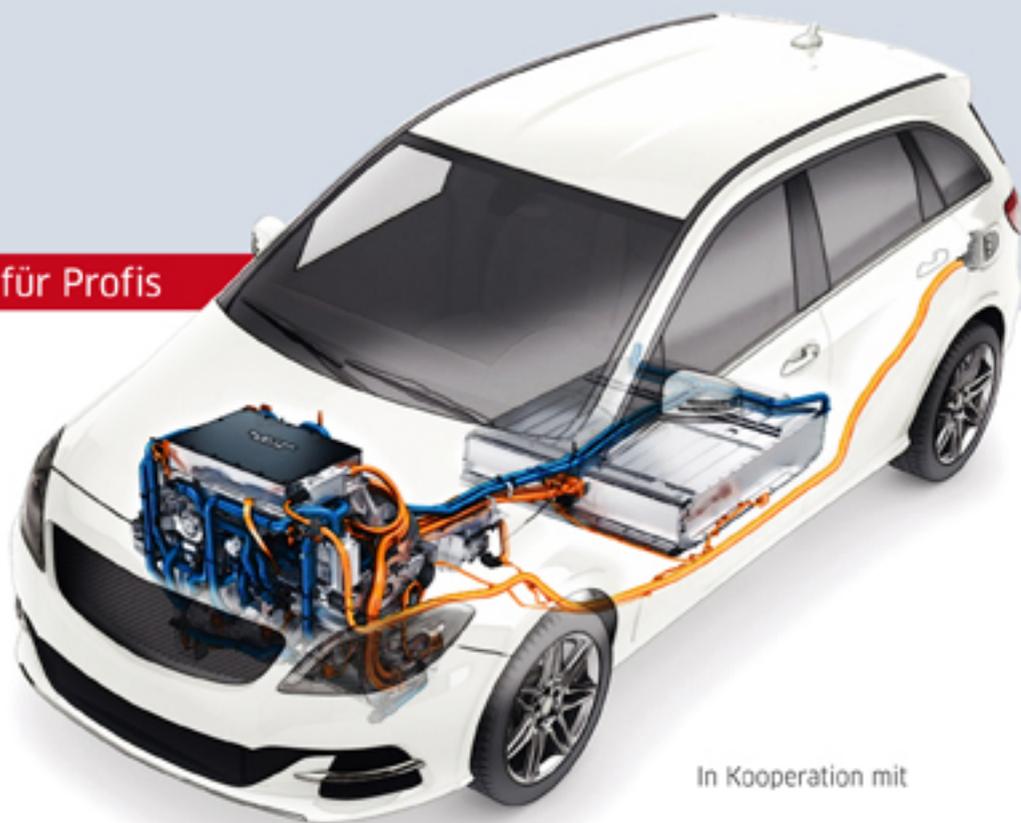


JOHANNES MÜLLER / EDGAR SCHMIDT / WERNER STEBER

ELEKTRO- MOBILITÄT

HOCHVOLT- UND 48-VOLT-SYSTEME

Wissen für Profis



In Kooperation mit

Continental



Vogel Business Media

Innovativ.
Mutig.
E-Mobilität.



Strom als Multitalent.

Continental Powertrain ist ein Vorreiter der Elektrifizierung des Fahrzeugantriebs in Hybriden und Elektrofahrzeugen. Sowohl in der Entwicklung als auch bei der Industrialisierung bis zum Serieneinsatz gehören wir technologisch zu den führenden Systemanbietern. Genau diese Elektrifizierung nach Maß hat uns auch zum Pionier bei der milden Hybridisierung mit der 48V Eco Drive Technologie gemacht: Bei einer geringen Kostenhürde für die Integration ermöglicht dieses System Kraftstoffeinsparungen von bis zu 21% im Stadtverkehr. Es geht auch darum, die neuen Möglichkeiten, die mit der Elektrifizierung entstehen, intelligent zu nutzen – einschließlich neuartiger Wechselwirkungen. Dazu gehören beispielsweise mehr elektrisch angetriebene Komponenten oder Funktionen, die nach einem sparsamen Power-on-Demand Prinzip arbeiten. Strom ist dafür das Multitalent.

Johannes Müller / Edgar Schmidt / Dipl.-Ing. Werner Steber

Elektromobilität

Hochvolt- und 48-Volt-Systeme



Vogel Business Media

JOHANNES MÜLLER

Jahrgang 1964, begann nach dem Hauptschulabschluss 1981 eine Lehre als Kfz-Mechaniker in einem Opel-Betrieb in der Eifel. Nach der Gesellenprüfung legte er die Meisterprüfung im Kfz-Handwerk ab. Parallel dazu konnte er durch seine Lehrtätigkeit im Berufsbildungszentrum Trier Erfahrungen in der Erwachsenenbildung sammeln. Seit 2010 für die Akademie des Deutschen Kraftfahrzeuggewerbes (TAK) als Referent für technische Schulungen tätig. Eines seiner Spezialgebiete sind hier die Schulungen zu Hochvolt-Systemen.

EDGAR SCHMIDT

Jahrgang 1964, absolvierte nach der Realschule eine Ausbildung zum Technischen Zeichner für Elektrotechnik. Nach der Ausbildung holte er an der Fachoberschule Technik in Hannover die Fachhochschulreife nach und studierte am Institut für Fahrzeugbau der Fachhochschule Braunschweig / Wolfenbüttel in Wolfsburg.

Seit 1993 arbeitet er in verschiedenen Positionen bei Vogel Business Media im Verlagsbereich Automedien und betreut seit 2004 unter anderem das Thema alternative Antriebe. Außerdem ist er seit 2004 stellvertretender Chefredakteur der Ausbildungsjournale »autoFACHMANN« und »autoKAUFMANN« und seit 2016 zusätzlich technischer Lektor für Kfz-Fachbücher.

Dipl.-Ing. **WERNER STEBER**

Jahrgang 1960, begann nach dem Hauptschulabschluss 1976 eine Lehre als Kfz-Mechaniker in einem Opel-Betrieb. Nach der Gesellenprüfung holte er die mittlere und die Hochschulreife nach. 1983 Fachhochschulstudium Maschinenbau, Fachrichtung Konstruktionstechnik mit dem Schwerpunkt Kraft- und Arbeitsmaschinen. 1987 Abschluss mit Diplomarbeit über Dosiereinrichtungen für Sandstrahlgeräte. Seit 1987 für den ZDK im Referat für Technik, Sicherheit und Umweltschutz tätig.

Weitere Informationen:

www.vbm-fachbuch.de

<https://kfz-fachbuch.de>

 www.facebook.com/vogel.fachbuecher

ISBN 978-3-8343-3359-9

1. Auflage. 2017

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany

Copyright 2017 by Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg

Am E-Antrieb führt kein Weg vorbei

Elektroantriebe im Fahrzeug sind die Zukunft. Ihr Wirkungsgrad ist im Vergleich zum Verbrennungsmotor herausragend. Ihre Dynamik und ihr Beitrag zur lokalen Emissionsvermeidung machen sie gemeinsam mit der Vernetzung zum weltweiten Megatrend der Antriebstechnik. Die Anforderungen an Elektroantriebe sind hoch: Bei möglichst geringem Gewicht und kompakten Abmessungen müssen Motoren und Leistungselektronik eine hohe Leistungsdichte aufweisen. Gleichzeitig sollen elektrische Antriebe bezahlbar sein, was nur mit einer intelligenten Skalierung und Integration der neuen Technologien gelingt.

Die Möglichkeiten und Ausprägungen elektrischer Antriebe im Fahrzeug sind in diesem Buch zusammengefasst – ein Grundlagenwissen, das zunehmend unverzichtbar ist. Hinzu kommt, dass es bei jeder Elektrifizierung – ob sie den Verbrennungsmotor nun effizienter macht oder ihn ersetzt – um effiziente Systemlösungen und intelligente Betriebsstrategien geht.

Die Zukunft ist elektrisch. Das Wissen um die Eigenschaften skalierbarer Elektrifizierungskonzepte vom Mild Hybrid mit 48 V bis zum Hochvoltsystem im Plug-in-Hybrid sowie im Elektrofahrzeug ebnet den Weg in diese Zukunft.

RUDOLF STARK

Leiter Continental Geschäftsbereich Hybrid Electric Vehicle (HEV) in der Division Powertrain

Vorwort

Einerseits – andererseits

Mit der Elektromobilität ist das so eine Sache. Einerseits wird sie derzeit überall gefördert und ist nahezu täglich in den Medien präsent. Andererseits wollen sich die Autofahrer aber nur langsam mit dieser neuen Antriebsform anfreunden. Die Zahl der Neuzulassungen steigt zwar nach wie vor prozentual durchaus stark an, bewegt sich aber immer noch auf niedrigem Niveau – so zum Beispiel im Mai 2017: Gegenüber dem Vorjahresmonat legten die batterieelektrisch angetriebenen Pkw um 158,5 Prozent zu, absolut waren das aber nur 1520 Neuzulassungen. Noch beeindruckender sah es bei den Plug-in-Hybriden aus. Die legten um 193,3 Prozent zu. Absolut waren das jedoch nur 2323 Fahrzeuge.

