



WIR BESCHLEUNIGEN
DIE ENERGIEWENDE



LichtBlick
Generation reine Energie

Report Driving the Energy Transition:

wie Elektromobilität die
Energiewende unterstützen kann

IMPRESSUM

Herausgeber	WWF Deutschland und LichtBlick SE
Stand Februar 2017	
Autoren	Manfred Kriener (kriener@t-online.de) und Kristina Simons (ks@kristinasimons.de)
Koordination	Thomas Heim, Viviane Raddatz / WWF Deutschland Corine Veithen / LichtBlick SE
Redaktion	Sebastian Petrich (info@text-for-sale.de)
Gestaltung	Anna Risch (post@annarisch.de)
Produktion	Maro Ballach / WWF Deutschland
Bildnachweise	http://depris.cephes.free.fr/presscom/060-02.htm , Gemeinfrei (S. 6), StreetScooter / Deutsche Post DHL Group (S. 12), Getty Images / iStockphoto (S. 19, 25 und 31), ABG-FH (S. 32), BVG / Oliver Lang (S. 34), LichtBlick SE / Boris Geilert (S. 41)



Der führende Öko-Energieanbieter LichtBlick und die Naturschutzorganisation WWF Deutschland wollen gemeinsam die Energiewende in Deutschland beschleunigen. Zusammen verfolgen sie das Ziel, Menschen für Veränderung zu begeistern und die enormen Chancen einer erneuerbaren Energiezukunft sichtbar zu machen.

www.energiewendebeschleunigen.de

Inhalt

Vorwort	Seite 04
Einleitung	Seite 06
 These 1	 Seite 08
Das Elektroauto kommt – und es kommt schneller, als wir denken	
 These 2	 Seite 18
China und die USA fahren voraus – Deutschland fährt hinterher	
 These 3	 Seite 24
Dieselgate markiert das Ende der alten Automobilindustrie	
 These 4	 Seite 30
Elektroautos werden zum Joker der Energiewende	
 Literatur	 Seite 43

Vorwort

Die Elektromobilität kommt, und sie kommt schneller, als viele denken. Dies zeigt der Report von WWF und LichtBlick auf eindruckliche Weise. Auch wenn die absoluten Verkaufszahlen von Elektroautos im Vergleich zu Autos mit Verbrennungsmotor immer noch gering sind: Prozentual werden jedes Jahr mehr Elektroautos verkauft. Länder wie China, die USA und Norwegen gehen voran. Sie bilden aufgrund technischer oder politischer Weichenstellungen die Speerspitze.

Sinkende Batteriepreise und geringe Betriebskosten machen E-Fahrzeuge auf lange Sicht attraktiv. Für Deutschland ergibt sich im Frühjahr 2017 jedoch ein pessimistischeres Bild: Die 2015 eingeführte Verkaufsprämie für Elektro- und Hybridfahrzeuge erweist sich als Flop und das politisch gesetzte Ziel, eine Million E-Autos bis 2020 auf die Straßen zu bringen, außer Reichweite. Es entsteht der Eindruck, dass Politik und Autoindustrie nicht schnell genug agieren, um mit den Entwicklungen in anderen Ländern Schritt zu halten.

Vielleicht ist „Dieselgate“ ja der Weckruf für die deutsche Autoindustrie. Der Klimavertrag von Paris lässt keinen Zweifel daran, dass zur Energiewende auch eine Verkehrswende und eine Wärmewende bei Gebäuden gehören. Grundlage dafür: Strom, hergestellt aus erneuerbaren Energien.

Deutschland als industrieller und technologischer Vorreiter müsste – schon aus Eigeninteresse an Wohlstand und Wachstum – vorangehen. Dazu ist aber eine stärkere politische Rahmensetzung nötig, die hilft, Autos mit Verbrennungsmotoren nach und nach auszubremsen, den öffentlichen Nahverkehr weiter zu elektrifizieren und stärker zu fördern, vorhandene Carsharing- und Mobilitätskonzepte zu verknüpfen sowie die erneuerbaren Energien kräftig auszubauen. Denn Elektromobilität ergibt aus Klimasicht nur dann Sinn, wenn sie mit erneuerbarem Strom betrieben wird. Sonst verschieben sich die Emissionen lediglich vom Auspuff zum Kraftwerksschlot.

Der Report zeigt aber noch eine andere Seite der Debatte, die in der öffentlichen Wahrnehmung derzeit noch nicht präsent ist: die Frage, wie die Elektromobilität die Energiewende sinnvoll unterstützen kann. Beschrieben wird dies unter dem etwas sperrigen Begriff „Sektorenkopplung“. Hier geht es darum, dass die Energiewende, die Wärmewende und die Verkehrswende zusammen gedacht werden müssen. Für die Elektromobilität bedeutet dies, dass die Batterien der E-Autos, die letztlich mobile Speicher sind, sinnvoll in ein erneuerbares Stromsystem integriert werden können. In den Autos verbirgt sich ein riesiges, bisher nicht genutztes Speicherpotenzial. Allein die Batterien der eine Million Elektroautos, die die Bundesregierung bis 2020 auf die Straße bringen will, entsprechen dem Potenzial aller Pumpspeicher in Deutschland.

Dafür müssten aber die E-Autos, wenn sie nicht gebraucht werden, technisch ans Stromnetz angeschlossen werden. Batterien und Ladesäulen müssen bidirektional – das heißt aus beiden Richtungen - ansprechbar sein. Wenn die Sonne scheint und der Wind weht, muss der überschüssige Strom in diese Batterien fließen können. Bei entsprechendem Bedarf können die Batterien diesen auch wieder abgeben. Damit diese Sektorenkopplung gelingt, sind nicht nur die passenden politischen Rahmenbedingungen notwendig, auch die Autos und die Ladeinfrastruktur müssen dies technisch ermöglichen und nicht zuletzt müssen die Autobesitzer motiviert, eingebunden und für ihre Dienste als „Joker der Energiewende“ belohnt werden. Davon sind wir in Deutschland noch weit entfernt. Nur ein deutscher Autobauer hat bisher ein bidirektionales Auto auf den Markt gebracht. Bei der Ladeinfrastruktur deutet sich eine Monopolisierung an. Sie macht es Energiedienstleistern schlicht unmöglich, die mobilen Batterien ihrer Kunden sinnvoll in den Strommarkt zu integrieren, wenn diese an einer Ladesäule eines anderen Anbieters angeschlossen sind. Dass es anders geht, zeigen die im Report beschriebenen Forschungsprojekte. Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Zeit, die Bremsen zu lockern!



Corine Veithen
LichtBlick SE



Viviane Raddatz
WWF Deutschland

Einleitung

Der 29. April 1899 ist ein kühler Tag im französischen Achères im Departement Yvelines bei Paris. Camille Jenatzy, belgischer Autokonstrukteur und Rennfahrer, sitzt in einem 1.000 Kilogramm schweren Auto: halb Seifenkiste, halb Torpedo – ein Elektroauto der *Compagnie Internationale des Transports Electriques*. Zwei Motoren mit 25 Kilowatt treiben die Hinterachse an. Das Startsignal ertönt, Jenatzy rast los, die Zuschauer jubeln. Und er schafft es: Der Belgier fährt als erster Mensch mit einem Auto schneller als 100 km/h; er erreicht mit seinem Elektroauto eine Geschwindigkeit von exakt 105,88 km/h. Neuer Weltrekord.



Schon Ende des 19. Jahrhunderts kämpfte „der elektrische Wagen“ in einem dramatischen Kopf-an-Kopf-Rennen gegen den Benzin. Und er hatte lange Zeit gute Chancen, das Rennen zu gewinnen. Denn die mit Benzin fahrenden Autos waren „ruckelnde Monster“ mit „schwarzen Rauchwolken, knallenden Zündgeräuschen, kreischenden Zahnrädern und heftigen Stößen beim Anfahren und Halten.“¹ Das Elektroauto war eleganter und sauberer. Es verlor den Wettlauf nur, weil die Reichweite seiner Batterien zu gering war.

117 Jahre nach Jenatzy ist wieder ein Weltrekord zu melden. Die weltweite Flotte der Elektroautos ist im Jahr 2016 über die Zwei-Millionen-Grenze geklettert. In vielen Ländern sind die Zulassungszahlen für strombetriebene Fahrzeuge stark gewachsen. Im globalen Maßstab haben die Neuzulassungen die Ein-Prozent-Marke überschritten. Umfangreiche Förderprogramme, direkte Subventionen und politische Zielvorgaben für Elektroautos zeigen Wirkung. Dazu kommen neue Beschlüsse der Klimapolitik: Auch der Verkehr muss nachhaltiger werden und seinen Beitrag zur Energiewende und zur notwendigen Radikalreduktion der Treibhausgase leisten. In den vergangenen Jahrzehnten war der Transport- und Verkehrssektor ein „Roadblock“ der Klimapolitik, das Auto ist trotz technischer Fortschritte nicht klimafreundlicher geworden. Das wachsende Verkehrsaufkommen hat die Effizienzgewinne sparsamerer Motoren mehr als aufgezehrt.

Die historischen Beschlüsse der Pariser Klimakonferenz vom Dezember 2015 ziehen weitreichende Konsequenzen nach sich. In Deutschland soll der CO₂-Ausstoß bis zur Jahrhundertmitte um mehr als 95 Prozent reduziert werden. Damit ist klar: Das Ende des fossilen Zeitalters verlangt nach weitgehend klimaneutralen Energie- und Mobilitätskonzepten. Die in Paris beschlossene Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter zwei, möglichst auf 1,5 Grad erfordert einen schnellen Ausstieg aus fossilen Energieträgern. Mindestens drei Viertel der heute bekannten fossilen Rohstoffreserven müssen im Boden bleiben. Politiker und Parteien denken bereits lautstark über Verbote für Benzin- und Dieselfahrzeuge nach. Wird das Elektroauto zum Matchwinner der postfossilen Ära, wird der Verbrennungsmotor endgültig zum Auslaufmodell?

Was bewegt uns nach dem Öl?

Die Energiewende kann ohne Verkehrswende nicht gelingen, gegenwärtig ist sie nur eine Stromwende. Neue Mobilitätsangebote, Effizienzgewinne und Verkehrsverlagerungen allein garantieren noch keine nachhaltige Fortbewegung, zumal das Verkehrsaufkommen der wachsenden Weltbevölkerung mit Sicherheit weiter zunehmen wird. Bis 2035 rechnet BP mit einer Verdoppelung der weltweiten Fahrzeugflotte: von derzeit 1,2 Milliarden auf dann 2,4 Milliarden Fahrzeuge.² Selbst wenn diese Zahl nicht erreicht werden sollte, muss der Verkehr auf post-fossile Energieträger umgestellt werden. Der Sektor ist für fast ein Viertel – 23 Prozent – der CO₂-Emissionen weltweit verantwortlich; zugleich ist er Hauptverursacher der Luftverschmutzung in den Städten. Gleich 20 EU-Länder können derzeit die europäischen Vorschriften zur Luftreinhaltung nicht erfüllen. Trotz des gegenwärtig niedrigen Ölpreises erscheinen Verfügbarkeit und Preisstabilität von Erdöl mittelfristig extrem unsicher. Der Energiebedarf des Verkehrssektors hängt aber zu 94 Prozent vom Erdöl ab. Die EU-Kommission fordert nun, die Emissionen deutlich zu senken: „Bis Mitte des Jahrhunderts müssen die verkehrsbedingten Treibhausgas-Emissionen um mindestens 60 Prozent niedriger sein als im Jahr 1990 und eine klare Tendenz Richtung null aufweisen.“³

Die Optionen für Antriebskonzepte und Kraftstoffe der postfossilen Ära sind begrenzt. Nachhaltige Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation, die ohne Konkurrenz zu Nahrungsmitteln, etwa aus Reststoffen oder Algen, gewonnen werden, stehen nicht in ausreichender Menge zur Verfügung und sind teuer. Teilweise sind nicht einmal die Herstellungsverfahren ausreichend erprobt. Erdgas, das zuletzt im Lkw-Verkehr in den USA einen Boom erlebte, ist zwar sauberer als Öl, verursacht aber ebenfalls erhebliche CO₂-Emissionen, die mit den anvisierten Klimazielen nicht vereinbar sind. Und der alte Ottomotor wird selbst unter der optimistischen Annahme einer weiteren starken Verbesserung im Jahr 2050 im Flottendurchschnitt immer noch mehr als doppelt so viel CO₂ ausstoßen, wie unter Berücksichtigung der Klimaziele nötig wäre.⁴ „Nach mehr als hundert Jahren ist die Technik am Limit angekommen, ihr Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrs ist marginal“, resümieren die Verkehrswissenschaftler Weert Canzler und Andreas Knie.⁵ So favorisieren immer mehr Länder die Elektromobilität mit Strom aus sauberen Energiequellen als Alternative zum Verbrennungsmotor.

Bei den Elektroautos wird unterschieden zwischen rein elektrisch fahrenden batteriebetriebenen Modellen (BEV), Plug-in-Hybriden (PHEV), die sowohl mit Benzin als auch mit Strom fahren, und Brennstoffzellen-Fahrzeugen, deren Strom für die Elektromotoren mithilfe des Wasserstoffesatzes „on-board“ in einer Brennstoffzelle erzeugt wird. Brennstoffzellen-Autos sind derzeit noch keine wirklich markttaugliche Alternative, sie könnten langfristig aber Potenzial entwickeln.

Die Automobilindustrie setzt als Option vorrangig auf batteriebetriebene und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge. Forschungsinstitute, Batteriehersteller und Autofirmen arbeiten weltweit an der Weiterentwicklung des Elektroautos – angetrieben wahlweise von ambitionierten Klimazielen, politischer Förderung und neuerdings auch von Drohgebärden in Richtung Fahrverbote für Verbrennungsmotoren. Es geht aber auch und immer mehr um die Markt- und Technologie-Führerschaft in der Elektromobilität, einem der größten globalen Zukunftsmärkte.

