Der Traum von der elektrischen Mo

Das kann doch nicht so schwer sein: Man ersetze den Verbrennungsmotor im Auto durch einen Elektromotor, den Tank durch einen Akku und lade diesen mit grünem Strom aus der Steckdose auf – schon befinden wir uns im postfossilen Zeitalter mit gewohntem Mobilitätskomfort. Es gibt viele kleine und große Hindernisse auf dem Weg zum batteriebetriebenen Auto (siehe „Hab' mein Wagen vollgeladen" auf Seite 59). Aber angenommen, alle technischen Probleme wie das der Speicherung elektrischer Energie sind gelöst: Wäre das Klima damit gerettet?

Das Kernproblem ist, dass der Fahrstrom für die Autos ja irgendwoher kommen muss. Kernkraft will man nicht, Fusionskraft gibt es noch nicht. Und die Kohle ist es ja gerade, die von allen Energieträgern am meisten Treibhausgas freisetzt – jedenfalls solange eine CO_2-Abscheidung mit anschließender Speicherung nicht möglich ist. Die klassisch grüne Forderung lautet daher: Strom für Elektroautos soll aus regenerativen Energien gewonnen werden! Aber hier geht ein Riss durch die Gemeinde. Den einen scheint es logisch: Windrad und Elektromobil ersetzen die Spritschlucker. Die Bundesregierung denkt da lebenspraktischer, gleichwohl ist ihr Ziel, bis zum Jahre 2020 den Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien auf 30 Prozent anzuheben, ambitioniert. Sie belastet alle Stromkunden, die mit jeder verbrauchten Kilowattstunde die Einspeisevergütung von grünem Strom bezahlen müssen. Wer Rad fährt, würde damit, sobald er sein Bügeleisen einschaltet, seinen Elektro-Pkw fahrenden Nachbarn sponsern. Allerdings handelt es sich langfristig um ein Auslaufproblem, da grüner Strom immer billiger wird. Offshore-Windstrom wird im Jahr 2020 bereits ebenso teuer wie Strom aus Steinkohlekraftwerken sein, so die Prognose der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik in München. Nur Strom aus Braunkohle bleibt wegen reichlicher Verfügbarkeit im Vergleich billig.

Trotzdem wäre erst einmal zu fragen, ob man für die angestrebten Emissionsreduktionen überhaupt Elektroautos braucht oder ob sie sich nicht auch durch Optimierung herkömmlicher Verbrennungsmotoren erzielen lassen. Im Blickpunkt steht hier der sogenannte Tank-to-Wheel-Wirkungsgrad (TTW). Er gibt an, wie viel der Energie im Kraftstofftank in Vortriebsenergie am Rad („Wheel") umgesetzt wird. Bei Benzinmotoren liegt der TTW im Straßenverkehr bei 18 Prozent, bei Dieselmotoren bei 20 Prozent – bezogen auf die bestehende Pkw-Flotte, die im Mittel über acht Jahre alt ist.

Die Wirkungsgrade

Heute zugelassene Pkw – darunter bereits Elektrohybride – sind deutlich effektiver. Lino Guzzella von der ETH Zürich ist auf die Reduktion des Verbrauchs und der Schadstoffemissionen von Antriebssystemen spezialisiert. Er schätzt das Potential zur Verbesserung des TTW auf 24 Prozent für Benzin- und 26 Prozent für Diesel-Pkw, inklusive des Effekts durch Hybridtechnik. Es gibt große Anreize für die Autobauer, dieses Potential zügig zu erschließen, weil die EU das Überschreiten eines Grenzwertes an CO_2-Ausstoß pro Pkw-Kilometer mit Strafzahlungen für die Hersteller sanktionieren wird.

Auf dem Weg von der Ölquelle in den Autotank geht für Förderung, Raffinierung und Transport ein weiterer Teil der Energie als sogenannte „Vorkette" verloren. Der Gesamtwirkungsgrad „Well-to-Wheel – WTW" von der Lagerstätte („Well") bis zum Rad („Wheel") wird sich daher künftig bei zirka 20 Prozent (Benzin) oder 23 Prozent (Diesel) bewegen.

Dem Tank-to-Wheel-Wirkungsgrad (TTW) entspricht beim Elektroauto der Wirkungsgrad von der Steckdose in der Garage bis zum mechanischen Vortrieb. Er ist recht hoch. Rund 80 Prozent der Energie aus der Steckdose sollen über einen Lithium-Ionen-Akku am Ende beim Elektromotor ankommen. 20 Prozent gehen beim Laden und Entladen verloren. Weitere Verluste entstehen durch Selbstentladung des Akkus. Ein paar Prozent Verlust fallen noch im Elektromotor selbst an. Der Gesamtwirkungsgrad TTW könnte bei zirka 75 Prozent liegen, aber dieser Wert bleibt unsicher.

Ein hoher Wirkungsgrad des Antriebs ist aber erst die halbe Miete. Zunächst muss aus der Primärenergie Ladestrom werden. Beim derzeitigen deutschen Energie-Mix zur Stromerzeugung wandeln die Kraftwerke 38 Prozent der Primärenergie in Elektrizität um. Durch Verluste bei Umspannung und Verteilung des Stroms, bei Förderung und Transport der Energieträger ergibt sich ein Wirkungsgrad vom Bohrloch oder Bergwerk bis zur Steckdose von 33 Prozent.

