

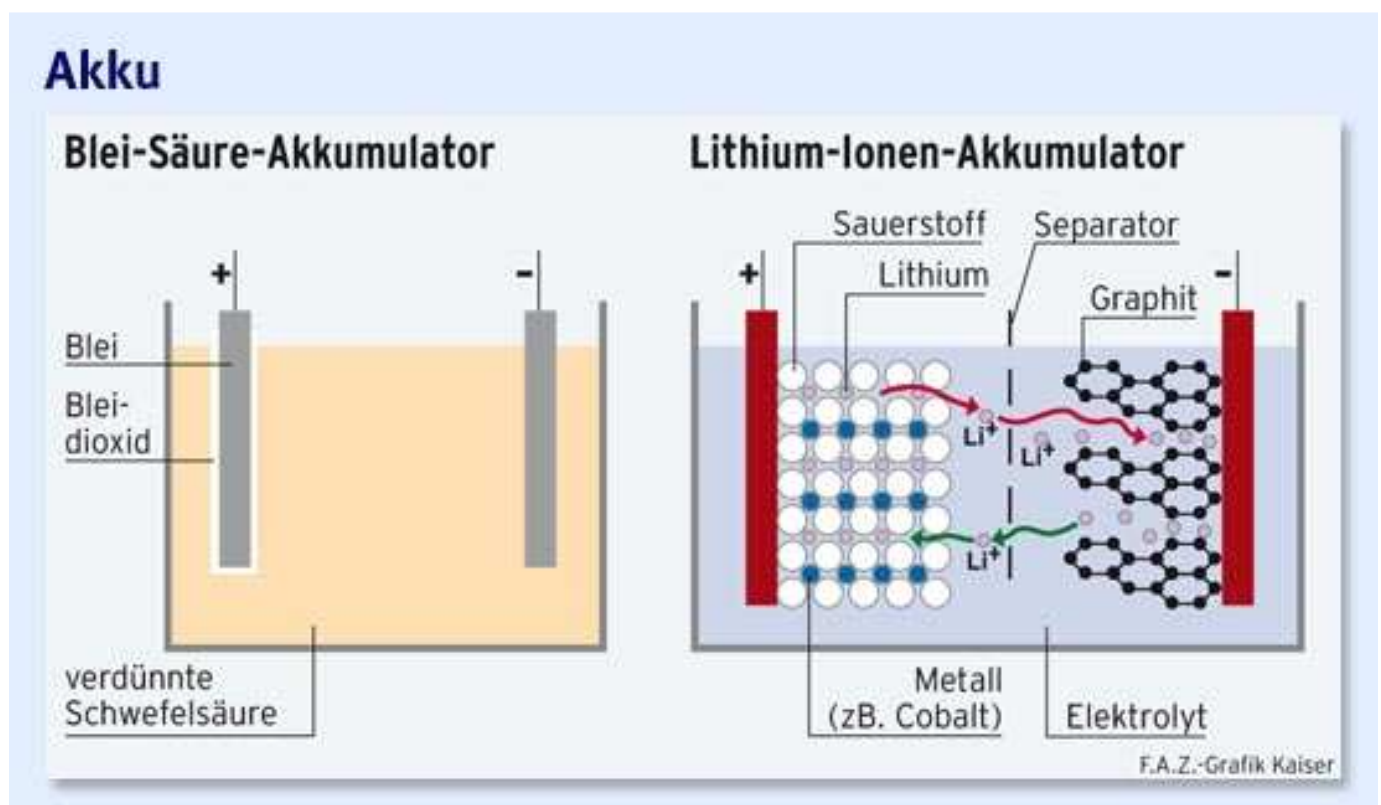
Batterien fürs Elektroauto

Hab' den Wagen voll geladen . . .

Von Jochen Reinecke

03. Februar 2009 Essen. Fast knistert es im Hörsaal A. Man ist gespannt und euphorisch. Gehen anderswo auch Zukunftsängste um - die 600 Ingenieure, die sich vorvergangene Woche im "Haus der Technik" trafen, wittern Morgenluft. Ihre Stimmung hebt, was anderen Sorgen macht: die Debatte um den Klimawandel. Denn die ist allmählich auch bei den Herstellern CO₂-verströmender Pkw angekommen. Elektroautos gelten als ein Ausweg, der zugleich dem Klima und der Autoindustrie hilft. Und die Herrschaften hier interessieren sich für die kniffligste Komponente einer solchen Zukunftstechnologie: die Batterie.

Wer ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor fährt, für den ist die hohe Energiedichte des Kraftstoffs selbstverständlich. Ein Kleinwagen kostet heute rund 12 000 Euro, und für dieses Geld erhält der Käufer ein Fahrzeug, das jederzeit verfügbar ist, einen Aktionsradius von gut 500 Kilometern hat und sich in ein, zwei Minuten auftanken lässt. Das sind die Eckdaten, an denen sich das Elektroauto messen lassen muss. Geht das überhaupt?