Zudem eröffnen Elektromobilität und Digitalisierung neue Möglichkeiten des Energiemanagements. Autos werden zu Energiespeichern im smarten intelligenten Netz, die im Schwarm ganze Kraftwerke ersetzen können. Sie sollen Schwankungen im Stromnetz ausgleichen: Sie tanken im Idealfall Strom, wenn Wind und Sonne ein Überangebot bereitstellen, und speisen ihn wieder ein, wenn Lastspitzen im Netz Reservekapazitäten erfordern. So könnte die Elektroflotte zum Joker der Energiewende werden.

These 1
Das Elektroauto
kommt –
und es kommt
schneller,
als wir denken

Auf dem Markt für Elektroautos hat sich nach Jahren der Agonie eine unübersehbare Dynamik entwickelt.

Forciert wird dies nicht nur von den unterschiedlichen Förderangeboten der Länder, den zahlreichen Pilotprojekten und Flottenversuchen, sondern vor allem von gesunkenen Preisen für Elektroautos. Die wachsende Modellpalette und die größeren Reichweiten unterstützen den Trend. Zugleich schieben die Marketingabteilungen der Autofirmen, die sich gern zukunftsorientiert inszenieren, die neuen Elektromodelle auf den Automessen gezielt ins Rampenlicht. Elektroautos verbessern das Image der Hersteller, sie senken aber auch ihren Flottenverbrauch, in den alle Modelle mit ihren jeweiligen Verbräuchen eingerechnet werden.

2015 und 2016 wuchs die weltweite Flotte stark. 2015 wurden 550.000 Elektroautos verkauft, das entsprach einer Verzehnfachung gegenüber 2011. Mit den kräftig gestiegenen Verkaufszahlen konnte die Millionengrenze geknackt werden, Ende 2015 waren 1,26 Millionen Autos mit Elektroantrieb zugelassen,⁶ ein Zuwachs um 70 Prozent gegenüber dem Jahr 2014. Im Jahr 2016 setzte sich der kräftige Zuwachs mit weltweit rund 774.000 verkauften Elektroautos und dem Überschreiten der Bestandszahl von zwei Millionen fort.

Weltweite Bestandsentwicklung von Elektroautos in den Jahren 2011 bis 2016

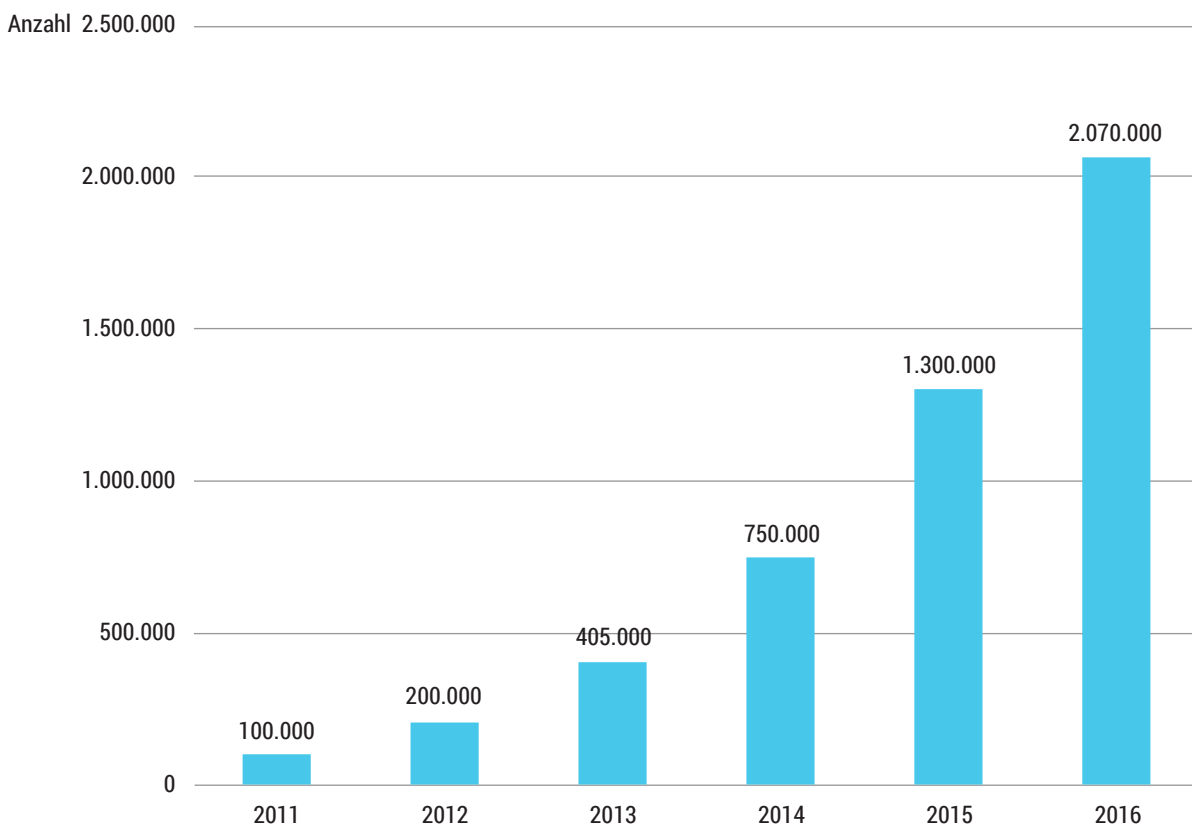


Abbildung 1: Bestandsentwicklung von Elektroautos weltweit bis 2016, Quelle: statista/eigene Berechnungen

In vielen europäischen Ländern – unter anderem in Norwegen, den Niederlanden, Schweden, Finnland, Schweiz, Island, Belgien, Frankreich, Österreich und Großbritannien – ist der Marktanteil der Elektroautos bei den Neuzulassungen auf über ein Prozent gestiegen, wobei Norwegen die Statistik anführt. Für das Jahr 2016 meldet der skandinavische Vorreiter einen Marktanteil von 29,3 Prozent.

Nach absoluten Zahlen liegen China und die USA vorn. Länder mit einer relativ großen Dynamik auf dem Markt für Elektroautos sind außerdem Japan, Südkorea und Indien. Der Nissan Leaf ist das international attraktivste Elektroauto mit mehr als 250.000 verkauften Exemplaren bis Ende 2016. Seine Reichweite liegt bei 200 Kilometern. Für 2017 ist sein Nachfolger mit einem vergrößerten Radius von über 300 Kilometern angekündigt.

Parallel zum Verkaufserfolg hat sich auch die Infrastruktur verbessert. In Europa (EU, Island, Norwegen, Schweiz, Liechtenstein und Türkei) – überschreitet die Zahl der Ladepunkte zum Jahresbeginn 2017 mit 101.637 erstmals die 100.000er Marke. Deutschland verzeichnet nach Zahlen der *European Alternative Fuels Observatory (EAFO)* im Januar 2017 6.214 Ladestationen mit 17.745 Anschlüssen.⁷

Die Leitmärkte China und die USA

Die beiden führenden Länder für Elektromobilität sind China und die USA, die in den Jahren 2015 und 2016 bei den Verkäufen von neuen Elektroautos zusammen einen Marktanteil von rund zwei Dritteln hielten. Bemerkenswert war dabei, dass China die USA überholte und nun zur Nummer eins aufgestiegen ist. Das passt zur dynamischen Entwicklung der Elektromobilität in der Volksrepublik auch bei Zweirädern und Bussen. Über 200 Millionen stromgetriebene Elektroroller dominieren die chinesische Zweiradflotte. Ihr Preis ist auf unter 500 US-Dollar gesunken. Die elektrisch angetriebene chinesische Busflotte ist schon 2015 auf 170.000 Fahrzeuge angewachsen.⁸

Die USA galten bis 2015 als *der* Leitmarkt für Elektromobilität. Mit 1,7 Milliarden Dollar Förderung bis 2012 hatte der Staat Forschung und Entwicklung kräftig angeschoben. Vor allem aber hatte der Bundesstaat Kalifornien als Vorreiter frühzeitig seine ehrgeizigen „zero emission“-Ziele vorgegeben, denen sich inzwischen andere Bundesstaaten angeschlossen haben. Auch der amerikanische Elektropionier Tesla hat mit seinen Erfolgen und dem schnittigen Image den Markt beflügelt.

Nach den enormen Zuwächsen in China sind die USA inzwischen nur noch die Nummer zwei. Doch die Marktentwicklung zeigt weiter kräftig nach oben. Im vergangenen Jahr (2016) registrierten die Hersteller nach Zahlen von *EV-Inside* erneut einen Rekordverkauf mit 159.139 Fahrzeugen, ein Zugewinn von 37 Prozent gegenüber dem Vorjahr (116.000). Der Dezember war der beste Monat mit 24.000 Verkäufen. Für 2017 erwartet die Branche einen Anstieg auf 230.000 bis 250.000 Autos.⁹

Ende der Ladehemmung in Deutschland?

Im Vergleich zu China und den USA hatte das Elektroauto in Deutschland einen deutlich langsameren Start. Zuletzt haben die Verkäufe allerdings auch bei uns sprunghaft zugelegt. Für 2016 meldet das Kraftfahrtbundesamt (KBA) 25.154 neu zugelassene Elektroautos, darunter 13.744 Plug-in-Hybride und 11.410 reine Elektroautos. Bei 3,35 Mio. Neufahrzeugen liegt der Marktanteil aber immer noch unter einem Prozent. 2015 waren 23.464 Pkw mit elektrischem Antrieb verkauft worden, darunter 12.363 reine Elektroautos und 11.101 Plug-in-Hybride. Inzwischen haben die Hybridfahrzeuge die reinen Elektroautos überholt; sie legen auf dem heimischen Markt jetzt deutlich schneller zu.

Anzahl der jährlichen Neuzulassungen 2006–2016

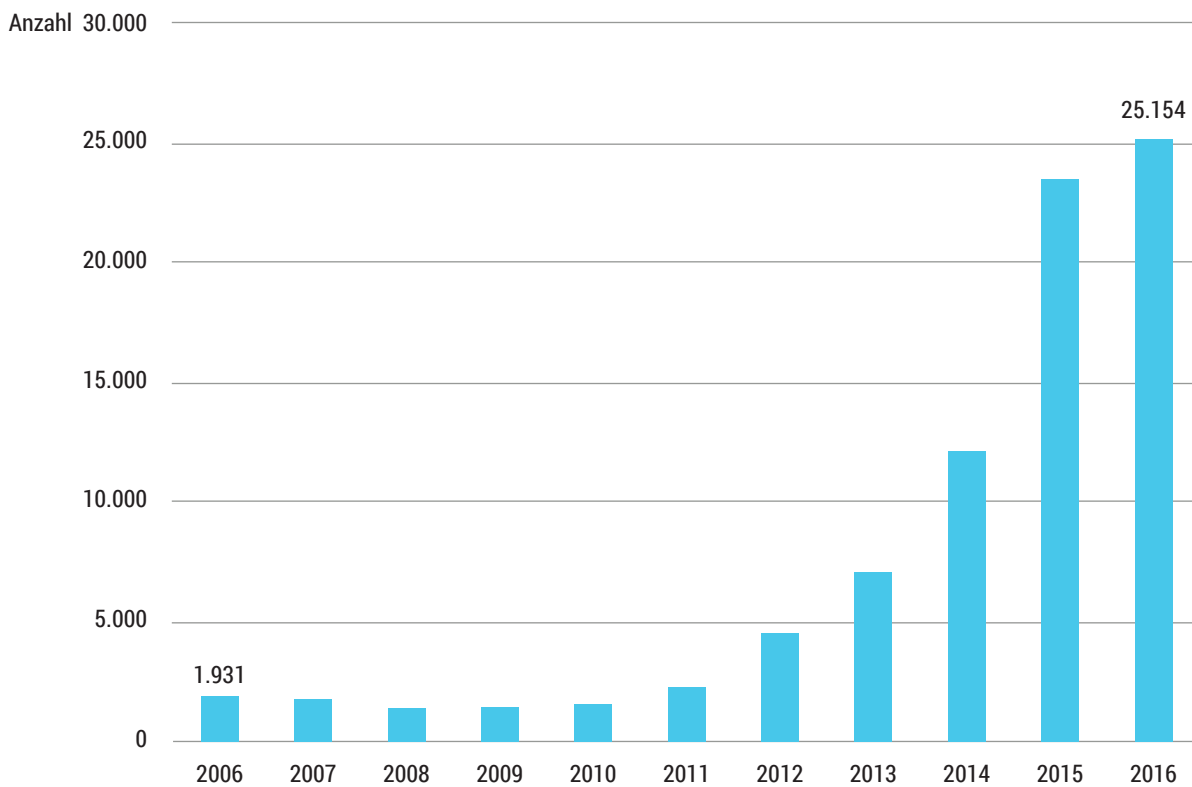


Abbildung 2: Jährliche Neuzulassungen in Deutschland, Quelle: statista;
Zahlen für 2015 und 2016 Kraftfahrtbundesamt



Interessante Vorreiterprojekte in Deutschland

Deutsche Post

Bereits 1.000 Elektroautos sind für die Deutsche Post DHL unterwegs. Sie alle fahren mit Strom aus erneuerbaren Energien. Fast geräuschlos und von der Öffentlichkeit unbemerkt ist die Post unter die Autobauer gegangen, indem sie den Fahrzeughersteller StreetScooter gekauft und ein eigenes batterieelektrisches Nutzfahrzeug konzipiert und gebaut hat. Ab 2017 will der Logistikkonzern jährlich 10.000 weitere StreetScooter produzieren und mittelfristig seine Zustellflotte in Deutschland komplett auf CO₂-freien Elektrobetrieb umstellen. Der Verkauf der gelben Elektrokisten an Dritte ist ebenfalls geplant, das Interesse ist groß.



