

wand betrieben haben und die Brennstoffzellentechnologie, wie das Beispiel Honda zeigt, weitere Synergieeffekte ermöglicht, etwa ihren Einsatz in der häuslichen Heiztechnik in Blockheizkraftwerken.

## 2.3 Elektroantrieb – Synergie der Regenerativen

Endlich bewegt sich auch in Deutschland etwas in Sachen Elektromobilität. In Berlin haben der Energiekonzern RWE und der Autobauer Daimler einen ersten groß angelegten Feldversuch mit Elektrofahrzeugen gestartet. Hundert Elektro-Smarts sollen ihre Alltagstauglichkeit unter Beweis stellen. Der Elektro-Smart fährt 100 km/h schnell und hat eine Reichweite von 115 Kilometern mit einer Batterieladung.

Verbraucher wie Heizung und Klimaanlage verkürzen die Reichweite jedoch durch ihren Verbrauch und weil bei Elektrofahrzeugen Wärme nicht mehr als Abfallprodukt anfällt, wie das bei den ineffizienten Verbrennungsmotoren der Fall ist. Wie viel Reichweitenminderung das in der Praxis ausmacht, auch darüber soll der Feldversuch Aufschluss geben. Es ist noch einiges an Entwicklungsarbeit notwendig, damit die Akkus kleiner und leistungsfähiger werden und in vorhandene Bauräume passen. Der Akku ist bei den Prototypen noch unter den Boden des Smart gepackt.

Das elektrische Fahren der Zukunft wird leise werden, im Stand, wenn der Wagen angeschaltet ist, hört man kein Motorengeräusch, nur dann und wann die Unterdruckpumpe, die den Bremskraftverstärker bedient. Kjell Gruner, Projektleiter bei Daimler E-Mobility, berichtet, dass von Daimler in Sachen Elektromobilität zunächst nur geplant ist, ein reines Stadtauto auf den Markt zu bringen. Alle Lösungen, die darüber hinausgehen, seien wesentlich teurer und in Anbetracht der noch sehr hohen Akkupreise unwirtschaftlich.

Als Ladestationen installiert RWE 500 öffentliche elektrische Zapfsäulen in Berlin. Diese haben eine Checkkarten-gesicherte Zugangstür und innen eine ganz normale Schukosteckdose, wie man sie aus dem Haushalt kennt. Es liegen 240 Volt abgesichert mit 16 Ampere an. Die Vollbeladung des Akkus dauert bei der schwach abgesicherten Leitung noch mehrere Stunden. Man kann sich aber auch Konzepte vorstellen, bei denen die Aufladung in deutlich kürzerer Zeit vonstatten geht, etwa durch mehr Phasen oder höhere Stromstärken. Über ein Display werden die Ladedauer und der Preis angezeigt. Beim Smart sind es 20 kWh für 100 km. Umgerechnet auf einen Haushaltsstromtarif kostet eine Akkufüllung damit gut 4 Euro, ist also vom Treibstoff her deutlich billiger, als wenn man Benzin für 100 Kilometer tankt. Fahrzeugbesitzer können natürlich auch an der heimischen Steckdose laden.

Die Zapfsäulen des Feldversuchs werden vor allem an prominenten Orten aufgestellt, sodass beim Einkaufen, im Parkhaus oder am Arbeitsplatz geladen werden kann. Ein flächendeckendes Netz an Strom-Zapfsäulen ist allerdings nicht nur eine Frage von Ladepunkten, sondern auch von Abrechnungssystemen, im Gespräch ist etwa die Abrechnung per Handyrechnung oder über eine Identifizierung des Fahrzeugs per ID an der Säule und die Datenübertragung über das Stromnetz selbst oder über das Internet.

Längst sind auch andere Hersteller von Automobilen gemeinsam mit den großen Energieerzeugern dabei, die elektrische Zukunft der Mobilität vorzubereiten. In London läuft bereits seit 2007 ein ähnlicher Versuch und in Frankreich soll sogar schon 2011 landesweit eine funktionsfähige Infrastruktur an Stromtankstellen installiert sein. Hier treibt der staatlich dominierte Energiekonzern Électricité de France (EDF) die Entwicklung voran. EDF verfügt aus ihren vielen und kaum regelbaren Kernkraftwerken nachts über große Mengen an Grundlaststrom, die sie gerne als Treibstoff verkaufen würde.

