Nordamerika, China, Japan und Korea zu finden, namentlich Johnson Controls (25,4 Mrd. € Umsatz 2010), GS Yuasa Corporation (19,7 Mrd. €), Magna (17,9 Mrd. €), Sanyo (14,3 Mrd. €), LG Chem (12,3 Mrd. €) und BYD (5,3 Mrd. €). Im Anschluss folgen Saft (591 Mio. €), A123 Systems (72 Mio. €), Li-Tec (6 Mio. €), sowie AESC und SB LiMotive, die bisher noch keinen Umsatz zu verbuchen haben. Insbesondere AESC, einer Kooperation von Nissan und NEC, wird aber 2015 der größte Marktanteil (33 %) im Batteriemarkt für Elektrofahrzeuge zuge-
traut. Es folgen LG Chem (17 %), A123 Systems (13 %), Sanyo (12 %) und SB LiMotive (6 %), um die wichtigsten fünf Unternehmen nach Einschätzung von (Roland Berger 2011) zu komplettieren. Die restlichen Unternehmen teilen sich nach dieser Einschätzung die verbleibenden 18 % des Marktes.

Demnach sind zwar nur wenige deutsche Batteriehersteller in diesem Markt vertreten, jedoch ist VW durch die Kooperation mit Sanyo, Daimler und VW durch die Kooperation mit BYD, wie auch BMW und Daimler durch die Koopera-

¹⁵ SB LiMotive ist ein Konsortium von Bosch und Samsung, die jeweils 50 % des Unternehmens halten. Siehe (Lache, R. et al. 2009).

¹⁶ Die verwendeten Daten stammen aus den Jahresberichten der Firmen und deren Webseiten, der Marktanteil für 2015 ist (Roland Berger 2011, S. 5) entnommen.

tion mit Johnson Controls mit den großen Marktteilnehmern verbunden. Auch für die Zukunft scheint VW mit Sanyo und BMW mit SB LiMotive im Batteriezu-liefererbereich gut aufgestellt zu sein.

Tabelle 9: Batteriehersteller nach Umsatz 2010, geschätztem Marktanteil im Fahrzeugsektor 2015 und Mitarbeiterzahl

Hersteller	Umsatz 2010 [Mio. €]	Geschätzter Marktanteil bei Elektroautos 2015 ¹	Mitarbeiter 2010
Johnson Controls Inc.	25.400	n. n.	154.000
GS Yuasa Corporation	19.700	n. n.	12.200
Magna International Inc.	17.900	n. n.	96.600
Sanyo Electric Co. Ltd	14.290	12 %	105.000
LG Chem, Ltd.	12.266	17 %	14.000
BYD Company Limited	5.360	n. n.	150.000
Saft	591	n. n.	4.000
A123 Systems, Inc.	72	13 %	2.000
Li-Tec GmbH ²	6	n. n.	220
AESC (Automotive Energy Supply Corporation)	n. n. ³	33 %	n. n. ³
SB LiMotive	n. n. ³	6 %	n. n. ³

¹ Vgl. (Roland Berger 2011, S. 5); Sonstige: 18 %, andere Werte nicht angegeben (n. n.).
² Daimler und Evonik-Degussa sind die einzigen Anteilseigner von Li-Tec. Vgl. (Lache, R. et al. 2009, S. 63)
³ Firma wurde erst 2011 gegründet.

Zulieferer für Elektromotoren

Der Elektromotor ist ein weiteres Element, das für den PKW-Massenmarkt neu ist. Im Gegensatz zu den angedachten Lithium-Ionen-Batterien und der erwarteten Kostenreduktion, stellen Elektromotoren eine prinzipiell ausgereifte Technologie dar, mit über 150 Jahren Entwicklungsgeschichte. Trotzdem gibt es bei Elektromotoren auch in jüngster Zeit Weiterentwicklungen. Die Anforderungen für Elektromobilität sind vor allem in den Bereichen Effizienz, Größe und Gewicht zu sehen. Die meisten der zurzeit angekündigten Fahrzeuge werden mit Permanent-Synchronmotoren ausgestattet (Hybrid-autos.info 2011); (Doppelbauer, M. 2011). Der Rotor ist dabei mit Permanentmagneten versehen. Diese erzeugen auch bei geringer Größe ausreichende Magnetfelder und sind damit sowohl kompakt als auch effizient. Allerdings werden für die Herstellung von

Permanentmagneten seltene Erden benötigt. Sie sind in den letzten Jahren im Preis deutlich gestiegen und werden vor allem aus der Volksrepublik China importiert, d.h. mögliche Lieferengpässe und Ausfuhrbeschränkungen sorgen für Unsicherheiten bei den Herstellern.

Aufgrund der vielfältigen Anwendungen von Elektromotoren existiert eine große Zahl an zum Teil sehr unterschiedlichen Herstellern. Für viele alltägliche Anwendungen werden kleine Elektromotoren, d.h. solche mit geringer Leistung, in sehr großer Stückzahl zu niedrigen Preisen produziert. Mittlere (für Elektromobilität relevant) und speziell sehr große Elektromotoren werden in kleineren Stückzahlen produziert, machen aber einen großen Teil der Wertschöpfung aus (siehe Tabelle 10).

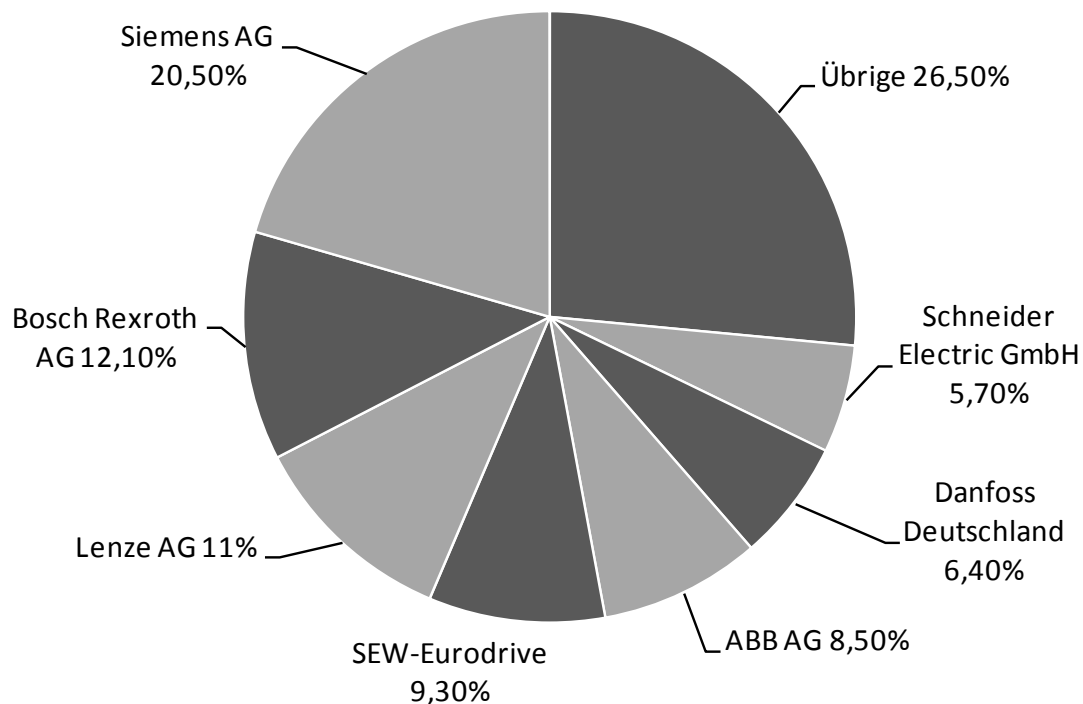
Tabelle 10: Weltmarkt für Elektromotoren 2010

Leistung [kW]	Bestand Welt	Weltmarkt	
		Stückzahl	Umsatz
< 0,75	2.000 Mio.	300 Mio./a	ca. 10 Mrd. \$
0,75 – 375	230 Mio.	30 Mio./a	ca. 22 Mrd. \$
> 375	0,6 Mio.	0,04 Mio./a	ca. 3 Mrd. \$
insgesamt	2231 Mio.	330 Mio./a	35 Mrd. \$

Quelle: (Plötz, P. und Eichhammer, W. 2011)

Eine Reihe großer Entwickler von Elektromotoren stammen aus der Bundesrepublik Deutschland. Dabei gehören Siemens, Bosch, Lenze, SEW-Eurodrive und ABB zu internationalen Unternehmen mit zum Teil großen Forschungsetats und internationalem Renommee. Auf dem Markt moderner Elektromotoren agieren damit eine Reihe von Unternehmen, und nur wenige können einen echten technologischen Vorsprung innerhalb Deutschlands für sich in Anspruch nehmen. Folgende Abbildung 13 gibt eine Übersicht der Marktanteile bei Elektromotoren nach Herstellern in Deutschland.

Von den genannten Unternehmen ist Siemens ein internationaler Technikkonzern, für den der Bereich Elektromotoren nur eine Sparte darstellt. Die weiteren Unternehmen (Bosch Rexroth, Lenze, SEW-Eurodrive etc.) sind hingegen zum Teil auf elektrische Antriebssysteme spezialisiert. In dieser heterogenen Gruppe von Herstellern spielen deutsche Unternehmen eine international wichtige Rolle und man kann von einer Leitführerschaft im Bereich der Elektromotoren sprechen.



