

Elektroautos auf dem Vormarsch

»Die Veränderung findet nicht mehr linear statt,
sie kommt mit unglaublicher Wucht daher.«

Christian Kern,
ÖBB-Vorstandsvorsitzender (seit 2016 Bundeskanzler)

Es war an einem sonnigen Samstag im Februar 2014, als sich der Journalist Nils-Viktor Sorge mit seiner Familie in Hamburg aufmachte, den Kollegen Arvid Kaiser für einen Spaziergang zu besuchen. Für die Strecke von knapp 60 Kilometern hatte er sich einen BMW i3 ausgeliehen, das erste rein elektrisch angetriebene Serienfahrzeug aus deutscher Produktion. Der Ausflug war zugleich als Testfahrt gedacht, da er an einem Artikel für das *manager magazin* zum Thema Elektromobilität arbeitete. Als die Laufräder der Kinder verstaут waren und die Familie im Wagen saß, wollte er noch einmal Strom tanken, bevor sie die Stadt verließen. Doch die erste Ladesäule, an der sie hielten, ließ sich nicht aktivieren. »Die Karte ist noch nicht freigeschaltet«, teilte die Hotline mit. »Das kann man leider nur wochentags machen, nicht an einem Samstag.« Sorge runzelte die Stirn und überlegte, wie es wohl wäre, wenn man Kunden an normalen Tankstellen wegen eines Kartenproblems ein paar Tage warten lassen würde, bevor sie tanken dürfen. Er ließ sich die Ladesäulen in der Umgebung anzeigen und fand eine, die in sechs Kilometer Entfernung lag. Als er dort zu tanken versuchte, erwartete ihn die nächste Überraschung. »Die Ladesäule, an der Sie stehen, gibt es gar nicht«, war der Mitarbeiter der Hotline verwundert, die er kontaktiert hatte, da kein Strom aus der Säule kam. Zumindest sei sie in seinem System nicht verzeichnet,

vielleicht sei sie erst kürzlich errichtet worden, und man habe es noch nicht geschafft, sie freizuschalten. »Gibt es andere Ladesäulen in der Gegend, die ich anfahren kann?«, wollte Sorge wissen. »Die sind leider alle gerade belegt«, war die Antwort. Die Familie im Wagen wurde langsam ungeduldig, sie waren bereits über eine Stunde unterwegs und hatten Hamburg noch nicht verlassen. Als sie vor dem Haus der Hamburg Energie die nächste Ladesäule fanden, die nicht benutzbar war, da ein Dienstwagen mit Verbrennungsmotor des Energieversorgers davor parkte, gab Sorge auf und fuhr nach Hause, die 60 Kilometer zum Kollegen und retour wären mit einem halb vollen Tank nicht zu machen gewesen.

Erlebnisse dieser Art findet man in den Medien zuhauf, stets geht es um nicht freigeschaltete Kundenkarten, zu kurze Ladekabel, unpassende Stecker, zugeparkte Ladesäulen oder Lademöglichkeiten auf einsamen Parkplätzen ohne Imbiss, Shop und Toiletten. Der amerikanische Elektroautohersteller Tesla hat dieses Problem erkannt und begonnen, ein Netz aus Schnellladestationen zu errichten, die einfach erreichbar sind und problemlos funktionieren. Diese Hochleistungs-ladesäulen, an denen Elektroautos in weniger als einer halben Stunde voll aufgeladen werden können, haben Leistungen bis zu 50 Kilowatt, neueste Supercharger laden sogar mit über 100 Kilowatt und einigen Hundert Ampere.

Im Jahr 2014 startete ein europäisches Projekt, an dem Energieversorger und Automobilhersteller aus Deutschland, Frankreich, Kroatien, Österreich, Slowakei und Slowenien beteiligt waren, um Schnellladestationen entlang der wichtigsten Autobahnrouen zu errichten. Ziel des Projekts Central European Green Corridors war, eine durchgehende Fahrt mit kurzen Ladestopps von München nach Bratislava und Zagreb zu ermöglichen. Dafür wurden 115 Ladesäulen entlang der Strecke installiert, bei Tankstellen, Autobahnraststätten und Supermärkten.

Ein ähnliches Ziel verfolgt die Initiative Greening Northern European Road Corridors. Mit einem Netz von 53 Ladestationen entlang der Hauptrouen in Dänemark, Schweden und Norddeutschland sollen Fahrten von 500 Kilometern und mehr möglich werden, in denen nur kurze Pausen zum Schnelltanken eingelegt werden müssen. Auch in Frankreich wurden im Projekt Corri-Door seit dem Jahr 2015 rund 200 Schnelllade-

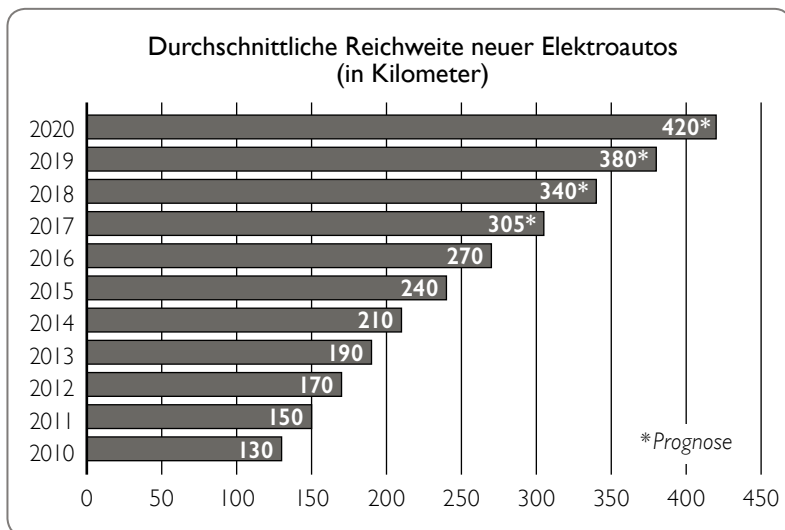


Abbildung 3: Die Reichweite bei Elektroautos verdoppelt sich alle sechs Jahre
(Quelle: Managementberatung Horváth & Partners, eigene Grafik)

stationen entlang der Autobahnen errichtet. Die im Abstand von jeweils 80 Kilometern platzierten Ladesäulen sollen ein Elektroauto in weniger als 30 Minuten auf 80 Prozent der Batteriekapazität laden können.