Chemisch oder hinter Gittern: Der Unterschied zwischen einem herkömmlichen Akku und einer Lithium-Ionen-Zelle ist die Art, wie die elektrische Ladung gespeichert wird. Bei Ersterem sitzt sie in den Bleiatomen des Minuspols, die beim Schließen des Stromkreises mit der Schwefelsäure zu Bleisulfat reagieren. Das Blei gibt dabei Elektronen an das Bleioxid am Pluspol ab, das sich dadurch ebenfalls in Sulfat verwandelt. Beim Aufladen des Akkus kehren sich die Reaktionen um. Beim Laden (rote Pfeile) einer Lithium-Ionen-Zelle wandern die namensgebenden Ladungsträger (Li⁺) aus einem Metalloxid zwischen die Graphitebenen am Minuspol und bilden dort eine temporäre („Interkalations“-)Verbindung. Beim Entladen (grüne Pfeile) wandern sie zurück ins Metalloxid.

Nur elektrisch oder hybrid

Eines wird im Essener "Haus der Technik" schnell klar: Wer künftig elektromobil sein möchte, muss vor dem Kauf genau überlegen, wozu und wie er das Gefährt nutzen möchte. Es ist ein großer Unterschied, ob das Auto nur als Stadtfliker oder auch als Langstreckenfahrzeug dienen soll. Der Aktionsradius wird primär vom Antriebskonzept bestimmt.

Da wären Fahrzeuge, die ausschließlich elektrisch angetrieben werden. Elektromotoren sind energieeffizienter als Verbrennungsmotoren. Zudem lassen sie sich beim Bremsen als Dynamos nutzen, die den dabei erzeugten Strom in die Batterie zurückleiten. Das norwegische Elektroauto "Think city", der "Colt MiEV" von Mitsubishi, aber auch der gerade in einer Versuchsflotte in London evaluierte "Smart BR451" sind Beispiele für dieses Konzept. Der Aktionsradius dieser Fahrzeuge liegt bei 100 bis 150 Kilometern. Danach muss getankt werden - doch dazu später.

Hybridfahrzeuge hingegen haben zwei Motoren unter der Haube, einen Elektro- und einen Verbrennungsmotor. Beim seriellen Hybriden hat der Verbrennungsmotor keinerlei Vortriebsfunktion, sondern treibt lediglich einen Stromgenerator. Der Strom wird batteriegepuffert und treibt mittels eines Elektromotors den Wagen voran. Da der Verbrennungsmotor nur in einem vordefinierten Lastbereich läuft, kann er auf Effizienz und Langlebigkeit optimiert werden. Beim parallelen Hybriden hingegen können beide Motoren entweder allein oder gemeinsam den Wagen antreiben. Der Fahrer nutzt bei gemächlicher Fahrweise den Verbrennungsmotor, bei kurzfristiger Beschleunigung wird automatisch der Elektromotor zugeschaltet. Hybrid-Autos, vor allem die sogenannten Extended-Hybrid-Fahrzeuge, können Aktionsradien von bis zu 500 Kilometern erreichen.

Lithium-Ionen-Zellen haben die besten Aussichten

Doch egal, in welcher Variante, Knackpunkt jedes Elektromobils ist eben der Elektrizitätsspeicher. Der Titel der Essener Konferenz, "Kraftwerk Batterie", ist keine Übertreibung. Je nach Antriebskonzept muss eine Autobatterie zwischen 20 und 150 Kilowatt bereitstellen, und zwar auch bei Temperaturen unter dem Nullpunkt. Die herkömmliche Blei-Säure-Batterie ist dazu nicht in der Lage. Schon nach den ersten Vorträgen wird klar, dass es unter den Herstellern und Entwicklern einen Konsens gibt: Langfristig kommen bei Elektroautos für den Massenmarkt nur Lithium-Ionen-Zellen in Frage, die elektrische Ladung ganz anders speichern als Bleiakkus (siehe Grafik: Aufbau eines Akkus). Nur sie packen die Energie dicht genug für einen wirtschaftlichen Betrieb elektrischer Autos.

Die Lithium-Ionen-Zelle einfacher Bauform hat bei Mobiltelefonen und in der Unterhaltungselektronik Massenmarkttauglichkeit bewiesen, kann über einen langen Zeitraum konstante Leistung abgeben und verliert kaum an Gesamtlebensdauer, wenn sie nur teilentladen oder geladen wird, was gerade bei Hybridkonzepten der Normalzustand ist. Die Lebensdauer einer Auto-Lithium-Ionen-Batterie kann bei veranschlagten 3000 bis 5000 Ladezyklen 5 bis 15 Jahre betragen. Auch lassen sich Ladezustand und Gesamtlebensdauer bei Lithium-Ionen-Zellen einigermaßen verlässlich vorhersagen. Im Gehäuse solcher modernen Autobatterien ist eine Steuerelektronik integriert, die permanent Spannung, Ladezustand und Temperatur der Zellen überwacht. Über Kennlinienvergleich und andere Rechenmodelle regelt sie das Außenverhalten der Batterie gegenüber dem Antrieb und der Bordelektronik, aber kühlt oder heizt sie auch.