Einerseits investieren die Autohersteller so viel in diese Technik wie in kaum eine andere vorher in so kurzer Zeit. Andererseits erreichen die Autos auch heute in der Mehrzahl nicht die von den Kunden gewünschten Reichweiten – insbesondere im Winter – und haben auch noch nicht den Preis, der sie wirklich konkurrenzfähig machen würde.

Deshalb ist es einerseits gut, dass der Preis durch die 4000 Euro Umweltbonus von Bundesregierung und Herstellern wenigstens ein bisschen gemindert wird. Aber andererseits ist eine Technik, die es nicht einmal mit Förderung schafft, sich am Markt zu etablieren, wirklich noch nicht ausgereift genug – zumindest in der Wahrnehmung der Kunden. Denn einerseits genügen zwar die Reichweiten, die die Elektroautos heute schon bieten, durchaus für die meisten Strecken, die Autofahrer bewältigen müssen. Andererseits kauft sich kaum jemand ein Auto, das ausschließlich für die tägliche Pendelstrecke reicht. Vielmehr wollen Autofahrer einen Wagen, mit dem sie auch die größte anzunehmende Fahrstrecke, also meist die Urlaubsreise, problemlos bewältigen können.

Einerseits bietet die Elektrifizierung des Antriebsstrangs noch ein enormes Entwicklungspotenzial. Andererseits dürfen die Autohersteller auch die konventionellen Antriebe noch nicht vernachlässigen, und auch andere Alternativen wie die Gasantriebe haben noch lange Jahre ihre Berechtigung. Zwar wäre es einerseits gut, wenn sich die Autohersteller nur auf wenige Alternativen zu fossilem Benzin und Diesel konzentrieren könnten, denn das würde enorme Entwicklungskosten sparen. Andererseits ist bis heute noch nicht endgültig klar, welche das sein müssten, und die Länder der Welt sind so heterogen, dass sich eine Alternative eh nicht für alle Autos einsetzen ließe.

Wir leben hier in Deutschland aber ganz klar in einer Zeit des Umbruchs, die eindeutig auf eine Elektrifizierung des Antriebsstrangs hinausläuft. Auch wenn Autohersteller wie Volkswagen und Zulieferer wie Mahle berechtigterweise den Erdgasantrieb wieder stärker in den Fokus rücken möchten und einige Hersteller künftig verstärkt auf sogenannte E-Fuels, also flüssige, aus regenerativ erzeugtem Strom hergestellte Kraftstoffe setzen möchten. Die E-Maschinen werden künftig einen festen Platz im Antriebsstrang bekommen, davon bin ich überzeugt. Denn auch Erdgasantriebe und Verbrenner, die mit E-Fuels arbeiten, werden durch die Hybridisierung effektiver. Und es muss ja nicht immer Hochvolt

sein. Die 48-Volt-Technik bietet auch ein enormes Potenzial und das bei deutlich geringeren Kosten.

Die Entwicklung der Antriebe wird auch in Zukunft im wahrsten Sinne des Wortes spannend bleiben. Deshalb müssen sich die Mitarbeiter in Kfz-Betrieben mit der Elektromobilität auseinandersetzen und lernen, welche Veränderungen sie mit sich bringt. Denn einerseits fahren zwar immer noch in der Mehrzahl Autos mit Verbrennungsmotor auf unseren Straßen, andererseits interessieren sich immer mehr Autofahrer für ökologische und ökonomische Alternativen. Wer am Markt erfolgreich bleiben will, sollte sich spätestens jetzt den Veränderungen nicht mehr verschließen. Nur wer den Markt beobachtet und sich mit der Technik auseinandersetzt, kann bei Bedarf schnell auf die Anfragen und Anforderungen der Kunden reagieren.

Dieses Buch zeigt einen kompakten Überblick über aktuelle Technik und geplante Entwicklungen. Außerdem bekommen Autohäuser wertvolle Tipps dazu, wie sie einen erfolgreichen Einstieg in die Elektromobilität bewerkstelligen können. Es ist bewusst kein allumfassender Wälzer. Die Eigenschaften, Eigenheiten und den Umgang mit dieser Antriebstechnik können sowohl Verkäufer als auch Servicemitarbeiter nämlich am besten durch learning by doing erlernen. Denn bei keinem anderen Antrieb ist es für die Beratung so wichtig, über eigene Erfahrungen berichten zu können, und bei kaum einem anderen Antrieb ist es für die Sicherheit bei Wartung und Reparatur so wichtig, den Umgang in Schulungen geübt zu haben – zum Beispiel bei der TAK.

Edgar Schmidt

Inhaltsverzeichnis

Am E-Antrieb führt kein Weg vorbei	5
Vorwort	7
1 Erste elektrische Erfahrungen	11
1.1 Sehr sauberer Antrieb	18
1.2 Erstnutzer von Elektro-Autos	20
2 Der elektrifizierte Antriebsstrang	25
2.1 Der Hybridantrieb	26
2.1.1 Niedervoltsysteme	28
2.2 Hochvolt-Hybridantriebe	40
2.2.1 Parallel-Hybrid (HV – <i>hybrid vehicle</i>)	40
2.2.2 Serieller Hybrid	43
2.2.3 Range Extender	44
2.2.4 Plug-in-Hybrid	44
2.3 Elektrofahrzeuge	46
2.4 Brennstoffzellen-Fahrzeuge	49
3 Hochvoltkomponenten	55
3.1 Elektromotoren	55
3.1.1 Synchronmotoren	58
3.1.2 Asynchronmotoren	61
3.1.3 Synchron-Reluktanzmotor	63
3.1.4 Entwicklungspotenzial	64
3.2 Leistungselektronik eines Elektro-Autos	66
3.2.1 Rekuperation	69
3.2.2 DC/DC-Wandler (Gleichspannungswandler)	70
3.2.3 Wechselrichter / Inverter	70
3.2.4 Der E-Antrieb als Universallader	71
3.3 Hochvoltspeicher	72
3.3.1 Nickel-Metallhydrid-Akkus	73
3.3.2 Lithium-Ionen-Akkus	75
3.3.3 Die Akku-Zukunft	83
3.4 Heizung, Klimatisierung, Thermomanagement	89
3.4.1 Hochvolt-Klimakompressor	90
3.4.2 Heizen mit Wärmepumpe	92
3.4.3 Thermomanagement für Batterien	95
4 Elektromobilität im Kfz-Gewerbe	99
4.1 Wartung und Diagnose von HV-Fahrzeugen	110
4.1.1 Isolationswiderstand und Potentialausgleich	111
4.1.2 Diagnose	114
4.2 Qualifikationsbedarf	124

4.3	E-Autos bei Verkehrsunfällen	127
4.4	Wasserstoff in der Werkstatt	129
5	Aktivitäten der Hersteller	133
5.1	BMW	134
5.2	Daimler	135
5.3	Hyundai	137
5.4	Renault-Nissan	139
5.5	Tesla	140
5.6	Toyota	141
5.7	Volkswagen	143
5.8	Aktuelle Hochvolt-Autos	146
5.8.1	BMW i3	146
5.8.2	Renault Zoe	151
5.8.3	Tesla Model S und Model 3	154
5.8.4	Nissan Leaf	158
5.8.5	Smart	161
5.8.6	Kia Soul	164
5.8.7	VW e-Golf und Golf GTE	166
5.8.8	Mitsubishi i-MiEV / Peugeot iOn / Citroën C-Zero	169
5.8.9	Opel Ampera-e	171
5.8.10	Hyundai Ioniq	174
5.8.11	Vollhybrid Toyota Prius	178
5.8.12	Plug-in-Hybrid Mitsubishi Outlander	184
5.9	Transporter	186
5.9.1	StreetScooter	186
5.9.2	Emovum Ducato	188
5.9.3	Nissan e-NV200	190
5.10	Brennstoffzellen-Autos	192
5.10.1	Hyundai ix35 Fuel Cell	196
5.10.2	Toyota Mirai	199
6	Laden von Elektro-Autos	203
6.1	Ladearten	206
6.2	Ladekabel	211
6.3	Induktives Laden	215
	Abkürzungen	221
	Quellenverzeichnis der Bilder	223
	Stichwortverzeichnis	225

1 Erste elektrische Erfahrungen

So wie heute, standen bereits vor mehr als 100 Jahren der Elektroantrieb und der Verbrennungsmotor in einem direkten Wettbewerb. Zum Beispiel setzten in den Anfangstagen des Automobils Feuerwehren gern auf Elektroantriebe, weil die im Gegensatz zu den Verbrennungsmotoren immer starteten, wenn Not am Manne war. Schon damals waren die Menschen von der Laufruhe des Elektromotors begeistert. Um 1900 sollen beispielsweise in den USA noch etwa 38 Prozent aller Autos mit E-Antrieb unterwegs gewesen sein, und Ferdinand Porsche zeigte auf der Weltausstellung in Paris einen Elektrowagen mit zwei Radnabenmotoren, beide etwa 2,5 PS stark. Ironischerweise war es ein Elektromotor, der letztlich dem Verbrenner zum Durchbruch verhalf – der elektrische Anlasser. Denn auch damals waren das hohe Gewicht der Batterien und die geringe Reichweite das große Problem dieser Autos. Als dann um 1911 der elektrische Anlasser das Starten der Verbrennungsmotoren zuverlässiger und komfortabler machte und auch noch ein zunehmendes Tankstellennetz dafür sorgte dass man den Energieträger schnell wieder nachfüllen konnte, setzte sich der Verbrennungsmotor durch. Trotzdem haben die Hersteller immer wieder mit dem E-Antrieb experimentiert.