Das Netz an Ladepunkten in Europa wird zunehmend dichter, gleichzeitig steigt die Reichweite der Fahrzeuge. Alle Hersteller von Elektroautos bieten heute Reichweiten von mehreren Hundert Kilometern, von Spitzenreitern wie Tesla S und Opel Ampera-e mit 500 Kilometern bis zum Nissan Leaf, der auf die halbe Strecke kommt. Auch ein BMW i3 ist heute gut 300 Kilometer mit einer Batterieladung unterwegs, was doppelt so weit ist wie bei dem Modell, das Nils-Viktor Sorge bei seiner Testfahrt im Jahr 2014 fuhr.

Die steigende Zahl an Ladestationen macht Elektromobilität für die Menschen immer attraktiver, wie die Neuzulassungen bei Elektroautos zeigen. Im Jahr 2013 verdoppelte sich die Zahl in Deutschland auf rund 6.000 Fahrzeuge, in der gesamten Europäischen Union stieg die Zahl in

vier Jahren auf fast das 400-Fache, von 700 im Jahr 2010 auf 67.000 im Jahr 2014. Die höchste Rate pro Kopf weist Norwegen auf, rund drei Prozent der 2,6 Millionen Fahrzeuge im Land fahren mit Strom.

Die Automobilkonzerne verzeichnen bei Elektroautos mittlerweile höhere Zuwächse als bei Autos mit Verbrennungsmotor. So stiegen bei Mitsubishi die Verkäufe des i-MiEV innerhalb von zwei Jahren von weniger als 1.000 auf über 18.000 Exemplare. Auch BMW, Nissan und Renault verzeichnen Zuwächse um das Fünf- bis 35-Fache, wie der europäische Verband für Verkehr und Umwelt T&E berichtet. Insgesamt waren weltweit im Jahr 2015 rund 1,3 Millionen Elektrofahrzeuge auf der Straße, ermittelte das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg ZSW. Den stärksten Zuwachs verzeichnet China, wo allein im Jahr 2015 rund 200.000 Neufahrzeuge hinzukamen.

Das Reich der Mitte kämpft seit Jahren mit der steigenden Umweltverschmutzung, die langfristig als ernsthafte Bedrohung für den sozialen Frieden im Land gesehen wird. In der Hauptstadt Peking mussten die Behörden Ende 2016 die höchste Alarmstufe ausrufen, da die Luftverschmutzung gesundheitsgefährdende Ausmaße angenommen hatte. Die Bevölkerung wurde aufgefordert, das Haus nicht zu verlassen, fünf Tage lang blieben Schulen und Kindergärten geschlossen, die Industrieproduktion wurde zurückgefahren, der Verkehr durch weitreichende Fahrverbote eingeschränkt. Die kurzfristigen Maßnahmen zeigten Wirkung, der Himmel über Peking wurde nach einigen Tagen wieder klarer. Doch die eigentliche Ursache blieb bestehen, wie die regelmäßig auftretenden Smogwellen zeigen.

Bereits im 12. Fünfjahresplan (2011–2015) war der Umweltgesetzgebung erstmals oberste Priorität eingeräumt worden, die Maßnahmen reichten von der Förderung des Umweltbewusstseins in der Bevölkerung bis zur Erprobung eines Emissionshandels nach europäischem Vorbild in mehreren Städten und Regionen. Im Oktober 2016 folgte die Ankündigung des Ministeriums für Industrie- und Informationstechnologie, ab 2018 eine Mindestquote für Elektrofahrzeuge vorzuschreiben. Demnach müssten acht Prozent aller verkauften Fahrzeuge mit Elektromotoren angetrieben werden, im Jahr 2019 wird die Quote auf zehn Prozent steigen,

2020 auf zwölf Prozent. Dies würde auch für aus dem Ausland importierte Fahrzeuge gelten, bei Nichteinhaltung drohten Sanktionen. Konzerne wie Volkswagen verkaufen pro Jahr drei Millionen Autos in China, die neue Regelung würde einen Anteil von rund 60.000 Elektrofahrzeugen und 120.000 Plug-in-Hybriden im Jahr 2018 erfordern. Auch andere große Autobauer wären von dem Gesetz betroffen, bei BMW würde der verpflichtende Anteil etwa 30.000 Elektroautos bedeuten. Die Deutschen liefen sofort Sturm gegen den Vorschlag und sandten Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel nach China, um deutschen Autobauern den Markt bei Verbrennungsmotoren zu retten. Doch die chinesische Regierung reagierte zögernd auf das Ersuchen der Deutschen und stellte nur eine mögliche Verschiebung des Gesetzes um ein Jahr in Aussicht. Volkswagen entschied sich daraufhin für eine Vorwärtsstrategie und erklärte, inden nächsten Jahren eine Elektrooffensive am chinesischen Markt starten zu wollen. In Kooperation mit dem chinesischen Autobauer Anhui Jianghuai Automobile sollen ab 2018 100.000 Elektroautos in China vom Band laufen, für das Jahr 2020 sehen die Pläne des Konzerns 400.000 Fahrzeuge vor, für 2025 sogar einen Absatz von 1,5 Millionen.