Einer der Schwachpunkte der Lithium-Ionen-Zelle ist nämlich ihr begrenzter thermischer Arbeitsbereich von idealerweise 18 bis 50 Grad. Darunter liefert sie nur wenig Leistung, darüber droht eine signifikante Senkung der Gesamtlebensdauer bis hin zur Zerstörung der Batterie. Auch Sicherheitsaspekte spielen also bei der Gestaltung der Steuerelektronik eine Rolle. Sie muss etwa bei einem Kurzschluss oder bei einem Ausfall der Kühlung in der Lage sein, die Batterie elektrisch vom Bordnetz zu trennen, sonst droht Gefahr für Maschine und Mensch.

PKW-Batterien im flexiblen Netz

Und das Tanken? Mal eben von der Straße runter und in 80 Sekunden volltanken - das geht nicht. Um Lithium-Ionen-Batterien mit haushaltsüblicher Technik, ohne Starkstrom über armdicke Leitungen, nachzuladen, sind lange Ladezeiten erforderlich - je nach Antriebskonzept zwischen vier und zehn Stunden. Somit werden künftig wohl die meisten Elektro-Autos nachts oder in sonstigen Phasen der Nichtnutzung an der Steckdose aufgeladen. So eine Nachtaufladung wäre insbesondere für die Versorger interessant, die kostengünstige Überkapazitäten einspeisen könnten - inwieweit davon die Umwelt etwas hätte, ist allerdings eine andere Frage.

Jörg Kruhl vom Energieversorger Eon stellte in Essen ein "Vehicle to Grid" genanntes bidirektionales Konzept vor, das es sogar gestatten soll, Fahrzeuge nicht nur zu laden, sondern auch zu entladen. So soll aus allen angeschlossenen Pkw-Batterien ein hochflexibles Netz aus Mikro-Energiespeichern entstehen, das bedarfsgerecht be- und entladen wird, etwa um Zwischengewinne am Spotmarkt mitzunehmen. Eine Autobatterie soll auf diese Art und Weise 100 bis 300 Euro jährlich erwirtschaften. Davon muss allerdings die technische Infrastruktur finanziert werden, die unter anderem Wechselrichter für die Rückspeisung des Batteriestroms ins Energienetz, Abrechnungssysteme und vieles mehr erfordert. Ob sich das rechnet, ist mehr als zweifelhaft.

Der Kampf mit den Herstellungskosten

Generell sind die Kosten derzeit der größte Hemmschuh. Autotaugliche Lithium-Ionen-Batterien spielen noch in einer Preislige, in der ein Massenmarkt völlig undenkbar ist. Auf der Konferenz in Essen bezifferten mehrere Hersteller die Produktionskosten einer solchen Autobatterie mit 800 bis 1200 Dollar pro Kilowattstunde. Die im Mitsubishi Colt MiEV verbaute Lithium-Ionen-Batterie beispielsweise speichert 16 Kilowattstunden, wiegt 200 Kilo - und kostet mit 14 000 Dollar fast so viel wie ein herkömmlicher Kleinwagen.

Diese Apothekenpreise liegen vor allem an der intensiven Forschung, die der Produktion massentauglicher Lithium-Ionen-Batterien vorangehen muss: Welche Metallverbindung ist ideal für die Kathode? Wie verhält sich die Batterie in verschiedenen elektrischen und thermischen Umgebungen? Sind diese theoretischen Daten geklärt, kann die Produktion beginnen, und auch hier sind erhebliche Investitionen nötig, denn die Produktion muss unter Reinraumbedingungen erfolgen, was sich erst dann amortisiert, wenn Stückzahlen im mindestens sechsstelligen Bereich produziert - und dann auch verkauft - werden können.

Solche Voraussetzungen zwingen zum Umdenken und bringen Hersteller wie das dänische Unternehmen Think dazu, die Batterie generell nur noch im Leasingmodell anzubieten. Auch Heiko Maas vom Autohersteller Ford räumt ein, dass hochpreisige Batterien die Akzeptanz des Elektroautos stark beeinträchtigen können. Das israelische Unternehmen Betterplace möchte dieses Problem mit einem eleganten Kniff beheben: Es will Autos anbieten, die nur über eine Batterie verfügen, die an speziellen Tankstellen einfach per Roboterarm durch eine frisch geladene ersetzt wird. Doch auch diese Batterien müssen erst einmal entwickelt und hergestellt werden. Es bleibt also der Teufelskreis: Erst wenn Hersteller die Investitionssicherheit für die Produktion hoher Stückzahlen haben, können sie Lithium-Ionen-Batterien wirtschaftlich herstellen. Wohl auch daher schloss Klaus Brandt vom Batteriehersteller Gaia seinen Vortrag in Essen mit der Frage, ob der Elektroauto-Markt nicht vielleicht ein Henne-Ei-Problem habe.

Text: F.A.S.

Bildmaterial: F.A.Z.

URL: <http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc~EC8F881583C9B4AAC83CC57E1266E0507~ATpl~Ecommon~Scontent.html>