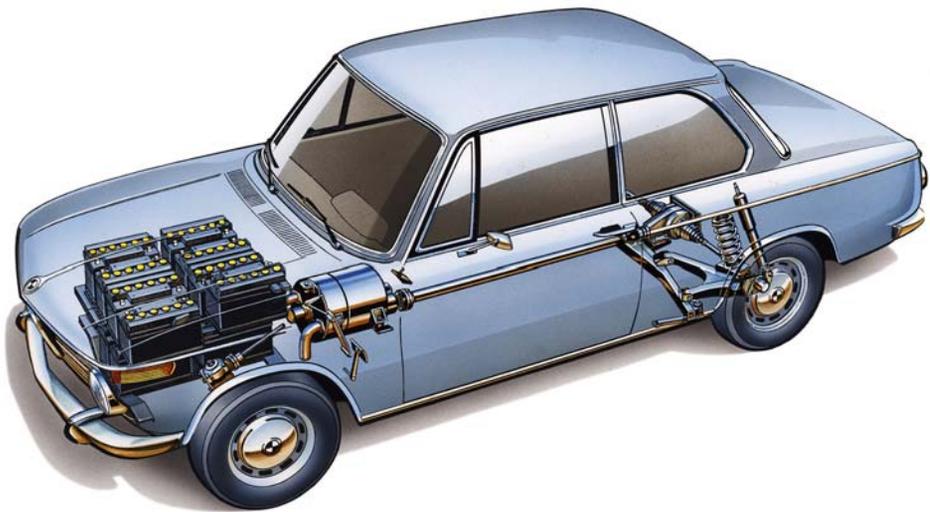
Die zweite große E-Auto-Welle schwappte dann Anfang bis Mitte der 90er-Jahre des letzten Jahrhunderts über Deutschland. Damals waren die Entwickler und die Politiker ähnlich euphorisch wie heute, was die Verbreitung des E-Antriebs betraf: Mindestens zehn Prozent aller neu zugelassenen Kraftfahrzeuge sollten im Jahre 2000 Elektro-Autos sein. In mehreren Projekten kamen die Autos auf die Straße, das größte fand auf der Insel Rügen statt. Unter anderem die mangelnde Zuverlässigkeit der Autos sowie eine durch den damaligen Strommix relativ schlechte Ökobilanz brachten jedoch schnell Ernüchterung bei allen Beteiligten. Auch der Verbrauch an Primärenergie war durch die damals eingesetzte Technik höher als bei Benzin- oder Dieselfahrzeugen.

Mit dem Problem der geringen Reichweite und langen Ladezeiten kämpfen Elektro-Autos auch heute noch, doch hier ist durchaus Besserung in Sicht. Durch den veränderten Strommix sind sie zudem in Sachen Ökobilanz inzwischen mit Benzinern und Dieseln mindestens gleichgezogen. Ihr großer Vorteil ist jedoch, dass sie lokal keinerlei Schadstoffe emittieren und auch Bestandsfahrzeuge mit einem höheren Anteil von regenerativ erzeugtem Strom zunehmend sauberer werden. Außerdem erzeugen sie weniger Lärm.

Deshalb haben sich auch viele Forschungsinstitutionen inzwischen sehr intensiv mit der Elektromobilität beschäftigt. Ihr Resümee: Der beste Hebel für weniger Treibhausgase und weniger Schadstoffe ist der Elektroantrieb. Und auch bei der Autoindustrie hat sich langsam die Erkenntnis durchgesetzt, dass die künftigen CO₂-Vorgaben der Regierungen nur mit zumindest teilweise elektrifizierten Antrieben zu erfüllen sein werden. Zumal der Diesel künftig nur noch mit einer äußerst aufwendigen und teuren Abgasreinigung städtetauglich sein wird und Erdgas sich einfach nicht durchsetzen kann. So hat die Bundesregierung mit ihrem Programm Elektromobilität anscheinend doch aufs richtige Pferd gesetzt. Allerdings – und das hat die bisherige Entwicklung auch gezeigt – gut Ding will Weile haben. So schnell, wie es mancher Politiker gern hätte und wie es Autohersteller und Zulieferer vollmundig angekündigt haben, lässt sich der Individualverkehr nicht auf Elektro umstellen. Die Technik muss vorher zuverlässig und bezahlbar und die Infrastruktur ausgebaut sein. Außerdem müssen die Autofahrer ihr jahrelang gelerntes Verhalten verändern. Auch muss die Energieversorgung an die neue Antriebstechnik angepasst werden.

Bild 1.1

Die Autohersteller haben im Laufe der Zeit immer wieder mit dem Elektroantrieb experimentiert. Den 1602e nutzte BMW bei den Olympischen Spielen 1972.
[Quelle: BMW]

**Bild 1.2**

Mercedes experimentierte 1972 mit Wechselbatterien in einem elektrisch angetriebenen Transporter. [Quelle: Daimler AG]



Das sind alles Prozesse, die sich nicht über Nacht umsetzen lassen, sondern im Zweifel Jahrzehnte dauern. Deshalb hat die Bundesregierung ihr ursprüngliches Ziel, eine Million Elektro-Autos bis 2020 auf die Straße zu bringen, inzwischen wieder aufgegeben. Aber es ist richtig, die Entwicklung heute schon anzustoßen und konsequent zu verfolgen. Denn nur dann gelingt der Wechsel, wenn wir ihn wirklich brauchen.

Bekanntlich hat die Bundesregierung zuerst auf die Förderung von Entwicklung und Forschung gesetzt, bevor sie ihre Subventionierung des Autokaufs mit der Umweltprämie gestartet hat. Befürworter der Prämie hatten diese schon lange gefordert, doch der eher verhaltene Abruf der Fördergelder zeigt, dass sie eher zu früh als zu spät gekommen oder aber mit den 4000 Euro (2000 Euro vom Staat und 2000 Euro vom jeweiligen Hersteller) deutlich zu niedrig ist. In den ersten zehn Monaten hat das Bundesamt für Wirtschaft und



Bild 1.3 Den Golf Citystromer setzte VW von 1993 bis 1996 beim Elektro-Auto-Großversuch auf der Insel Rügen ein. [Quelle: Volkswagen]