Da Frankreich voraussichtlich als erstes großes europäisches Land über ein funktionsfähiges Tankstellensystem für Elektrofahrzeuge verfügen wird, ist es neben den kleinen Ländern Israel – mit seinem potenziell großen Solarstromangebot – und Dänemark – mit seinem hohen Anteil an Windstrom – als dritter Kandidat für die Einführung des Elektromietwagensystems »Project Better Place« des ehemaligen SAP-Vorstands Shai Agassi im Gespräch.

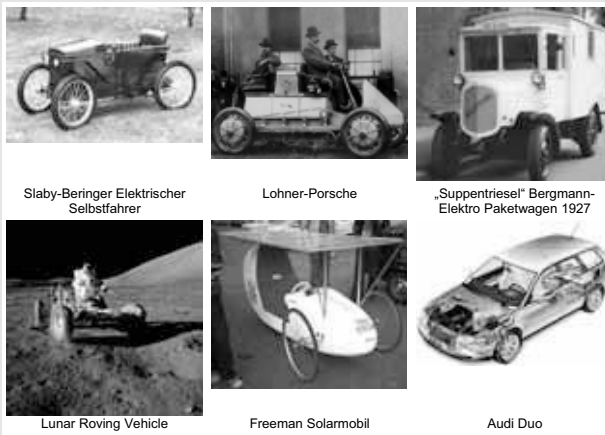
Akkugespeiste Elektrofahrzeuge rangieren in den Ankündigungen der Autobauer inzwischen ganz vorne, wenn es um die Zukunft des Individualverkehrs geht. Alle großen Hersteller und viele Newcomer kündigen an, in den neuen Markt einsteigen zu wollen. BMW führt, erstmal auslotend, was da kommen mag, eher konservativ einen Feldversuch mit Elektrofahrzeugen auf Basis des Mini durch. So ganz scheinen die großen deutschen Autobauer dem kommenden Elektroboom noch nicht zu trauen und setzen zurzeit eher noch auf die Hybridtechnik, in der Hoffnung, so die herkömmliche Fahrzeugpalette durch ein alternatives Antriebsmodul im Programm »zukunftsfähig« zu machen.

Mutiger geht Renault-Nissan voran. Mit der portugiesischen Regierung wurde ein Abkommen zur Förderung der emissionsfreien Mobilität in dem Land unterzeichnet. Ab 2011 sollen Serienfahrzeuge mit reinem Elektroantrieb vertrieben werden. Portugal ist für die Einführung einer Infrastruktur für Elektroautos besonders geeignet, weil es flächenmäßig klein ist und so Elektroautos von Beginn an nicht schwerpunktmäßig als Stadtfahrzeuge, sondern landesweit eingeführt werden können. Denn die Orte im Land werden mit aktuellen Akkutypen ohne Aufladestopp erreichbar sein.

## Praxis: Elektropolis

Um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert wurden die ersten Elektroautos entwickelt und in Serie gebaut. Das Deutsche Technikmuseum Berlin DTMB zeigt viele dieser Fahrzeuge in seiner Sammlung. Der »Elektrische Selbstfahrer« der Firma SLABY Behringer fuhr ab 1920 durch die Stadt. Der Akku wiegt knapp 60 Kilogramm und liegt unter der Motorhaube, der Motor selbst ist direkt unter dem Fahrersitz untergebracht. Mit einer Akkula- dung konnte man bis zu 60 Kilometer zurücklegen.

Schon damals waren Elektroautos leise, das Exemplar des Deutschen Technikmuse- ums war deshalb im Park des Buckingham Palace im Einsatz. Besonders beliebt waren Elektrofahrzeuge im kommunalen Verkehr als Post-, Müll- oder Warenautos. Die »Suppen- triesel« im DTMB, ein Reichspostauto, konnte mit seinen 1 mal 2 Meter großen Bleiakku 70 Kilometer zurücklegen. Die Fahrzeuge mussten nach Dienstschluss nicht stundenlang an die Steckdose zum Aufladen, vielmehr wurden leere Akkus kurzerhand gegen bereits geladene ausgetauscht.