Norwegen hat in Europa deutlich die Nase vorn

In Europa war 2015 ein Boomjahr für Elektroautos. Dagegen stagnierten die Verkäufe 2016 nach Subventionskürzungen in einigen Ländern. 2015 wurden EU-weit 148.000 Pkw und Vans verkauft,¹⁰ wobei Hybrid-Fahrzeuge deutlich vor den reinen Elektroautos lagen. Der Marktanteil bei den Neufahrzeugen stieg auf 1,3 Prozent. 2016 registrierte die EU 157.000 strombetriebene Neufahrzeuge. Damit erhöht sich die Zahl der Elektroautos auf den Straßen in der EU auf knapp über 600.000 Fahrzeuge. Besorgt notiert die EU-Kommission, dass „die Märkte für emissionsarme Fahrzeuge außerhalb der EU höhere Wachstumsraten“ aufweisen.¹¹ Angesichts der Entwicklung in den USA und in China scheint das Rennen um die Marktführerschaft vorerst verloren.

Das populärste Elektroauto in der EU ist der Mitsubishi Outlander mit einem Marktanteil von 11,8 Prozent vor dem Renault Zoe, dem Nissan Leaf und dem Tesla S. Bei Mitsubishi ist der Marktanteil der Elektrofahrzeuge in der eigenen Modellpalette auf über 20 Prozent gestiegen. Von den neuen Herstellern, die ausschließlich Elektroautos produzieren, war Tesla mit 9.300 Neuwagen-Verkäufen im Jahr 2015 in der EU der erfolgreichste. Sportwagen-Hersteller Porsche verkauft zwar in absoluten Zahlen nur knapp 5.000 Elektroautos im Jahr (Plug-in-Hybride), doch dies macht bereits sieben Prozent der Jahresbilanz aus, womit Porsche in der EU hinter Mitsubishi als die Marke mit dem höchsten Anteil auf Rang zwei liegt. Viele Hersteller wie Citroen, Fiat, Honda, Peugeot, Seat, Skoda oder Suzuki zeigen allerdings nach wie vor nur zarte oder gar keine Ambitionen im elektrischen Fahrzeugmarkt. Toyota hat im vergangenen Jahr seine Strategie geändert und will nun für jedes Fahrzeugsegment ein eigenes wettbewerbsfähiges Elektroauto anbieten.

Die Niederlande waren mit einem Marktanteil bei Neuverkäufen von 9,9 Prozent im Jahr 2015 in der EU unangefochtener Frontrunner. Doch nach empfindlichen Kürzungen der Subventionen brach der Verkauf im vergangenen Jahr dramatisch ein. Die Zahl der neu zugelassenen Elektroautos und Plug-In-Hybride ging nach Angaben des EAFO von 44.400 (2015) auf 22.875 (2016) zurück. Schweden meldete 13.415 Neuzulassungen und einem Marktanteil von 3,60 Prozent. Auch Dänemark registrierte nach Förderkürzungen einen heftigen Einbruch. In 13 EU-Ländern blieb der Marktanteil für Elektroautos im vergangenen Jahr mit 0,0 bis 0,3 Prozent der Neuzulassungen verschwindend gering. So sind in ganz Rumänien 2016 nur 162 Elektroautos verkauft worden, in Litauen waren es 81.

Außerhalb der EU ist Norwegen das europäische Boomland. Die 46.500 verkauften Elektroautos 2016 entsprechen 29,3 Prozent der Neuzulassungen, womit das Fünf-Millionen-Einwohner-Land in dieser Kategorie Weltmeister ist. In Norwegen wird die Elektromobilität seit Jahren mit einem umfangreichen Förderprogramm politisch gefördert. Folge: Der Marktanteil der Elektroautos ist heute rund 30-mal höher als in Deutschland. So zeigt sich – wenig überraschend – eine direkte Abhängigkeit der Zulassungszahlen von politischen Strategien, Subventionen und anderen Anreiz-Instrumenten. Auch die Investitionen in die Infrastruktur mit entsprechenden Ladestationen müssen stimmen.

Neben enormen Steuervergünstigungen – die Mehrwertsteuer fällt komplett weg – und der Befreiung von den Zulassungskosten sind Elektroautos in Norwegen auch von der Autobahngebühr befreit, sie dürfen auf Busspuren fahren, gratis parken und ihre Batterien an vielen öffentlichen Ladestationen umsonst aufladen. Weil Benzin in Norwegen mit Preisen um 14,50 Kronen je Liter (1,60 Euro) relativ teuer ist, sparen die Besitzer eines Elektroautos auch bei den täglichen Fahrtkosten mehr als in anderen Ländern. Damit sind die Fahrzeuge mit Alternativantrieb in Norwegen inzwischen die wirtschaftlich günstigere Alternative. Im Januar 2017 wurden in Oslo wegen hoher Luftverschmutzung erstmals Dieselfahrzeuge an zwei Tagen aus der Innenstadt verbannt.

Batteriekosten runter, Reichweite rauf

Die hohen Kosten für die Batterien waren und sind ein wesentlicher Bremsklotz für die Elektromobilität. Technologische Fortschritte und die Massenproduktion haben in den vergangenen Jahren indes zu beeindruckenden Preisrückgängen geführt, wobei die Hersteller stark von der Batterieentwicklung der Computer- und Handybranche profitiert haben, dem bisherigen Innovationstreiber auf diesem Gebiet. Das Herz der Batterieentwicklung schlägt in Asien, Deutschland hinkt deutlich hinterher. Daimler hat seine eigene Batteriezellproduktion in Sachsen aufgegeben und baut importierte Zellen jetzt nur noch zusammen. Immer wieder fordern Automanager und Wirtschaftswissenschaftler eine „konzertierte Aktion“, um die Zellfertigung in Deutschland anzuschieben und den Rückstand gegenüber Fernost aufzuholen. Stefan Bratzel, vielgefragter Experte der Automobilwirtschaft, sieht die Batterieentwicklung als Essential: „Deutschland kann es sich mittel- und langfristig nicht leisten, einen wichtigen Teil der Wertschöpfung in der Elektromobilität und damit beim Auto der Zukunft im Ausland zu haben.“ Man müsse „jetzt starten, um in acht oder zehn Jahren damit Geld zu verdienen“, argumentiert Bratzel gegenüber der *Automobilwoche*. Betriebsräte verschiedener deutscher Hersteller hatten eine gemeinsame Offensive angeregt. Jetzt sieht es eher nach einem Alleingang von VW aus. Der Wolfsburger Autobauer will im Zuge seines Konzernumbaus in eine eigene Batteriefabrik investieren.

Für die Batteriekosten von Plug-in-Hybriden nennt das US-Department of Energy (DOE) einen Rückgang der Preise von 1.000 Dollar/kWh im Jahr 2008 auf 268 Dollar/kWh im Jahr 2015, das entspricht einem dicken Minus von 73 Prozent. Als Zielmarke visiert das DOE 125 Dollar für das Jahr 2022 an. Bei den reinen Elektroautos beziffert General Motors die Batteriekosten für sein neuestes elektrisches Modell Chevrolet Bolt auf 145 Dollar/kWh, Tesla will die 100-Dollar-Schallmauer bis 2020 durchbrechen.

Nicht nur der Preis, auch die Energiedichte hat sich erheblich verbessert. Sie gibt an, wie viel Energie pro Gewicht und Volumen in der Batterie gespeichert ist. Je höher die Energiedichte, desto leichter wird das Batterieset und damit das Gewicht der Fahrzeuge. Mit einer hohen Energiedichte können die Hersteller vor allem die Reichweite vergrößern und damit der weit verbreiteten „Reichweitenangst“ begegnen. Im Jahr 2008 lag die Energiedichte für Elektroautos bei 60 Wh/L, 2015 erreichte sie 295 Wh/L – eine Verbesserung um 400 Prozent. Jetzt muss allerdings auch das Batterierecycling vorangetrieben werden.

Die Fortschritte in der Batterieentwicklung haben inzwischen zu Reichweitenversprechen geführt, mit denen viele Elektroautos in neue Dimensionen vorstoßen. Die Angaben der Automobilindustrie sind oft mit Vorsicht

zu genießen, dennoch lassen die Ankündigungen von Opel-Chef Thomas Neumann aufhorchen. Er verspricht für den Opel Ampera-E, analog zum Chevrolet Bolt, eine Reichweite von 500 Kilometern (nach Euro-Norm, im realistischen Alltagsbetrieb sind das knapp 400 Kilometer) und ein „Ende der Reichweitenangst“.¹² Der Reichweitenwettbewerb mag unsinnig erscheinen, da mehr als 99 Prozent aller Autofahrten unterhalb der 100-Kilometer-Grenze liegen, doch für die Automobilindustrie bleibt er ein wesentlicher Punkt.

Weltweite Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Batterien von 2013 bis 2020 (in Euro/kWh)

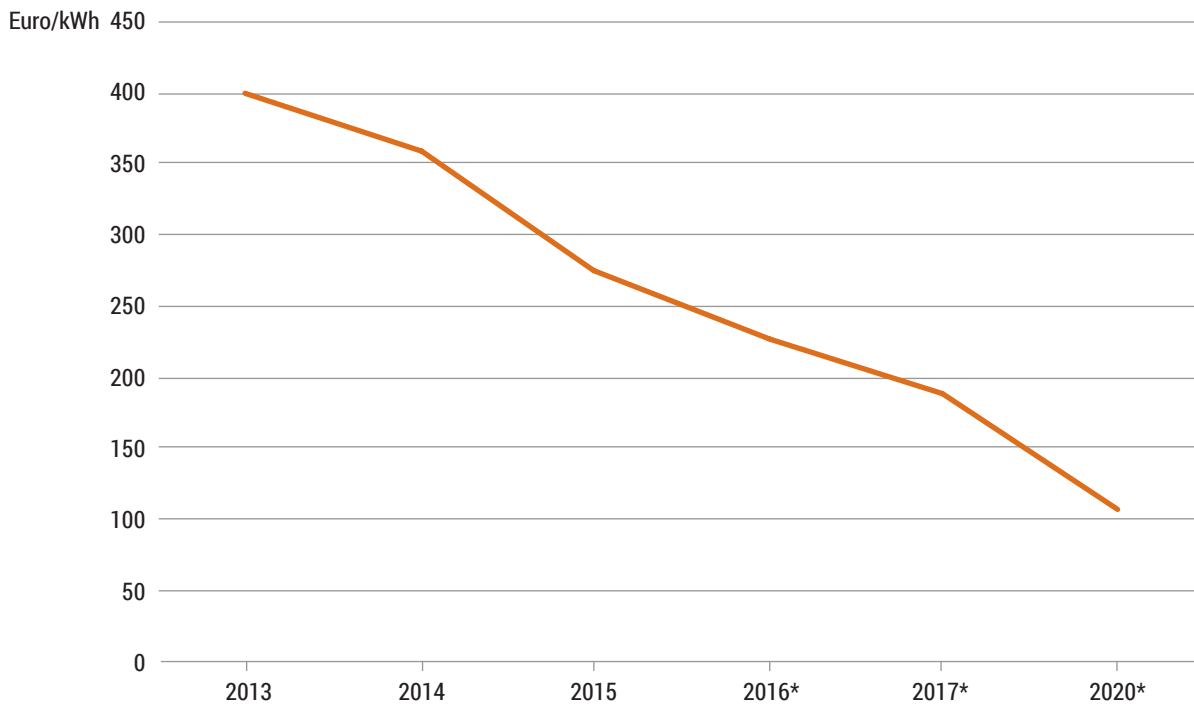


Abbildung 3: Weltweite Preise für Lithium-Ionen-Akkus bis 2020, Quelle: statista (* Hochrechnung)

Durchschnittliche Reichweite aller verkauften Elektroautos in den Jahren 2011 bis 2020 (in Kilometern)

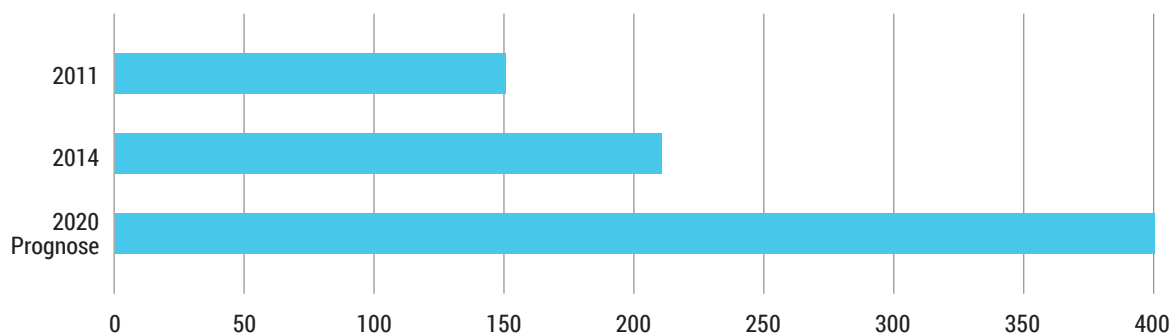


Abbildung 4: Entwicklung der Reichweite von Elektrofahrzeugen bis 2020, Quelle: statista

Der koreanische Batterieentwickler Samsung SDI hat Anfang dieses Jahres Batteriezellen „der nächsten Generation“ für 600 Kilometer Reichweite angekündigt. Die Ladezeit soll sich angeblich auf 20 Minuten verkürzen. Opel meldet für den Ampera-E 30 Minuten Ladezeit bei 150 Kilometer Reichweite. VW hat sich für seine neue Elektro-Offensive das mittelfristige Ziel gesetzt, „in 15 Minuten 80 Prozent der Batterie zu laden“, so Konzernchef Matthias Müller.¹³ Mit dem Bau einer eigenen Batteriefabrik will Wolfsburg jetzt Zeichen setzen und die asiatischen Marktführer angreifen.