Quelle: (Plötz, P. und Eichhammer, W. 2011)

Abbildung 13: Marktanteile von Herstellern elektrischer Antriebe in Deutschland 2004

Zulieferer für Leistungselektronik

Die Leistungselektronik stellt das dritte große neue Marktfeld im Bereich der Elektromobilität dar, das neben der Batterie in vielen Diskussionen häufig untergeht. Der Markt in diesem Bereich ist äußerst vielgliedrig und verstreut. Eine Bestimmung der größten Unternehmen ist hier kaum möglich, auch wenn namhafte deutsche Unternehmen wie Bosch und Siemens hier vertreten sein werden, da die Anforderungen an die Leistungselektronik extrem unterschiedlich sind. So stellen beispielsweise Plug-in Hybride sehr hohe Anforderungen an die Steuerung, da beide Antriebssysteme in vielfältigen Verkehrs- und Fahrsituationen koordiniert werden müssen. Für den Übergang zur Elektromobilität sind diese Fahrzeuge aber aus Sicht der Kundenbedürfnisse sehr interessant. Mittelfristig ist auch mit einer Integration des Ladegeräts in die Leistungselektronik zu rechnen, das heißt dass eine Lösung aus einer Hand angeboten wird, da diese Dopplungen von Schaltkreisen vermeiden würde. Langfristig könnten auch rückspeisefähige Ladegeräte von Bedeutung sein, da auch hier Synergieeffekte

durch die vermiedene Dopplung von Schaltkreisen und elektrischen Bauteilen bestehen.¹⁷

Es lässt sich nicht klar feststellen, in welchem Maß Deutschland die Anforderungen an einen Leitmarkt oder eine Leitanbieterschaft in diesem Bereich erfüllt, jedoch werden die deutschen Branchengrößen im Bereich der Elektronik sicher auch hier vertreten sein.

Schlussfolgerungen

Sämtliche Automobilhersteller, die es unter die 15 Unternehmen mit dem meisten Neuzulassungen in Deutschland im Jahr 2010 schafften, sind im Bereich der Elektromobilität aktiv; als reine Elektrofahrzeuge in relevanten Stückzahlen wurden von deutschen Herstellern jedoch weltweit bisher nur 800 Smart for Two von Daimler produziert. Das liegt unter anderem daran, dass bislang nur zwei BEV und ein PHEV der beschriebenen Hersteller kommerziell verfügbar und weitere erst angekündigt sind. Die Hybridtechnologie hingegen hat sich mittlerweile etabliert. Mit bereits sieben Hybridmodellen sind mehrere Fahrzeuge im deutschen Markt erhältlich, neue Modelle sind angekündigt. Hier haben die deutschen Autohersteller deutlich aufgeholt, da sie noch vor vier Jahren nicht nennenswert im Hybridfahrzeugmarkt vertreten waren (Doll, C. 2007, S. 31).

Bei genauerer Betrachtung der verfügbaren Fahrzeuge wird deutlich, dass der Kleinwagenbereich derzeit noch unterbesetzt ist, auch wenn schon neue Modelle angekündigt sind. Hier sollen vornehmlich reine Batteriefahrzeuge zum Einsatz kommen, während die Hybridtechnologie auf größere Fahrzeuge setzt, was auch namhafte Studien empfehlen (McKinsey 2011). Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge, die aus technischer Sicht eine Übergangstechnologie zu reinen Batteriefahrzeugen darstellen, sind hingegen kaum angekündigt, gleiches gilt für Fahrzeuge mit Brennstoffzellen.

Im Zuliefererbereich spielen die deutschen Unternehmen Bosch und Continental international bei den herkömmlichen Fahrzeugen eine wichtige Rolle, auch im Elektromobilitätsbereich sind sie die aktivsten Unternehmen der deutschen Zulieferer. Einige große OEMs sind bereits Kooperationen mit Batterieherstel-

¹⁷ In Versuchsfahrzeugen werden derzeit teilweise zwei Geräte (eines zur Ladung und eines zur Rückspeisung) verbaut, um beide Geräte auch modular verkaufen zu können. Ein einziges komplexeres Gerät kann aber aus Sicht des Gesamtwirkungsgrades (und damit der Energieeffizienz) sinnvoller sein.

lern eingegangen, um sich für die Elektromobilität zu rüsten, dies sind vor allem VW, Mercedes und BMW. Bei anderen, wie Opel, Audi und Ford bestehen ebenfalls Kooperationen, jedoch in geringerer Zahl. Im Markt für Fahrzeugbatterien sind bislang wenige deutsche Unternehmen vertreten, auch für die Zukunft wird ihnen keine tragende Rolle beigemessen. Im Bereich der Elektromotorenmarkt hingegen sind deutsche Unternehmen etabliert, spezielle Anforderungen von Elektrofahrzeugen können sie vermutlich umsetzen. Auch bei der Leistungselektronik hat Deutschland gute Chancen zum Leitanbieter zu werden, da deutsche Unternehmen im Elektronikbereich feste Größen sind.

3.2 Erwartete Erstkäufer von Elektrofahrzeugen

Verschiedene Ansätze versuchen, die möglichen Erstkäufer von Elektrofahrzeugen zu charakterisieren. Im Folgenden werden die Ergebnisse zu diesbezüglichen Untersuchungen aus sozialwissenschaftlicher und ökonomischer Perspektive vorgestellt.

Erstkäufer aus sozialwissenschaftlicher Sicht¹⁸

Laut Umfragen sind elektrische Fahrzeuge den Bürgern in Deutschland ein Begriff (Technomar GmbH, TÜV SÜD und Energie & Management Verlagsgesellschaft 2009) und werden zunehmend als energieeffiziente Mobilitätsalternative wahrgenommen (tns Infratest und Continental 2009). Die Erwartungen an ein Elektrofahrzeug sind stark bestimmt durch die Eigenschaften konventioneller Fahrzeuge (ADAC 2009). Entsprechende Breitenbefragungen von Nicht-Nutzern, unter welchen Umständen sie bereit wären, ein Elektrofahrzeug zu kaufen, sind deshalb wenig belastbar für Vorhersagen der tatsächlichen Marktentwicklung. Sie beruhen i. d. R. auf einem Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen auf der Basis bisheriger Mobilitätsmuster. Verschiedene Studien des Fraunhofer ISI weisen darauf hin, dass aussichtsreiche Zielgruppen der Elektromobilität sich nicht nur durch soziodemographische Merkmale wie Einkommen und Wohnort charakterisieren lassen, sondern dass psychologische Merkmale wie Einstellungen, Werte oder der Lebensstil eine wichtige Rolle spielen (Peters, A. und Dütschke, E. 2010); (Peters, A. und Hoffmann, J. 2011). Insbesondere ein hohes Umweltbewusstsein und/oder Technologieaffinität könnten demnach zur Nutzung von Elektrofahrzeugen motivieren, wobei Preis-

¹⁸ Dieser Abschnitt basiert wesentlich auf Texten von Elisabeth Dütschke, Anja Peters und Uta Schneider.

aspekte – nicht zu verwechseln mit der Wirtschaftlichkeit des Fahrzeugs ebenfalls eine zentrale Rolle spielen.

Elektromobilität könnte besonders aber auch für Personen im städtischen Raum sehr interessant sein, die Wert auf flexible und individuelle Mobilität legen und bereits multimodal mobil sind. Für sie könnten Elektrofahrzeuge eine attraktive Ergänzung zu anderen Verkehrsmitteln darstellen (Dütschke, E., Schneider, U., Sauer, A. et al. 2011). Für Personen mit höherem Einkommen könnten Elektrofahrzeuge wiederum interessant sein als Fahrzeuge, mit denen man sich abhebt von anderen Verkehrsteilnehmern (Peters, A. und Hoffmann, J. 2011). Dementsprechend erscheinen umweltbewusste und technikaffine Personen, welche häufig im infrastrukturell gut erschlossenen Raum unterwegs sind und die bereit sind, für eine nachhaltige und innovative Technologie mit einem emotionalen bzw. symbolischen Mehrwert einen gewissen Mehrpreis zu zahlen, als eine möglicherweise wichtige Zielgruppe. Von den Nutzern und Kaufinteressierten werden außerdem positivere Reaktionen auf den Kauf von Elektrofahrzeugen im eigenen sozialen Umfeld wahrgenommen bzw. erwartet (Dütschke, E., Schneider, U., Sauer, A. et al. 2011), (Peters, A. et al. 2011). Es spielen somit nicht nur objektive Faktoren wie Mobilitätsanforderungen und Preise eine Rolle, sondern auch weiche Faktoren wie die eigenen Werteorientierungen und erwartete Reaktionen des sozialen Umfelds.

Ergebnisse aus Tiefeninterviews und einer Befragung mit Nutzern gasbetriebener Fahrzeuge (Dütschke, E., Schneider, U., Peters, A. et al. 2011), welche aus Verbrauchersicht Ähnlichkeiten mit Elektrofahrzeugen aufweisen (bspw. die hohe anfängliche Investition, geringere Betriebskosten und z.T. eine noch unzureichend ausgebaute Infrastruktur), weisen darauf hin, dass diese Gruppe sehr umweltfreundlich und technikbegeistert ist. Zudem zeichnen sich die Stichproben durch ein hohes Bildungsniveau aus. Die Mehrheit der Nutzer hatte im Vorfeld ihrer Entscheidung für das Gasfahrzeug Bedenken, z.T. hinsichtlich technischer Aspekte, teilweise hinsichtlich fehlender Infrastruktur. Dass diese sich trotzdem für einen gasbetriebenen PKW entschieden haben, lässt auf Innovationsfreude schließen.