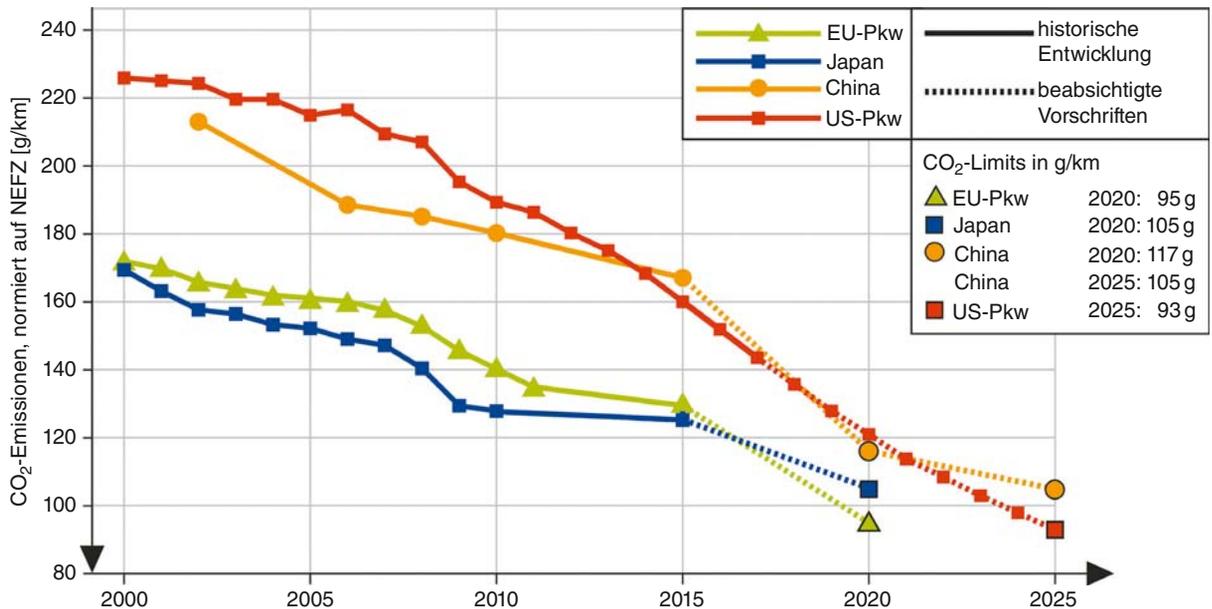


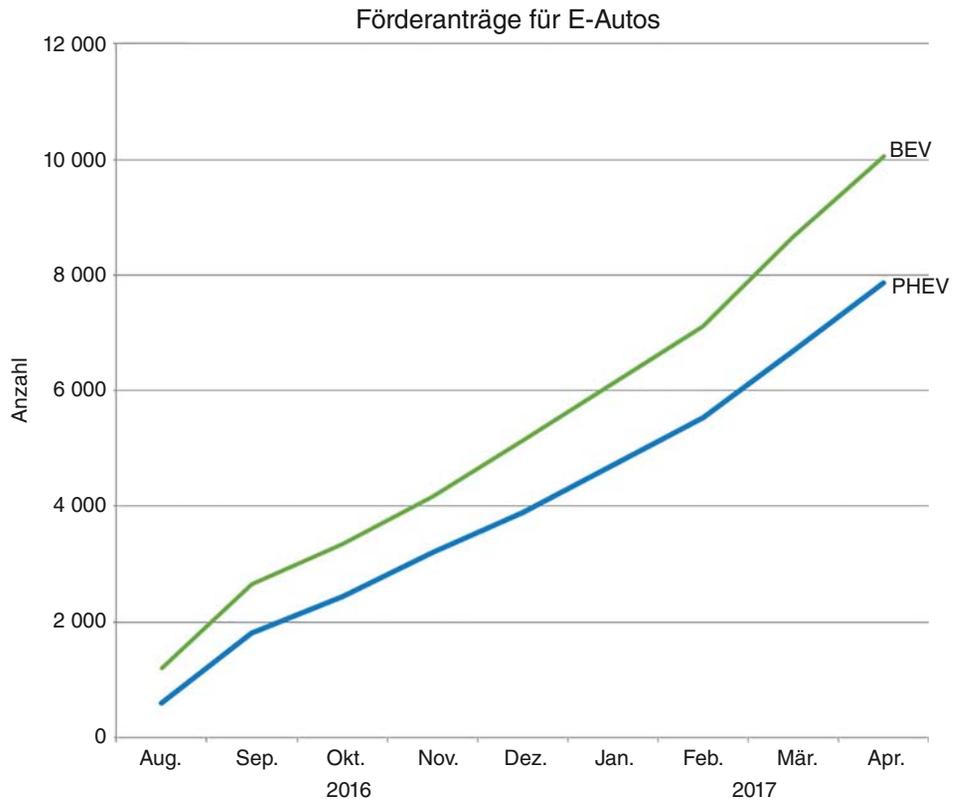
Bild 1.4 Die CO₂-Grenzwerte, die die Regierungen derzeit weltweit planen, sind nach Meinung von Fachleuten ohne elektrifizierte Antriebe nicht zu erreichen. [Quelle: Continental]

Ausfuhrkontrolle (BAFA) gerade einmal knapp 18 000 Förderanträge bekommen, rund 10 000 davon für batterieelektrische Fahrzeuge. Die Förderung soll zwar lediglich den Markthochlauf unterstützen, doch die Autos sind – zumindest für deutsche Autofahrer – immer noch hinsichtlich Reichweite und Ladezeiten nicht ausgereift genug. Auch die Ladeinfrastruktur ist bisher nicht ausreichend weit entwickelt, so dass sich viele Autofahrer noch

Bild 1.5

Die Zahl der Förderanträge ist in den ersten zehn Monaten der Förderung nur sanft angestiegen.

[Quelle: Schmidt / BAFA]



nicht trauen, den erheblichen Aufpreis für die Elektro-Autos auszugeben. Doch die bisherigen Erkenntnisse aus Forschungsprojekten sowie die Ankündigungen aus den Vertriebs-, Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Hersteller und der Hochschulen lassen vermuten, dass sich das künftig ändern wird.

Um Elektro-Autos kurzfristig in Deutschland erfolgreicher zu machen, müsste die Regierung eine deutlich höhere Kaufprämie gewähren. Denn den höchsten Absatz von Elektrofahrzeugen erzielen die Hersteller in Ländern, in denen Elektrofahrzeuge – durch Anreizinstrumente gefördert – günstiger sind als vergleichbare Autos mit Verbrennungsmotor. Das zeigt sich zum Beispiel in Norwegen, den Niederlanden oder Peking. Monetäre Anreizinstrumente können also dazu beitragen, die Preisdifferenz zu verringern und den Markthochlauf zu stärken. Doch die Förderpraxis im Ausland zeigt auch, dass die Technik noch kein Selbstläufer ist. Denn dort, wo Regierungen ihre Förderung wieder zusammengestrichen haben, sind auch die Verkaufszahlen wieder gesunken. So sanken beispielsweise im US-Bundesstaat Georgia die Verkaufszahlen um 80 Prozent, nachdem steuerliche Vorteile abgeschafft wurden. Auch in den Niederlanden brach der Absatz im Jahr 2015 ein, nachdem im Dezember des Vorjahres wichtige Anreizinstrumente ausliefen. Norwegen hat sich deshalb für einen stufenweisen Abbau der Anreize entschieden. So läuft hier zum Beispiel die Befreiung der E-Autos von der Mehrwertsteuer nach 2017 stufenweise aus, die Autos sind zudem bis 2018 noch ganz und bis 2020 noch halb von der Kfz-Steuer befreit. Bis 2018 gilt zudem noch eine halbierte Geschäftswagensteuer und von Zöllen sind die E-Autos bis 2020 befreit.

In Deutschland sind Fördergelder bisher unter anderem in unterschiedliche Projekte geflossen. Das Regierungsprogramm Elektromobilität umfasste bekanntlich die Förderung

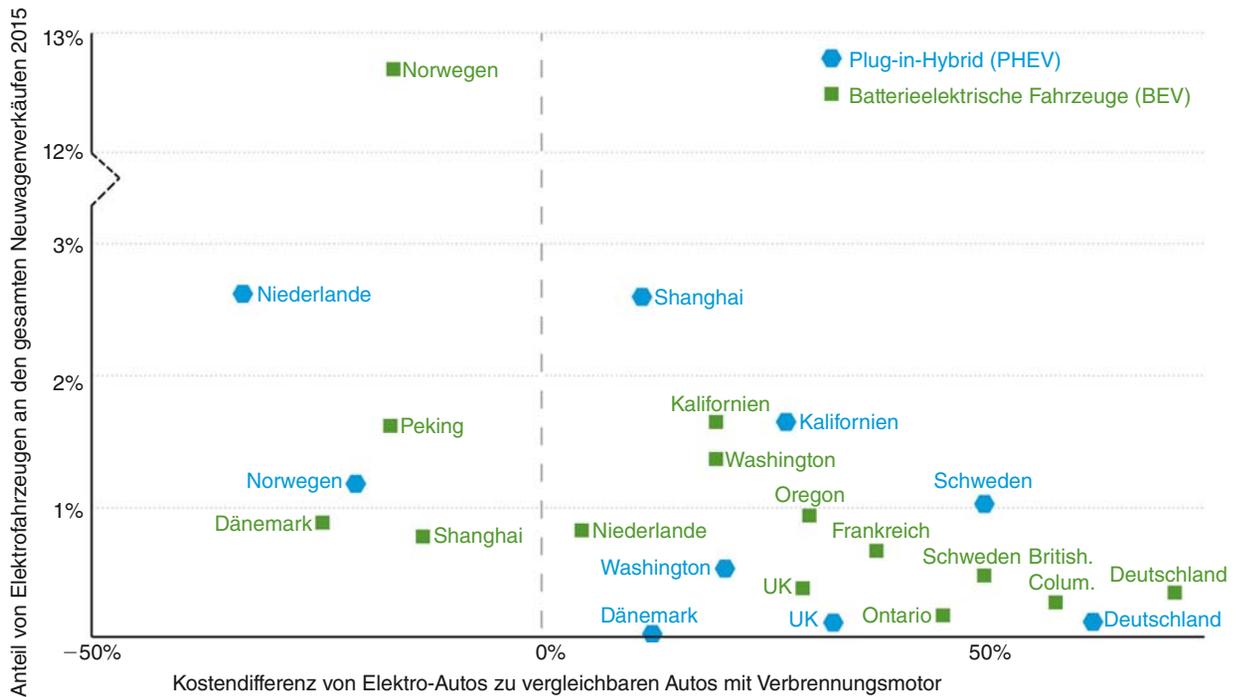


Bild 1.6 Den höchsten Absatz bei den Elektro-Autos erzielen die Hersteller in Ländern mit hohen Förderungen. [Quelle: ICCT]

von Projekten in den vier großen Schaufensterregionen Baden-Württemberg, Bayern-Sachsen, Berlin-Brandenburg und Niedersachsen. Von Ende 2012 bis Juni 2016 unterstützte die Bundesregierung insgesamt 90 Projekte mit 334 Teilvorhaben, dazu kamen noch einmal 45 Projekte, die von den sechs beteiligten Bundesländern gefördert wurden. In den Projekten wurden insgesamt 2500 Pkw eingesetzt, 90 Prozent davon mit rein batterieelektrischem Antrieb. Nach Angaben der Verantwortlichen in den Schaufenstern konnten zum Beispiel die Probefahrten und Pendleraktionen zwei Drittel der Menschen, die diese Angebote genutzt hatten, positiv in ihrer Einstellung zur Elektromobilität beeinflussen. Auch konnten Projekte, wie beispielsweise „Langstreckenpendler“ im Einzugsgebiet von Leipzig, zeigen, dass bei passenden Nutzerprofilen die Elektromobilität schon 2016 alltagstauglich war. An dem Projekt nahmen 75 Autofahrer teil, die drei Monate lang mit einem Elektro-Auto zur Arbeit fuhren. Ihre durchschnittliche Tagesfahrstrecke betrug 90 Kilometer.