Die bisherigen Ladezeiten werden vom *International Council on Clean Transportation (ICCT)* – je nach Auto und Batterieleistung – mit vier bis acht Stunden angegeben und mit 25 bis 40 Minuten an der Schnellladestation. Die neue induktive Ladetechnik könnte weitere Verbesserungen bei der Handhabung bringen. Bei der kabellosen Induktivtechnik ist keine elektrische Verbindung zwischen Ladestelle und Elektroauto mehr nötig. Das Fahrzeug wird automatisch und berührungslos geladen, sobald es exakt über der im Boden versenkten Ladeplatte platziert ist. Die Firma Bombardier testet an E-Bussen das induktive Laden während des Fahrbetriebs durch mehrere hintereinander geschaltete Ladeplatten. Sieben Tonnen schwer, fünf Meter lang und 25 Zentimeter dick ist die derzeit in Berlin für Elektrobusse getestete Platte.

Die erstaunlichen Fortschritte der Batterieentwicklung verbessern die Kostenbilanz des Elektroautos. Der hohe Anschaffungspreis galt bisher als eines der Haupthemmnisse für die Elektromobilität. Die Elektromotoren selbst sind billiger als Verbrennungsmotoren und die Betriebskosten der Elektroautos sind erheblich niedriger. Ihr großer Vorteil ist die deutlich bessere Energieausnutzung. Der maximale Wirkungsgrad von Ottomotoren liegt zwischen 35 und 45 Prozent, der von Elektromotoren dagegen bei 90 bis 95 Prozent. Wegen der Reichweitenfixierung und der manchmal fast tonnenschweren Batterieladungen ging dieser Effizienzvorteil teilweise wieder verloren. Bei höherer Energiedichte und damit leichterer Akkumulatorenbeladung kann ihn das Elektroauto künftig noch besser ausspielen. Jetzt muss der Energieverbrauch von Heizung, Klimaanlage, Beleuchtung und anderen elektrischen Verbrauchern im Auto optimiert werden. Dann ließe sich, so die Schätzung des Umweltbundesamts, der zusätzliche on-board-Verbrauch eines Elektroautos von heute 4,5 kWh je Kilometer auf 2,3 kWh halbieren.¹⁴

Vergleiche der Betriebskosten von fossil und elektrisch angetriebenen Autos sind wegen des stark schwankenden Ölpreises und der von Land zu Land unterschiedlichen Benzinpreise ein schwieriges Feld. Die Internationale Energieagentur rechnet vor, dass in Europa ein Elektroauto nur auf ein Viertel bis ein Fünftel der laufenden Kosten eines Benziners kommt. In den USA, wo Benzin sehr viel billiger ist, kann das Elektroauto die Fahrkosten trotzdem noch halbieren. Mit dem zuletzt wieder auf über 50 Dollar gestiegenen Ölpreis wird der elektrische Antrieb noch rentabler. Auf fünf Jahre hochgerechnet spart ein Elektroauto in Europa im Schnitt Benzinkosten von rund 2.750 Euro ein.

Ein neuer Job für ausrangierte Elektroautobatterien



Manche Ideen lassen sich nicht ausbremsen. So zeigt ein Joint-Venture von Daimler, The Mobility House, dem Energiedienstleister Getec und dem Recyclingspezialisten Remondis, welch enormes Speicherpotenzial selbst ausrangierte Fahrzeugbatterien noch haben. Sind sie fürs Auto zu schwach geworden, können sie im stationären Gebrauch noch wertvolle Dienste leisten. Im September 2016 verkündeten die Partner die Netzanbindung des „größten 2nd-use Batteriespeichers der Welt“. Im westfälischen Lünen bündelt er insgesamt 1.000 Akkus, die in ihrem ersten Leben elektrisch betriebene Smarts mit Energie versorgt hatten. Geplante Speicherkapazität der Großbatterie: satte 13 Megawattstunden.

Mit den „Second-Use-Fahrzeugbatterien“ schlagen die Unternehmen zwei Fliegen mit einer Klappe: Sie dienen als Stromspeicher und ihr Lebenszyklus wird durch die Weiternutzung deutlich verlängert. Mit zunehmender Batterieproduktion wird dieser Recyclingaspekt immer stärker in den Fokus rücken.

Laut einer Studie des Bundesverbands Erneuerbare Energien (BEE) zu „Second-Life-Batterien“³⁶ verfügen Batterien, die für den Antrieb des Elektroautos zu schwach geworden sind, immer noch über 70 bis 80 Prozent ihrer ursprünglichen Leistung. Bis 2025 könnten allein in Deutschland „bis zu 25 Gigawattstunden an Second-Life-Batterien pro Jahr auf den Markt kommen“. Wenn es tatsächlich gelingt, in Deutschland den Meilenstein von einer Million neuer Elektroautos bis 2020 oder, realistischer, bis 2025 zu erreichen, dann würde das Land über eine ans Stromnetz angeschlossene theoretische Speicherkapazität verfügen, die ausreicht, um ganz Deutschland eine halbe Stunde lang mit Strom zu versorgen.

Auch finanziell wäre das ein Anreiz: Ein ausrangierter Autoakku, der in seinem zweiten Leben stationär weiter Strom liefert, kostet derzeit 150 Euro je Kilowattstunde, schreiben die Autoren der BEE-Studie. Dem Besitzer eines Elektroautos kann das erhebliche Einnahmen bringen. FreeWire, ein Start-up aus Kalifornien, bezahlt derzeit 100 Dollar/kWh. Die ausgemusterte 60-kWh-Batterie eines Opel Ampera-E würde in Kalifornien damit 6.000 Dollar Erlösen. Damit würde das Elektroauto seine wirtschaftliche Bilanz erheblich verbessern und könnte manches mit Verbrennungsmotor angetriebene Auto auch auf der Kostenseite schlagen.



These 2
China und
die USA
fahren voraus
– Deutschland
fährt hinterher



Mit Braunkohlestrom löst sich der Klimavorteil eines Elektroautos in Luft auf – in schlechte Luft!

Die explodierenden Zulassungszahlen in China sind das markanteste Zeichen für den Boom der Elektroautos. China ist nicht nur zum größten Automarkt der Welt aufgestiegen, China ist jetzt auch der „elektrische“ Leader mit einer E-Flotte von mehr als 650.000 Autos zum Jahresbeginn 2017.

Das sind allein in China mehr stromgetriebene Autos, als alle Länder Europas zusammen verzeichnen (knapp über 600.000). Und unter den Top Ten der meistverkauften Marken weltweit rangieren mit BYD, BAIC und Zotye gleich drei chinesische Firmen. BYD war im Ranking 2016 weltweit der erfolgreichste Hersteller vor Tesla.

Da der Energiemix bei der Stromproduktion Chinas noch stark kohlelastig ist, profitiert das Land nur eingeschränkt vom Boom der Elektromobilität. Die Emissionen entstehen dann nicht in den unter der Smogglocke stöhnenden Städten, sondern an den Standorten der Kohlekraftwerke, die den Strom für die Elektroautos herstellen. China liegt aber auch bei den Investitionen in erneuerbare Energien vorn. Seit 2015 hat die Volksrepublik bei Fotovoltaik und Windkraft die höchste Kapazität weltweit installiert.¹⁵

Im vergangenen Jahr hat sich mit über 350.000 verkauften Elektroautos der Absatz in China gegenüber dem Vorjahr beinahe verdoppelt. Mehr als die Hälfte der Elektroflotte sind typische Kleinwagen, viele im Smart-Format. Mehr als 60 verschiedene Modelle sind auf dem Markt. Schon in der ersten Jahreshälfte 2016 hatten Elektroautos auf dem größten Automarkt der Welt einen Anteil von 1,4 Prozent erreicht. Der Boom könnte etwas abflachen, wenn 2017 die Subventionen um 20 Prozent sinken, doch die politische Führung forciert den Abschied vom Verbrennungsmotor.

Zuletzt sorgte China mit der Ankündigung für Schlagzeilen, ab 2018 eine von Jahr zu Jahr steigende Pflichtquote für Elektroautos einzuführen, die mit acht Prozent beginnen soll. „Radikal wie nie zuvor geht China für das Ziel vor, mehr Elektroautos auf die Straße zu bekommen“, kommentierte Spiegel-Online.¹⁶ Wird die Acht-Prozent-Quote wie geplant Wirklichkeit, dann müsste jeder einzelne Hersteller, der in China künftig noch Autos verkaufen will, sogenannte Kredit- oder Bonuspunkte sammeln. VW verkaufte in China zuletzt drei Millionen Autos im Jahr. Der Konzern hätte gemäß der acht-Prozent-Regel also 240.000 Kreditpunkte zu sammeln. Für jedes verkaufte Elektroauto soll es vier Punkte geben, für Plug-in-Hybride zwei Punkte. Damit müsste VW, so rechnet die FAZ vor, in China 60.000 reine Stromfahrzeuge im Jahr verkaufen oder teure Ausgleichszahlungen berappen.¹⁷ Bei chinesischen Produzenten, die die Quote übererfüllen, könnten deutsche Hersteller Kreditpunkte dazukaufen. Das System soll also ganz ähnlich wie der Emissionshandel funktionieren.

Die deutschen Reaktionen auf die chinesischen Ankündigungen waren beinahe panisch. Der damalige Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel sprach bei seinem Chinabesuch Ende 2016 von drängenden Sorgen der deutschen Autobauer. Die Abhängigkeit vom größten Automarkt der Welt ist gewaltig, allein VW verkauft in China 40 Prozent seiner Fahrzeuge. So wird die Chinaquote für Elektroautos bei den deutschen Autokonzernen sehr viel mehr in Bewegung bringen als die von der Bundesregierung beschlossenen Kaufprämien.

Bis 2020 will die Volksrepublik fünf Millionen Elektroautos auf seine Straßen bringen, für die dann zehn Millionen Ladestationen bereitstehen sollen. Bis 2025 sollen es schon 14 Millionen Autos sein. Diese Zielmarken erscheinen nicht unrealistisch, zumal es für herkömmliche, mit Benzin und Diesel fahrende Fahrzeuge bereits in sieben chinesischen Großstädten Kauf- und Zulassungsrestriktionen mit langen Wartelisten gibt. Der Boom des Elektroautos wird damit teilweise erzwungen. Der Dezember 2016 war in Peking erneut ein verheerender Smogmonat mit Zigtausenden Umweltflüchtlingen, die zumindest zeitweise der Hauptstadt entflohen.

Präsident Xi Jinping hat die Entwicklung der Elektromobilität als strategisches Staatsziel mit dreifacher Dividende vorgegeben: Die heimische Automobilindustrie soll gestärkt, die Luftverschmutzung reduziert und die Abhängigkeit von Ölimporten abgebaut werden. Das industriepolitische Ziel, die eigenen Autobauer anzuschieben, wurde schon jetzt erreicht. Nach Angaben des Branchenverbands *China Association of Automobile Manufacturers* kommen zwei Drittel der im eigenen Land verkauften Elektroautos und Hybridfahrzeuge von chinesischen Firmen. Unter den Marken der zehn meistverkauften Elektroautos befindet sich kein einziger ausländischer Hersteller.¹⁸ Da es für importierte Elektrofahrzeuge keine Subventionen, sondern Strafzölle gibt, hatten ausländische Firmen bisher schlechte Karten. Die deutschen Automobilkonzerne setzen nun verstärkt auf Joint Ventures.

Schwacher Absatz – aber ehrgeizige Ankündigungen

Auf dem deutschen Markt sollte die Anfang Juli 2016 ausgelobte Kaufprämie von 4.000 Euro für reine Elektroautos und 3.000 Euro für Hybridmodelle, die Staat und Autoindustrie je zur Hälfte finanzieren, die Elektromobilität anschieben. Bisher ohne durchschlagenden Erfolg. Bis zum 1. Januar 2017 waren 9.023 Anträge eingegangen, darunter 5.129 für reine Elektrofahrzeuge, 3.892 für Plug-in-Hybride und zwei für Brennstoffzellenfahrzeuge. Das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 eine Million Elektroautos auf die Straße zu bringen, erscheint trotz der zuletzt höheren Verkaufszahlen aussichtslos und war von Beginn an eher eine Alibi-Zielmarke als eine ernsthaft verfolgte verkehrspolitische Strategie. Bisher rollen nicht einmal 100.000 Elektroautos auf unseren Straßen. Das politische Versprechen der Bundeskanzlerin von 2009, Deutschland zum Leitmarkt der Elektromobilität zu machen, erscheint heute erst recht wie eine hohle Formel.

Aufgeschreckt von der Entwicklung in China überschlagen sich die deutschen Hersteller inzwischen mit lautstarken Ankündigungen und ehrgeizigen Zielmarken. Daimler will bis 2025 mehr als zehn vollelektrische Modelle auf den Markt bringen. Unter der neu geschaffenen Produktmarke EQ „soll die komplette Fahrzeugpalette sukzessive elektrifiziert werden“, verspricht der Konzern auf seiner Homepage. Die stromgetriebenen Modelle sollen schon bis 2025 einen Marktanteil von 15 bis 25 Prozent haben. Und: „Wir werden in naher Zukunft 60 bis 80 Prozent Aufladung der Batterie in einer halben Stunde schaffen.“ Konzernchef Dieter Zetsche will „ab 2020 jedes Jahr eine sechsstellige Zahl an Elektrofahrzeugen verkaufen“. ¹⁹ In Kooperation mit dem chinesischen Marktführer BYD hat Daimler den Denza an den Start gebracht, der komplett in China gefertigt und dort auch mit gutem Erfolg verkauft wird.