Für Early Adopter von Hybridautos konnten (de Haan, P., Peters, A. und Mueller, M. G. 2006) zeigen, dass diese Gruppe ein höheres Haushaltseinkommen und Bildungsniveau aufweist und Treibstoffverbrauch und Technologie für diese Käufer eine höhere Bedeutung haben, als für Käufer konventioneller Fahrzeuge, während für sie Marke und Design weniger wichtig sind. (Ozaki, R. und Sevastyanova, K. 2011), die die Kaufmotivation britischer Hybridnutzer unter-

suchten, fanden unter diesen ebenfalls ein relativ hohes Bildungsniveau, eine hohe Begeisterung für neue Technologien sowie den Wunsch nach Ausdruck der eigenen Persönlichkeit. Soziodemographische Analysen zu derzeitigen Käufern von Hybridfahrzeugen oder Gasfahrzeugen zeigen eine Verbreitung insbesondere bei Vielfahrern und Nutzern in ländlichen oder kleinstädtischen Regionen.

Aktuelle sozialwissenschaftliche Forschungsergebnisse zeigen somit auf, dass bestimmte Personengruppen eine höhere Affinität zur Elektromobilität aufweisen als andere. Insbesondere erscheinen technikaffine, umweltbewusste Personen, welche häufig im infrastrukturell gut erschlossenen Raum unterwegs sind, und die bereit sind, für eine nachhaltige und innovative Technologie mit einem emotionalen bzw. symbolischen Mehrwert einen gewissen Mehrpreis zu zahlen, als eine möglicherweise wichtige Zielgruppe. Mit zunehmender Erfahrung der Elektromobilität, können sich aber Wahrnehmung und Akzeptanz erheblich ändern und weitere Zielgruppen hinzukommen.

Die Erfahrungen aus den Modellregionenprojekten in Deutschland (Dütschke, E., Schneider, U., Sauer, A. et al. 2011), die vom BMVBS gefördert werden, zeigen, dass die Nutzer der bereitgestellten E-Fahrzeuge überwiegend Männer mittleren Alters, höherem Einkommen und höherem Bildungsabschluss sind. Die Anschaffungsbarrieren liegen in der fehlenden Wirtschaftlichkeit und begrenzten Reichweite.

Erstkäufer aus ökonomischer Sicht

In den kommenden Jahrzehnten werden reine Batteriefahrzeuge im Vergleich zu Verbrennungsfahrzeugen ähnlicher Größenklasse eine geringere Reichweite bei nennenswerten Ladezeiten aufweisen. Eine Betrachtung der Mobilitätsprofile von PKW-Nutzern zeigt aber, dass die große Mehrheit der Fahrten auch mit reinen Batteriefahrzeugen problemlos bewältigt werden könnte: 60 % aller PKW-Fahrer könnten so alle Fahrten einer typischen Woche abdecken, auch wenn sie ausschließlich zu Hause an einer Haushaltssteckdose laden (Kley, F. 2011). Jedoch sollten aus ökologischer wie auch ökonomischer Perspektive heraus die E-Fahrzeuge eine relevante Jahresfahrleistung aufweisen, was den Nutzerkreis wiederum deutlich reduziert. Im Bereich der Privatkunden sind die potentiellen Erstnutzer vor allem Vollzeitbeschäftigte aus Städten mit unter 100.000 Einwohnern, die regelmäßig 30 bis 50 km zur Arbeit pendeln. Rund vier bis acht Prozent der heutigen PKW könnten hierbei durch reine Batteriefahrzeuge substituiert werden, sogar wenn ein fester PKW-Stellplatz oder eine

Garage sowie ein Zweitwagen vorausgesetzt werden (Biere, D., Dallinger, D., und Wietschel, M. 2009).

Bei Plug-in Hybriden stellt sich die Situation etwas anders dar. Durch die kleineren Batterien ist die Differenz zu konventionellen Fahrzeugen im Anschaffungspreis nicht so groß wie bei reinen Batteriefahrzeugen, die Vorteile eines sparsamen elektrischen Fahrens sind jedoch ebenso vorhanden. Viele Fahrer könnten mit halb so großen Batterien, wie sie üblicherweise heute in reinen Batteriefahrzeugen verwendet bzw. angekündigt werden, über 80 % aller gefahrenen Kilometer rein elektrisch zurücklegen (Kley, F. 2011). Die reduzierte Batteriegröße hat zudem den Charme, dass die ökologische Belastung durch die Fahrzeugproduktion und der Rohstoffbedarf geringer sind. Hier bieten sich viele Einsatzbereiche sowohl für private Vielfahrer als auch für Firmenflotten, denn je nach Anschaffungspreis, Jahresfahrleistung und Stadtfahranteil, können sich diese Fahrzeuge in wenigen Jahren amortisieren. Plug-in-Hybriden haben insgesamt auch aufgrund der geringeren Anschaffungskosten ein hohes Marktpotential und verdienen mehr Aufmerksamkeit (zu oft wird Elektromobilität auf reine Batteriefahrzeuge beschränkt).

Für reine Elektrofahrzeuge bietet sich außerdem die interessante Möglichkeit der Einbindung in Flotten an, da hier alternative Fahrzeuge für weitere Strecken vorgehalten werden können. Untersuchungen im Bereich des Carsharing ergeben ein technisches und wirtschaftliches Potenzial von ca. 10 % der Fahrzeuge in größeren Städten. Ohne Subventionen könnte hier in den kommenden Jahren etwa die Hälfte (5 %) realisiert werden (Doll, C., Gutmann, M., und Wietschel, M. 2011). Bei Einbezug großer Firmen- und Serviceflotten lässt sich jedoch ein wesentlich höheres Potenzial vermuten. Fallstudien und kommerzielle Feldversuche im Bereich von Kurier-, Express- und Paketdiensten weisen auf ein bereits jetzt wirtschaftlich realisierbares Potenzial für Elektro-Lieferwagen im städtischen Bereich hin. Ausschlaggebend sind die Regelmäßigkeit der Touren bei einer tendenziell hohen jährlichen Fahrleistung, geringe Gewichts- und Platzrestriktionen, sowie häufige Start-Stopp-Vorgänge. Auch hier zeigen sich kleine Fahrzeuge, welche den überwiegenden Teil des städtischen Wirtschaftsverkehrs prägen, früher wirtschaftlich einsetzbar.

3.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass deutsche Unternehmen ihren Rückstand gegenüber anderen Ländern in den letzten Jahren verkürzt haben. Insbesondere die Automobilhersteller scheinen international auf einem guten Weg

hin zu konkurrenzfähigen Fahrzeugen und einer Leitanbieterschaft zu sein. In den neuen Zulieferindustrien, die durch Elektromobilität entstehen, nehmen deutsche Unternehmen teilweise führende Rollen ein, insbesondere im Bereich Elektromotoren und Leistungselektronik. Bei der Batterieherstellung zeichnet sich noch kein sehr klares Bild ab, allerdings sind asiatische und nordamerikanische Unternehmen aufgrund der bisherigen Unternehmen im Lithium-Ionen-Batteriemarkt im Vorteil. Mittelfristig gilt es die Erwartungen der Nutzer, insbesondere Reichweitenängste mit einem Mehrangebot an Plug-in-Hybriden, zu adressieren.

4 Übermorgen

Während in den vorangegangenen Abschnitten der Status quo und ein Ausblick über die kommenden fünf Jahre geboten wurde, soll in diesem Abschnitt die langfristige Perspektive anhand von Trends und möglichen politischen Entwicklungen für Elektromobilität in Deutschland dargestellt werden.

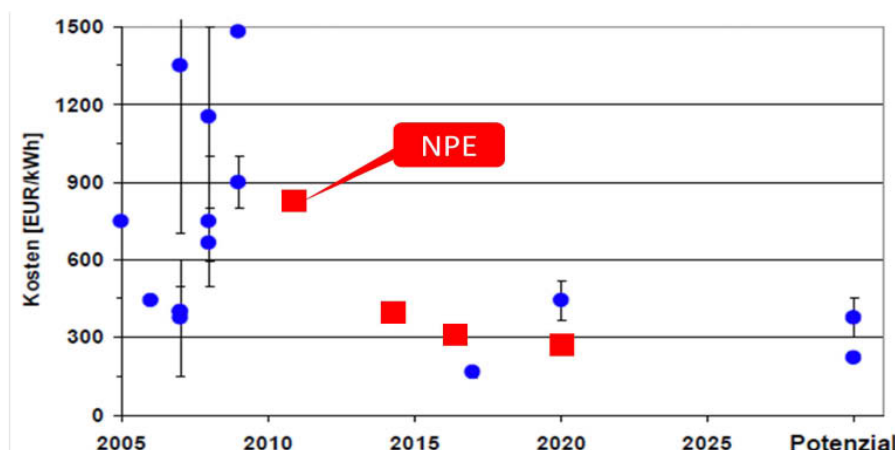
4.1 Trends im Bereich Elektromobilität

Für die Entwicklung im Bereich Elektromobilität in den nächsten Jahren gibt es eine Reihe von Erwartungen. Verschiedene Trends, die im weiteren Sinne die Elektromobilität betreffen, werden im Folgenden dargestellt. Diese lassen sich grob in wirtschaftliche, technologische, ökologische und gesellschaftliche Trends einteilen, auch wenn diese Trennung nicht scharf ist und eine gegenseitige Beeinflussung eher typisch für Elektromobilität ist.