Nun muss aber jeder Mehrverbrauch an Strom für Elektroautos immer mit anderen Zahlen gerechnet werden. Der Durchschnitt, der Energie-Mix, zählt hier nicht. Strom aus Kernkraftwerken oder aus Wasserkraft ist in Deutschland eine feste Größe – kein Ausbau möglich und geplant. Strom aus Wind und Biomasse wird auf viele Jahre hin eine begrenzte Ressource sein, die nur mit Einspeisevergütung auszuweiten ist. Wenn für Elektroautos darüber hinaus Strom gebraucht wird, so wird er aus fossilen Kraftwerken kommen. Eine Ökobilanz, die das berücksichtigt, nennt man eine Zuwachsbetrachtung und wird auch vom Umweltbundesamt gefordert.

Im schlimmsten Fall stammt der Strom für die Elektroautos aus alten fossilen Kraftwerken mit schlechten Wirkungsgraden. Moderne Erdgas-Dampf-Kraftwerke haben dagegen einen Wirkungsgrad ab Lagerstätte von 50 Prozent, moderne Kohlekraftwerke von rund 40 Prozent. Zusammen mit dem Wirkungsgrad ab Steckdose des E-Pkw von 75 Prozent ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von 30 Prozent für moderne Kohle- und von 38 Prozent für Erdgas-Dampf-Kraftwerke.

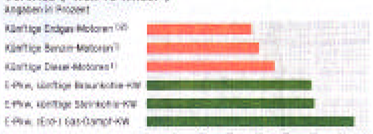
Der Effizienzvergleich

Trotzdem kann man an den Elektroautos noch herummäkeln: etwa weil sie systembedingt schwerer sind als Verbrennungsfahrzeuge und im Winter eine fossile Zusatzheizung benötigen. Für die Elektroautos spricht dagegen die Möglichkeit, sie vorrangig im Nahverkehr einzusetzen, wo sie ihre Effizienzvorteile im Stop-and-go-Verkehr ausspielen können. Zudem kann der Wirkungsgrad moderner Kraftwerke noch durch Wärme-Kraft-Kopplung erhöht werden, wenn mit der Abwärme Gebäude und Schwimmbäder geheizt werden.

Egal, wie schön oder schlecht man sich das Elektroauto rechnet: seine Ausnutzung der Primärenergie ist erheblich besser als beim zukünftigen energiesparsamen konventionellen Pkw – allerdings nur, sofern für die fossile Stromerzeugung modernste Kraftwerkstechnik eingesetzt wird. Wenn Strom fürs Auto nur aus länger laufenden Bestandskraftwerken bezogen wird, schwindet der Vorteil dahin. Groß ist der Vorteil des Elektro-Pkw bei dezentralen Gas-Dampf-Anlagen. Noch überzeugender wäre das Ergebnis für den Elektro-Pkw, wenn die Verstromung in Verbindung mit Wärme-Kraft-Kopplung erfolgte. Aber diese Potentiale werden nicht einmal im Status quo genutzt. Dazu bräuchten wir eine ganz andere Energiepolitik, die dezentral angelegt ist.

Wirkungsgrade von der Lagerstätte bis zum mechanischen Vortrieb ("Well To Wheel")

Angaben in Prozent



Elektroautos nutzen fossile Primärenergie besser aus – *aber nur, wenn der Strom dafür aus High-Tech-Kraftwerken kommt.*

Die Klimabilanz

Wie sieht nun die Klimabilanz aus? Sie ist in der Grafik rechts („Treibhausgas-Emissionen ...") zusammengefasst. Das Ergebnis ist allenfalls akzeptabel für E-Pkw, die ihren Strom aus künftigen High-Tech-Kohlekraftwerken beziehen. Viel besser wären Erdgas-Dampf-Kraftwerke. Damit versorgte E-Autos wären nicht nur Benzinern oder Dieselfahrzeugen überlegen, sondern auch Autos, die Erdgas direkt in ihren Motoren verbrennen. Deren „Tank-to-Wheel"-Wirkungsgrad liegt wegen der Verbrennungseigenschaften von Methan auch künftig zirka zwei Prozentpunkte unter dem von Benzinmotoren.

In Kraftwerken dagegen erreicht Erdgas einen beachtlichen Wirkungsgrad und verbrennt wegen seines hohen Wasserstoffanteils viel klimafreundlicher als Kohle. Doch Erdgas ist eine Ressource, deren Anteil Deutschland nicht beliebig erhöhen kann. Mehr als die Hälfte aller derzeit wirtschaftlich nutzbaren Vorkommen verteilen sich auf nur drei Länder, nämlich Russland (26 Prozent), Iran (15 Prozent) und Qatar (14 Prozent). Es geht nicht nur um Querelen, wie jüngst zwischen Russland und der Ukraine, sondern auch um das Risiko der Abhängigkeit von wenigen Förderstaaten bis hin zur Gefährdung der Pipelines durch kriegerische Konflikte. Deutschland verfügt nicht wie Japan über die Infrastruktur, um Erdgas mit Gastankern aus aller Welt zu importieren. Aber gehen wir einmal davon aus, es gäbe einen Konsens darüber, wie groß der Erdgasanteil aufgrund des Versorgungsrisikos maximal sein darf. Dann wird in einer Zuwachsbetrachtung die Strommenge, die wir zusätzlich für elektrische Mobilität benötigen, wiederum aus anderen Primärenergieträgern gespeist werden müssen. Es besteht die Gefahr, dass es letztlich Kohle sein wird.