VW kündigte im November 2016 den größten Umbau seiner Firmengeschichte an: Während 30.000 Stellen im ganzen Konzern wegfallen, soll der Sektor Elektromobilität mit 9.000 neuen Stellen aufgewertet werden. Trotz gibt der Wolfsburger Konzern das Ziel der weltweiten Marktführerschaft aus, doch davon ist er weit entfernt. Bis heute hat VW noch kein einziges neu konzipiertes Elektroauto im Angebot, sondern lediglich nachträglich auf Stromantrieb umgerüstete fossile Modelle. Gemeinsam mit dem chinesischen Kooperationspartner JAC will man jetzt unter Hochdruck Elektroautos vor allem für China entwickeln. „Bis 2025 wird der Volkswagen-Konzern mehr als dreißig vollelektrische Fahrzeuge auf den Markt bringen“, verspricht Konzernchef Matthias Müller. Und: „VW wird in drei bis vier Jahren auf dem größten Automarkt der Welt (China) mit 15 reinen Elektroautos und Hybridfahrzeugen vertreten sein.“ VW-Chefentwickler Ulrich Eichhorn erwartet zu Beginn des nächsten Jahrzehnts eine elektrische Massenmotorisierung mit enormen Umwälzungen in der Branche. ²⁰ Für Langstreckenreisen bietet der Konzern seinen Elektrokunden schon jetzt kostenlos ein Ersatzfahrzeug mit herkömmlichem Treibstoff an.

Auch BMW, Opel und andere Hersteller starten regelmäßig neue Verbaloffensiven fürs Elektroauto, doch die Zahl der neu entwickelten Modelle mit Benzin- und Dieselmotor ist weiterhin sehr viel größer als die bescheidene elektrische Palette. Daran wird sich kurzfristig wenig ändern, denn die Entwicklung eines neuen Elektroautos dauert rund fünf Jahre. Im Zusammenhang mit der angekündigten Übernahme von Opel durch PSA Peugeot machten zuletzt Gedankenspiele die Runde, den Rüsselhoimer Autobauer komplett zu einem reinen Anbieter von Elektroautos umzurüsten. Es wäre eine mutige, ja draufgängerische Strategie.

Die Pole-Position besetzen andere wie Tesla, BYD oder Nissan. Vor allem Teslas Erfolg ist verblüffend. Hier hat ein Neuling und reiner Elektroautoproduzent der etablierten Branche innerhalb weniger Jahre einen Teil des Luxussegments weggeschnappt. Vor allem aber hat sich Tesla ein Image geschaffen, das die alten Automobilbauer wie fossile Nachzügler aussehen lässt.

Tesla Motors ist nicht nur Fahrzeughersteller, sondern auch Verkehrsdienstleister. Während die übrige Branche vorwiegend auf ihr „Gerät“, also das jeweilige Auto, fixiert ist, hat Tesla auch die Energieerzeugung und Energiespeicherung, die Batterieentwicklung und die Ladestationen im Griff. So gehören die „Supercharger“ genannten Ladestationen, mit denen das Tesla-Model S in relativ kurzer Zeit aufgeladen werden kann, fest zum Firmenangebot. In den USA wurden im November 2016 genau 734 solcher Ladestationen mit etwa 4.500 Superchargern betrieben.²¹ Mit dem Stromspeichersystem Powerwall verkauft das Unternehmen außerdem einen Energiespeicher, der Überschüsse aus Windkraft und Solaranlagen speichern und später wieder abgeben kann. Neueste Expansion ist der Kauf der Grünstromfirma SolarCity und des deutschen Maschinenbauers Grohmann Engineering sowie die Eröffnung einer neuen Batteriefabrik in Nevada. Tesla ist hochverschuldet, hat aber im vorletzten Quartal zum zweiten Mal einen Gewinn ausgewiesen. Im vergangenen Jahr verkaufte man nach eigenen Angaben 76.230 Autos, schon 2018 werden nach Plänen von Firmenchef Elon Musk 500.000 anvisiert. Für das neue Model 3 sollen 400.000 Vorbestellungen eingegangen sein.

Neu auf dem – noch virtuellen – Automarkt sind auch die beiden US-Riesen Google und Apple. Beide Firmen wollen eigene Elektroautos anbieten. Sie verbinden bei ihrem Einstieg in die Pkw-Entwicklung das selbstfahrende Auto mit dem elektrischen Antrieb. Dass die neuen computergesteuerten Vehikel auch Elektroautos sind, ist für die Hersteller selbstverständlich und wird deshalb kaum noch erwähnt. Auch die ersten fahrerlosen Robot-Taxis, die die Firma Ntunomy derzeit in Singapur erprobt, haben elektrische Antriebe.

Könnte das autonome Fahren im Verbund mit der Elektromobilität den endgültigen Bruch mit der automobilen Mobilitätskultur der letzten 50 Jahre bringen? Die alte Autokultur zeigt schon jetzt kräftige Risse. So ist für Jugendliche und junge Erwachsene Mobilität nicht mehr vorrangig mit dem Besitz eines Autos verbunden, das weder Freiheit noch Unabhängigkeit verheißt, sondern eher als teuer und lästig empfunden wird. Wissenschaftler wie Fabian Reetz, Projektleiter Digitale Energiewende bei der Stiftung „Neue Verantwortung“, sind überzeugt, dass mit dem Duo autonomes Fahren und Elektromobilität ein „ganz anderes Denken im Verkehr“ einziehen wird. Sein Zukunftsszenario: Man bestellt sich sein Auto, wenn man es denn braucht, per Smartphone beim Carsharing-Anbieter. Das nächstpositionierte fahrerlose Mobil kommt selbstständig angefahren, es wird elektrisch angetrieben und: „Alle Argumente gegen das Elektroauto zählen plötzlich nicht mehr“ (Reetz). Batterieaufladen, Reichweite checken, Ladesäule suchen – das erledigt der Flottenbetreiber. In dieser Zukunft wäre es selbstverständlich, dass kein Auto mit Verbrennungsmotor mehr in die von Millionen Menschen bewohnten Innenstädte fährt und dort gesundheits- und klimaschädlichen Dampf ablässt. Zudem, so Reetz, gebe es deutlich mehr Steckdosen als Tankstellen, der Saft für Elektroautos sei überall zugänglich.

**These 3
Dieselgate
markiert
das Ende der
alten Auto-
mobilindustrie**



Deutschland hinkt der Elektromobilität hinterher. Bringt Dieselgate die Wende?

Der Skandal um manipulierte Dieselmotoren hat erneut gezeigt, dass große Teile der Automobilindustrie Umweltgesetze nicht als Fortschritt, sondern als lästiges Problem betrachten. Entsprechend fremd war den Autobauern lange Zeit die Vision eines sauberen Nullemissionsautos. Seit Dieselgate ist vor allem VW in der Defensive. Die Forderungen nach einem schnellen Ende des Verbrennungsmotors werden dagegen lauter und selbstbewusster vorgetragen.

Hellwach wurde die Automobilbranche, als der Bundesrat Ende September 2016 ein von der EU-Kommission vorgelegtes Konzept für emissionsarme Mobilität ausdrücklich unterstützte. In dem Bundesratsvotum wird das Vorhaben bekräftigt, „spätestens ab dem Jahr 2030 unionsweit nur noch emissionsfreie Pkw“ zuzulassen. Auch die Grünen haben im November 2016 mit einem fast gleichlautenden Parteitagebeschluss die Elektromobilität angeschoben: Ab 2030 sollen keine neuen Autos mit Benzin- und Dieselmotoren mehr auf die Straße kommen.

Unmittelbar nach dem Bundesratsvotum wehrten sich Daimler-Chef Dieter Zetsche und Matthias Wissmann, Präsident des Verbands der Automobilindustrie, reflexartig gegen mögliche Verbotsszenarien. Technologische Vorschriften seien keine Aufgabe des Gesetzgebers, der solle lieber die Infrastruktur für Elektroautos verbessern, verbreitete Zetsche aus der Stuttgarter Konzernzentrale. Wissmann bezeichnete ein Verbot für Verbrennungsmotoren als „nicht zu Ende gedacht“. Beide pochen auf marktwirtschaftliche Wahlfreiheit.

Die Nervosität der Automobilfürsten ist verständlich, zumal auch in China, Norwegen und den Niederlanden harte ordnungspolitische Einschnitte für alte Treibstoffautos auf der Tagesordnung stehen. Dort könnten neben Zulassungsbeschränkungen bald Elektroquoten und Fahrverbote oder sogar die komplette Verbannung fossiler Pkw Wirklichkeit werden. Der Nationale Transportplan für Norwegen sieht vor, ab 2025 keine neuen Benziner und Dieselfahrzeuge mehr zuzulassen. Ein entsprechender Parlamentsbeschluss soll noch in diesem Jahr folgen. Auch die Niederlande verfolgen ähnliche Pläne. Dort unterstützt eine breite Parteienallianz den Vorstoß der niederländischen Sozialdemokraten, ab 2025 bei Neuwagen nur noch abgasfreie Autos auf die Straße zu lassen. Und das österreichische Umweltbundesamt hat vorgeschlagen, schon 2020 das Ende der Verbrennungsmotoren einzuläuten.

Geradezu revolutionäre Pläne legt der indische Energieminister Piyush Goyal vor: Er will Indien bis 2030 „zum ersten 100-Prozent-Elektroauto-Land“ machen. Autokäufer sollen Elektrofahrzeuge ohne Anzahlung gänzlich auf Raten kaufen können – die Ratenzahlung soll dann weitgehend den eingesparten Benzinkosten der folgenden Jahre entsprechen. Eine Elektro-Task-Force mit Vertretern des Energie-, Verkehrs-, Öl- und Umweltministeriums soll die indische Offensive zur Elektromobilität vorbereiten.

Inzwischen sind auch einige Städte vorgeprescht. Die Bürgermeister von Athen, Madrid, Mexico-City und Paris haben angekündigt, ab 2025 keine Benzin- und Dieselfahrzeuge mehr in ihre Innenstädte einfahren zu lassen.

In Deutschland hat der Staatssekretär im Wirtschaftsministerium, Rainer Baake, den Zeithorizont für das Ende des Verbrennungsmotors klar benannt: „Fahrzeuge haben eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 20 Jahren. Wenn wir 2050 nicht immer noch mit Benzin und Diesel unterwegs sein wollen, muss die Umstellung der Antriebe von fossil auf erneuerbar bis 2030 erfolgt sein. Die Emissionen neu verkaufter Fahrzeuge müssen dann bei null liegen.“²²

Schon jetzt denken Kommunen und Verkehrs- und Umweltministerien wegen der teilweise dramatischen Luftbelastung vieler deutscher Innenstädte zumindest bei Dieselfahrzeugen über Fahrverbote nach. Stuttgart will ab 2018 Dieselfahrzeuge aus der Innenstadt aussperren. Im September 2016 hat das Verwaltungsgericht Düsseldorf als erstes deutsches Gericht in einem Grundsatzurteil die Verhängung von Fahrverboten für Dieselfahrzeuge als rechtmäßig und auch als notwendig bezeichnet. Auch der Bayerische Verwaltungsgerichtshof hat im Februar bestätigt, dass Verkehrsbeschränkungen für Diesel-Fahrzeuge nötig seien, um die Luftgrenzwerte einzuhalten.

In Berlin hat die Senatorin für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Regine Günther angekündigt, gegen Diesel-Pkw vorzugehen. In den nächsten Jahren rechnet die Deutsche Umwelthilfe mit Fahrverboten für Dieselfahrzeuge in mehr als 60 deutschen Städten. Die viel diskutierte blaue Plakette, eine strengere Version der grünen Plakette, würde ältere Dieselfahrzeuge von bestimmten innerstädtischen Zonen aussperren. Umweltministerin Barbara Hendricks hat ihre Einführung allerdings vorläufig auf Eis gelegt.

Nicht zufällig überschneidet sich die Diskussion um das Ende des Verbrennungsmotors mit dem Skandal um die kriminellen Machenschaften des VW-Konzerns. Der Wolfsburger Autobauer hält wie auch andere Hersteller die vorgeschriebenen Abgaswerte nur auf dem Prüfstand ein. Die Autos überschreiten im realen Alltagsverkehr die vorgeschriebenen Grenzwerte mit einem bis zu 30-fach überhöhten Schadstoffvolumen. Diese Fahrzeuge gefährden weltweit die Gesundheit von Millionen Menschen. Die künftig noch strengeren Abgaswerte sind mit der Dieseltechnologie, wenn überhaupt, nur noch mit größtem Aufwand einzuhalten. Doch Teile der deutschen Autoindustrie stecken ihr Know-how offenbar lieber in Manipulationstechniken, mit denen sich, notfalls illegal, die Abgaswerte ihrer Verbrennungsmotoren verbessern lassen, als Elektrofahrzeuge und neue Mobilitätskonzepte zu entwickeln.