Wirtschaftliche Trends

❖ *Der Batteriepreis für Elektrofahrzeuge wird weiter sinken*

Die Batterie ist derzeit die teuerste Komponente von Elektrofahrzeugen. Sie sorgt für den (im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen) sehr hohen Anschaffungspreis der verschiedenen Formen der Elektromobilität. Aufgrund von Bemühungen im Bereich der Forschung und Entwicklung sowie von Skaleneffekten wird allerdings allgemein von einem deutlich sinkenden Batteriepreis in den nächsten Jahren ausgegangen.



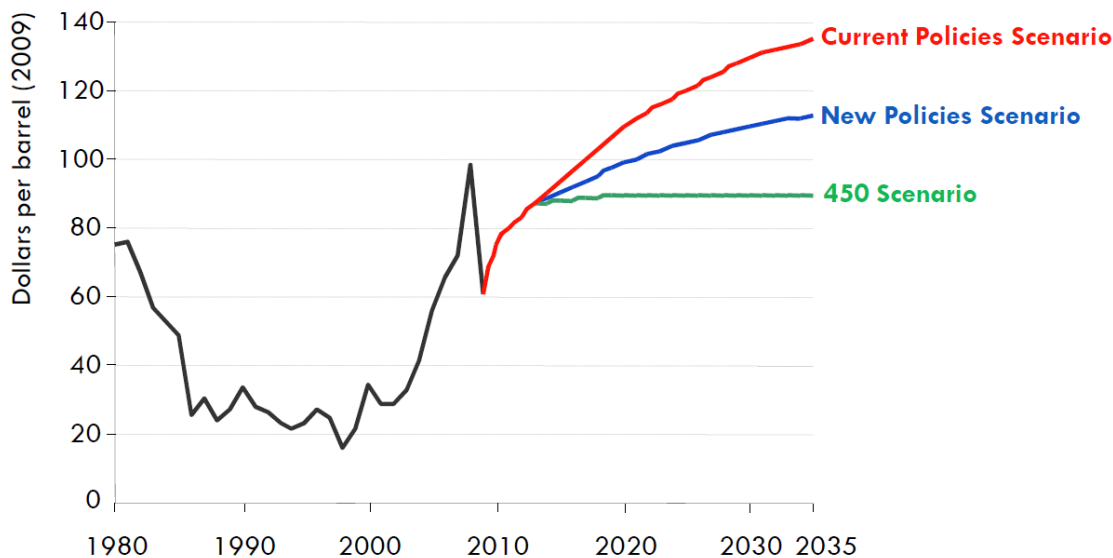
Quelle: (Blesl, M. et al. 2011) und (NPE 2011b)

Abbildung 14: Entwicklungspotenzial Batteriepreises bis 2030

Abbildung 14 zeigt eine Zusammenfassung verschiedener Prognosen für den Batteriepreis der nächsten Jahre. Dabei ist zu beachten, dass der genaue Batteriepreis auch von der konkreten Anwendung und den damit verbundenen technischen Anforderungen verbunden ist. Batterien mit hoher Leistung, vor allem für Hybride benötigt, sind teurer als Batterien mit eher geringen Leistungsanforderungen. Für Batterien mit größerer Kapazität, wie für reine Batteriefahrzeuge benötigt, wird aber bis 2020 von verschiedenen Seiten von unter 300 Euro pro Kilowattstunde ausgegangen.

❖ *Der Ölpreis bleibt hoch oder wird steigen*

Eine große Zahl von Studien, geht davon aus, dass die hohen Ölpreise in den letzten Jahren keine Ausnahme waren, sondern eher den Beginn langfristig höherer Ölpreise markieren. Auch die bisher eher zurückhaltenden Studien der internationalen Energieagentur gehen in aktuellen Szenarien von einem realen Ölpreis im Bereich 80 bis 120 USD pro Barrel aus (siehe Abbildung 15 und (IEA 2010)).



Quelle: (IEA 2010)

Abbildung 15: Ölpreisszenarien der Internationalen Energie Agentur

Der Ölpreis hat deutlichen Einfluss auf den Preis von PKW-Kraftstoffen. Der steigende Ölpreis bewirkt damit langfristig höhere Kraftstoffpreise. Höhere Benzinpreise vergrößern aber die Gruppe an PKW-Nutzern für die Elektrofahrzeuge ökonomisch sinnvoll sind. In diesem Sinne vergrößern sinkende Batteriepreise und steigende Benzinpreise die finanzielle Attraktivität von Elektromobilität.

❖ *Es wird eine Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland entstehen*

Konventionelle PKW können vergleichsweise große Strecken ohne Tanken zurücklegen. Elektrofahrzeuge (PHEV und BEV) müssen mit den angedachten Batterien deutlich häufiger geladen werden: je nach Kapazität und Fahrstrecken jeden Tag oder seltener. Daher wird eine erhöhte Nachfrage nach Lademöglichkeiten für Elektrofahrzeuge erwartet. Für den Ausbau der Ladeinfrastruktur gibt es unterschiedliche Erwartungen und eine Reihe technischer Rahmenbedingungen. Die Nationale Plattform für Elektromobilität hat in ihrem zweiten Zwischenbericht (NPE 2011) folgende Zahlen (Anzahl der Lademöglichkeiten) für den Aufbau einer zukünftigen Ladeinfrastruktur für Deutschland vorgelegt (siehe Tabelle 11):

Tabelle 11: Ladeinfrastrukturszenario der Nationalen Plattform Elektromobilität

Jahr	Gesamt	Wallbox	Firmenparkplatz	Öffentlich	Schnellladung
2014	118.000	62.370	35.890	19.250	245
2017	0,5 Mio.	-	-	-	-
2020	0,9 Mio.	-	-	-	-

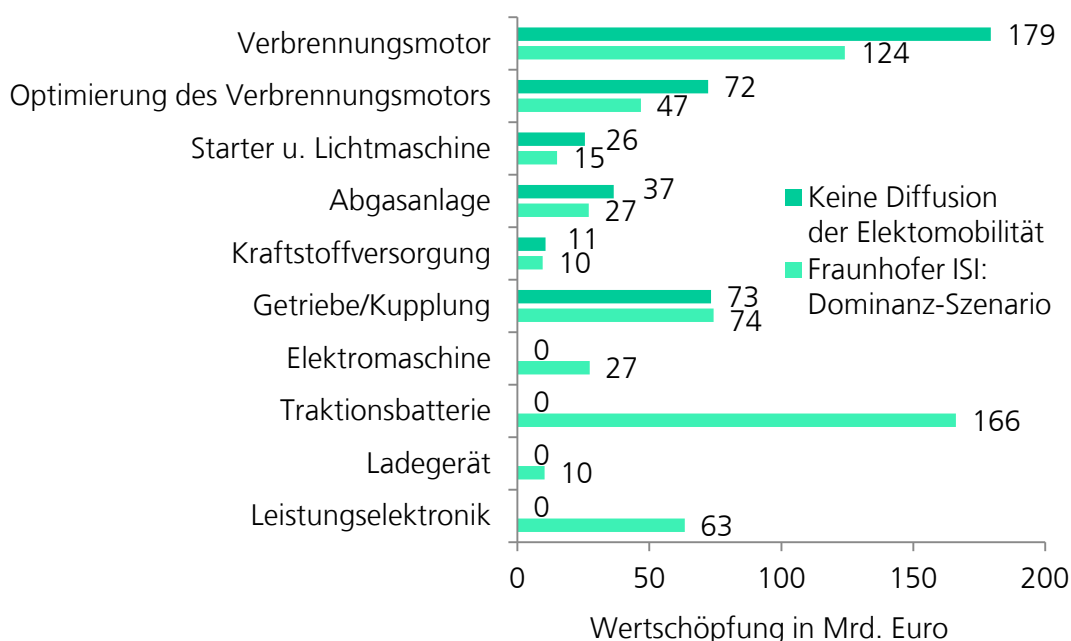
Quelle: (NPE 2011b)

Dieses Szenario ist allerdings mit großer Unsicherheit behaftet. Da circa 60 % der deutschen PKW-Nutzer über eine Garage verfügen, ist aus technischer Sicht auch eine große Zahl an Elektrofahrzeugen denkbar, die nur in der heimischen Garage geladen werden (Biere, D., Dallinger, D., und Wietschel, M. 2009). Trotzdem wird bei einer hohen Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen für weitere Nutzergruppen langfristig ein Ausbau an Ladeinfrastruktur erfolgen.

Neben der Verbreitung der Ladeinfrastrukturformen ist auch die zukünftige Art der Zahlung für öffentliche Ladeinfrastruktur unklar. Es werden hierfür verschiedene Zahlungsmodalitäten diskutiert (nach Zeit, nach Stromverbrauch, über ein *Clearing House*). Diese bedingen auch verschiedene technische Anforderungen (Kommunikation zwischen Ladesäule und Netz sowie Möglichkeit der Lastverlagerung oder Rückspeisung).

❖ Die Wertschöpfung der Autoproduktion verändert sich durch Elektromobilität

Ein wesentliches Element der Elektromobilität aus Herstellerperspektive sind die erwarteten Verschiebungen in der Wertschöpfungskette. Bei heutigen Fahrzeugen macht der Verbrennungsmotor den größten Teil in der Wertschöpfung von Fahrzeugen aus und liegt somit beim PKW-Hersteller (OEM). Da Batterien vergleichsweise teuer sind und aus Gründen der Mindestreichweite nicht beliebig verkleinert werden können, wird sich der Anteil des Verbrennungsmotors an der Wertschöpfung im Falle hoher Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen deutlich verkleinern (siehe Abbildung 16).