Und doch zeigen die Projekte auch, dass zwar viele Autofahrer theoretisch die meisten ihrer Tagesfahrstrecken mit einem Elektro-Auto bewältigen könnten, die meisten sich aber trotzdem Autos mit einer Reichweite von mindestens 200 bis 400 Kilometer wünschen. Das können bisher insbesondere im Winter nicht viele Elektro-Autos bieten. Das ist neben der noch fehlenden Infrastruktur mit ausreichend Ladesäulen der Hauptgrund für den schleppenden Verkauf von Elektro-Autos.

Die Forscher, die die Schaufensterprojekte begleitet haben, kritisieren denn auch die Autohersteller dafür, dass sie bisher keine Autos mit ausreichender Reichweite auf den Markt gebracht haben, obwohl die Technik aus ihrer Sicht dafür bereits zur Verfügung stünde. Sie gehen davon aus, dass höhere Fahrzeugreichweiten entscheidend dazu beitragen können, neue Kundensegmente für die Elektromobilität zu erschließen.

Anteil der Antriebsarten bei neu zugelassenen Pkw 2016

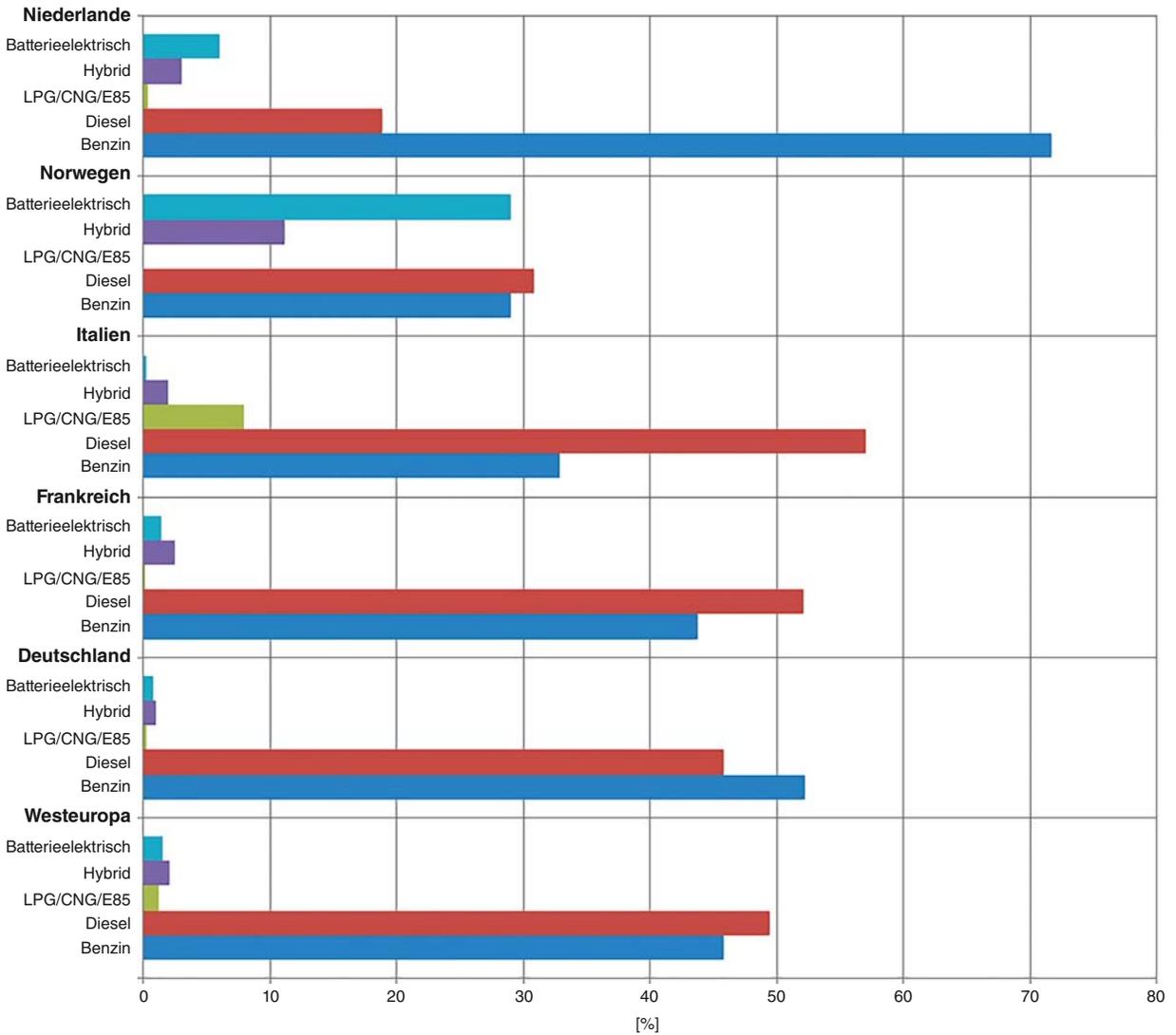


Bild 1.7 In Europa spielen elektrifizierte Antriebe bisher nur in Norwegen eine wirklich große Rolle, weil die Regierung die E-Mobilität stark fördert. [Quelle: ACEA]

Um Elektro-Autos wirklich großserientauglich zu machen, sehen die Forscher aber auch noch einigen Entwicklungsbedarf. So sind aus ihrer Sicht zum Beispiel weitere Forschungen nötig, um Alterungsprozesse der Batterien zu verlangsamen, die Effizienz der Nebenaggregate zu steigern und das Gewicht der Batterien zu reduzieren. Es sei zu erwarten, dass die technologischen Fortschritte zusammen mit den Skaleneffekten der Massenproduktion die Kaufpreise für Batterien und somit für Elektrofahrzeuge sinken lassen. Diese Entwicklung werde dazu führen, dass zunehmend ein käufergetriebener Markt entsteht. BMW und Renault haben ja bereits angekündigt, dass sie schon 2020 Elektro-Autos zum gleichen Preis wie Benzinern anbieten wollen.

Wichtige Batteriezellenfertigung

Damit sich die deutschen Autohersteller nicht allzu abhängig von ausländischen Lieferanten von Batteriezellen machen, sollten sie aus Sicht der Begleitforschung auch eine eigene Lithium-Ionen-Zellproduktion forcieren. Schließlich sei die Antriebsbatterie nach wie vor mit mindestens einem Drittel Wertschöpfungsanteil das Herzstück eines rein elektrischen Autos. Und bei der Batterie machten die Zellen immerhin 60 bis 70 Prozent der Wertschöpfung aus. Nur mit einer eigenen Fertigung könnten die deutschen Hersteller mit ihren Plänen für rein elektrische Fahrzeugmodelle flexibel vom Markt profitieren und nicht durch Lieferengpässe für Lithium-Ionen-Zellen ausländischer Hersteller ausgebremst werden.

Auch müssten die deutschen Hersteller aufpassen, bei den batterieelektrischen Fahrzeugen den Anschluss an die internationale Konkurrenz nicht zu verlieren, wenn sie weiter vorrangig auf Plug-in-Hybride setzten. International würde diese Fokussierung auf eine Zwischenlösung eher kritisch gesehen und als Hinauszögern des notwendigen Transformationsprozesses vom Verbrennungs- zum Elektrofahrzeug beurteilt. Denn die Vorteile der Plug-in-Technologie ließen sich nur mit konsequenter Nachladung aus dem Stromnetz und mit hohen elektrischen Fahranteilen erreichen. Die Alltagserfahrungen – auch in den Schaufensterprojekten – hätten aber gezeigt, dass der elektrische Fahranteil stark abhängig vom Ehrgeiz der Autofahrer ist, der oft nicht sehr ausgeprägt sei. Aus Sicht der Schaufensterakteure könnten Plug-in-Hybride und Vollhybride zwar als Brückentechnik die Akzeptanz der Elektromobilität in der Markthochlaufphase steigern. Langfristig würden aber batteriebetriebene Fahrzeuge den deutschen Automobilmarkt erobern und dominieren. Für Plug-in-Hybride prognostizieren sie nur einen Einfluss für eine begrenzte Zeit. Um den deutschen Markt und die weltweite Leitanbieterschaft für Elektro-Autos nicht der ausländischen Konkurrenz zu überlassen, sollten die deutschen OEM nach Meinung der Schaufenster-Begleitforschung mehr Engagement und Investitionsbereitschaft bei der Entwicklung vollelektrischer Fahrzeuge zeigen.