Auch in Europa ist das Interesse an Elektromobilität im Steigen begriffen. Bei einer Befragung in Österreich im Jahr 2015 gab ein Drittel an, bereits über den Kauf eines Elektroautos nachgedacht zu haben. Als der Chef von Tesla Motors, Elon Musk, im März 2016 das neue Modell Tesla 3 präsentierte, trafen innerhalb von 24 Stunden 115.000 kostenpflichtige Vorbestellungen ein, mittlerweile sind diese Bestellungen auf fast eine halbe Million angewachsen. Die Elektromobilität hat neben der Photovoltaik die stärkste Zugkraft am Markt, die dazu führen wird, dass sich unser Energiesystem von Grund auf ändert.

Der Zukunftsbahnhof

Die erstaunliche Dynamik, mit der Veränderungen in der Mobilität in den letzten Jahren zu beobachten waren, hat der ehemalige ÖBB-Vorstandsvorsitzende Christian Kern, heute Bundeskanzler, bei einer Tagung in Wien im November 2014 an einem Beispiel verdeutlicht: »Die Prog-

nose des renommierten Fraunhofer-Institutes zum privaten Carsharing war, dass im Jahr 2020 etwa 14 Millionen Menschen in Europa dieses Service nutzen werden. Diese Prognose entstand im Herbst 2013. Ich konnte mir nicht vorstellen, dass so viele Menschen bereit sein würden, ein Auto mit anderen, ihnen unbekanntem Mitbürgern zu teilen. Doch bereits im Sommer 2014 waren allein in Frankreich und Deutschland 15 Millionen mit privaten Carsharing-Angeboten unterwegs.« Entwicklungen wie diese geben Hoffnung, dass Veränderungen im Verkehr deutlich schneller ablaufen könnten, als das manche heute vermuten. Für die Umsetzung des Klimaabkommens von Paris ist die klimafreundliche Umstellung des Verkehrs ein entscheidender Faktor, da er weltweit ein Hauptverursacher von Treibhausgasen ist. »Von 1990 bis 2012 sind die Treibhausgase im Verkehr um 54 Prozent gestiegen. Nur mit einer breiten Einführung von Elektromobilität können wir die Klimaziele erreichen«, ist Günther Lichtblau vom österreichischen Umweltbundesamt überzeugt. Dabei geht es um mehr als nur die Umstellung im Individualverkehr von fossilem Treibstoff auf Strom.

Im Oktober 2014 nahm ich an einer Mobility-Study-Tour nach Berlin teil, wo wir Praxisbeispiele von Elektromobilität bei öffentlichen Betrieben und Bahnhöfen besichtigten. Wir wohnten der Vorführung eines elektrisch angetriebenen Müllfahrzeuges bei, lernten das Start-up ubitricity kennen, das einen mobilen Stromzähler entwickelte, um Elektroautos überall laden zu können, und fuhren zum Pendlerbahnhof Südkreuz, der zu einem vernetzten Zukunftsbahnhof umgebaut werden soll. »Vor fünfzehn Jahren hatte man den Bahnhof mit 2.000 Parkplätzen für Pendler geplant, die, aus dem Süden Berlins kommend, hier zu den Fernzügen umsteigen sollten«, erklärte Tim Lehmann, der uns durch den Bahnhof führte. Der Architekt und Stadtplaner am Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel InnoZ koordiniert das Projekt, den Pendlerbahnhof zu einem vernetzten Mobilitätsknoten umzubauen, der ein Symbol für die neue Mobilität in der Stadt werden soll.

Es kam jedoch anders, als man damals dachte. In den letzten zehn Jahren wurden schnellere und komfortablere Regionalzüge angeschafft, der Fahrplan verbessert und Park-and-ride-Stationen draußen auf dem Land

eingrichtet. Statt mit dem Auto kommen die Pendler heute mit modernen Regionalzügen an, um in den Fernzug umzusteigen. Immer öfter werden auch die vielen Carsharing-Autos genutzt, die vor dem Bahnhof parken. Auf den Bahnsteigen sind große interaktive Anzeigetafeln angebracht, die den genauen Standort aller Carsharing-Autos in der näheren Umgebung samt deren Verfügbarkeit zeigen. Auch für Radfahrer soll der Bahnhof attraktiver werden, in Zukunft ist ein besserer Anschluss ans umliegende Radwegenetz geplant, um Ride-and-bike-Modelle zu forcieren. Auf den Dächern der beiden Parkdecks sollen Tausende Quadratmeter Photovoltaikanlagen installiert werden, um den Strombedarf des Bahnhofs für Beleuchtung, Shops und Anzeigetafeln zu decken – immerhin fast 2.000 Megawattstunden pro Jahr. Zum Abschluss zeigte uns Tim Lehmann eine Fotomontage des Zukunftsbahnhofs, auf der Dutzende Elektroautos und Elektrofahrräder, Schnellladeplätze für öffentliche Busse und Anschlüsse für ein Microgrid zu sehen waren, dem die geparkten Fahrzeuge als Stromspeicher für das Netz dienen sollen.