Quelle: Fraunhofer ISI

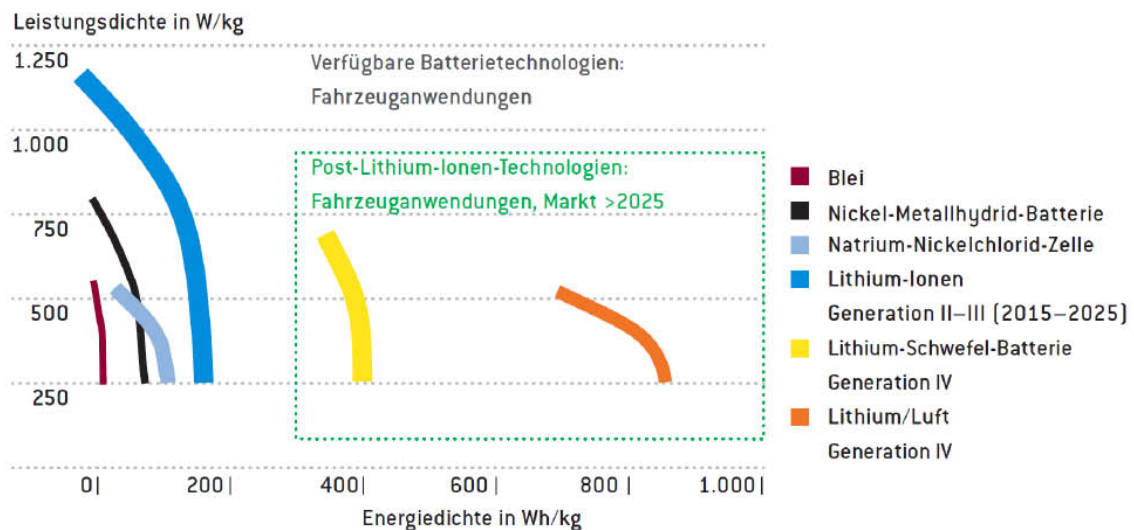
Abbildung 16: Wertschöpfungsverschiebung weltweit durch Elektromobilität im Fraunhofer ISI Dominanz-Szenario für 2030 (37 % ICE, 31 % HEV und 32 % BEV+PHEV)

Nach dem Batteriesystem trägt die Leistungselektronik am meisten zur Wertschöpfung eines Elektromobils bei. Sie steuert den Leistungsfluss durch das elektrische Antriebssystem, leistet die bedarfsgerechte und effiziente Anpassung von Spannungen, Strömen und Frequenzen zwischen den verschiedenen elektrischen Komponenten und übernimmt Regel- und Steuerungsfunktionen. Ihre Kernstücke sind Halbleiterbauelemente, die auf den Durchsatz hoher Leistungen optimiert werden.

Technologische Trends

❖ Die Batterietechnologie wird weiter entwickelt

Da die Batterie für die technischen Charakteristika von Elektrofahrzeugen eine wichtige Rolle spielt, werden auch zukünftige Batteriegenerationen häufig diskutiert. Neue Batteriearten werden voraussichtlich sehr viel höhere Energiedichten aufweisen und damit größere Reichweiten für reine Batteriefahrzeuge ermöglichen. Allerdings ist mit diesen Batteriegenerationen erst nach dem Jahr 2025 am Markt zu rechnen (NPE 2011b). Abbildung 17 gibt einen Überblick über die erwarteten Energie- und Leistungsdichten zukünftiger Batteriegenerationen.

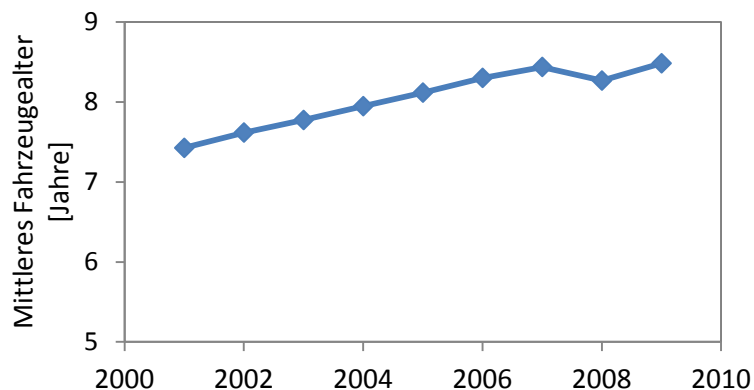


Quelle: (NPE 2011b)

Abbildung 17: Leistungs- und Energiedichten zukünftiger Batterietechnologien

❖ Fahrzeuge werden insgesamt länger gehalten

Ein weiterer technologischer Trend betrifft die Haltbarkeit von Fahrzeugen. Fahrzeuge werden heute deutlich älter als früher. In den letzten zehn Jahren ist das mittlere Fahrzeugalter von PKW von 7,4 auf 8,5 Jahren gestiegen (siehe Abbildung 18). Das mittlere Fahrzeugalter ist demnach in den letzten Jahren um circa 1,7 % pro Jahr gewachsen.



Quelle: (KBA 2011b) und eigene Berechnungen

Abbildung 18: Entwicklung des mittleren Fahrzeugalters 2001 – 2009

❖ *Digitalisierung und Elektronik im Automobilbereich nimmt weiter zu*

In den letzten 20 Jahren haben immer mehr Mikroprozessoren Eingang in den Automobilssektor gefunden. Diese Automobilelektronik übernimmt inzwischen eine Vielzahl von Steuerungs- und Regelungsaufgaben. Dazu gehören unter anderem Motorsteuerung, Antiblockiersystem und Fahrdynamikregelung, Airbag-Auslösung, Fahrerassistenzsysteme und Autoalarmanlagen. Dieser Trend hin zu mehr Elektronik wird sich vermutlich fortsetzen. Mit der steigenden Verbreitung des Internets im Alltag werden jüngst auch noch zusätzliche Bordelektronik (z. B. die Steuerung und Kontrolle des Fahrzeugs, zusätzliche Displays oder auch die Integration ins Verkehrssystem) diskutiert.

Ökologische Trends

❖ *Langfristig könnte auch Wasserstoff eine Alternative sein*

Für einen CO₂-armen Verkehr ist auch Wasserstoff als Energieträger interessant. Mittels einer Brennstoffzelle kann dieser in Strom umgewandelt werden und ein Fahrzeug per Elektromotor angetrieben werden. Diese Option ist gerade für weitere Strecken interessant, denn Batteriefahrzeuge werden mit den aktuell anvisierten Lithium-Ionen-Batterien keine großen Reichweiten (im Bereich 500 Kilometer) erreichen. Hier sind Wasserstofffahrzeuge eine interessante Alternative, gerade für große Fahrzeugklassen. Eine aktuelle McKinsey-Studie diskutiert Markt-Szenarien für Elektrofahrzeuge und Wasserstoff sowie die Kosten für den nötigen Infrastrukturausbau aus gesamt-europäischer Sicht (Wietschel, M. et al. 2009); (McKinsey 2011). Bis 2020 werden Brennstoffzel-

lenfahrzeuge aber vermutlich in Deutschland kaum eine Rolle spielen, da nur wenige Hersteller Fahrzeuge angekündigt haben (siehe Abschnitt 3.1).

❖ *Steigender Anteil regenerativer Energien und Integration ins Netz kann durch E-Fahrzeuge unterstützt werden*

Mit dem steigenden Anteil regenerativer Energien am deutschen Strommix wird sich die Ökobilanz von Elektrofahrzeugen, die mit dem normalen Strommix geladen werden, langfristig leicht verbessern. Der zusätzliche Stromverbrauch durch Elektrofahrzeuge ist dabei nicht sehr hoch, denn zehn Millionen Elektrofahrzeuge würden circa 30 TWh Strom im Jahr verbrauchen – das entspricht ungefähr 6 % des aktuellen jährlichen Stromverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland. Falls diese Fahrzeuge jedoch alle gleichzeitig laden wollen, wäre die zusätzliche Last durchaus nennenswert. Bei 3,7 kW pro Fahrzeug (heimische Steckdose) entspräche dies 37 GW, also ungefähr 20 % der installierten Leistung in Deutschland. Daher wird die Lastverlagerung mittel- bis langfristig ein wichtiges Thema für Elektromobilität werden, auch wenn sie in den kommenden Jahren keine große Rolle spielen wird. Auch das Konzept Vehicle2Grid (V2G), mit dessen Hilfe überschüssiger Strom zu Schwachlastzeiten in die Elektrofahrzeuge geladen und in Hochlastzeiten wieder entnommen werden kann, wird in den nächsten Jahren nur in regionalen Projekten von Bedeutung sein. Eine detailliertere Einführung zum Wechselspiel erneuerbare Energie und Elektromobilität geben (Pehnt, M. et al. 2011).

Gesellschaftliche Trends

❖ *Intermodale Angebote beeinflussen den Verkehr der Zukunft*

Das Auto hat an Bedeutung gegenüber anderen Verkehrsmitteln eingebüßt (Schade, W. et al. 2011). Es gilt in einigen Gesellschaftsschichten nicht weiter als Symbol für Freiheit und ökonomischen Erfolg, sondern als eine Verkehrsoption unter vielen. In Zukunft wird eine wachsende Zahl von Autofahrern das Auto eher pragmatisch und rationell nutzen. In urbanen Regionen wird das ÖPNV-, Fahrrad- und Fußwege-Netz schrittweise verbessert. In diesem Sinne werden vermehrt verschiedene Formen der Mobilität genutzt, um die eigenen Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen. Nutzungsorientierte Konzepte wie Car-Sharing, Car2Go und Bike-Sharing haben in letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Eine langfristige Sicht auf gesellschaftliche Entwicklungen im Bereich Mobilität bieten (Schade, W. et al. 2011).