Auch mahnen die Forscher an, dass die Hersteller eine offene, standardisierte Schnittstelle zum Auslesen wichtiger Fahrzeug- und Zustandsdaten in Elektrofahrzeuge einbauen müssten. Bislang hätten weder die kommerziell erhältlichen noch die in Förderprojekten verwendeten Elektrofahrzeuge eine solche offene Schnittstelle gehabt, die es allen Beteiligten erlaubt hätte, die für sie relevanten Fahrzeugdaten – unter Beachtung des Datenschutzes – auszulesen. Das gelte aus ihrer Sicht zwar insbesondere für die Forschung, aber in eingeschränktem Umfang auch für Nutzer, Anwender und Autohäuser. Lade-Infrastruktur-Betreiber sollten zum Beispiel den Ladezustand des Fahrzeugs erkennen können. Beim Gebrauchtwagenkauf sei zudem die valide Kenntnis des Batteriezustands preisbestimmend. Auch die Anbieter von Second-Life-Batterien sollten Einblick in die First-Life-Nutzungshistorie nehmen können, um den Zustand der Akkus beurteilen zu können. Proprietäre Abschottungen würden die Marktentwicklung auf jeden Fall behindern.

Der Handel ist gefordert

Die Forscher sehen aber nicht nur die Autohersteller, sondern auch den Autohandel in der Pflicht, mehr Engagement in Sachen Elektromobilität zu zeigen. Der Autohandel sollte aus ihrer Sicht aktiv mit dem Strukturwandel umgehen, sich intensiv mit Elektrofahrzeugen und deren Technik auseinandersetzen und auf dieser Kompetenz aufbauend Produkte und Dienstleistungen anbieten. Das ermögliche es dem Kfz-Gewerbe, neue Kunden-

gruppen zu erschließen. Dabei böten verschiedene Maßnahmen des Gesetzgebers, wie zum Beispiel die Regelung, dass das Laden am Arbeitsplatz keinen geldwerten Vorteil mehr darstellt, die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle zu kreieren.

1.1 Sehr sauberer Antrieb

Die batterieelektrischen Autos können entgegen vieler Vorurteile auch schon heute sauberer sein als konventionell angetriebene Autos – sie sind aber auf jeden Fall nicht schlechter und haben den großen Vorteil, lokal emissionsfrei zu fahren. Das stellen die Begleitforscher in ihrem Abschlussbericht vor, den die NOW GmbH – Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie – für das Bundesverkehrsministerium koordiniert hat. Allerdings hat die Langzeitdatenerfassung in den Schaufensterprojekten ergeben, dass Umweltauswirkungen von Elektro-Autos einer Vielzahl von Einflussfaktoren unterliegen. Nimmt man das Treibhauspotenzial als Messgröße, hängt die Umweltbilanz vor allem von der Batteriekapazität, der tatsächlich erreichten Lebenslaufleistung und dem verwendeten Strommix beim Ladestrom ab. Bei Plug-in-Hybriden kommt noch der elektrische Fahranteil hinzu. Die Analysen über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus hätten einerseits gezeigt, dass Elektrofahrzeuge im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen zwar höhere Umweltwirkungen bei der Fahrzeugherstellung aufwiesen, sie zeigten andererseits aber auch, dass diese bei einem Großteil der untersuchten Wirkungskategorien über die Fahrzeugnutzung kompensiert werden können. Ab welcher Laufleistung dieser Break-even-Punkt erreicht werde, hänge stark vom Umweltprofil des Ladestroms der Fahrzeuge ab. Im Fall des Treibhauspotenzials erreichten batterieelektrische Kompaktwagen mit einem Ladestrom aus dem deutschen Netzstrom-Mix ihren Break-even-Punkt im Vergleich zu Benzinfahrzeugen bereits nach einer Gesamtfahrleistung von etwa 60 000 Kilometern und von etwa 125 000 Kilometern im Vergleich mit Dieselfahrzeugen.

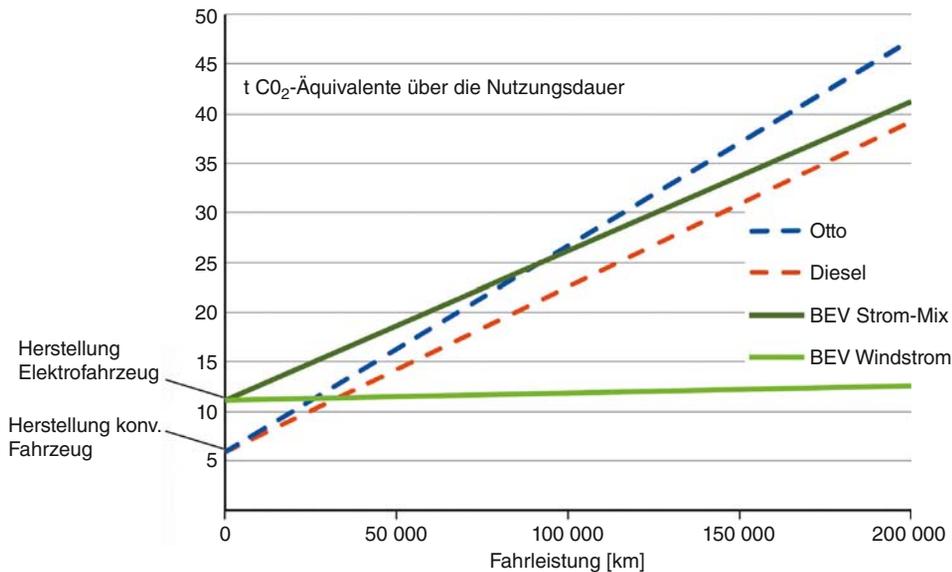
Bei den Plug-in-Hybriden liegen die Break-even-Punkte schon bei etwa 25 000 Kilometern bzw. 55 000 Kilometern. Dies entspreche bei einer angenommenen Fahrzeugnutzungsdauer von 12 Jahren einer Jahreslaufleistung von 5000 bzw. 10 000 Kilometern für batterieelektrische Autos – also einer täglichen Fahrstrecke von rund 15 bis 30 Kilometern.

Können die Autos dagegen Ökostrom als Ladestrom nutzen, reichten bereits Fahrleistungen von 4 bis 10 Kilometern pro Tag bzw. Jahreslaufleistungen zwischen 1250 und 3500 Kilometern für eine positivere Klimabilanz als bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen aus.

Die Forscher gehen zudem davon aus, dass sich der deutsche Netzstrommix durch die Energiewende künftig so entwickelt, dass sich die positive Klimawirkung von E-Autos künftig noch deutlicher zeigt. Eine erfolgreiche Energiewende habe also einen wichtigen Anteil am langfristigen Erfolg der Elektromobilität als klimafreundliche Alternative für den Verkehr.

Zu etwas anderen Ergebnissen kommt das Heidelberger IFEU Institut. Nach deren Analysen liegen die Klimawirkungen von E-Autos mit dem aktuellen Strommix zwischen denen von Benzinern und Dieseln. Batterieelektrische Autos hätten zwar gegenüber Benzinern leichte Vorteile, aber gegenüber Dieseln auch noch leichte Nachteile. Insgesamt könnten sie derzeit als etwa gleichwertig betrachtet werden. Die Ergebnisse seiner Forschung hat das Institut übersichtlich auf der Internetseite www.emobil-umwelt.de zusammengefasst.

Doch egal, ob E-Autos gegenüber den konventionell angetriebenen leichte Vorteile haben oder umgekehrt, neben den CO₂-Emissionen gehören zu einer ökologischen Be-

**Bild 1.8**

Fahren Elektro-Autos mit regenerativ erzeugtem Strom, haben sie schon nach wenigen tausend Kilometern eine geringere Klimawirkung als Autos mit Verbrennungsmotor.

[Quelle: IFEU Institut]

wertung der Elektromobilität auch die Auswirkungen auf lokale Emissionen wie Feinstaub oder Ozonvorläufersubstanzen. Hier kann die Elektromobilität deutlich zu einer Umweltentlastung beitragen. Und mit einer Zunahme des regenerativ erzeugten Stroms werden alle Elektro-Autos umweltfreundlicher – egal, wie alt sie sind. Gibt es hingegen neue Entwicklungen bei Autos mit Verbrennungsmotor, profitieren nur die Neufahrzeuge davon, auf Bestandsfahrzeuge hat das keine Auswirkungen.