Ein Konzept, das mit Shai Agassis Elektroautokonzept eine Renaissance mit moderner Ak- kutechnik erlebt. Als Lieferfahrzeuge hatten eigentlich alle großen Kaufhäuser wie Ka- DeWe und Wertheim schon in den 20er-Jahren Elektrofahrzeuge im Einsatz. Solche Mo- delle waren in der DDR bis in die 60er-Jahre, also teilweise 40 bis 50 Jahre, im Betrieb. Die Hybridtechnik wird heute als zukunftsweisend gefeiert, dabei gab es mit dem Audi Duo bereits 1991 ein Hybrid-Taxi auf den Straßen. Das »neuartige Zwei in Eins System«, wie es damals beworben wurde, hatte aber noch den Charakter eines Prototyps.

Der Wagen hatte zwei verschiedene Motoren, vorn unter der Motorhaube einen her- kömmlichen Dieselmotor und im Heck einen Elektromotor mit 52 km/h Spitzengeschwin- digkeit. Die Akkus waren in der Reserveradmulde untergebracht und wogen 330 kg. Die Idee hinter dem Auto war, dass Taxis in Ballungsgebieten lokal abgas- und lärmfrei fahren. Auf Überlandstraßen wurde dann der Dieselmotor eingeschaltet. Mit stimmiger Technik erlebt die Hybridtechnik gerade eine Renaissance.

Das wohl berühmteste Elektrofahrzeug, der Lunar Rover, ermöglichte den Astro- nauten des Apollo-Programms Ausfahrten auf unserem Erdtrabanten.

Ab Mitte der 70er-Jahre entdeckten dann Öko-Pioniere wie David Freeman die Elektromobilität für sich. Daraus entwickelte sich eine Bewegung, die bei international ausgetragenen Rallyes mit solar angetriebenen Fahrzeugen ganze Kontinente durchmisst und neben hohem Spaßfaktor das technisch Mögliche in Sachen Fahrzeugleichtbau, Elektroantrieb und Nutzung der Sonnenenergie auslotet.

Der Part der portugiesischen Regierung im Rahmen der Kooperation ist zu klären, welche Infrastruktur und Organisationen erforderlich sind, um ein landesweites Netz von Ladestationen aufzubauen und das Bewusstsein für Elektrofahrzeuge in der Bevölkerung zu schärfen. Renault-Nissan beginnt mit der Serienproduktion von Elektrofahrzeugen ab 2010 auch für den japanischen und den US-Markt.

Nissan hat schon Kleinserienerfahrung mit Elektrofahrzeugen. Im Jahr 2000 brachten sie in Japan die Elektrofahrzeuge Hypermini und 2005 dann den Pivo auf den japanischen Markt. Nissan ist übrigens wiederum der Kooperationspartner des US-Unternehmens Project Better Place, das seine Infrastruktur aus Elektrofahrzeugen und Akkuwechsel- und Ladestationen bis 2011 aufbauen will. Das Vermarktungsmodell ähnelt dabei einem Handyvertrag, bei dem man fürs Telefonieren bezahlt und das Handy geschenkt bekommt. Hier zahlt man fürs Fahren und bekommt das Elektroauto dazu. Elektrofahrzeuge erreichen schon jetzt Endenergie-Verbräuche von unter 10 kWh/100 km, entsprechend einem 1-Liter-Auto. Dies sind zum Beispiel Fahrzeuge mit Leichtbaukarosserie wie der Kewet aus Norwegen. Äußerst sparsam fährt das zweisitzige TWIKE, das weniger als 5 kWh pro 100 km verbraucht. Ähnlich wenig braucht der einsitzige CityEl.

Aber auch Fahrzeuge mit normaler Kleinwagenkarosserie wie der Citroën AX électrique verbrauchen weniger als 20 kWh/100 km. Einschließlich Lade- und Batterieverlusten verbraucht der Citroën AX électrique 15 kWh pro 100 km. Ähnliche Werte wie der Citroën AX erreichen auch viele 5-türigen und 4-sitzigen französischen Elektroautos wie der Peugeot 106 électrique und der Renault Clio électrique. Alltagstaugliche Straßenwagen wie diese setzen so schon heute den Standard »1-Liter-Auto« in die Praxis um. Selbst der Sportwagen Tesla Roadster hat einen Energieverbrauch von nur 11 kWh/100 km bei einer Reichweite von 400 Kilometern mit einer Batterieladung. Der Tesla Roadster nutzt Lithium-Akkus, die einen besonders guten Lade-Entlade-Wirkungsgrad aufweisen.