Jetzt könnte der millionenfache Abgasbetrug das Ende der alten Automobilindustrie einläuten. VW muss mit endlosen Rechtsstreitigkeiten in vielen Ländern und weiteren Milliardenverlusten rechnen. Klimakrise, kollabierende Megacities, stark erhöhte Luftbelastungen auch in europäischen Städten erfordern neue Strategien der Automobilindustrie. Ist der „Untergang bisheriger Autoimperien absehbar“, wie der ehemalige VW-Betriebsrat Stephan Krull in einem Diskussionspapier zur „Krise im Automobilbau“ schreibt?²³

„Den deutschen Autobauern droht durch ihr Festhalten am Verbrennungsmotor und eine eher stiefmütterliche Behandlung der Elektromobilität der Verlust ihrer Spitzenposition“, warnt der *Bundesverband eMobilität*. Jetzt haben die Gewerkschaften nachgelegt: Die IG Metall befürchtet, die deutsche Automobilindustrie könnte „in eine Rolle des Bremsers und Blockierers“ verfallen. Sie solle sich lieber an die Spitze der Bewegung setzen, um in China auf dem weltweit größten Markt für Elektromobilität präsent zu sein. „Technische Raffinessen“ zur Senkung der Emissionen würden nicht mehr weiterhelfen, jetzt gehe es um einen „Systemwechsel bei Vollgas“.²⁴

Wind und Sonne säubern das Auto

Wie klimafreundlich sind denn nun Elektroautos im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen? Dies hängt entscheidend vom Energiemix ab, mit dem sie „betankt“ werden. Der häufig falsch benutzte Begriff „Nullemissionsauto“ trifft nur dann zu, wenn der Strom ausschließlich aus erneuerbaren Energien stammt. Das *International Council on Clean Transportation (ICCT)* hat den durchschnittlichen Spritverbrauch der US-Autoflotte des Modelljahres 2014 mit dem Stromverbrauch des meistverkauften Elektroautos der Welt, des Nissan Leafs, verglichen. Danach stößt das Elektrofahrzeug, wenn es mit Strom aus typisch amerikanischem Energiemix fährt, 42 Prozent weniger CO₂ aus. In Kalifornien, wo der Strom durch Fotovoltaik und Windkraft sehr viel „grüner“ ist, schneidet dasselbe Elektroauto beim Ausstoß des Klimakillers CO₂ um 74 Prozent besser ab als das fossile Fahrzeug.²⁵



Aldi und Lidl

Grüner Autostrom vom Discounter: erst Aldi-Süd, jetzt Lidl. Kunden können auf den Parkplätzen einiger Filialen an Schnellladesäulen kostenlos die Batterien ihrer Elektroautos aufladen – mit Strom, den die Fotovoltaikanlagen auf den Dächern der Geschäfte erzeugen. Weil das Laden kaum eine halbe Stunde dauert, lässt sich, so die Aldi-Homepage, „die Aufladung optimal während eines Einkaufs in unserer Filiale erledigen“. Werbebotschaft: „Sonne tanken“ beim Discounter.



Mit dem weltweiten Boom der erneuerbaren Energien hat sich auch der Blick auf die Elektromobilität grundlegend verändert. Sie ist in allen klimapolitischen Zukunftsszenarien inzwischen ein wichtiger Bestandteil der Energiewende und ein zentraler Hebel für den Klimaschutz im Verkehr. Die Klimakrise und die Endlichkeit des Öls erzwingen den Kurswechsel im Verkehrssektor. Mobilität und Energieversorgung werden dabei stärker denn je zusammen gedacht, geplant und gefördert. Die Prognosen und angepeilten Zielmarken für Elektroautos zeigen durchweg steil nach oben, alle Zukunftsszenarien gehen von einer schnellen Zunahme aus. Die *Electric Vehicle Initiative* – ein Zusammenschluss von 16 Ländern zur Förderung der Elektromobilität – rechnet weltweit mit 20 Millionen Elektroautos schon im Jahr 2020. Die Bundesregierung will bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße bringen, bis 2030 sollen es sechs Millionen sein.

Auch in der Klimastrategie der EU spielt das Elektroauto im Verkehrssektor eine wichtige Rolle. Doch die Signale aus Brüssel bleiben widersprüchlich. So geht die EU in ihrem „Referenzszenario 2016“ noch von einer eher gemächlichen Entwicklung aus: Bis 2050, so die Prognose, werden 17 Prozent der Autos auf den Straßen der EU-28 Stromantriebe haben.²⁶ Dies widerspricht allen Gedankenspielen und Strategien, ab 2030 keine Autos mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen. Auch klimapolitisch wäre dies ein schwerer Rückschlag. Sollten bis 2050 tatsächlich nur 17 Prozent der Autos elektrisch fahren, dann würde der Klimaschutz „weit hinter seine langfristigen Ziele – 80 Prozent CO₂-Reduktion bis 2050 – zurückfallen“, heißt es im Referenzszenario selbstkritisch. Aber vielleicht können ja die neuen EU-Abgasnormen, die ab 2020 gelten sollen und voraussichtlich an Belohnungen für emissionsarme Autos gekoppelt werden, den Siegeszug der Elektroautos und den Abschied von den alten Verbrennungstechnologien beschleunigen. Die fossilen Antriebe erleben mit dem Diesel-Skandal derzeit womöglich ihr finales Debakel.

These 4 Elektroautos werden zum Joker der Energiewende



Die Batterien von Elektroautos können als Puffer für das Stromnetz eingesetzt werden. Dazu müssen Elektroautos mit Strom be- und entladen werden können, also bidirektional sein.

Geringe Reichweite, lange Akkuladezeiten und hohe Anschaffungskosten gelten als technische Schwachstellen der Elektroautos. Werden die Stromflitzer aber in Flotten genutzt, also in Fuhrparks von Unternehmen oder beim Carsharing, können sie ihre Stärken ausspielen. Wer mit dem Elektroauto der Firmenflotte oder des Carsharers unterwegs ist, fährt erfahrungsgemäß selten mehr als 100 Kilometer. Kein Problem also für die Stromer, auch bei kurzer Reichweite.



Aktiv-Stadthaus der ABG Frankfurt Holding

Das Aktiv-Stadthaus ist ein innovatives Wohngebäude. Im Erdgeschoss des Mehrfamilienhauses, das im Effizienzmodus Plus-Standard gebaut wurde, befindet sich eine Carsharing-Station für Elektrofahrzeuge. Sie erhalten ihren Strom aus der Fotovoltaikanlage auf dem Dach und an der Südfassade des Achtgeschossers.



Die hohen Anschaffungskosten der Elektroautos wiederum amortisieren sich umso schneller, je mehr Menschen die einzelnen Autos nutzen.²⁷ Und während das eine E-Fahrzeug gerade lädt, nimmt man sich einfach ein anderes. Um solche Flotten professionell und intelligent zu managen, ist die Digitalisierung mit ihren vernetzenden Kommunikationstechniken ein wichtiger Schrittmacher. Über ihr Smartphone sehen die Nutzer beispielsweise, welches Fahrzeug gerade lädt und welches verfügbar ist. Der passende Schlüssel muss nicht mehr vom einen zum anderen wandern, denn eine App regelt das Öffnen der Fahrzeurtüre.²⁸

Flotten: Gemeinsam sind sie stark

Die Schwäche des einzelnen Elektroautos wird zur Stärke des Verbunds. Und die Bedeutung der Flotten nimmt weiter zu, Gewerbeflotten machen fast zwei Drittel neu zugelassener Pkw aus. Nach einer Dena-Umfrage vom Dezember 2016 besitzen derzeit zehn Prozent der Pkw in deutschen Fuhrparks alternative Antriebe. Erdgasfahrzeuge halten dabei einen Anteil von sieben Prozent, reine Elektrofahrzeuge drei Prozent und Plug-in-Hybride ein Prozent. Mit 56 Prozent dominiert ausgerechnet der Diesel. Energieversorger wie EnBW versuchen inzwischen, durch Beratung und Aufbauhilfen bei den Ladestationen, die Elektromobilität im Fuhrpark von Unternehmen gezielt anzuschieben.

Carsharing mit einer Flotte von Elektroautos lässt sich gut zum elektrischen Komplettpaket schnüren, das in intermodal vernetzte Verkehrskonzepte eingebunden ist. Inter- oder auch multimodal meint: Es werden mindestens zwei verschiedene Verkehrsmittel genutzt, um von A nach B zu kommen. So zum Beispiel das Elektroauto des Carsharing-Anbieters und die Bahn, die ja auch zum Teil elektrisch fährt. Idealerweise befindet sich gleich vor dem Bahnhof eine Ladestation, an die man das Auto ankoppelt, bevor man in den Zug steigt. „Die Integration der verschiedenen Verkehrsträger auf der Grundlage elektrischer Antriebe, konsequent aus regenerativen Quellen gespeist, ermöglicht den Einstieg in einen postfossilen Verkehr“, ist Weert Canzler überzeugt.²⁹ Er forscht am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) seit Jahren zum Thema Verkehr und Mobilität. Gerade in Großstädten ist dabei nicht einmal großes Umdenken nötig. Der ständige Wechsel vom einen Verkehrsmittel zum anderen ist hier schon gelebter Alltag.

R+V Versicherung

Die R+V Versicherung will ihren Fuhrpark von rund 350 Fahrzeugen nach und nach auf Elektroantrieb umstellen. Bislang sind neun Stromer an den Standorten Wiesbaden, Hamburg und Stuttgart im Einsatz. Sie alle fahren ausschließlich mit Ökostrom und damit tatsächlich emissionsfrei. Die Fahrzeuge werden nach Angaben von R+V vor allem für Botenfahrten sowie Fahrdienste im Stadtgebiet und der angrenzenden Region genutzt – gerade da liegt die Stärke der Elektroautos.





Berliner Verkehrsbetriebe

Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) lassen seit 2015 Elektrobusse auf einer Linie zwischen Zoo und Südkreuz fahren. Über induktive Ladestationen an den Endhaltestellen holen sich die Batterien der Busse kabellos innerhalb weniger Minuten ihren Strom – 100 Prozent grünen Strom, so die BVG. „E-Bus Berlin“ heißt das Modellprojekt, das die TU Berlin wissenschaftlich begleitet. Auch ihre Dienst-Pkw hat die BVG auf Elektroantrieb umgestellt.



Das Elektroauto als Speicher und Puffer

Ein Pool von Elektrofahrzeugen lässt sich auch als Speicher für überschüssigen erneuerbaren Strom nutzen. Damit könnten sie eine Pufferfunktion im Stromnetz einnehmen, das bei einem steigenden Anteil regenerativ erzeugten Stroms auf zusätzliche Speicheroptionen angewiesen ist. Je stärker die erneuerbaren Energien ausgebaut werden – Ende 2016 sicherten sie in Deutschland bereits rund 35 Prozent der Stromerzeugung –, desto mehr schwankt die eingespeiste Leistung. Denn Wind und Sonne, neben Biomasse die größten Grünstromlieferanten, lassen sich nicht vom Menschen beeinflussen. Scheint im Süden den ganzen Tag die Sonne und bringt sie vor allem zur Mittagszeit bei höchstem Stand die Fotovoltaikanlagen auf Hochtouren, weht womöglich auch noch zur gleichen Zeit im Norden kräftig der Wind, dann produzieren Solar- und Windenergieanlagen deutlich mehr Strom als gebraucht wird. Das Stromnetz verträgt solche Schwankungen schlecht, es braucht eine ausgeglichene Frequenz von 50 Hertz und muss bei einem Unter- oder Überangebot an Strom schnell wieder ins Gleichgewicht gebracht werden. Dann greift die sogenannte Regelernergie ein und gleicht die Schwankungen wieder aus. Übersteigt die Stromnachfrage das Angebot, wird „positive Regelernergie“ in die Netze gespeist, also zusätzliche Leistung. „Negative Regelernergie“ bei Überangebot bedeutet, dass dem Netz Leistung entnommen wird: durch Abschalten oder Zurückfahren von Stromproduzenten oder idealerweise durch Speichern überschüssigen Stroms.

Bei einer Unterversorgung muss die erste Stufe der Regelleistung, die Primärreserve, innerhalb von maximal 30 Sekunden vollständig erbracht werden und für mindestens 15 Minuten durchgehend zur Verfügung stehen. Die Sekundärreserve muss innerhalb von fünf Minuten bereitgestellt werden. Die sogenannte Minutenreserve oder auch Tertiärregelung hat wiederum eine Vorlaufzeit von 15 Minuten. Die vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) in Deutschland, die für den Stromtransport über große Entfernungen zuständig sind, schreiben diese Netzdienstleistung über eine Internetplattform (www.regelleistung.net) öffentlich aus. Aktuell sind 62 Anbieter präqualifiziert (Stand Anbieterliste: 7.2.2017). Für die Primärreserveleistung greifen die ÜNB auf 22, für die Sekundärregelleistung auf 36 und für die Minutenreserve auf 52 zugelassene Anbieter von Regelernergie zurück.

Schlechter sieht es bei einer Überproduktion von Strom aus, weil bisher ausreichende Speicherkapazitäten fehlen, um überschüssigen (grünen) Strom im großen Maßstab „zwischenzulagern“ für spätere Nachfragepeaks. Es fehlen aber auch die Netze, um Windstrom vom Norden in den Süden zu transportieren. Wer durch Norddeutschland fährt, sieht deshalb immer wieder stillstehende Windräder. Bei wolkenverhangenem Himmel und Windflaute ist es genau andersherum. Dann müssen notfalls flexible Gaskraftwerke zusätzlich hochgefahren werden, um den schwachen Input der Erneuerbaren auszugleichen. Hier kommen die Batterien von Elektrofahrzeugen ins Spiel. Ein ganzer Pool von ihnen kann als flexibler Speicher dienen. Die meiste Zeit, nämlich bis zu 23 Stunden am Tag, steht das Auto ohnehin ungenutzt herum, da kann es genauso gut Dienst für die Energiewende schieben. Diese Idee stammt aus Delaware (USA).

Der Februar 2013 war ein historischer Monat. Auf dem Campus der Universität Delaware wurden 15 Elektroautos unter kräftigem Applaus mit dem Stromnetz verbunden. Die kleine Flotte war nicht zum üblichen Laden der Batterien vorgefahren. Im Gegenteil: Der Strom floss in die andere Richtung. Es war das erste Mal, dass elektrisch

angetriebene Fahrzeuge mit ihren Batterien gezielt Strom ins Netz zurückspeisen. Für diesen Service wurden die 15 Elektroautos auch noch bezahlt, denn sie funktionierten wie ein kleines hochflexibles Pufferkraftwerk, das je nach Bedarf mal Strom aufnehmen und mal liefern kann.