Wie im Strombereich wird auch bei der Elektromobilität die Vernetzung der verschiedenen Akteure und Angebote zunehmen, wobei die Bahnhöfe die Knotenpunkte sein könnten, um Radfahrer, Elektroautos, Busse und Bahn flexibel zu verbinden. Die hohe Frequenz auf Bahnhöfen könnte helfen, Geschäftsmodellen wie Carsharing, Transportdiensten oder Power-to-Grid-Angeboten rascher zum Durchbruch zu verhelfen. Irgendwann wird diese Art der neuen Mobilität unser Alltag sein, wie bei dem jungen Mann, den wir beim Verlassen des Bahnhofs trafen: Er war gerade auf dem Weg, ein geliehenes Elektroauto abzuholen, und hatte einiges an Werkzeug und Malerutensilien dabei. Als er sich dem Auto näherte, holte er sein Handy aus der Tasche und hielt es an die Windschutzscheibe. Der Wagen entsperrte sich, er warf die Sachen in den Kofferraum und zog das Ladekabel, an dem der Wagen hing. Als er einstieg, um loszufahren, näherte ich mich und fragte, wie er mit dem Carsharing zufrieden sei und ob mit dem elektrischen Leihauto alles klappt. Der junge Mann zuckte mit den Achseln und meinte lapidar, er mache das alle zwei Wochen so, das sei nichts Besonderes. Dann wandte er sich ab und fuhr zügig davon.

Der Tempomacher

Kaum jemand hat in den letzten Jahren mehr zum Boom der Elektromobilität beigetragen als Elon Musk. Der umtriebige Erfinder des Internet-bezahlsystems PayPal erhielt im Jahr 2002 für den Verkauf an eBay die Summe von 1,5 Milliarden US-Dollar und gründete zwei neue Unternehmen, die sich mit Raumfahrt und Elektromobilität beschäftigen. Das Elektroautounternehmen taufte er Tesla Motors, benannt nach dem exzentrischen kroatischen Pionier der Elektrotechnik Nikola Tesla, der vor mehr als hundert Jahren den Wechselstrom erfand und damit den Grundstein für die weltweite Elektrifizierung legte.

Dabei waren die ersten Anläufe zur Entwicklung eines neuen Elektrofahrzeuges von Misserfolgen gekrönt. Der erste Prototyp von Tesla ging voll daneben, der Wagen war zu schwer, bot zu wenig Leistung und Reichweite und war brandgefährlich. Er hatte zudem keinem einzigen Crashtest standgehalten. Doch die Ingenieure gaben nicht auf, sie begannen von Neuem und entwickelten ein Auto, das mit Lithium-Ionen-Batterien fuhr, wie sie in Laptops und Handys verwendet werden. Im Jahr 2008 brachte Tesla schließlich den Roadster als erstes in Serie produziertes Elektroauto auf den Markt.

Der tief liegende, elektrische Straßenflitzer bot einen starken Kontrast zu den damals üblichen elektrischen Kleinwagen, von denen die meisten eher an einen Trabant aus der DDR erinnerten. Der Wagen brachte den Beweis, dass Elektroautos nicht langsam, ohne Reichweite und unzuverlässig sein mussten, wie Musk betont. Da der Elektromotor im Gegensatz zum Verbrennungsmotor vom Stand weg volles Drehmoment liefert, wies der Roadster eine ähnliche Beschleunigung wie ein Porsche auf. Ich hatte vor einigen Jahren einmal Gelegenheit, am Steuer eines Tesla Roadster zu sitzen und eine Runde in der Wiener Innenstadt zu drehen. »Fahren Sie kurz rechts ran, und lassen Sie die anderen Autos passieren, dann zeige ich Ihnen etwas«, meinte der Tesla-Vertreter, der auf dem Beifahrersitz Platz genommen hatte. Als alle Autos vorüber waren, wandte er sich zu mir und meinte: »Jetzt steigen Sie mal voll aufs Gas!« Ich zögerte, dann

trat ich das Gaspedal voll durch und wurde mit einer Wucht in den Sitz geschleudert, mit der ich nicht gerechnet hatte. Nach einem knappen Häuserblock hatten wir die zulässige Höchstgeschwindigkeit um locker das Doppelte überschritten, der Elektromotor hatte den Wagen in weniger als vier Sekunden auf 100 Kilometer pro Stunde beschleunigt. Ich konnte gerade noch vor der nächsten Ampel bremsen, wo einige Fußgänger erschreckt zurückwichen, die gerade die Straße queren wollten.

Einige Jahre lang war das Modell eine Attraktion bei Wettfahrten, Messen und Veranstaltungen, die Verkaufszahlen des 100.000 US-Dollar teuren Sportwagens hielten sich jedoch in Grenzen. Als Energiespeicher hatte Musk handelsübliche Lithium-Ionen-Akkus gewählt, die jährlich in mehreren Millionen Exemplaren für Laptops hergestellt werden. Für die Leistung eines Elektrofahrzeuges wurden Tausende solcher Zellen zu größeren Modulen verschaltet. Mit voller Batterie kam der Tesla etwa 300 Kilometer weit, solange man nicht die Heizung einschaltete, die sich ebenfalls aus der Batterie speist. In den ersten fünf Jahren verkaufte sich der Wagen etwa 2.400-mal, dann wurde die Produktion eingestellt. Doch die hohe Aufmerksamkeit, die das Elektroauto ausgelöst hatte, bestärkte Musk darin, auf dem richtigen Weg zu sein. »Die logische Vernunft gebietet, dass der Elektromotor den Verbrennungsmotor ablösen muss, weil er Energie effizienter ausnutzt, weniger Wärmeverluste produziert, schneller anspricht, höher beschleunigt, wartungsärmer läuft, mehr Platz im Auto schafft, beim Bremsen elektrische Energie zurückgewinnen kann, teure Getriebe überflüssig macht und die Atmosphäre mit weniger Treibhausgasen belastet.«