Elektrische Mobilität ist auch eine Effizienzstrategie, die Energieeinsparungen von mehr als Faktor vier gegenüber Autos mit Verbrennungsmotoren ermöglicht. So verbrauchen Pkws mit Elektroantrieb auch im Stadtverkehr typischerweise weniger als 20 kWh auf 100 km. Das entspricht dem

Energiegehalt von etwas mehr als zwei Litern Benzin. Voraussetzung ist allerdings, dass der Strom nicht aus thermischen, fossil betriebenen Kraftwerken stammt, sondern per Sonne, Wind und Wasser gewonnen wird.

Der Grund ist einfach: Bei der Stromerzeugung in Kraftwerken geht der größte Teil der im Brennstoff enthaltenen Energie als Abwärme verloren. In großen Kraftwerken kann das mehr zwei Drittel Verluste ausmachen. Anders sieht es bei hocheffizienten Erd- und Biogaskraftwerken aus, sie ermöglichen sehr viel höhere Wirkungsgrade, sodass hier die stationäre Verstromung sinnvoller sein kann. Denn die stationäre Verstromung von Brennstoffen erlaubt im Gegensatz zur Verbrennung im Fahrzeug die Nutzung der Abwärme und macht eine energieaufwändige Umwandlung von fester Biomasse in flüssige Biotreibstoffe überflüssig.

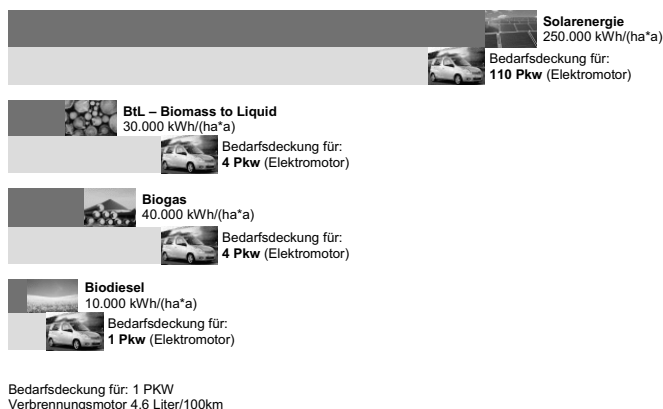
Zwar sind mittlerweile auch die Verbrennungsmotoren sehr effizient und es gibt viele Alltagsfahrzeuge, deren Verbrauch bei viereinhalb Litern pro 100 Kilometern oder darunter liegt. Doch sind trotz weiterer Bemühungen etwa um Leichtbau, Start-Stopp-Automatik oder optimierte Betriebsmodi keine so großen Effizienzsprünge mehr zu erwarten wie sie der Umstieg auf die Elektromobilität ermöglicht. Vergleicht man die Anzahl Fahrzeuge, welche von der Energiemenge, die auf einem Hektar Fläche »geerntet« werden kann, versorgt werden können, so ist die direkte Gewinnung von elektrischer Energie sehr viel ergiebiger als die Produktion von Biotreibstoffen.

Stromproduktion steht zudem nicht in Flächenkonkurrenz zum Ackerbau für Nahrungspflanzen und kann letztlich sogar flächenneutral auf bereits bebauten Grundstücken, Dächern und Fassaden erfolgen. Für den innerstädtischen Verkehr ist damit die Elektromobilität der Antrieb der Wahl. Biotreibstoffe können hier nur eine Übergangsstrategie sein. Da das Angebot an Biotreibstoffen immer begrenzt bleiben wird, sollten sie Anwendungen vorbehalten bleiben, die darauf angewiesen sind. Das sind insbesondere die Land- und Forstwirtschaft und der Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr.