Es war kein Zufall, dass diese Premiere gerade an der Universität Delaware stattfand. Dort treibt Professor Willett Kempton, Forschungsdirektor im Zentrum für CO₂-freie Energieintegration, seit 1997 seine Vision einer intelligenten Verknüpfung von Elektroautos mit dem von Wind und Sonne gespeisten Stromnetz leidenschaftlich voran.³⁰ Der eher unscheinbare, leicht gebeugte Professor gilt als Erfinder der Strategie, mit Elektroautos Schwankungen im Stromnetz auszugleichen und damit zwei Dinge gleichzeitig elegant zu erledigen: erstens überschüssige Energie zu speichern, die sonst oft verloren geht. Und zweitens bei Bedarf Energie zurückzugeben, um Nachfragespitzen zu bedienen und so das kostspielige Hochfahren von Reservekraftwerken zu vermeiden. Wenn damit der Einsatz fossiler Reserveenergie verhindert würde, wäre dies ein zusätzlicher Umweltbonus fürs Elektroauto. Strom rein, Strom raus – so könnten E-Mobile zur idealen Rangiermasse werden, zu vielen kleinen Speichern, die im Schwarm ein ganzes Kraftwerk ersetzen.

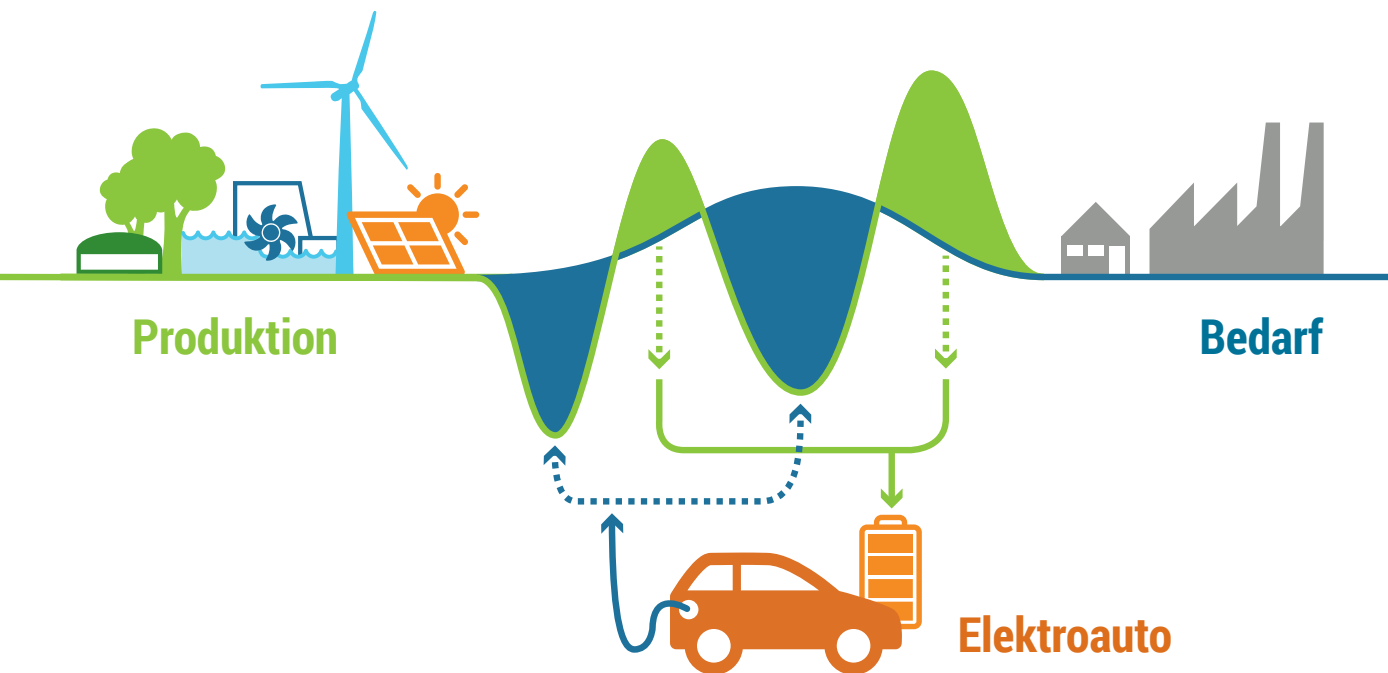
Ein Pool von Elektrofahrzeugen bietet also beste Voraussetzungen, um das Stromnetz bei Unterversorgung zu füllen und kurzfristige Instabilitäten auszugleichen. Vehicle-to-Grid (V2G) heißt die Zauberformel, unter der diese Strategie erforscht und bereits vereinzelt getestet wird. Es geht dabei um die schlaue und digital gesteuerte Vernetzung von Elektrofahrzeugen und Energieanlagen in intelligenten Netzen, sogenannten Smart Grids. „Intelligente“ Netze deshalb, weil sie die Stromerzeugung aus vielen verschiedenen Erneuerbare-Energien-Anlagen, aber auch die Verteilung und Speicherung koordinieren. Mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien regeln Smart Grids das Zusammenspiel von Energieangebot und Energienachfrage und sorgen so dafür, dass der Strom aus vielen dezentralen grünen Erzeugungsanlagen möglichst passgenau ins Netz gespeist wird.

Werden Elektrofahrzeuge ins smarte Netz integriert, lassen sich auch ihre Ladezeiten intelligent über den Tag (und die Nacht) verteilen. Je mehr Elektroautos unterwegs sind, desto wichtiger wird das koordinierte Aufladen. Eine Flotte kann zum Beispiel genau dann geladen werden, wenn das intelligente Netz signalisiert, dass gerade besonders viel Grünstrom erzeugt wird.

Weiter gedacht, lassen sich auf diese Weise auch die Kosten für den Ausbau der Stromnetze reduzieren. Der Wind- oder Sonnenstrom muss dann nicht mehr quer durch die Republik transportiert werden, wenn E-Fahrzeuge als Puffer für eine ausgeglichene Netzfrequenz sorgen.

Auch für ihre Besitzer kann das in Zukunft rentabel sein: Im Idealfall tanken die Autos Strom, wenn er an der Strombörse besonders billig ist, zum Beispiel bei senkrecht stehender Sommersonne. Und sie speisen ihn ein, wenn er besonders teuer ist: während der Verbrauchsspitzen. Für diesen Pufferservice sollte es eine Entlohnung vom Versorger geben.

Beispiel: Eine E-Flotte von 30 Chevrolets Bolt kommt mit ihren 60 kW/h-Batterien bereits auf eine Speicherkapazität von 1.800 kW/h, das ist auch für die Netzbetreiber interessant. Die Erneuerbaren müssten dann in Spitzenzeiten nicht mehr heruntergeregelt oder sogar abgeschaltet werden. Dass die Batteriepreise deutlich gesunken sind und weiter sinken werden, begünstigt diese Entwicklung.



Elektroautos als Puffer im Stromnetz – bei viel Wind und Sonne lädt die Batterie Strom aus dem Netz – wenn Strom gebraucht wird, gibt sie ihn an das Netz zurück.

Schon kursieren erstaunliche Zahlen zu den Einnahmen, die der Besitzer eines Elektroautos für seine Dienste angeblich kassieren kann. Nach Einschätzung des Ökostrom-Anbieters *LichtBlick* kann er über 1.000 Euro im Jahr Erlösen. Willett Kempton hat für einen Toyota Rav4 EV einen Betrag von exakt 2.554 Dollar im Jahr ermittelt,³¹ umgerechnet rund 2.350 Euro. Auf 1.300 Euro im Jahr schätzt Gregory Poilasne, Chef der Firma Nuvve, die möglichen jährlichen Einnahmen, das wären 13.000 Euro in zehn Jahren, der geschätzten maximalen Laufzeit der Batterien. Nuvve versucht inzwischen in mehreren europäischen Ländern, sein Know-how in Sachen Elektroauto und Netzsteuerung zu verkaufen. Auch in England und Dänemark³² laufen erste Pilotprojekte mit V2G. Hohe Netzentgelte, wie sie in Deutschland fällig werden, könnten allerdings die Rechnung auf den Kopf stellen. Dann wären saftige Gebühren für die Rückspeisung von Strom fällig. Zudem muss berücksichtigt werden, dass hohe Lade- und Entladedienste die Lebenszeit der Batterien verkürzen können.

Bisher ist V2G noch ein überwiegend theoretisches Planspiel mit ersten praktischen Versuchsprojekten, etwa im weiter unten beschriebenen Projekt INEES. Die Elektroflotte auf den Straßen ist noch zu klein und vor allem funktioniert das Einspeisen ins Netz bei vielen Modellen noch nicht, weil ihre Batterien nicht bidirektional konstruiert sind. Außerdem ist unklar, ob und zu welchem Preis die Besitzer eines stromgetriebenen Autos überhaupt bereit und motiviert sind, ihr Auto als Backup fürs schwankende Stromnetz zur Verfügung zu stellen. Dazu muss das Fahrzeug während seiner Standzeit an der Steckdose sein. Doch die Strategie könnte, sobald sie im größeren Stil funktioniert, das Auto zum Diener der Energiewende machen. Elektrofahrzeuge inklusive Plug-in-Hybride könnten nach Angaben des Thinktanks *Agora Energiewende* im Jahr 2050 ein Speicherpotenzial von bis zu 250 GWh haben – und damit ein Vielfaches mehr als Pumpspeicherkraftwerke. Diese kommen gerade einmal auf 40 GWh.³³ Wandelt sich das Automobil vom Prestigeobjekt zu einem nützlichen Instrument der Energiewende? Dem Stromsystem wäre damit geholfen. Und je höher der Anteil der Erneuerbaren klettert, desto notwendiger wird ein gutes Netzmanagement.

Der Strom muss hin und her fließen können

Damit Elektrofahrzeuge nicht nur überschüssigen Ökostrom speichern, sondern bei Bedarf auch wieder ins Netz zurückspeisen können, müssen sie mit bidirektionaler Ladetechnik ausgestattet sein. Der Strom muss in beide Richtungen fließen können. Und es sollten deutlich mehr von ihnen auf unseren Straßen unterwegs sein als heute. Zugleich muss der Ausbau der Erneuerbaren weiter stark zulegen. Denn mehr Autos brauchen auch mehr grünen Strom, den sie nicht vom Bestand abzweigen sollten. Nach Berechnungen der Nationalen Plattform Elektromobilität würden die von der Bundesregierung für 2020 angepeilten eine Million Elektrofahrzeuge den Stromverbrauch um 0,6 Prozent erhöhen. Bei einem unterstellten Ökostromanteil von 47 Prozent im Jahr 2020 müssten dann zusätzlich 1,4 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden. Noch nicht eingerechnet sind dabei mögliche Effekte über V2G.

Interessant könnten V2G-Modelle auch werden, wenn Power-to-Gas-Anlagen in der Breite realisiert werden. Power-to-Gas ist eine Speichertechnologie, die aber noch in den Kinderschuhen steckt. Dabei wird mithilfe der Elektrolyse überschüssiger erneuerbarer Strom in Wasserstoff und in einem weiteren Schritt in synthetisches Methan umgewandelt. Die erneuerbaren Gase können entweder direkt genutzt oder im Erdgasnetz gespeichert werden. Das deutsche Erdgasnetz ist über 530.000 Kilometer lang – viel Speicherplatz also für erneuerbaren Strom.

Technische Herausforderungen für V2G sind die informationstechnische Einbindung in das smarte Stromnetz sowie die Entwicklung von bidirektionalen Batterien. Mit ihnen sind bislang nur eine Handvoll Modelle ausgerüstet, wie etwa der Mitsubishi Outlander oder der Elektro-Mini von BMW. Auch Nissan stattet inzwischen seine Modelle Leaf und e-NV200 mit bidirektionalen Ladesystemen aus und arbeitet seit 2015 zusammen mit dem spanischen Energieversorger Endesa an der Markteinführung von V2G-Systemen. Beim Berliner Projekt BeMobility (siehe S. 39) war zum Beispiel nur ein einziges Elektroauto in der Lage, den Strom auch wieder ins smarte Netz zurückzuspeisen.

Es fehlen aber auch entsprechende Nutzungs- und Geschäftsmodelle, die Vehicle-to-Grid für alle Beteiligten attraktiv machen. Sie werden in Deutschland derzeit auf der politischen Ebene ausgebremst. Ein wesentliches Problem liegt nämlich darin, dass auch bei zwischengespeicherter Energie Netzentgelte und EEG-Umlage in nicht unerheblicher Höhe anfallen – und das nicht nur beim Laden, sondern auch nochmal beim Rückladen. Das macht das V2G-Konzept unter gegenwärtigen Bedingungen finanziell unattraktiv. Und es gibt derzeit keine echte Lobby, die Nutzung und Vermarktung von Netzdienstleistungen durch Elektroautos voranbringen könnte. Energie- und Verkehrsmarkt sind bisher nur wenig verzahnt.

Es wäre sinnvoll, die Flottenbetreiber bzw. Fahrzeugbesitzer von Netzgebühren und EEG-Umlage für den zwischengespeicherten Strom zu befreien. Damit hätten auch die Autobauer einen Anreiz, mehr bidirektional ladefähige Modelle anzubieten. Hier ist die Politik gefordert, die Rahmenbedingungen entsprechend zu ändern, denn der Markt allein kann das nicht regeln.