Noch im selben Jahr brachte das Unternehmen eine alltagstaugliche, elektrisch betriebene Limousine auf den Markt, die zwei Tonnen wog und den etablierten Autoherstellern in der Luxusklasse neue Konkurrenz bescherte. Als ich das 80.000 Euro teure Modell Tesla S das erste Mal sah, war ich überzeugt, dass es ein Nischenprodukt der Reichen bleiben würde, weitab der Wahrnehmung der Bevölkerung. Selten habe ich mich so geirrt. Der Tesla S wurde vom Start weg ein Verkaufsschlager, erst rund um San Francisco und Los Angeles, dann in den ganzen USA und Europa. Mit seinem neuen Modell zog Tesla zügig an der Konkur-

renz vorbei und setzte Ende 2016 in den USA mehr Fahrzeuge ab als die S-Klasse von Mercedes-Benz und die 7er-Klasse bei BMW. Mit mehr als 9.000 Fahrzeugen allein im dritten Quartal wurde das Tesla Model S zur meistverkauften Luxuslimousine in den USA.

Drei Jahre zuvor hatte das amerikanische Magazin *Motor Trend* den Wagen zum Auto des Jahres erkoren, eine Ehre, die seit 1949 nur renommierten Marken wie Chevrolet, Cadillac, Ford, Pontiac, Buick, Volkswagen, Nissan oder Honda zuteilgeworden war. Im Jahr 2015 wurde Tesla S vom *Consumer Report* getestet, einer nicht gewinnorientierten Organisation, die mit dem österreichischen Verein für Konsumenteninformation oder der Verbraucherzentrale in Deutschland vergleichbar ist. »Das Tesla Modell S P85D erreichte 103 Punkte in unserem Ratingsystem, das eigentlich nur bis 100 Punkte reicht«, zeigte sich Mark Rechtin erstaunt, der die Autotests beim *Consumer Report* leitet. »Der Wagen hat neue Maßstäbe gesetzt, an die wir unser Bewertungssystem erst anpassen müssen.« Elon Musk hatte den Ingenieuren bei der Entwicklung einige Vorgaben gemacht, deren Verwirklichung bislang unmöglich erschienen war. So sollte das Elektrofahrzeug die größte Reichweite und höchste Beschleunigung aufweisen, den meisten Stauraum, die beste Straßenlage, den leisesten Innenraum, Platz für fünf Erwachsene und zwei Kinder, die höchste Unfallsicherheit und das Ganze noch mit Allradantrieb.

»Ich habe keine andere Marke erlebt, die das Thema Elektromobilität so konsequent umsetzt wie Tesla«, meint Michael Willberg, der das bayerische Unternehmen Ultrasono leitet, das auf die Herstellung hochwertiger Kopfhörer spezialisiert ist. Wie bei vielen Firmen werden auch die Spitzenkräfte von Ultrasono mit Dienstwagen der Oberklasse belohnt, Willberg selbst fuhr früher einen Audi A7 3,0 TDI mit 313 PS unter der Haube. Mit dem Umzug an einen neuen Standort erwog der Chef im Jahr 2013 die Anschaffung eines neuen Dienstwagens, wobei er an Limousinen wie Audi S7, BMW 650i GranCoupe, Mercedes CLS 500 oder Porsche Panamera S E-Hybrid dachte. Der Spritverbrauch dieser Modelle von bis zu 18 Litern auf 100 Kilometer für die kurze Strecke von ihm zu Hause in die Firma erschien ihm jedoch absurd. Er begann sich nach Alternativen umzusehen und stieß dabei auf das Tesla-Model S P85, welches in

der Anschaffung genauso teuer war die Limousinen anderer Marken. Willberg vereinbarte eine Probefahrt und stellte überrascht fest, wie viel Spaß ihm das ungewohnte Fahrgefühl im Elektroauto machte. »Wenn du nach der flotten Probefahrt mit einem Tesla wieder in dein träges Benzinauto steigst, glaubst du im ersten Moment, es ist kaputt«, beschrieb ein Bekannter sein erstes Tesla-Erlebnis, das ihn begeistert hatte. Das Beispiel Tesla zeigt, welche Veränderungskraft in neuen Produkten stecken kann, die von der Energiewende hervorgebracht werden.

Es sind Schilderungen wie diese, die zeigen, dass die Energiewende mit allen Sinnen fühlbar werden muss, um die Menschen wirklich zu überzeugen. Willberg entschied sich schließlich, die Umstellung auf ein rein elektrisch betriebenes Dienstauto zu wagen. Ein Jahr später zog er eine Bilanz, um zu sehen, ob sich der Umstieg neben dem Fahrspaß auch wirtschaftlich gelohnt hatte. Er rechnete die Stromkosten für 53.000 gefahrene Kilometer, Kosten für Wartung, Versicherung, Steuer und Reparaturen zusammen, sogar die Abnutzung der Reifen wurde berücksichtigt. Das Ergebnis zeigte Jahreskosten für das Elektroauto von 2.100 Euro. Beim Audi A7 mit Verbrennungsmotor kam er auf Kosten von 7.880 Euro, was einen Unterschied von fast 5.800 Euro pro Jahr ergab. Selbst bei Einrechnung der um 20 Prozent günstigeren Leasingrate des Audi A7 lag das Elektroauto noch vorne, auch wenn der Abstand deutlich schrumpfte. Die Total Cost of Ownership (TCO), also die jährlichen Gesamtkosten des Fahrzeuges, lagen beim Auto mit Verbrennungsmotor selbst in diesem Fall um knapp 2.900 Euro über dem Elektrofahrzeug.

