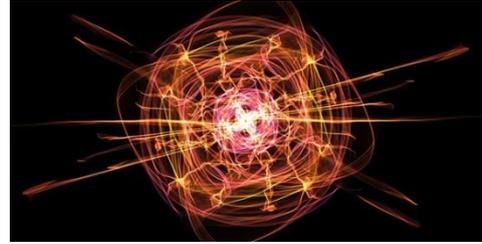


09. Januar 2017

Dr. Björn Peters, Ressortleiter Energiepolitik beim DAV



Speicher für die Elektromobilität

– schon marktreif?

Gerade einmal 25.502 reine Elektroautos fuhren laut Kraftfahrt-Bundesamt zum Jahreswechsel auf deutschen Straßen, hinzu kamen 130.365 Pkw mit Hybridantrieb. Angesichts von über 45 Millionen Pkw auf deutschen Straßen und großzügiger steuerlicher Förderung ist das noch nicht einmal eine Nichtigkeit. Gleichzeitig kommen aus der Politik Forderungen, schon in weniger als 15 Jahren keine Neufahrzeuge mit Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen. Was sind eigentlich die Voraussetzungen dafür, dass Elektrofahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren so viel vorteilhafter wären, dass sie sich auch ohne Subventionen am Markt durchsetzen?

Elektroautos beschleunigen schneller, sind leiser, während der Fahrt emissionslos und erlauben freiere Gestaltung der Karosserie, da man beim Design weniger Rücksicht auf Luftwege zur Beatmung eines Verbrennungsmotors nehmen muss. Sie bestehen aus deutlich weniger Teilen und sind wie geschaffen, um autonomes Fahren zu ermöglichen. Dass sich Elektroautos dennoch bisher nicht durchsetzen, liegt im Wesentlichen an drei Faktoren:

- der hohe **Kaufpreis**,
- die unzureichende **Lade-Infrastruktur** und
- die **Batterien** selbst.

Die beste heute verfügbare Speichertechnik sind Lithium-Ionen-Akkus. Diese sind leider noch recht teuer und schwer. Bei rund 500 Euro pro Kilowattstunde (EUR/kWh) an Speicher kosten alleine die Batterien beispielsweise eines Tesla über 40.000 Euro. Da sie mit über 700 kg auch noch extrem schwer sind, muss am restlichen Fahrzeug mit modernsten Leichtbau-Materialien Gewicht an anderer Stelle eingespart werden, was zusätzlich Kosten verursacht. Aber da erwartet wird, dass sich die Produktionskosten für Batterien über die nächsten 10 bis 20 Jahre auf bis zu 100 EUR/kWh senken lassen, werden Elektroautos vermutlich günstiger werden.

Schwieriger wird es mit der Ladeinfrastruktur. Es gibt in Deutschland etwa so viele Wohnungen (40 Mio., davon ca. 12 Mio. Einfamilienhäuser und knapp 4 Mio. Mehrfamilienhäuser) wie Pkw (45 Mio.). Wenn jeder Pkw elektrisch wäre, müsste man für jedes Fahrzeug eine entsprechende Steckdose zum Aufladen der Batterien haben. Nun werden zwar Haushalte typischerweise mit einer Leitung angeschlossen, die eine Leistungsabnahme von 11 kW ermöglicht – ausreichend für ein relativ zügiges Aufladen von Autobatterien. Da der Durchschnittsverbrauch von Haushalten aber nur in der Größenordnung von 0,5 kW liegt, würde das lokale Verteilnetz zusammenbrechen, wenn ein Dutzend Elektroautos gleichzeitig in einer Straße aufgeladen würden.