Strom direkt nutzen

Elektrofahrzeuge – insbesondere die batterieelektrischen – haben zudem den Vorteil, sehr effektiv mit der Energie umzugehen. Nach Analysen des Institutes für Verkehrsforschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt und des IFEU Instituts fährt man zum Beispiel in einem Elektrofahrzeug mit einer Kilowattstunde Strom sechs- bis zehnmal weiter als mit einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, das strombasierte Kraftstoffe, also sogenannte E-Fuels, einsetzt. Damit erteilen die Forscher den Bestrebungen der Autohersteller und Zulieferer, künftig stärker auf synthetisch erzeugte, flüssige Kraftstoffe zu setzen, eine klare Absage.

Strombasierte Kraftstoffe sind aus Sicht der Forscher zwar wichtig, hätten jedoch ihre Grenzen. Denn wenn vorrangig strombasierte Kraftstoffe anstelle von mehr Elektrofahrzeugen zum Einsatz kämen, stiege der gesamte Strombedarf des Verkehrs in Deutschland bis 2050 massiv an. Der Hintergrund: Für die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen für den herkömmlichen Verbrennungsmotor wird sehr viel Energie benötigt. Der Stromverbrauch des Verkehrs könnte dann im Jahr 2050 bis zu 40 Prozent über der heutigen Bruttostromerzeugung in Deutschland liegen. Deshalb fordert das Forschungsteam, dass strombasierte Kraftstoffe nur dort zum Einsatz kommen, wo ein direkter Stromeinsatz über Elektromobilität voraussichtlich nicht möglich ist – etwa im Luft- und Seeverkehr –, zumal die strombasierten, synthetischen Kraftstoffe voraussichtlich zu einem sehr großen Anteil importiert werden müssten, da die Stromentstehungskosten in vielen Ländern niedriger sind und es dort größere Potenziale für erneuerbare Energien gibt.

Manche Werkstoffe werden knapp

Ein Kritikpunkt an Elektrofahrzeugen betrifft den Ressourcenverbrauch, insbesondere bei Lithium, das in den Akkus eingesetzt wird, sowie bei den sogenannten Seltenen Erden, die für permanenterrregte Synchronmotoren notwendig sind. Nach Analysen des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) benötigt jedes Auto im Schnitt rund drei Kilogramm Lithium als Ladungsträger in den Akkus, einige Kilogramm Nickel, Mangan, Kobalt und andere als Elektrodenmaterialien, circa ein Kilogramm Neodym und Dysprosium für den Permanentmagnet im Traktionsmotor und etwa 40 Kilogramm Kupfer für den Motor und Stromleitungen im Fahrzeug. Hinzu kommt gegebenenfalls Platin als Katalysator beim Einsatz von Brennstoffzellen. Nimmt man die von der Europäischen Union als kritisch identifizierten Metalle als Maßstab, so kann künftig vor allem die Versorgung mit Kobalt, Metallen aus der Platingruppe und den Seltenen Erden schwierig werden.

Für Lithium und Kupfer hat das ISI die wahrscheinliche Verfügbarkeit in zwei Szenarien für die Entwicklung bis zum Jahr 2050 untersucht. Beim ersten Szenario, dem Pluralismus-Szenario, gehen die Forscher davon aus, dass Elektrofahrzeuge bis 2050 weltweit etwa 50 Prozent der Neuzulassungen im motorisierten Individualverkehr ausmachen und es zusätzlich weiterhin eine Vielzahl an anderen Antriebskonzepten gibt. In diesem Szenario sollen 2050 etwa 20 Prozent der weltweit vorhandenen Lithium-Ressourcen verbraucht sein, wenn neben frisch gefördertem auch Sekundär-Lithium aus recyceltem Material eingesetzt wird. In die Prognose ist neben dem Lithiumbedarf für Antriebs-Akkus auch die Lithium-Nachfrage für andere Anwendungen wie Ceranfelder oder hitzebeständige Ofenfenster eingegangen und die Forscher sind nach eigenen Angaben von einer vorsichtigen Schätzung der Vorkommen ausgegangen. Das Recycling soll in diesem Szenario 25 Prozent des Gesamtbedarfs decken.

Bei dem zweiten Szenario, dem Dominanz-Szenario, rechnet das ISI mit einem 85-prozentigen Marktanteil von Elektrofahrzeugen bei den Neuzulassungen. Auch in diesem Szenario rechnen die Forscher damit, dass die weltweiten Lithium-Vorkommen bis 2050 nicht erschöpft sein werden. Allerdings gehen sie davon aus, dass dann die heute bekannten Reserven erschöpft sind. Als Reserven bezeichnen sie Vorkommen, die mit heutigen Technologien zu heutigen Marktpreisen abbaubar sind. Das heißt, die Kosten für Lithium werden mittelfristig steigen. Problematisch ist, dass die Lithium-Vorkommen weltweit auf wenige Länder, insbesondere Bolivien und Chile, verteilt sind. Deshalb sind Forschungen an Batterietechnologien wichtig, die das Lithium ersetzen oder zumindest den Bedarf deutlich reduzieren. Hier erwarten Batterieexperten durchaus noch große Fortschritte (siehe Abschnitt 3.3).

Beim Kupfer gehen die Experten des ISI davon aus, dass im Pluralismus-Szenario gerade einmal 14 Prozent der weltweiten Produktion für die Elektromobilität gebraucht werden, für das Dominanz-Szenario prognostizieren sie einen Bedarf von 21 Prozent. Das Sekundärkupfer soll hierbei knapp 26 Prozent des Gesamtbedarfs im Jahr 2050 decken; der wesentliche Wachstumsmarkt für Kupfer ist nach Ansicht des ISI mit etwa 34 Prozent die Energieübertragung. Die geologischen Vorräte an Kupfer seien jedoch ausreichend, um die Nachfrage in allen Anwendungsbereichen in den nächsten Jahrzehnten zu decken.

1.2 Erstnutzer von Elektro-Autos

Wer kauft denn nun heute bereits Elektro-Autos? Dieser Frage ist das Institut für Verkehrsforschung im DLR nachgegangen und hat 3111 Fahrer von E-Autos gefragt, die sich

aus eigenem Antrieb für ihr Fahrzeug entschieden haben und damit im privaten Alltag oder im Unternehmensalltag unterwegs sind. 87% der befragten privaten und gewerblichen Nutzer hatten ein batterieelektrisches Auto (BEV), 13% einen Plug-in-Hybriden (PHEV). Ziel der Befragung war herauszubekommen, was diese Menschen und Unternehmen dazu gebracht hat, ein Elektrofahrzeug anzuschaffen. Welche Anforderungen hatten und haben sie an das Fahrzeug? Welche Einschränkungen nehmen sie wahr und welche Vorteile des Elektrofahrzeugs sind ihnen besonders wichtig? Alle Befragten waren nicht in den Pilotprojekten aktiv. Auf diese Weise wollten die DLR-Forscher ein von den Testsituationen unbeeinflusstes Bild bekommen.

Private Nutzer von Elektrofahrzeugen sind nach den Analysen des DLR überwiegend Männer aus dem (hoch)gebildeten Milieu mit höheren Einkommen. Das Durchschnittsalter der Nutzer betrug zum Befragungszeitpunkt im Jahr 2015 rund 51 Jahre und lag damit höher als bei Käufern von Neuwagen mit konventionellem Antrieb. Die Mehrheit der Elektrofahrzeugnutzer lebte zudem nicht in einem großstädtischen, sondern eher einem kleinstädtischen bis ländlichen Umfeld. So wohnten zum Beispiel 53 Prozent in Kleinstädten und Landgemeinden mit einer Größe von weniger als 20 000 Einwohnern. Das ist kein Wunder, denn gerade in diesen Bereichen ist der öffentliche Nahverkehr meist nicht besonders ausgeprägt, die Menschen sind auf individuell nutzbare Fahrzeuge angewiesen und haben oft eine Garage mit Stromanschluss. Deshalb war trotz eines ausgeprägten Umweltbewusstseins der Anteil der Haushalte, die einen weiteren Pkw besitzen, mit 80% vergleichsweise hoch. Dies galt insbesondere dann, wenn das Elektrofahrzeug ein rein elektrisch betriebener Pkw war (84%). PHEV wurden dagegen deutlich häufiger als einziger Pkw im Haushalt eingesetzt: 46% der Haushalte mit PHEV besaßen keinen weiteren Pkw.

Bei den gewerblichen E-Fahrzeug-Nutzern handelte es sich in der Mehrzahl um kleine Unternehmen mit bis zu 49 Beschäftigten und bis zu neun Fahrzeugen im Fuhrpark (inklusive dem Elektrofahrzeug). 54% der gewerblichen Fahrzeuge wurden in Groß- und Mittelstädten eingesetzt.