Als der Firmenchef den Taschenrechner beiseitelegte, musste er zufrieden lächeln. Das Elektroauto machte ihm nicht nur Spaß, es brachte ihm auch noch Geld ein. Das Beispiel der Firma Ultrasonice ist kein Sonderfall, wie der Vertriebsleiter Franz Müllner von Alphabet Fuhrparkmanagement betont: »Wir haben tausend Fahrzeuge in verschiedenen Unternehmen untersucht, 80 Prozent aller Wege wären mit Elektroautos problemlos zu bewältigen. Im Schnitt stehen die Fahrzeuge in einem Fuhrpark 23 Stunden am Tag herum. Und wenn sie fahren, dann nicht weiter als 40 Kilometer pro Tag.« Mit den Reichweiten heutiger Elektrofahrzeuge ist auch die Betankung kein großes Problem mehr, sie kann in betriebsbedingten

Fahrpausen problemlos erledigt werden. Dafür braucht es eine digitale Verwaltung der Fahrzeuge, um Ladezustand und Reichweite zentral abzufragen und die Fahrer rechtzeitig anweisen zu können, die nächste längere Arbeitspause zum Nachladen zu nutzen.

Elektroautos als Kurzzeitspeicher

Ein oft vorgebrachtes Argument gegen Elektroautos ist, dass sie den Strombedarf erhöhen und damit die Laufzeit fossiler Kraftwerke verlängern, weil der Ausbau an Ökostrom nicht mit dem steigenden Bedarf der Elektromobilität mithalten könne. Auch wenn das Argument auf den ersten Blick plausibel klingt, fußt es auf falschen Annahmen zu den Größenordnungen beim Strombedarf, die ein Durchbruch der Elektromobilität mit sich bringen würde. Berechnungen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg ZSW ergeben, dass lediglich 1,7 Prozent des 2015 in Deutschland erzeugten Ökostroms ausreichen würden, um eine Million Elektrofahrzeuge zu betreiben. Diese Strommenge ist weniger als die Hälfte dessen, was innerhalb eines Jahres an Ökostrom in Deutschland zugebaut wird. Allein von 2014 auf 2015 stieg der Anteil von Ökostrom am deutschen Strommix von 26 auf 30 Prozent, also um ganze vier Prozent. Nach den Berechnungen des ZSW könnten damit mehr als zwei Millionen Elektrofahrzeuge versorgt werden. Für die ersten paar Millionen Fahrzeuge wäre also genügend Strom vorhanden, wenn das Ausbautempo beim Ökostrom beibehalten wird.

Der Hauptgrund für diesen vergleichsweise geringen Energieverbrauch ist, dass die Fahrzeuge nur einen Bruchteil der Energie eines herkömmlichen Verbrennungsmotors benötigen. Bei diesen werden nämlich zwei Drittel des Treibstoffs in Wärme umgewandelt, nur ein Drittel dient dem Antrieb des Fahrzeuges. Etwa die Hälfte der Wärme entweicht über die Auspuffgase, die andere Hälfte über die Motorwärme. Nur ein kleiner Teil davon wird gebraucht, um beispielsweise den Innenraum des Fahrzeuges im Winter zu heizen. Mit den Reibungsverlusten im Getriebe gelangt insgesamt nur ein Fünftel der getankten Energie bis zur Kurbelwelle und Kardangelenk, wo sie auf die Räder übertragen wird. In Summe werden

beachtliche 95 Prozent des Treibstoffs dafür benötigt, um das Fahrzeug zu bewegen. Berücksichtigt man noch den Energieaufwand zur Überwindung des Luftwiderstandes beim Fahren, wird unterm Strich nur ein Prozent der Tankfüllung verwendet, um den Fahrer zu transportieren. In den letzten hundert Jahren haben wir uns also einer Technologie bedient, die es mit 99 Prozent Energieverlust schafft, uns von A nach B zu befördern. Sonderlich intelligent war das nie, aber wir hatten Spaß dabei.

Bei einem Elektromotor fallen fast alle ineffizienten Teile des herkömmlichen Antriebs weg, von Verbrennungsmotor über Kupplung, Getriebe, Antriebswelle, Kardangelenke, Differential bis zu Anlasser und Lichtmaschine. All das wird überflüssig, wodurch mehr Platz im Wagen geschaffen wird. Statt Gangschaltung und Antriebswelle gibt es beim Elektroauto zwischen den Vordersitzen Ablagen für Smartphones und Handtaschen. Die Batterien sind nicht im Kofferraum, sondern im Fahrzeugboden verbaut, was dem Auto einen tiefen Schwerpunkt wie bei Rennautos verleiht. Elektromotoren sind bei gleicher Leistung deutlich kleiner und leichter als ein Verbrennungsmotor, was zusätzlich Stauraum schafft. Elektroautos haben weit mehr Platz im Kofferraum als herkömmliche Wagen, beim Renault Zoe zum Beispiel über 1.200 Liter, doppelt so viel wie bei einem vergleichbaren Wagen von Mercedes, Audi oder BMW. Die beiden Kofferräume des Tesla S bieten sogar mehr als 1.600 Liter Stauraum.