Umweltschützer hoffen darauf, dass Elektro-Pkw nur unter der Bedingung auf den Markt kommen, dass der durch sie verursachte zusätzliche Strombedarf durch zusätzliche grüne Energiequellen bereitgestellt wird. Die Betreiber fossiler Kraftwerke haben dagegen anderes im Sinn, nämlich ihre nicht genutzten Kraftwerkskapazitäten in der Nacht zu vermarkten, statt sie herunterzufahren. Axel Friedrich, früherer Abteilungsleiter für Verkehr beim Umweltbundesamt und heute freier Berater für Verkehrsfragen, spricht bei dieser Elektroauto-Vision vom „Nachtspeicherofen auf Rädern".

Nachtspeicherofen auf Rädern

Für Nachtspeicheröfen warben die Versorger in den sechziger Jahren. Sie rechnen sich vor allem bei Braunkohlekraftwerken, die nachts heruntergefahren werden müssen, wenn zu wenig Strom nachgefragt wird. Laufen sie aber nachts durch, dann ist der dadurch zusätzlich produzierte Strom besonders billig, weil Braunkohle billig ist und das Herauf- und Herunterfahren den Wirkungsgrad schmälert. Bei der teuren Steinkohle sind diese sogenannten Grenzkosten viel höher. Das Werben für Speicheröfen war schließlich so erfolgreich, dass Nachtstrom durch steigende Nachfrage teurer wurde. Viele Bauern, die ihre Schweineställe mit Nachtstrom heizten, gerieten deshalb in Schwierigkeiten.

Dabei ist Nachtstrom für Heizzwecke ein Frevel. Zunächst gehen im Kraftwerk 70 Prozent der Primärenergie verloren, und dann wird die hochwertige Elektrizität in die niederwertigste Energieform „Raumwärme" umgewandelt. Das ist etwa so sinnvoll wie die Gewinnung von Waschwasser durch Destillation französischen Rotweins. Nur Heizen mit Batteriestrom ist noch schlimmer.

„Elektrofahrzeuge mit Netzanschluss können hervorragend Nachtspeicheröfen substituieren", sagt Martin Wietschel, Projektleiter für Energiepolitik und Energiesysteme des Fraunhofer-Instituts in Karlsruhe. E-Pkw mit Braunkohle-Nachtstrom zu fahren ist gewiss vernünftiger, als damit Schweineställe zu heizen. Aber Axel Friedrich hat eben auch recht: Die Elektromobilität soll mit Nachtstrom der Braunkohlekraftwerke gespeist werden, dem Strom mit der schlechtesten CO_2-Bilanz – nicht etwa aus zusätzlich produziertem grünen Strom, wie häufig suggeriert wird.

Überhaupt wird der CO_2-Ausstoß des E-Pkw in den Verlautbarungen derer, die ihn als Zukunft entdeckt haben, viel geringer dargestellt, als er tatsächlich ist. Ein Trick ist der Effizienz-Vergleich zukünftiger Elektroautos mit heute produzierten Pkw – oder gar dem heutigen Bestand konventioneller Pkw, der im Mittel mehr als acht Jahre alt ist. Der Vergleich muss aber zu Benzin- und Dieselfahrzeugen gezogen werden, die in etwa zehn Jahren auf den Markt kommen. Ein anderer Ansatz, die Klimabilanz des Elektroautos zu schönen, ist der Verzicht auf die Zuwachsbetrachtung beim Strom-Mix: Stillschweigend werden für den zusätzlichen Elektroauto-Strom zusätzliche CO_2-freie Quellen angenommen – oder es wird auf den europäischen Strom-Mix zurückgegriffen, dessen fossiler Anteil geringer ist als der von Deutschland.

Chance zum „Downsizing"

Zugegeben, die Zuwachsbetrachtung ist vertrackt, aber sie verhindert, dass etwa die geplante Menge aus grünem Strom mehrfach verrechnet wird. Im Extremfall führt das zu der Vorstellung, für ein klimafreundlicheres Automobilwesen müsste sich außer der Antriebstechnik eigentlich gar nichts ändern – insbesondere nicht an der ungebremsten PS-Protzerei.

Doch das Elektroauto könnte den Abschied vom kraftstrotzenden Pkw einleiten. Selbst bei geringer Motorisierung des E-Autos ist die Beschleunigung exzellent. Bei Höchstgeschwindigkeit fehlt das laute Motorengeräusch, und wenn immer

Foto Dieter Rüchel