### **Arbeitsteilung im Stromnetz**

Die regenerative Energieversorgung wird dezentral sein und sie wird zum großen Teil elektrische Energie liefern. Die Angebots- und Bedarfsschwankungen im Stromnetz müssen dabei ständig abgeglichen werden. Das intelligente Stromnetz der Zukunft wird daher auch ein Datenübertragungsnetz sein, das Prognosen und Informationen mit seinen Teilnehmern austauscht, das steuert und regelt. Teil dieses intelligenten Netzes werden die Elektrofahrzeuge sein, als »Smart Grid Vehicles«, deren Akkus nicht nur den eigenen Ladebedarf kennen, sondern als Zwischenspeicher mit dem Netz interagieren und kooperativ das Lastmanagement im Stromnetz unterstützen.

## Energieertrag und Bedarfsdeckung [Pkw/ha]



Die Elektrifizierung des Verkehrs ist auch eine Effizienzstrategie. Im Vergleich ein Kleinwagen (hier der »Yaris Verso«) mit einer jährlichen Fahrleistung von 15.000 Kilometern. Einmal mit Verbrennungsmotor und einem Verbrauch von 46 kWh/100 km und umgerüstet mit Elektromotor und einem Verbrauch von 15 kWh/100 km. Berechnet man nun, wie viel Energie als Biotreibstoff bzw. als Solarstrom pro Hektar Fläche zu gewinnen ist, zeigt sich, dass Solarenergie pro Fläche nicht nur den größten Energieertrag liefert, sondern auch die größte Anzahl von Pkws mit Energie versorgen kann.

Bild: M. Brake/Daten: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie

Zunächst sind diese Elektrofahrzeuge regelbare Verbraucher, die etwa per Preissignal bevorzugt dann Strom »tanken«, wenn er günstig angeboten wird. Smart Grid Vehicles können aber mehr als nur verbrauchen und Strom auch an das Netz zurückgeben. Viele Elektrofahrzeuge im ganzen Land können für einen dezentralen Lastausgleich sorgen und das Netz stabilisieren.

Diese Funktion, die heute noch von wenigen zentralen Speicher- und Regelkraftwerken übernommen wird, können in Zukunft die übers Land verteilten Ladeeinheiten der Elektrofahrzeuge übernehmen. Sie fungieren damit als Regelkraftwerke und stellen die notwendige Deckungsgleichheit von Angebot und Nachfrage her. Die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie hat errechnet, dass, wenn alle 45 Millionen Pkw in Deutschland Smart Grid Vehicles wären, sie mehrere Hundert Pumpspeicherkraftwerke ersetzen könnten – zurzeit in Betrieb sind in Deutschland nur 33.

Das Elektroauto bietet zudem zukünftig die effizienteste Verwertungskette von regenerativ erzeugtem Sonnen- und Windstrom, fast schon ein symbiotisches Ineinandergreifen der Funktionen im regenerativen Stromnetz. Dass Elektrofahrzeuge nach ihrer ersten Blüte vor fast 100 Jahren erst heute wieder ein Revival erleben, liegt daran, dass die Akkutechnik und die Informations-

technik jetzt leistungsfähig und flexibel genug sind, um große Reichweiten und Smart-Grid-Funktionen zu ermöglichen.

Beim Elektroauto kann man den CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch die Wahl des Stromversorgers selbst beeinflussen. Ein Fahrzeug mit 15 kWh Stromverbrauch unterschreitet schon beim durchschnittlichen Strommix mit seinem hohen Anteil an Strom aus Steinkohle den zukünftigen CO<sub>2</sub>-Grenzwert von 120 g/km. Die Entscheidung für einen Anbieter, der Strom aus anorganischen regenerativen Quellen liefert, ermöglicht nicht nur Emissionsfreiheit, sondern setzt einen Nachfrageimpuls für den weiteren Ausbau der regenerativen Erzeugerkapazitäten.



AC Propulsion Yaris Verso



Energy CS Plug-In Prius



Venturi Astrolab



Venturi Feticch



DaimlerChrysler Sprinter 311 Hybrid



Venturi Eclectic

Nutzwert und Spaßfaktor mit neuen Antrieben. Der »Yaris Verso« AC Propulsion, ein auf Elektroantrieb umgerüstetes Familienfahrzeug, fährt bis 145 km/h schnell und 300 km weit. Der Wegbereiter des aktuellen Hybridbooms, der Prius, hier als EnergyCS Plug-in-Hybrid mit einem größeren Akku ausgestattet. Der Venturi Astrolab hat seine Solaranlage gleich an Bord, er erreicht 120 km/h und kann mit einer Akkuladung 110 km weit fahren. Das Cabrio Venturi Feticch ist im Gegensatz zum Serienfahrzeug Tesla Roadster ein limitiertes Modell. Den Transporter DaimlerChrysler Sprinter 311 gibt es auch als Hybrid, der zum Beispiel in Umweltzonen rein elektrisch 30 km fährt. Der Venturi Eclectic ist eine Studie für Stadtautos, er fährt 50 km/h schnell und 50 km weit.