❖ *Demografischer Wandel und Verstädterung nehmen weiter zu*

Zur demografischen Entwicklung spielen zwei Trends eine wichtige Rolle, zum einen das zunehmende Alter der Bevölkerung (steigende Lebenserwartung) und zum anderen die wachsende Verstädterung (UN 2010). Beide haben Einfluss auf die Nachfrage nach Mobilität und die langfristigen Arten der Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen (Schade, W. et al. 2011).

4.2 Politische Entwicklung in den nächsten Jahren

❖ *Forschungsförderung wird stärker konzentriert*

Bisher wurde vor allem die Forschung der Elektromobilität durch die Politik gefördert, hier teilweise auch sehr verteilt in zahlreichen kleinen Projekten. Schon mit dem Regierungsprogramm Elektromobilität und der Herausbildung von „Leuchttürmen“ und „Schaufenstern“ wird die stärkere Konzentration der Politik auf Großprojekte deutlich (Bundesregierung 2011, S. 25–30).

❖ *Indirekte politische Instrumente unterstützen die Nutzer von Elektrofahrzeugen*

Die Forschungsförderung wird in den kommenden Jahren aller Voraussicht nach zurückgehen, stattdessen ist eine Kaufsubvention für Elektrofahrzeuge viel diskutiert. Kritiker sehen darin kein optimales Instrument, um Elektromobilität zu fördern, da viel Geld aufgewendet werden muss (Heymann, E., Koppel, O. und Puls, T. 2011, S. 23, 24). Ein Vergleich von politischen Maßnahmen zeigt jedoch den Erfolg einer Direktsubvention über die Zunahme an Elektrofahrzeugen (Holtermann, M. et al. 2011, S. 53). Ob eine Direktsubvention kommen wird, ist derzeit jedoch noch unklar.

Zusätzlich muss neben der direkten Förderung auch die indirekte Förderung im Auge behalten werden, wo kommunale Gesetzesanpassungen die Potenziale der Elektromobilität steigern können. Privilegien für Elektromobile im Straßenverkehr sind bereits in anderen Ländern eingeführt worden und werden auch in der BRD diskutiert (Heymann, E., Koppel, O. und Puls, T. 2011, S. 25).¹⁹ Da Flottenkäufe durch die öffentliche Hand, eine Änderung der Dienstwagenbesteuerung und die Befreiung von Elektrofahrzeugen von der Kfz-Steuer sowohl eine Steigerung bei den Fahrzeugzahlen erzielt, als auch mittelfristig eine posi-

¹⁹ Vgl. Abschnitt 3.2

tive gesamtwirtschaftliche Bilanz gezogen werden kann, könnten diese Maßnahmen vermutlich schon bald gesetzlich verankert werden (Holtermann, M. et al. 2011, S. 46–49).

Ebenso deutlich ist der Trend zu einer weitergehenden Verschärfung der erlaubten CO₂-Emissionen. Diese Tendenz ist bereits heute bei den einzuhaltenen Emissionsmengen pro Fahrzeug deutlich, wie in Abschnitt 2.3 bereits erläutert wurde. Zur Einhaltung des Zwei-Grad-Zieles der Vereinten Nationen, ist es notwendig die Grenze bis 2050 auf 20 g CO₂/km zu senken. Da derart niedrige Emissionen aufgrund des Carnot-Wirkungsgrades für verbrennungsmotorbetriebene Fahrzeuge nicht erreichbar sind, ist bei einer Verschärfung der Ausstoßmengen mit einer Zunahme von alternativen Antriebsformen zu rechnen (Wietschel, M. et al. 2011, S. 8).

Zugangsbeschränkungen in Großstädten sind heute bereits über die *Umweltzonen* eingerichtet, bislang wird jedoch noch wenig sanktioniert, wenn diese missachtet werden. Es ist jedoch mit einer Verschärfung der Grenzwerte in den kommenden Jahren und auch einer stärkeren Verfolgung der Einhaltung zu rechnen (Umweltzone.net 2011).

❖ *Gesetzgeberische Maßnahmen legen das Umfeld der Elektromobilität weiter fest*

Im Bereich Normung und Standardisierung könnten insbesondere international lange Verzögerungen entstehen, da schon bei den herkömmlichen Haushaltssteckdosen erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern bestehen. Auch die eichrechtskonforme Abgabe von Strommengen an Ladesäulen, unterschiedliche Ladekabel, verschiedene Batterien, variable Anschlussleistungen und Haftungsfragen stellen organisatorische Hürden für die Elektromobilität dar. Auf nationaler Ebene ist in innerhalb der NPE die Gruppe „Normung, Standardisierung und Zertifizierung“ mit zahlreichen relevanten Teilnehmern die wichtigste Gruppe in diesem Feld. So hat man sich bereits auf einen einheitlichen Stecker geeinigt, ein Durchbruch bei den zahlreichen anderen Themen ist jedoch noch nicht erfolgt (NPE 2010); (NPE 2011a).

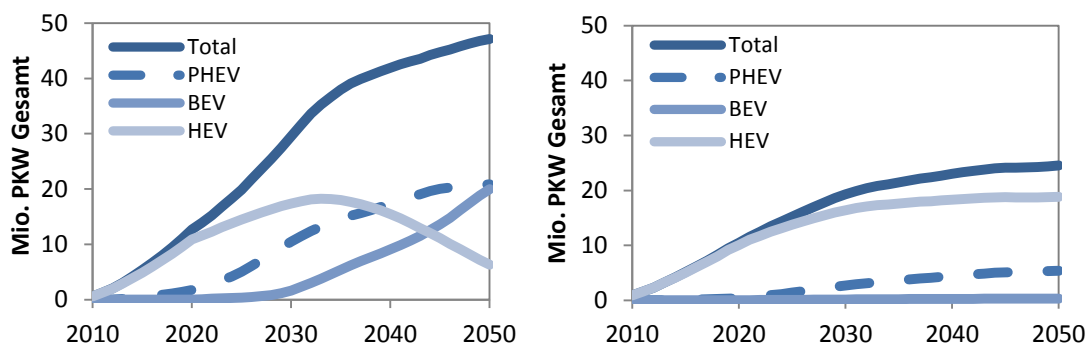
Generell wird die Elektromobilität in den kommenden Jahren auch vermehrt durch Gesetzgebungen beeinflusst werden, die die Energieeffizienz betreffen. So sind nicht nur verringerte CO₂-Emissionsgrenzwerte förderlich, stattdessen hat beispielsweise auch die ab dem 01.11.2012 geltende Kennzeichnungspflicht von Reifen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz eventuell einen negativen Einfluss auf die Entwicklung der Elektromobilität (EU 2009a).

4.3 Zukünftiges Marktpotential für Elektrofahrzeuge

Für das Marktpotential, d. h. die mögliche zukünftige Verbreitung von Elektrofahrzeugen, existiert eine Reihe von Studien, die hier kurz angerissen werden soll.

In einer Studie zur Untersuchung der möglichen Chancen und Risiken von Elektromobilitätskonzepten mit Netzanschluss entwickelte das Fraunhofer ISI je zwei Marktpenetrationsszenarien für Deutschland und Europa mit folgenden Annahmen (siehe Fraunhofer ISI 2008): Das optimistische *Dominanz-Szenario* beschreibt eine nahezu vollständige Verbreitung der Hybridtechnologie in den nächsten Jahren. Die zugrunde liegenden Annahmen sind ein hoher Ölpreis, niedrige Batteriekosten sowie stark fördernde politische Rahmenbedingungen. Dies führt zunächst zu einer verstärkten Verbreitung von Plug-in Hybriden und später (ab 2025) zu einem anwachsenden Anteil an reinen Batteriefahrzeugen. In einem zweiten, komplementären Szenario existiert ein Nebeneinander verschiedener Antriebstechnologien. Die Rahmenbedingungen in diesem *Pluralismus-Szenario* wären nicht ganz so optimal für alternative Antriebe und die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen ist weniger hoch. Die für große Reichweiten nötige Energiedichte der Batterien wird nicht erreicht, und reine Batteriefahrzeuge bleiben ein Nischenmarkt.

Abbildung 19 zeigt die Ergebnisse der beiden ISI-Szenarien für die Entwicklung von Elektroautos in Deutschland. Unter optimalen politischen und wirtschaftlichen Bedingungen (Dominanz-Szenario) kann sich die Gesamtzahl der Elektroautos bis 2050 auf fast 50 Mio. Fahrzeuge erhöhen (Abbildung 19, links).