Wenn beispielsweise in einer Straße zwei Anwohner bereits eine Schnellladestation für ihr Elektroauto installiert haben, und ein dritter stellt den gleichen Antrag, dann kann es passieren, dass genau mit diesem dritten Schnelllader die Kapazität der in der Straße liegenden Stromleitung überschritten wird. Kann der Stromversorger dem dritten Anwohner nun versagen, was er den ersten beiden gewährt hat? Wer soll die Kosten tragen für das Aufrüsten der Stromleitung, der dritte Anwohner, alle drei oder gar alle Anwohner der Straße, obwohl sie manche gar kein Elektroauto fahren? Wenn schon in einer Villengegend die Stromleitungen für ein paar wenige Schnellladestationen nicht ausreichen, wie sieht es dann in Ballungsgebieten aus, wo die meisten Menschen wohnen und in einer Straße hunderte Autos parken? Antworten auf diese Fragen sind noch nicht im Ansatz geklärt, und es kommt sowohl auf Gesetzgeber als auch auf Energieversorger noch viel Arbeit zu.

Das größte Manko von Elektrofahrzeugen sind aber die heutigen Batterien. Eigentlich sollten sie weder teuer noch schwer sein. Sie sollten bei einem Unfall oder Brand keine Gefahr darstellen, und sie sollten

ihre Leistung beim Beschleunigen schnell zur Verfügung stellen. Ihr Wirkungsgrad sollte deutlich über 90% liegen, damit die Abwärme nicht allzu große Probleme bereitet. Dabei sollten sie viele Jahre halten – mindestens das Durchschnittsalter heutiger Pkw in Deutschland von neun Jahren – und viele Ladezyklen ermöglichen. Und sie sollten aus Materialien gebaut werden, die möglichst häufig in der Erdkruste vorkommen und ohne gravierende Umweltschäden gewonnen werden können, damit mehrere Milliarden Elektroautos weltweit damit ausgestattet werden können.

Vergleicht man diesen Anforderungskatalog mit der heutigen Lithium-Ionen-Technologie, die als einzige als marktreif bezeichnet werden kann, fällt eine Lücke in mehrerer Hinsicht auf. Zwar können Lithium-Akkus kurzfristig größere Leistungen abgeben und beim Bremsen wieder aufnehmen, und sie haben auch mit den höchsten Wirkungsgrad aller Akku-Technologien. Spontane Überhitzung mit Selbstentzündung der Akkus tritt sehr selten auf. Allerdings sind sie dennoch buchstäblich brandgefährlich, weil Lithium hochreaktiv ist, und bei einem Pkw-Unfall mit einem Elektrofahrzeug halten Feuerwehrlente so lange **Abstand, bis ein einmal entzündetes Fahrzeug komplett ausgebrannt ist**, um sich nicht zu gefährden. Gerade im Kontakt mit Wasser ist reines Lithium hochentzündlich. Außerdem ist der Energiegehalt von Lithium-Ionen-Akkus etwa 100 Mal niedriger als der von Kraftstoff, und **es ist auch nicht absehbar, ob einige hundert Millionen Tonnen an Lithium zu verträglichen Kosten und ohne große Umweltschäden abgebaut werden können**. Die bisher bekannten Lithium-Lagerstätten sind mindestens um einen Faktor zehn zu klein, um weltweit alle Fahrzeuge auf Elektroantrieb umzustellen, zumal in vielen Ländern der Welt die Anzahl an Pkw pro Einwohner noch stark wächst. In der Summe sind die Nachteile von Lithium-basierten Akkusystemen heute noch so groß, dass die meisten Pkw-Käufer vor dem Erwerb eines Elektroautos zurückschrecken.

Zeit also, sich auf die Suche nach Batterie-Technologien zu machen, die den Anforderungskatalog für Elektromobilität besser erfüllen und den Elektroautos zum Durchbruch zu verhelfen. Letzte Woche hatte ich die Gelegenheit, mit einem der führenden Batterieforscher Deutschlands zu sprechen: Prof. Rüdiger Eichel leitet am Forschungszentrum Jülich das Institut für Energie- und Klimaforschung / Grundlagen der Elektrochemie.