Die immer stärker werdenden Batterien erhöhen nicht nur die Reichweite der Fahrzeuge, sie haben auch noch einen anderen Vorteil. In Zukunft könnten sie als Kurzzeitspeicher mithelfen, das Stromnetz stabil zu halten, wenn der Wagen an der Steckdose hängt. Die Speicher moderner Elektroautos haben nichts mit den kleinen Starterbatterien gemein, die man vom eigenen Auto kennt. Die Batterie eines Tesla S verfügt über eine Speicherkapazität von 85 Kilowattstunden, damit könnte man ein Einfamilienhaus eine Woche lang versorgen.

An der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg wurde 2011 ein Projekt gestartet, um mit 45 Elektroautos zu testen, ob deren Batterien dafür geeignet sind, Strom zurück ins Netz zu speisen, wenn kurzfristig ein Engpass herrscht. Drei Jahre lang wurden die Autos

insgesamt 10.000 Mal geladen und entladen, nach 400.000 gefahrenen Kilometern zogen die Forscher Bilanz: »Es wurde der Beweis erbracht, dass Elektroautos als rollende Energiespeicher dem öffentlichen Netz zukünftig gezielt Systemdienstleistungen zur Verfügung stellen könnten, die beispielsweise der Netzstabilität dienen«, so der Projektleiter Harald Schwarz. Damit könnte sich die Zahl der Prosumer, die nicht nur Strom aus dem Netz beziehen, sondern auch einspeisen, in Zukunft schlagartig erhöhen.

Nicht nur Personen mit eigener Photovoltaikanlage und einem Stromspeicher im Haus würden künftig zur Netzstabilisierung beitragen, sondern auch Besitzer von Elektroautos. Die große Herausforderung dabei ist, diesen Schwarm an möglichen Einspeisern so zu koordinieren, dass Frequenz und Spannung im Netz trotz der Stromeinspeisung an Tausenden Punkten immer konstant bleiben. Dafür wird es neue Regeln brauchen, um auch Prosumer mit Elektroauto in die Pflicht zu nehmen, ihre Einspeisung nach dem Bedarf im Netz auszurichten. Dies könnte durch neue Tarifmodelle gelingen, die eine Anpassung der Erzeugung an den Netzbedarf belohnen, eine Betriebsweise allein zum eigenen Vorteil dagegen empfindlich verteuern. Die Bündelung Tausender Kleinspeicher im Schwarm durch neue Geschäftsmodelle wird es für den Einzelnen jedenfalls leichter und ökonomisch attraktiver machen, sich netzdienlich zu verhalten, wie im Kapitel »Tausende Kraftwerke für alle« beschrieben.

Sind die Batterien am Ende ihrer Lebensdauer im Elektroauto angekommen, sind sie noch lange nicht reif für die Mülltonne, wie Experten meinen. Nach sieben bis zehn Jahren haben die Batterien im Fahrzeug nur ein Fünftel ihrer Leistung verloren. Werden sie dann ausgebaut, können sie noch einmal so lange in einer stationären Anwendung gute Dienste leisten. Dieses Zweitleben der Batterien, auch »Second Life« genannt, erhöht die Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit der Stromspeicher und könnte ihre Verbreitung noch beschleunigen. »Gebrauchte Batterien steigen in relevanten Stückzahlen erst ab 2025, von den derzeit 100.000 Elektrofahrzeugen könnten dann aber bis zu 80.000 gebrauchte Batterien auf den Markt kommen«, rechnet Hermann Pyschny von der Beratungsfirma P3 automotive vor. Die Second-Life-Batterien könnten

in vielen Bereichen zum Einsatz kommen, vom Heimspeicher für private Photovoltaikanlagen über Batteriepakete bei kleinen Transformatorstationen bis zu Energiepuffern für Schnellladesäulen, die durch Zuspeisung aus der Batterie für kurze Zeit die doppelte Leistung liefern. In zehn Jahren könnte so ein florierender Markt entstehen, mit neuen Geschäftsmöglichkeiten für Autoproduzenten, Batteriehersteller und Energieversorger. Die verlängerte Nutzung verbessert auch die Ökobilanz der Batterie, welche bei Diskussionen über Elektromobilität oft als Achillesferse bezeichnet wird. Dabei sind Elektrofahrzeuge bereits heute drei- bis viermal umweltfreundlicher als Autos mit Verbrennungsmotor, wie eine Studie des Umweltbundesamtes im Jahr 2016 ergab.

In einer umfassenden wissenschaftlichen Untersuchung wurden die Umweltauswirkungen im gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge betrachtet, von der Produktion über die Nutzung auf der Straße bis hin zur Entsorgung. Das Ergebnis war, dass Elektroautos bei Energieverbrauch, Luftschadstoffen und Treibhausgasemissionen signifikant besser abschneiden als Autos mit Verbrennungsmotoren. Bei der Fahrzeugherstellung und Entsorgung sind die Unterschiede deutlich geringer, hier liegen Elektroautos und Autos mit Verbrennungsmotor fast gleichauf. Die mit Abstand meiste Energie wird im Betrieb des Fahrzeugs verbraucht, hier liegen Elektroautos wegen der höheren Effizienz des Elektromotors meilenweit vorn. Stammt der Strom aus erneuerbaren Energieträgern, fällt der Vorteil noch klarer aus.