Quelle: Fraunhofer ISI

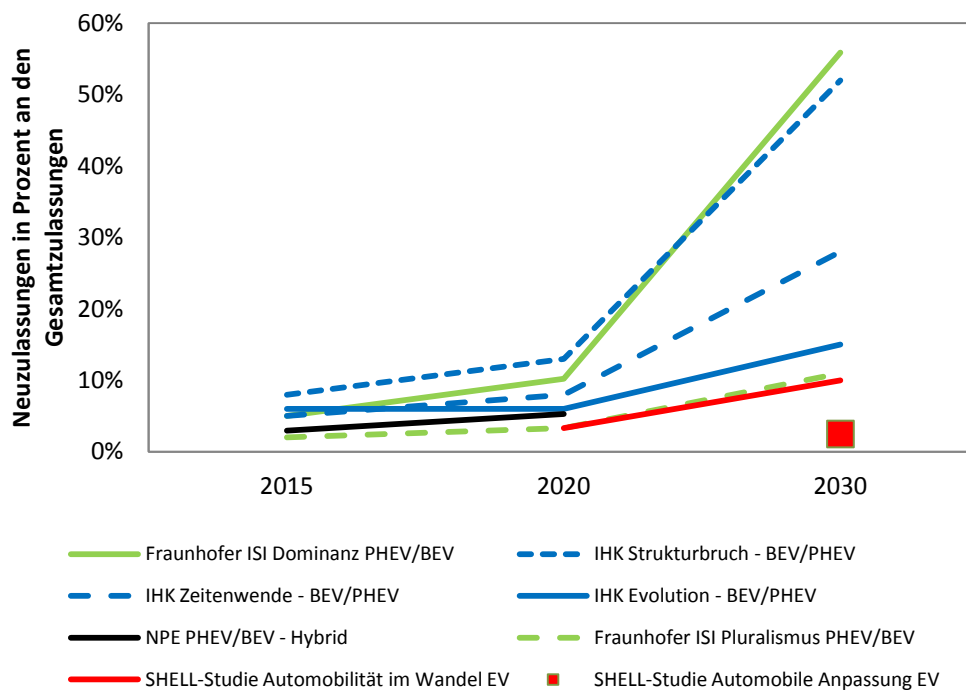
Abbildung 19: Fraunhofer ISI - Szenarien für den Elektroauto-Bestand in Deutschland: Dominanz- (links) und Pluralismus-Szenario (rechts)

Dabei würden Hybridfahrzeuge eine Übergangstechnologie bilden, die schließlich ganz durch Plug-in-Hybride und reine Batteriefahrzeuge ersetzt wird.

Weitere Studien

Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des gesamten Elektromobilitätsmarktes in Deutschland wurde bereits eine Reihe von Szenarien von verschiedener Seite entwickelt. Die Vorhersagen des Marktanteils von Elektrofahrzeugen der verschiedenen Szenarien weichen dabei stark voneinander ab. Während vor wenigen Jahren die Prognosen zur Verbreitung der Elektromobilität bis 2020 und 2030 sehr optimistisch waren, sind die Schätzungen heute tendenziell vorsichtiger. Aus heutiger Sicht erscheint das Ziel der Bundesregierung von einer Million Elektrofahrzeugen als ambitioniert, aber erreichbar.

Die mögliche Bandbreite der Schätzungen, insbesondere über längere Zeiträume, zeigt sich beim Vergleich der verschiedenen Szenarien. Abbildung 20 zeigt die Erwartungen verschiedener Studien zur Zahl der Elektrofahrzeug-Neuzulassungen. Die Szenarien basieren zum Teil auf klar unterschiedlichen Annahmen und Methoden, die hier im Einzelnen nicht erläutert werden können (Fraunhofer ISI 2011).



Quellen: siehe Grafik

Abbildung 20: Neuzulassungen von Plug-in-Hybriden und Batteriefahrzeugen in Deutschland

Im Detail erweist sich die Spannweite der möglichen Verbreitung als relativ groß: Der Anteil an PHEV und BEV steigt zwischen 2020 und 2030 von 2 – 15 % auf 7 bis 55 %. Insgesamt spielen Elektrofahrzeuge in allen Entwicklungsszenarien eine wichtige Rolle.

5 Zusammenfassung

Elektromobilität befindet sich derzeit noch in einem frühen Stadium. Es gibt bisher nur wenige Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen, so dass keine Analyse eines bestehenden Marktes möglich ist. Unterstützt durch die Politik, die Deutschland zum Leitmarkt oder Leitanbieter für Elektromobilität machen will, beschäftigen sich deutsche Autohersteller intensiv mit dem Thema Elektromobilität und haben bereits zahlreiche Fahrzeuge angekündigt, auch um die Risiken steigender Ölpreise und die Potenziale sinkender Batteriekosten zu nutzen.

Dabei ist im Vergleich zum Verbrenner eine deutliche Verschiebung der Wertschöpfungskette zu erwarten. Die aus Wertschöpfungsicht wichtigsten neuen Fahrzeugteile sind die Batterie, die Leistungselektronik, der Elektromotor und das Ladegerät für Elektrofahrzeuge, sowie die Brennstoffzelle und der Wasserstofftank für Brennstoffzellenfahrzeuge, um die sich ein neuer Zuliefermarkt herausbildet.

Auf Fahrzeugseite hat Deutschland im internationalen Vergleich in den letzten Jahren deutlich aufgeholt und ist wieder auf Augenhöhe mit international führenden Unternehmen. Bei den Elektromotoren und der Leistungselektronik gehören deutsche Unternehmen zu den führenden Anbietern im Weltmarkt, wohingegen man bei den Batterien weit von der Leitanbieterschaft entfernt ist. Da derzeit Anstrengungen in allen Bereichen im weiteren Umfeld der Elektromobilität unternommen werden, scheint Deutschland für die zukünftigen Herausforderungen durch Elektromobilität gut gerüstet zu sein.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für viele Diskussionen, Anregungen und Unterstützung bei Martin Wietschel, David Dallinger, Elisabeth Dütschke, Anja Peters, Uta Schneider und Fabian Kley.

6 Literaturverzeichnis

- ADAC 2009, ADAC-Umfrage Kaufbereitschaft Elektroautos, Hg. von ADAC Test und Technik, Technik Zentrum, 86899 Landsberg a. Lech. 7. Oktober.
- Auto, Motor und Sport 2010, E-Autos: Die Kooperationen der Hersteller, 9. August. <http://www.auto-motor-und-sport.de/eco/e-autos-die-kooperationen-der-hersteller-1431038.html>
- Automobil Produktion 2011, „Automobilzulieferer - Umsatz weltweit | 2010 2011“. *Handelsblatt*, 19. Juli, 137 Auflage.
- Biere, D., Dallinger, D. und Wietschel, M. 2009, „Ökonomische Analyse der Erstnutzer von Elektrofahrzeugen“, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 33 (Nr.2): 173-181.
- Blesl, M., Bruchof, D., Hartmann, N., Özdemir, D., Fahl, U., Eltrop, L. und Voß, A. 2011, *Entwicklungsstand und Perspektiven der Elektromobilität*, Stuttgart: Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER).
- BMU 2011, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Daten zur Umwelt - Emissionsmindernde Anforderungen im Verkehr, April. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeident=2363>
- BMWi, BMU 2010, *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 28. September.
- BMWi 2011, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) - Energieverbrauchskennzeichnung von PKW, <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energieeffizienz-und-Energieeinsparung/energieeinsparung,did=354752.html>.
- Bundesregierung 2009, „*Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung*“, Berlin, August.
- Bundesregierung 2011, „*Regierungsprogramm Elektromobilität*“, Berlin: BMWi, BMVBS, BMW, BMBF.
- Deutsche ACCUotive GmbH & Co. KG 2011, Home - Deutsche ACCUotive GmbH & Co. KG, <http://www.accumotive.de/>
- Doll, C. 2007, „*Zukunftsmarkt Hybride Antriebstechnik; Fallstudie im Rahmen des Forschungsprojektes Innovative Umweltpolitik in wichtigen Handlungsfeldern*“, Berlin: BMU/UBA, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3453.pdf>

- Doll, C., Gutmann, M. und Wietschel, M. 2011, *Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten - Simulation anhand realer Fahrprofile*, Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität, Mai.
- Doppelbauer, M. 2011, *Persönliche Mitteilung*.
- DUH. 2011, Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH): Bundesrat soll mangelhafte Vorlage zur Verbrauchskennzeichnung von Pkw zurückweisen, 5. Juli.
http://www.duh.de/pressemitteilung.html?&tx_ttnews%5Btt_news%5D=2646.
- Dütschke, E., Schneider, U., Peters, A., Paetz, A.-G. und Jochem, P. 2011, *Moving towards more efficient car use – what can be learnt about consumer acceptance from analysing the cases of LPG and CNG?* Proceedings to ECEEE Summer Study. Belambra Presqu'île de Giens, France, Juni.
- Dütschke, E., Schneider, U., Sauer, A., Wietschel, M., Hoffmann, J., und Domke, S. 2011, Roadmap zur Kundenakzeptanz - Zentrale Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung in den Modellregionen, Berlin: Fraunhofer ISI, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).
- EC 2010, European Commission (EC): The EU climate and energy package - The „20-20-20“-Targets,
http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm
- E-mobil BW 2011, Schaufenster Elektromobilität: Informationen zur Ausschreibung
Karlsruhe, 24. Oktober.
- EU 2007. *Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge*. 20. Juni.
- EU 2008, Grenzwerte für CO₂-Emissionen bei Neuwagen, 25. März.
http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/interactions_industry_policies/l28200_de.htm
- EU 2009a, *Verordnung Nr. 1222/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die Kennzeichnung von Reifen in Bezug auf die Kraftstoffeffizienz und andere wesentliche Parameter*.
- EU 2009b, *Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen*, 23. April.