Zunächst einmal suchen die Forscher nach deutlich leichteren Batterietechnologien. Ziel ist, dass die Batterien einige Megajoule (MJ, eine Energieeinheit; 3,6 MJ entsprechen einer Kilowattstunde) pro Kilogramm speichern können – heutige Systeme kommen gerade auf ein Drittel eines Megajoules pro Kilogramm, Kraftstoffe aber auf ca. 40 MJ/kg. Dazu muss man wissen, dass Akkus mit umkehrbaren "Redox"-Reaktionen arbeiten. Das sind chemische Reaktionen, in denen ein Metallatom durch ein anderes Material oxidiert wird und dabei Energie freisetzt. Ein Teil der Energie kann man als elektrische Energie nutzen, der Rest ist Abwärme. Fügt man Energie hinzu, dann trennt man das Metallatom wieder von dem oxidierenden Atom. Wieder wird nur ein Teil der Energie für die chemische Reaktion der Trennung der Atome umgesetzt, ein anderer Teil als Abwärme abgegeben.

Es lässt sich in der Physik relativ leicht bestimmen, wo die theoretische Obergrenze für die Energiedichte liegt. Dazu bestimmt man für alle Ladungsträger, die an der elektrochemischen Reaktion beteiligt sind, deren spezifisches Gewicht und rechnet zusammen. In der Praxis kann etwa die Hälfte der theoretischen Obergrenze an Energiedichte auch erreicht werden, und da ist es vielversprechend, dass Lithium-Luft- und Lithium-Schwefel-Technologien eine Energiedichte von mehr als 10 MJ/kg versprechen.

Die Brandgefahr ließe sich lösen, wenn das umgebende Medium ("Elektrolyt") nicht wie bei Lithium-Ionen-Akkus flüssig sondern fest wäre. Auch hierfür gibt es Forschungsansätze. Deren Wirkungsgrade liegen aber noch im Bereich von 60 Prozent, über ein Drittel der Energie geht also als Abwärme verloren. Dies würde doppelt Probleme verursachen: Die Reichweite eines Elektrofahrzeugs litte, weil auch die beim Bremsen zurückgewonnene Energie nicht voll genutzt werden kann, und die Hitzeentwicklung sorgte für Kühlbedarf im Fahrzeug, verursachte kleine Schäden im Akku und verringerte dadurch dessen Lebensdauer. Bei anderen Konzepten, die etwa mit dem viel häufigeren Aluminium als mit Lithium arbeiten, besteht noch großer Forschungsbedarf bei den Elektrolyten. Die Elektrolytforschung hat sich bislang zu stark auf das marktgängige Lithium konzentriert.

Zusammenfassend sucht man also nach günstigen Batterien aus einfach zu gewinnenden Materialien, hohem Wirkungsgrad, hoher Leistungsdichte, kurzen Ladezeiten, langer Lebensdauer und hoher Energiedichte. Die Forscher haben also noch alle Hände voll zu tun.

Immerhin: Die Forschungsförderung in der Batterietechnik ist nach Aussage von Rüdiger Eichel ausreichend. Hilfreich wäre aber seinen Aussagen nach eine eigene Batteriefertigung in Deutschland, um Forschungsergebnisse schneller in der Praxis testen zu können.

Insgesamt wird es wohl noch mindestens 20 Jahre dauern, bis Speicherkonzepte entwickelt sind, die alle Anforderungen der Elektromobilität voll erfüllen. Umgekehrt heißt das, dass vor Ende der 2030er Jahre eine großflächige Umsetzung von Elektromobilität nicht erreichbar ist. Und weil man sich in der Forschung ja immer auf unbekanntem Terrain bewegt, sind zeitliche Vorhersagen eigentlich nicht seriös zu treffen. Es könnte also auch viel länger dauern, bis die notwendigen technologischen Durchbrüche erzielt und in der Massenfertigung angekommen sind. Politische Forderungen in einigen Ländern, etwa ab 2025 (Norwegen) oder 2030 (Deutschland) nur noch Fahrzeuge mit Elektroantrieb zuzulassen, können daher auch beim besten Willen nicht umgesetzt werden. Sie kommen sowohl für Forscher als auch für Autobauer um mindestens zehn Jahre zu früh. In der Zwischenzeit sollten wir Verbrennungsmotoren und Hybridsysteme weiterentwickeln.

x x x