Zusammenstellung: M. Brake

In den nächsten Jahren kommt es insbesondere auf die richtigen Rahmenbedingungen an, um die Infrastruktur für die Mobilität im regenerativen Zeitalter aufzubauen. Denn Elektromobilität und die Erzeugung regenerativer Elektrizität funktionieren am besten als Teile desselben Smart Grid. Deshalb kann eine Ausbaustrategie für die regenerative Energieversorgung und den weiteren Netzausbau am besten zusammen mit einem Ausbau der Elektromobilität gelingen.

Es spricht keineswegs nur der offenkundige Ölschwund für die Elektrifizierung der Autowelt. Seit dem vergangenen Jahr leben weltweit erstmals mehr Menschen in Städten als auf dem Land. Und obwohl Städte nur etwa zwei Prozent des Festlands bedecken, sind sie für rund 80 Prozent des globalen Ausstoßes an Treibhausgasen verantwortlich. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Wachstum der Megacitys, den Metropolen mit mehr als zehn Millionen Einwohnern.

Vor allem in Asien wachsen die gigantischen Stadtkomplexe schier unaufhaltsam, hier befinden sich 20 der 30 größten Städte auf dem Globus. Tokio ist derzeit mit 33,4 Millionen Einwohnern der größte Ballungsraum. Um Verkehr in solchen Regionen zu bewältigen, sind abgasarme und nachhaltige Verkehrssysteme gefragt.

#### **Elektroantrieb: Pros und Cons**

Der Elektroantrieb ist dem Antrieb über einen Verbrennungsmotor in vielen Eigenschaften überlegen. Dazu zählen beispielsweise die lokale Emissionsfreiheit, der geringe Energieverbrauch, der einfachere Aufbau des Antriebsstrangs, die geringere Geräusentwicklung. Der Elektromotor selbst ist günstiger als ein vergleichbar starker Verbrennungsmotor. Auch das teure mehrstufige Getriebe fällt vollständig weg. Elektromotoren sind einfacher aufgebaut und besitzen erheblich weniger bewegliche Teile als Verbrennungsmotoren. Ölwechsel sind nicht notwendig. Elektrisch betriebene Kraftfahrzeuge arbeiten, was den Antriebsteil angeht, in der Regel sehr wartungsarm.

Elektromotoren besitzen einen sehr hohen Wirkungsgrad und haben daher weniger Energieverluste als konventionelle Antriebe mit Verbrennungsmotoren. Das wirkt sich insbesondere bei einer Teilbelastung aus, hier ist der Wirkungsgradunterschied im Vergleich zum Verbrennungsmotor besonders hoch. Da Automobile im Stadtverkehr fast immer mit Teillast fahren, eignen sich besonders hierfür Elektroantriebe. Elektrofahrzeuge besitzen häufig die Fähigkeit, beim Bremsen durch Nutzbremmung einen Teil der Antriebsenergie zurückzugewinnen.



Elektromotoren stellen im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren über einen weiten Drehzahlbereich ein gleichmäßiges Drehmoment stufenlos zur Verfügung, sodass weder ein manuell betätigtes Schaltgetriebe noch ein Automatikgetriebe oder eine Kupplung erforderlich sind. Nachteilig ist jedoch die Temperaturabhängigkeit und damit schwankende Leistungsfähigkeit der meisten Akkumulatortypen. Im Vergleich mit konventionellen Automobilen können Elektrofahrzeuge mit den heutigen Energiespeichern auch noch keine vergleichbare Energiemenge mit sich führen, sodass ihre Reichweite geringer ist.

Ein ganz anderer Effekt ergibt sich durch den hohen Wirkungsgrad des Antriebs: Die Abwärme des Elektromotors ist gegenüber derjenigen eines Verbrennungsmotors verschwindend gering. Für die Klimatisierung sind damit Zusatzgeräte notwendig, die einen nicht unerheblichen Energiebedarf haben können. Diese Energie muss ebenfalls mitgeführt werden.