- EU 2011, Verringerung der CO₂-Emissionen von neuen Personenkraftwagen, http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/interactions_industry_policies/mi0046_de.htm
- Exchange-rates.org 2011, Wechselkurs Euro-Dollar am 31.12.2008, <http://de.exchange-rates.org/Rate/USD/EUR/31.12.2008>.
- faz 2011, Elektromotoren: Bosch und Daimler machen gemeinsame Sache, 12. April, <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/automobilindustrie/elektromotoren-bosch-und-daimler-machen-gemeinsame-sache-1623651.html>
- Fromm, T. 2011, „Power unterm Hintern“, *Süddeutsche Zeitung (SZ)*, 10. November, Nr. 259 Auflage.
- FTD 2009a, „Automobilzulieferer Deutschland 2008 | Statistik“. *Financial Times Deutschland (FTD)*, April 30.
- FTD 2009b, Einstieg bei Tesla: Daimler entert Elektro-Sportwagenbauer, 19. Mai. <http://www.ftd.de/unternehmen/industrie/autoindustrie/:einstieg-bei-tesla-daimler-entert-elektro-sportwagenbauer/515996.html>
- de Haan, P., Peters A. und Mueller M. G. 2006, „Comparison of buyers of hybrid and conventional internal combustion engine automobiles: Characteristics, preferences, and previously owned vehicles“, *Transportation Research Record* 1983: 106-113.
- Handelsblatt 2008, Kooperation: Evonik will mit Daimler Batterien fürs Elektroauto bauen, 14. Dezember, <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/evonik-will-mit-daimler-batterien-fuers-elektroauto-bauen/3072562.html>
- Handelsblatt 2009, Batterietechnik: VW und Varta kooperieren für Elektroauto, 25. September, <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/vw-und-varta-kooperieren-fuer-elektroauto/3266512.html>
- heise.de 2008, Volkswagen und Sanyo entwickeln Lithium-Ionen-Akkus, 28. Mai, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Volkswagen-und-Sanyo-entwickeln-Lithium-Ionen-Akkus-210495.html>
- heise.de 2009, Volkswagen und Toshiba kooperieren bei Elektroantrieben, 12. Februar, <http://www.heise.de/autos/artikel/Volkswagen-und-Toshiba-kooperieren-bei-Elektroantrieben-476247.html>
- Hella 2011, HELLA KGaA Hueck & Co. | HELLA im Überblick, <http://www.hella.com/hella-com/723.html?rdeLocaleAttr=de>
- Heymann, E., Koppel, O. und Puls, T. 2011. *Elektromobilität - Sinkende Kosten sind conditio sine qua non*, Frankfurt: Deutsche Bank Research, 12. November.

- Holtermann, M., Radeke, J., Weinmann, J., Massiani, J., Hemmert, G., Gohs, A. und Witsch, I. 2011, *Marktmodell Elektromobilität - Bericht, Teil 1 - Ansatz und Ergebnisse*, Berlin: ESMT - European School of Management and Technology, November.
- Hybrid-autos.info 2011, E-Maschinen | Technik. <http://www.hybrid-autos.info/Technik/E-Maschinen/>.
- IEA 2010, *World Energy Outlook 2010 Presentation*, London: International Energy Agency (IEA), 9. November, http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_london_nov9.pdf
- ifo 2011, *VR Branchen special - Bericht Nr. 38 - Tankstellen*, Berlin, München: Bundesverband der Deutschen Volksbanken und Raiffeisenbanken (BVR) und ifo Institut für Wirtschaftsforschung, April.
- JATO 2011, *Incentives fail to stimulate European Electric Vehicle Sales*, Limburg: JATO Dynamics GmbH, 26. September.
- KBA 2010, *Bestand der PkW in Deutschland nach Marken - 2001 bis 2009*, Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA).
- KBA 2011a, *Emissionen und Kraftstoffe*, Fachartikel, Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), http://www.kbashop.de/wcsstore/KBA/pdf/Fachartikel_Emissionen_Kraftstoffe.pdf
- KBA 2011b, *Bestand der Fahrzeuge nach Alter - 1991 bis 2009*, Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA).
- KBA 2011c, Homepage des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), 15. November, <http://www.kba.de/>
- Kley, F. 2011, Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge – Entwicklung und Bewertung einer Ausbaustrategie auf Basis des Fahrverhaltens, Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Juni 16.
- Kley, F., Wietschel, M. und Dallinger, D. 2010, *Evaluation of European electric vehicle support schemes*, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Lache, R., Galves, D., Nolan, P., Sanger, K., Kitaura, T., Gehrke, J., Toulemande, G. et al. 2009, Deutsche Bank - Global Market Research - Electric Cars: Plugged in 2, 3. November.
- manager-magazin.de 2010, Kooperation mit BYD: Daimler baut Elektroautos für China, 1. März, <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/0,2828,681100,00.html>

- McKinsey 2011, *A portfolio of power-trains for Europe: a fact-based analysis - The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles*, <http://www.zeroemissionvehicles.eu/>
- Mock, P. 2010, Entwicklung eines Szenariomodells zur Simulation der zukünftigen Marktanteile und CO₂-Emissionen von Kraftfahrzeugen (VECTOR21), Stuttgart: Universität Stuttgart, Oktober.
- NPE 2010, Nationale Plattform Elektromobilität: Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität, http://www.elektromobilitaet.din.de/sixcms_upload/media/3310/Normung-Roadmap_Elektromobilitaet.pdf
- NPE 2011a, *Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) - AG4 - Normung, Standardisierung und Zertifizierung: Elektromobilität - Internationaler Steckerstandard für den Kunden (Faltblatt)*, Berlin: Nationale Plattform Elektromobilität.
- NPE 2011b, *Nationale Plattform Elektromobilität (NPE): „Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität“*, Berlin: Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung, Mai.
- Ozaki, R., und Sevastyanova, K., 2011, „Going hybrid: An analysis of consumer purchase motivations“, *Energy Policy* 39, (5) (Mai): 2217-2227. doi:10.1016/j.enpol.2010.04.024.
- Pehnt, M., Helms, H., Lambrecht, U., Dallinger, D., Wietschel, M., Heinrichs, H., Kohrs, R. et al. 2011, „Elektroautos in einer von erneuerbaren Energien geprägten Energiewirtschaft“, *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 35 (3): 221-234.
- Peters, A. und Dütschke, E. 2010, „Zur Nutzerakzeptanz von Elektromobilität - Analyse aus Expertensicht“, Working Paper, Sustainability and Innovation, Oktober.
- Peters, A., Agosti, R., Popp, M., und Ryf, B. 2011, Electric mobility – a survey of different consumer groups in Germany with regard to adoption, Proceedings to ECEEE Summer Study, Belambra Presqu'île de Giens, France, Juni.
- Peters, A. und Hoffmann, J. 2011, „Nutzerakzeptanz von Elektromobilität: Eine empirische Studie zu attraktiven Nutzungsvarianten, Fahrzeugkonzepten und Geschäftsmodellen aus Sicht potenzieller Nutzer“, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Plötz, P., und Eichhammer, W. 2011, *Zukunftsmärkte Effiziente Elektromotoren - Fallstudie im Rahmen des Verbundvorhabens „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomische und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“*, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

- PwC 2011, Pricewaterhouse Coopers (PwC): Elektroautos - Größte Hersteller nach produzierten Fahrzeugen 2010, <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/169777/umfrage/die-groessten-hersteller-von-elektroautos/>
- Roland Berger 2011, Global Vehicle LiB Market Study, August.
- Schade, W., Peters, A., Doll, C., Klug, S., Köhler, J. und Krail, M. 2011, *VIVER - Vision für nachhaltigen Verkehr in Deutschland*, Working Paper, Sustainability and Innovation, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Technomar GmbH, TÜV SÜD, und Energie & Management Verlagsgesellschaft 2009, „*Kurz- und mittelfristige Erschließung des Marktes für Elektroautomobile, Deutschland - EU, Ergebnisse der Gemeinschaftsuntersuchung*“, München, Oktober.
- tns Infratest und Continental 2009, Internationale Hybrid- und Elektro-Studie, Ergebnisse Deutschland, 2008/2009.
- Umweltzone.net 2011, Zielvorgaben der EU in Umweltzonen, <http://www.umweltzone.net/recht-gesetz/zielvorgaben/>
- UN 2010, *United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: World Urbanization Prospects, the 2009 Revision: Highlights*. New York, http://esa.un.org/unpd/wup/Documents/WUP2009_Highlights_Final.pdf.
- Volkswagen AG 2009, Volkswagen und BYD unterzeichnen Absichtserklärung, 25. Mai, http://www.pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?pfach=1&n_firmanr_=101679&sektor=pm&detail=1&r=369055&sid=&aktion=jour_pm&quelle=0
- Volvo Car Germany GmbH 2011, Volvo Plug-in-Hybrid kommt 2012 auf den Markt, 5. Oktober, <http://www.volvocars.com/at/sales-services/sales/fleet-sales/press/pages/default.aspx?itemid=3>.
- Wietschel, M., Dallinger, D., Doll, C., Gnann, T., Held, M., Kley, F., Lerch, C. et al. 2011, *Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität*, Karlsruhe: Fraunhofer ISI, Oktober.
- Wietschel, M., Joest, S., Fichtner, M., Bünger, U., Stiller, C., Schmidt, P. und Merten, F. 2009, „*Woher kommt der Wasserstoff in Deutschland bis 2050?*“ - *GermanHy, Studie im Auftrag des BMVBS*, Berlin: BMVBS: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, August.



Autoren:

Till Gnann, Patrick Plötz

Fraunhofer ISI, Competence Center Energiepolitik und Energiesysteme

Kontakt: Brigitte Kallfaß

Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

Germany

Phone: 0721 / 6809-150

Fax: 0721 / 6809-203

E-mail: brigitte.kallfass@isi.fraunhofer.de

URL: www.isi.fraunhofer.de

Karlsruhe 2011