Eine entscheidende Rolle bei der Ökobilanz von Elektrofahrzeugen spielten die Lebensdauer und Reichweite der Batterie. Wird sie nach ihrem Dienst im Fahrzeug in ein zweites, stationäres Leben entlassen, könnte sich die Ökobilanz nochmals deutlich verbessern; dieses Szenario wurde in der Studie allerdings nicht betrachtet. Den größten Umweltnutzen liefern Elektroautos in der Stadt, wie die Autoren aufzeigten. Bei der typischen Stop-and-go-Fahrweise im städtischen Stau weisen mit fossilen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge den größten Energieverbrauch bei höchsten Emissionen auf. Doch selbst bei Überlandfahrten liegen Elektroautos im Vergleich zu Verbrennungsmotoren mittlerweile an der Spitze. In der Studie wurden auch Hybridfahrzeuge mit Verbrennungsmotor

und Elektromotor betrachtet, die zwar mit niedrigen Emissionen punkten, wegen des fossilen Brennstoffs bei der Ökobilanz dennoch nur auf Platz zwei landen.

»Does anyone see the horse?«

Mehr als 300 Fachleute hatten sich im März 2016 im pompösen Festsaal des Grand Hotel in Oslo versammelt, als Tony Seba die Bühne erklomm, um seine Keynote zum Thema »Clean Disruption – Why Energy and Transportation will be Obsolete by 2030« beim Swedbank Nordic Energy Summit zu halten. Der Autor und Universitätsprofessor aus dem Silicon Valley, welcher sich mit erneuerbaren Energien, disruptiven Technologietrends und neuen Geschäftsmodellen befasst, griff zur Fernbedienung und blendete seine erste Folie auf dem riesigen Bildschirm im Saal ein. Sie zeigte ein Gewühl von Menschen und Kutschen auf der Fifth Avenue in New York City am Tag der Osterparade des Jahres 1900.

»Does anyone see the car?«, fragte Seba und blickte in Reihen ratlos dreinblickender Gesichter. Es sei ganz sicher ein Auto auf dem Bild, versicherte er. Dann wies er auf einen roten Kreis, der einen halb von Kutschen verdeckten, voll besetzten Wagen zeigte, der wie eine Kutsche aussah, aber keine Pferde davorgespannt hatte. Die ersten Autos waren im gewohnten Design der Kutschen entworfen worden, nur dass diese wie von Zauberhand ohne Pferde fuhren. Die ersten Exemplare der lärmenden Kraftwagen lösten großes Erstaunen, aber auch Angst und Schrecken unter den Passanten aus, wenn das »Ungeheuer«, wie sie es nannten, vorüberdonnerte. Der deutsche Kaiser Wilhelm II. versuchte das Volk zu beruhigen, indem er verkündete: »Ich glaube an das Pferd, das Auto ist nur eine vorübergehende Erscheinung.« Wie falsch der Kaiser mit dieser Prognose gelegen hatte, zeigte Seba auf seiner nächsten Folie.

Es war wieder dieselbe Straße zu sehen, nur diesmal mit einem Meer von Autos, die sich in beiden Richtungen in mehreren Spuren drängten. »There is one horse in that picture«, sagte Seba und zeigte auf den Bildschirm. »Does anyone see the horse?« Im Saal kam Gelächter auf, keiner konnte das unscheinbare Pferd erkennen, das, an den Gehsteigrand

gedrängt, eine kleine Kutsche zog, die wie ein in der Hälfte durchgeschnittenes Auto wirkte. Das Bild stammte aus dem Jahr 1913. Innerhalb von nur 13 Jahren hatte sich eine radikale Veränderung vollzogen, die damals niemand für möglich gehalten hatte. Seither sind mehr als 100 Jahre vergangen, das Automobil ist ein selbstverständlicher Teil unseres Alltags geworden.

Für viele meiner Bekannten ist ein Leben ohne eigenes Auto schlichtweg unvorstellbar. In der Wiener Innenstadt, wo ich wohne, kommen laut Statistik auf 1.000 Einwohner verblüffende 1.050 Kraftfahrzeuge. Natürlich hat nicht jedes Baby und jeder Greis ein Auto, die hohe Zahl spiegelt auch die vielen Dienstwagen von Verwaltungen und Firmen im Bezirk wider. Dies mag auch der Grund sein, warum die Autos hier im Schnitt 144 PS unter der Motorhaube haben, wie das Magazin *auto touring* im Jahr 2015 ermittelte. Ich finde es immer besonders kurios, dass in einem dicht verbauten, seit Jahrhunderten für Fußgänger und kleine Fuhrwerke errichteten Stadtkern die größten Autos gefahren werden, die im engen Gewirr der Gassen stets für Platznot sorgen. Doch die Zeichen der Zeit deuten darauf hin, dass dies nicht mehr lange so bleiben wird.

Auch der Zukunftsforscher Lars Thomsen meint, dass wir heute wie vor 100 Jahren vor einem großen Wandel stehen, der unsere Mobilität in weniger als zwei Jahrzehnten radikal verändern wird, diesmal mit dem Elektroauto als Zugpferd. Der Grund ist seiner Meinung nach, dass Elektroautos sich sowohl technisch als auch von den Einsatzmöglichkeiten grundsätzlich von bisherigen Fahrzeugen unterscheiden. »Electric vehicles are computers on wheels«, meinte Seba bei seinem Vortrag, als er auf die geringe Zahl von bewegten Teilen in einem Elektrofahrzeug verwies, die bei herkömmlichen Autos mit Verbrennungsmotor meist 100-mal höher liegt. Es ist kein Wunder, dass Konzerne wie Google oder Apple der Elektromobilität immer mehr Aufmerksamkeit schenken, wie wir gesehen haben.

Im Jahr 2014 überraschte Foxconn mit der Ankündigung, ein Auto für 15.000 US-Dollar entwickeln zu wollen, das ausschließlich elektrisch angetrieben wird. Dieser Kaufpreis läge bei der Hälfte dessen, was man heute für einen Nissan Leaf bezahlt, und würde Elektroautos für weite