### **Strom ist nicht gleich Strom**

Damit ein Elektroauto nicht nur lokal sauberer, sondern auch insgesamt ökologischer fährt, muss der Strom aus regenerativen Quellen stammen. Nach Berechnungen des Instituts für Energie- und Umweltforschung (Ifeu) und des Wuppertal-Instituts würde der Stromverbrauch bei 1 Million Voll-Elektrofahrzeugen lediglich um 1/300 des gesamtdeutschen Stromverbrauchs steigen. Dieser Strombedarf muss aus regenerativen Energieträgern stammen, will man mit Elektroautos ihr ganzes Effizienzpotenzial ausschöpfen.

Moderne Steinkohlekraftwerke emittieren pro kWh erzeugten Strom ungefähr 770 bis 840g CO<sub>2</sub>. Legt man den Verbrauch eines durchschnittlichen Elektro-Pkws mit 20 kWh/100 km zugrunde, lägen die Treibhausgas-Emissionen eines Elektrofahrzeugs mit angenommener Steinkohlestrom-Aufladung gleich hoch wie die eines 5- bis 6-Liter-Benziners. Angetrieben mit Strom aus Windkraft oder Sonnenenergie liegen sie bei 0g CO<sub>2</sub>. Durch den Einsatz in Elektro-Pkws können erneuerbare Energien also ähnliche Treibhausgas-Minderungen erzielen wie bei einer direkten Einspeisung ins Stromnetz. Die Umweltfreundlichkeit von Elektroautos hängt dabei in erster Linie von der Umweltfreundlichkeit der Erzeugung des benötigten Stroms ab.

Dem Elektroauto genügt für 100 Kilometer Fahrt Strom im Wert von etwa 4 bis 5 Euro. Aber Elektrofahrzeuge sind trotzdem immer noch um einiges teurer als vergleichbare konventionelle Fahrzeuge. Kostspielig ist nicht der Elektroantrieb an sich, der Preistreiber sind nur die Fahrzeug-Akkus, sie kosten noch mehr als 400 Euro je Kilowattstunde Kapazität.

Um einen Kleinwagen 100 Kilometer rein elektrisch zu bewegen, sind etwa 20 Kilowattstunden Akkukapazität erforderlich. Doch der Preis für die Akkus wird mit fortschreitender Massenfertigung rapide sinken. Entwickler

halten eine Halbierung der Akkupreise innerhalb der nächsten zwei Jahre für realistisch. Damit der Akkupreis kein Hemmschuh für die Einführung der Elektromobilität wird, sind auch schon Leasingmodelle in der Diskussion, der Akku muss dann nicht mehr gekauft werden und die Abrechnung kann über den Treibstoffverbrauch oder die gefahrenen Kilometer erfolgen.

Prinzipiell können die meisten Elektroautos an jeder Steckdose aufgeladen werden. Das Netz von öffentlich zugänglichen Akkuladestellen für Elektrofahrzeuge ist jedoch noch dünn und lange Ladezeiten der Akkumulatoren erfordern bei längeren Reisen Planung im Voraus. Im Internet informiert das LEM-(Leicht-Elektro-Mobil-)Net über Stromtankstellen in Europa. Ein Beispiel für ein bereits eingeführtes Netz von Stromtankstellen ist auch das Park&Charge-System. Es stammt ursprünglich aus der Schweiz und ist über einen europaweit einheitlichen Schlüssel zugänglich.

Zukünftige Stromtankstellennetze werden mehr Komfort aufweisen und die Daten etwa zur Identifikation des Autos und zur getankten Strommenge abrechnen können. Sollte sich zusätzlich das Vehicle-to-Grid-System durchsetzen, bei dem Elektrofahrzeuge Strom sowohl speichern als auch abgeben (»verkaufen«), sind entsprechend komplexe Kommunikationsströme zu verarbeiten, was noch einige Entwicklungsarbeit der Informatiker erfordert.



Tesla Roadster



iMiev



Smart Fortwo Elektro



Think



Up!