BeMobility testet Elektroautos im schlaun Mininetz

Während von politischer Seite bislang wenig in Sachen V2G passiert, testen mehrere Pilotprojekte, wie sich die Idee umsetzen lässt. Das Zusammenspiel von lokaler Stromerzeugung aus Sonnen- und Windkraft, smartem Stromnetz und dem gesteuerten Laden von Elektrofahrzeugen in der Praxis zu überprüfen, ist die Mission des Berliner Projekts *BeMobility*³⁴ auf dem Euref-Campus. Dort erforschen Wissenschaftler, Stadtplaner und Unternehmer schon seit Jahren, wie sich grüne Technologien, energieeffiziente, nachhaltige Architektur und smarte Infrastruktur miteinander verbinden lassen. Das Micro Smart Grid, das auf dem Campus seit 2012 in Betrieb ist und vor Ort aus Fotovoltaikanlagen, Vertikalwindrädern und einem Blockheizkraftwerk gespeist wird, musste dafür entsprechend erweitert werden: Eine Elektro-Carsharing-Flotte sollte zum einen als Verbraucher darin eingebunden werden, zum anderen sollte sie als Großbatterie den Strom aus dem Micro Smart Grid zwischenspeichern und wieder abgeben können. Ersteres hat geklappt, letzteres war mangels geeigneter Fahrzeuge noch nicht möglich. Nur ein Modell, der Mini-E, konnte Strom laden und auch wieder einspeisen. „Was wir deshalb vor allem getestet haben, war das gesteuerte schnelle Laden, wenn gerade sehr viel grüner Strom im Netz ist, und langsames Laden bei Flaute und wolkenverhangenem Himmel“, erklärt Christian Scherf, Mitkoordinator des Projekts beim beteiligten *Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ)*. Auch das ist ein wichtiger Erfolg: Die Testphase hat gezeigt, dass sich durch gesteuertes Laden Lastspitzen im Stromnetz ausgleichen lassen.

Nahezu 10.000-mal luden die Carsharing-Autos im BeMobility-Projekt ihren Strom direkt aus dem Micro Smart Grid. Knapp 50.000 Kilowattstunden tankten sie dabei. „Ein Citroën c-Zero könnte mit dieser Strommenge fast 300.000 Kilometer zurücklegen und theoretisch etwa siebenmal die Erde umrunden“, veranschaulichen die Wissenschaftler Mauricio Rojas und Christian Balint vom *InnoZ* die Strombilanz. Dank des weitgehend regenerativ erzeugten Stroms aus dem Micro Smart Grid fielen dabei nur knapp zwei Tonnen CO₂ an, 96 Prozent weniger als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

Elektroautos als virtueller Energiespeicher – INEES

Dass es technisch möglich ist, durch die Einbindung von Elektrofahrzeugen kurzfristige Netzschwankungen auszugleichen, hat auch das Forschungsprojekt *INEES* (Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen)³⁵ in einem einjährigen Flottenversuch demonstriert. Das Projekt testete von Mitte 2012 bis zum Jahresende 2015, wie Elektrofahrzeuge gewisse Systemdienstleistungen (Sekundärregelleistung) erbringen können. Untersucht wurde außerdem, welche Batterieladestände ein vorzeitiges Altern der Akkus verhindern. Die Batterien sind der teuerste Teil eines Elektroautos. Umso wichtiger ist es, ihre Lebenszeit durch optimale Behandlung zu verlängern. Wenn Fahrzeugbatterien der Netzregelung dienen, müssen sie zusätzlich laden und entladen, werden also mehr beansprucht als üblich. Wie sich das auf ihre Kapazität und damit auch auf die Reichweite der Batterien auswirkt, hat *INEES* in unterschiedlichen Versuchsreihen erforscht. Das Ergebnis ist erstaunlich: Die Batterien verlieren schneller an Kapazität, wenn sie vollgeladen die ganze Nacht einfach nur herumstehen. Erbringen sie dagegen in dieser Zeit Regelleistung und werden auf einem niedrigeren Ladestand gehalten, verlangsamt sich ihr Alterungsprozess.

INEES war ein Gemeinschaftsprojekt der Unternehmen SMA Solar Technology, Volkswagen und *LichtBlick*, wissenschaftlich begleitet vom Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik. SMA hat dafür eine bidirektionale Gleichstrom-Ladestation entwickelt und in einer Kleinserie 40 Anlagen gebaut. VW hat 20 Elektroautos des Typs E-up mit einer bidirektionalen Ladefunktion ausgestattet und eine Kommunikationsanbindung zwischen Ladesteuerung und Volkswagen-Backend implementiert. Und *LichtBlick* hat mit 20 Autobatterien einen virtuellen Energiespeicher eingerichtet und über die Steuerungssoftware SchwarmDirigent® in den Energiemarkt eingebunden. So ließen sich sämtliche Lade- und Entladevorgänge digital managen. Die teilnehmenden 40 Fahrer konnten über ihre eigens entwickelte Mobiltelefon-App angeben, wann sie den Wagen für welche Strecke nutzen wollen und er deshalb gerade *nicht* an der Ladestation hängen darf – und wann sie die Batterien für energiewirtschaftliche Zwecke, also für Regelleistung (gesteuertes Be- und Entladen) bereitstellen wollen. Sie konnten auch den aktuellen Ladestand abrufen. Die App zeigte den Teilnehmern außerdem die Prämie an, die sie als Anreiz für die Bereitstellung ihres Fahrzeugs im virtuellen Speicher erhalten. Je länger der Wagen über die Ladestation ins Energiesystem eingebunden war, desto höher fiel auch die Prämie aus. Grundsätzlich haben die Teilnehmer am Flottenversuch ihre Fahrzeugbatterie „mit großer Begeisterung für die Unterstützung des Stromnetzes freigegeben und dabei grundsätzlich keine Einschränkungen in ihrer alltäglichen Mobilität erlebt“, heißt es im Abschlussbericht.

Seit *INEES* wissen wir nicht nur, dass sich ein Pool von Elektrofahrzeugen gut ins Energiesystem integrieren lässt und dass er technisch in der Lage ist, mit gebotener Reaktionsschnelligkeit Sekundärregelleistung zu erbringen, also kurzfristige Schwankungen auszugleichen. Die energiewirtschaftliche Analyse des Projekts hat auch einmal mehr gezeigt, wo es hakt: Unter den aktuellen politischen Rahmenbedingungen rentiert sich die Einbindung von Elektrofahrzeugen in einen virtuellen Speicher nicht. Dass Netznutzungsentgelte und EEG-Umlage für den im Batterieschwarm zwischengespeicherten Strom in voller Höhe anfallen, benachteiligt Elektrofahrzeuge gegenüber anderen, stationären Speichertechnologien, die von den Umlagen befreit sind. Sinnvoll und fair wäre eine Gleichstellung und die juristische Umsetzung dessen, was technisch bereits möglich ist: den Anteil des Stroms, der aus



INEES-Projektteilnehmer mit e-up: die Be- und Entladung des bidirektionalen Autos lässt sich per Telefon steuern

dem Netz bezogen und nachweislich wieder zurückgespeist wird, nicht mit Netzgebühren und EEG-Umlage zu belasten – während für den selbstverbrauchten Strom die Abgaben selbstverständlich bestehen bleiben. Technisch lassen sich beide Strommengen im selben Speicher getrennt bilanzieren.

Auch auf der Einnahmeseite sieht es nicht gut aus: Die Markterlöse für die erbrachte Regelleistung reichen bei weitem nicht aus, um die laufenden Kosten des Betriebs zu decken. Sie müssten deutlich zulegen. Eine andere Stellschraube sind die hohen laufenden Kosten für Abrechnung und Messwesen. Bei den Gebühren für die Abrechnung hatten die Verteilnetzbetreiber, die den Strom in die Haushalte liefern, lange freie Hand. Entsprechend hoch und extrem unterschiedlich fielen sie aus, mit einer Schwankungsbreite von 10 bis 780 Euro jährlich. Mit dem Mitte 2016 verabschiedeten Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende ändert sich das ab 2017, die Abrechnungsgebühren sind dann Geschichte. Vernünftige ordnungspolitische Regelungen (EEG-Umlage), technische Weiterentwicklungen (bidirektionale Batterien) und der Wandel des Energiesystems könnten die Einbindung von Elektrofahrzeugen als wichtige Netzelemente in Zukunft wirtschaftlicher machen und zu steigenden Erlösen führen.

Vision im Autoland – The Mobility House

Konzepte für bidirektionales Laden und V2G testet im kleinen Maßstab das 2009 gegründete Unternehmen *The Mobility House* mit Standorten in München, Zürich und San Francisco. Die Vision: Eine Flotte mit Grünstrom fahrender Elektroautos wird als Schwarm intelligent dafür genutzt, Instabilitäten im Stromnetz auszugleichen und auf diese Weise Netzdienstleistungen zu erbringen. Wie viel Kapazität von der Autobatterie ans Mobility House geht, bestimmt der Autobesitzer selbst. Er hat also Einfluss darauf, dass immer genug Strom im „Tank“ ist, damit er sicher von A nach B kommt. Das Unternehmen erzielt mit dieser Dienstleistung Erlöse am Energiemarkt, die es an den Elektroautobesitzer weitergibt. Dessen Kosten sinken – eigentlich ein gutes Argument, sich einen Stromer in die Garage zu stellen.

Der Ist-Zustand ist allerdings eher mau: Nur ein einzelnes Elektrofahrzeug des Unternehmens, das seinen Strom aus der Fotovoltaikanlage auf dem Dach des Mobility House bezieht, und fünf Fahrzeuge eines Partners sind bislang in das V2G-System eingebunden. „Denn solange EEG-Umlage und Netznutzungsentgelte beim Ein- und Ausspeisen fällig werden, rechnet sich V2G nicht im notwendigen großen Maßstab“, sagt Marcus Fendt, Geschäftsführer von *The Mobility House*. Die intelligente Vernetzung von erneuerbaren Energien, Smart Grid und Elektromobilität könnte Deutschland zum Marktführer machen. In puncto Elektromobilität hat das Autoland Deutschland ein riesiges Potenzial, dazu ist es Vorreiter der Energiewende. Doch die engen Regularien bremsen die Entwicklung aus und verhindern, dass verschiedene Variablen ausprobiert werden – etwa die Wirkung dynamischer Tarife, die je nach Grünstromangebot und -nachfrage variieren.

Dass sich die politischen Rahmenbedingungen ändern müssen, damit die Energie- und Verkehrswende von der Elektromobilität getrieben Fahrt aufnimmt, zieht sich wie ein roter Faden durch alle Projekte und Studien, die sich mit dem Thema befassen. Zeit, die Bremsen zu lockern.

Literatur

- 1 „Elektroauto – Zurück in die Zukunft“, Die Zeit, 10.9.2009
- 2 BP, Energy Outlook 2016, Seite 26
- 3 Eine europäische Strategie für emissionsarme Mobilität, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, 20.7.2016
- 4 Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050, Umweltbundesamt, Texte 30/2015
- 5 Die digitale Mobilitätsrevolution, Weert Canzler & Andreas Knie, Seite 28
- 6 IEA, Global EV Outlook 2016
- 7 www.eafo.eu
- 8 IEA, Global EV Outlook, Seite 8
- 9 September 2016 sales report, www.insideevs.com
- 10 Electric Vehicles in Europa 2016, Transport & Environment
- 11 Eine europäische Strategie für emissionsarme Mobilität, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, 20.7.2016, Seite 12
- 12 Interview mit Thomas Neumann, n-tv, 29.9.2016
- 13 „VW will Batterien schneller laden“, Frankfurter Allgemeine Zeitung, 12.9.2016.
- 14 Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050, Umweltbundesamt, Texte 30/2015, Seite 22
- 15 REN21, Renewables 2016 – Global Status Report
- 16 www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/e-auto-quote-in-china-schockiert-deutsche-autokonzerne-a-1118966.html
- 17 „China bestellt Gesandten ein“, FAZ, 1.11.2016
- 18 „Elektroautos, die hier niemand kennt“, Handelsblatt online, 15.3.2016
- 19 Die Zeit, 7.7.2016.
- 20 „Hunger nach Strom“, Spiegel, 24/2016
- 21 www.tesla.com
- 22 „Some like it hot“, Die Zeit, 17.3.2016
- 23 Express, 28.11.2016, Stephan Krull über „Die Krise im Automobilbau“
- 24 „Wechsel bei Vollgas“, Der Spiegel, 5.11.2016
- 25 „Transition to a global zero-Emission vehicle fleet“, White Paper ICCT, September 2015
- 26 EU Reference Scenario 2016, Seite 63
- 27 Elektrofahrzeuge im Geschäftsumfeld – Potenziale der gemeinsamen Nutzung, Anwenderstudie des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAQ, 2013
- 28 Shared E-Fleet – Fahrzeugflotten wirtschaftlich betreiben und gemeinsam nutzen. Praxisleitfaden IT-Systeme und Betreibermodelle für das intelligente Management von (Elektro-)Fahrzeugflotten, herausgegeben vom Shared-E-Fleet-Konsortium (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAQ, Carano Software Solutions), 2016
- 29 Die neue Verkehrswelt – Mobilität im Zeichen des Überflusses: schlau organisiert, effizient, bequem und nachhaltig unterwegs, Grundlagenstudie von Weert Canzler und Andreas Knie im Auftrag des BEE e.V.
- 30 www1.udel.edu/V2G/page1/page1.html
- 31 „Willingness to pay for vehicle-to-grid (V2G)“, Parsons et al., Energy Economics Nr. 42/2014
- 32 The Nikola Research Project, www.nikola.droppages.com
- 33 Agora Energiewende: Was wäre wenn ...ein flächendeckender Rollout von Solar-Speicher-Systemen stattfände, Hintergrundpapier, Oktober 2015
- 34 Berlin elektroMobil 2.0: Erweiterte Integration von Elektromobilität in Berlin „BeMobility 2.0“, Gemeinsamer Abschlussbericht des Projektkonsortiums, 2015
- 35 Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen – INEES, Gemeinsamer Abschlussbericht, 2016
- 36 Second Life-Batterien als flexible Speicher für Erneuerbare Energien, Kurzstudie von Gerard Reid und Javier Julve im Auftrag des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V. und der Hannover Messe, April 2016

www.energiwendebeschleunigen.de