Als Grund dafür, warum sie sich ein Elektro-Auto angeschafft haben, nannten sowohl die gewerblichen als auch die privaten Nutzer an erster Stelle ihr Interesse an innovativer Technik. Aber auch die Umweltbelastung wollten die Nutzer mit ihrer Anschaffung reduzieren. Neben diesen beiden Hauptmotiven nannten die Nutzer als weitere Beweggründe günstigere Energiekosten pro Kilometer und Fahrspaß durch den Elektroantrieb. Anreize, wie die Befreiung von der Kfz-Steuer oder kostenloses Parken und Laden, spielten nur eine untergeordnete Rolle.

Mehr als die Hälfte der privaten und gewerblichen Nutzer bezog für ihr Auto Ökostrom und 44% der privaten und 46% der gewerblichen Nutzer hatten zudem eine eigene Photovoltaikanlage.

Genutzt haben die Befragten ihre E-Autos wie herkömmliche Fahrzeuge. BEV legten werktäglich im Durchschnitt eine Strecke von 43 Kilometern elektrisch zurück; PHEV legten insgesamt 42 Kilometer zurück, davon 30 Kilometer elektrisch. Als Jahresfahrleistung kamen bei den BEV-Nutzern 10 300 Kilometer zusammen, bei den PHEV-Nutzern 13 600. Zum Vergleich: Die durchschnittliche Jahresfahrleistung konventionell angetriebener Autos lag im gleichen Zeitraum bei 15 400 Kilometern.

Die geringeren Fahrleistungen der BEV lagen einerseits an der eingeschränkten Reichweite. So gaben mehr als die Hälfte der privaten Nutzer an, dass sie mit ihrem BEV keine Wochenend- oder Urlaubsfahrten unternehmen konnten. Andererseits waren sie häufig bewusst als Zweitwagen für Kurzstrecken gekauft worden. Bei den gewerblichen Nutzern lagen die Einschränkungen in erster Linie ebenfalls in der geringen Reichweite. Für 21 Prozent war die Nutzung ihres Elektro-Autos aber auch durch geringere Zulademöglich-

keiten beim Transport von Gütern und Waren begrenzt. Um die Einschränkungen zu mindern, wären die meisten der Befragten bereit gewesen, einen Aufpreis zu bezahlen.

Die meisten der privaten Nutzer konnten ihr Auto zu Hause laden, 36% verfügten zusätzlich über eine Lademöglichkeit beim Arbeitgeber. Auch die gewerblichen Nutzer luden ihre Autos meistens auf dem eigenen Betriebsgelände. Rund die Hälfte der gewerblichen Autos wurde zudem auf dem Privatgrundstück des Nutzers geladen. Die hohe Bedeutung der Lademöglichkeit zu Hause, am Arbeitsplatz oder auf dem Betriebsgelände lässt sich vor allem mit den langen Standzeiten an diesen Orten erklären. Für beide Nutzergruppen spielte deshalb auch eine Lademöglichkeit im öffentlichen Raum eine untergeordnete Rolle. Nur rund 20% gaben an, mindestens einmal wöchentlich eine öffentliche Säule zu nutzen. Trotzdem hatten viele den Wunsch nach Schnellladepunkten im (halb-)öffentlichen Raum. 58% der privaten und 68% der gewerblichen Nutzer bewerteten solche Schnellladepunkte als notwendig und die Mehrheit der Nutzer erwartete, dass Elektrofahrzeuge serienmäßig schnellladefähig sind. Lediglich 17% der privaten Nutzer und 20% der gewerblichen Nutzer wären bereit, für diese Funktionalität mehr als 1000 Euro Aufpreis zu bezahlen.

Insgesamt waren die befragten Nutzer sehr zufrieden mit ihrem Fahrzeug. 84% der privaten Halter würden die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs weiterempfehlen, und mehr als die Hälfte der gewerblichen Elektrofahrzeughalter plante sogar die Anschaffung weiterer E-Autos.

Bei vielen Menschen, die sich mit dem Thema Elektromobilität beschäftigen, herrscht allerdings noch ein eher negatives Meinungsbild vor (Bild 1.9). Aus ihrer Sicht bekommen sie zum Beispiel von Händlern und Herstellern bisher viel zu wenige verlässliche Informationen über die Reichweite der Autos und den Aufbau der Infrastruktur. Das ist ein Ergebnis einer Analyse des Marktforschungsunternehmens m-result. Die Forscher haben dafür im Zeitraum von Oktober 2016 bis Januar 2017 insgesamt 3581 User-Kommentare aus deutschsprachigen sozialen Medien zum Thema E-Mobilität ausgewertet. So würden sich beim Thema „Akkus“ fast durchgehend negative Aussagen in den analysierten Kommentaren befinden. Auch hier sind es die fehlende Reichweite und die langen Ladezeiten, die die User von einem Kauf Abstand nehmen lassen.

Beim Thema Energie seien mit Blick auf die sozialen Medien zwei Schwerpunkte zu erkennen. Zum einen wünschten sich die User, dass die Stromherstellung sauber ist, und zum anderen, dass die Lade-Infrastruktur ein flächendeckendes Tanken ermöglicht.

Mit Blick auf den Handel werden nach Angaben von m-result die Beratung und die Kompetenz der Autohäuser am stärksten diskutiert. Viele User beklagen eine schlechte oder gar eine fehlende Beratung zur E-Mobilität im Autohaus. Daraus würden viele Interessenten ihre Konsequenzen ziehen und sich lieber über das Internet informieren. Auch wenn man davon ausgehen kann, dass in Internetforen eher Kritik als Lob ihren Niederschlag findet, sollten die Kfz-Betriebe dieser Entwicklung aktiv entgegenwirken und ihre Verkäufer schulen. Denn wer sich in einem Autohaus schlecht beraten fühlt und deshalb lieber Informationen im Internet sucht, wird ja dann genau auf die vielen Bedenkenträger treffen. Das macht die Vermarktung von Elektro-Autos nicht einfacher.

Wie sieht es überhaupt mit der Energie für eine zunehmende Zahl von Elektro-Autos aus? Ist es möglich, den Strom für mehrere Millionen Elektro-Autos so zu produzieren, dass diese dann wirklich umweltfreundlicher fahren als Autos mit Verbrennungsmotor? Es gibt inzwischen eine ganze Reihe Studien, die sich diesem Thema angenommen haben. Sie alle kommen zu dem Schluss, dass es durchaus möglich ist, den Verkehr in Deutschland sukzessive vom Öl unabhängig zu machen. Nach Berechnungen des Öko-Instituts würden zum Beispiel sechs Millionen Elektro-Autos den Strombedarf in Deutschland um etwa elf

Bewertungsindex Elektromobilität



von -1 (extrem negativ) bis +1 (extrem positiv)

Bild 1.9

Bei Usern, die sich im Internet zur Elektromobilität äußern, herrscht ein eher negatives Stimmungsbild vor. Am besten schneiden die ausländischen Marken und die Hybridantriebe ab. [Quelle: m-result]

Terawattstunden erhöhen – das entspricht ungefähr zwei Prozent des heutigen Gesamtstromverbrauchs. Das Institut geht davon aus, dass die sechs Millionen E-Autos im Jahr 2030 in Deutschland auf der Straße sein könnten. Es ist ja auch davon auszugehen, dass nicht alle Elektro-Autos gleichzeitig an die Ladesäule fahren. Deshalb kann ein intelligentes Lademanagement den Strombedarf auch gut in Schwachlastzeiten verschieben und so das Netz wesentlich gleichmäßiger auslasten, als es heute der Fall ist. Aber natürlich bedarf es eines weiteren Ausbaus der regenerativen Energieerzeugung, wenn langfristig alle Autos auf einen ölfreien Antrieb umgestellt werden sollen. Doch das ist ein sehr langer Prozess, dem die Energieerzeugung wahrscheinlich gut folgen kann. Eine wesentlich größere Herausforderung wird es sein, allen E-Auto-Fahrern in den Städten den Zugang zu einer Ladestelle zu ermöglichen. Insbesondere Bewohner von Mietwohnungen haben hier bisher die größten Probleme. Lösungen könnten zum Beispiel in Straßenlaternen integrierte Ladestellen bieten. Doch ohne eine Verkehrswende hin zu Sharing-Modellen und weniger Autos in Privatbesitz wird es wahrscheinlich nicht gehen, bei 100 Prozent E-Autos allen eine adäquate Ladestelle zur Verfügung zu stellen. Hier setzen die Hersteller ja durchaus auf die autonom fahrenden Autos, die sich dann beispielsweise selbstständig auf einem Parkplatz eine induktiv arbeitende Ladestelle suchen und diese wieder freigeben, wenn die Batterie voll ist. Mit dieser Technik ließe sich die Lade-Infrastruktur deutlich besser auslasten, als das heute mit kabelbasierten Ladesäulen möglich ist, und ein Car-sharing wäre noch deutlich flexibler als heute, wodurch sich eine große Zahl von Autos einsparen ließen. Doch bis ein solches Szenario realistisch ist, wird noch viel Strom durch Kabel in Autos fließen, die wir selbst fahren müssen.