Greeny

Die Elektrischen kommen. Der Tesla Roadster machte das elektrische Fahren medienwirksam und sexy. Der Technikwechsel bietet auch neuen Herstellern einen Einstieg in den Markt, etwa mit dem Think aus Norwegen oder dem indischen Greeny. Aber auch die großen Autohersteller wollen auf der Welle, die sich da entwickelt, mitsurfen. Mercedes kündigt einen Elektro-Smart an. Mitsubishi nennt seinen kommenden Elektromini i-Miev, VW wird seinen up! auf die Straße schicken.

Zusammenstellung: M. Brake

### **Praxis: Kalifornien Vorreiter in den USA**

California Dreaming – bereits Realität. Während in Europa, speziell Deutschland, die Autoindustrie als Staatsangelegenheit betrachtet wird, nehmen in Kalifornien die Unternehmer das Heft in die Hand. Elektromobilität gilt im »SunState« als das Geschäftsmodell der Zukunft. Tesla Motors aus San Carlos im Silicon Valley präsentierte 2006 medienwirksam den Tesla Roadster, einen vollständig elektrisch betriebenen zweiseitigen Sportwagen, der gut aussieht und mit imposanten technischen Daten für Aufmerksamkeit sorgt, seit 2008 ist er Serienmodell.

Die Beschleunigung entspricht der eines Motorrads. Wenn es drauf ankommt, schafft es der Wagen mit seinem 185-kW-Motor im Heck in vier Sekunden von null auf hundert. Schneller beschleunigt kein anderes Serienfahrzeug. Sobald man bremst, fungiert der Elektromotor als Generator und lädt den Akku auf. Dieser besteht aus mehr als 6000 zusammengeschalteten Handyakkus. Über dreihundert Kilometer schafft der Sportwagen mit einer Akkuladung – bei gemäßigter Fahrweise. Für die allermeisten Fahrten also mehr als genug.

Getankt wird – so die Vision – nachts in der Garage, wenn Kaliforniens Windparks reichlich billigen Strom liefern, den sonst keiner braucht. Zurzeit sind bereits 2,4 Millionen kW Windkraft allein in Kalifornien am Netz. Das macht die Tankfüllung preiswerter als bei Benzinschluckern. Ab 2011 will Tesla Motors eine familienfreundliche Limousine auf den Markt bringen. Der Tesla ist nicht gerade der Inbegriff eines ökologischen Fahrzeugs, aber er bringt den Elektroautos die nötige Aufmerksamkeit und Attraktivität.

Coulomb Technologies wiederum ist ein kalifornisches Start-up-Unternehmen, das den Umstieg auf Elektroautos erleichtert. Das Unternehmen installiert öffentliche Zapfsäulen für Strom. Denn auch in Kalifornien besitzt nicht jeder eine eigene Garage. Es ist wie beim Henne-Ei-Problem, jemand, der keine Garage hat, um sein Elektroauto nachts zu laden, wird es sich nicht kaufen, aber wieso sollte jemand Stromzapfsäulen aufstellen, wenn er damit kein Geld verdienen kann, weil es noch zu wenig Elektroautos gibt. Richard Lowenthal, Gründer und Chef von Coulomb Technologies, hat gerade dies als Geschäftsmodell entdeckt.

Er will das scheinbare Dilemma lösen, indem er ein Netzwerk intelligenter Ladestationen aufbaut und das Abrechnungssystem gleich mitliefert. Die Stadt San José machte den Anfang, seit Ende 2008 werden dort Ladestationen in Laternenmasten installiert. Wer Strom braucht, parkt daneben und stöpselt seinen Wagen ein paar Stunden lang ein. Coulomb Technologies nennt sein Produkt »ChargePoint Network«. Autofahrer sind dabei Stromvertragskunden, das Abrechnungsmodell basiert auf einer Identifizierung per RFID-Schlüssel.

### **Förderung der Elektromobilität**

Der Fachausschuss Solare Mobilität der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie schlägt Fördermaßnahmen zur schnellen Markteinführung von elektrischen Fahrzeugen vor. Es brauche in erster Linie nicht finanzieller Förderprogramme oder kurzfristiger Anreize, sondern vor allem klare Rahmenbedingungen. Denn selbst wenn die Regierung im Rahmen weiterer Klimaschutzprogramme Forschungsgelder für Akkutechnik und elektrische