



Immer und überall aufs Smartphone schauen – das strapaziert den Akku. Ingenieure arbeiten fieberhaft daran, die Energiespeicher zu verbessern.

EMILIO MORENATI / AP

So viele Jahre hat er uns begleitet. 1991 hat er unsere Camcorder am Laufen gehalten. Danach unsere Mobiltelefone. Und ohne ihn wären Computer niemals mobil geworden. Die Rede ist vom guten alten Lithium-Ionen-Akku. Eine Technik, die sich seit 25 Jahren bewährt. Eigentlich Zeit zum Feiern. Stattdessen redet mancher über seinen baldigen Abschied. Was ist passiert?

Handys verdeutlichen das Problem: Früher musste man sie nur einmal pro Woche aufladen. Heute muss das Smartphone täglich an die Steckdose. Und das, obwohl Lithium-Ionen-Akkus etwa doppelt so leistungsfähig sind wie ihre Vorgänger in den neunziger Jahren. Aber moderne Elektronik zieht einfach sehr viel Strom. Auch im Auto wird das Problem deutlich: Nur 150 Kilometer weit kommen die meisten Elektroautos mit einer Aufladung.

Selbst wenn Lithium-Ionen-Akkus bezahlbare Mittelklasseautos vielleicht einmal 500 Kilometer weit bringen, wie Petr Novák, Leiter der Sektion Elektrochemische Energiespeicher am Paul-Scherrer-Institut, glaubt, stösst man dann an Grenzen: «Dann wird es einfach unökonomisch, weil man das Auto mit Akkus vollpacken muss. Das bedeutet einfach zu viel Gewicht und Geld», sagt Novák. So wie das Luxusmodell S von Tesla, das vollgepackt mit 600 Kilogramm Akkuzellen rund 400 Kilometer schafft – aber auch mehr als 70 000 Euro kostet.

### Ein offenes Rennen

Ein neuer, besserer Energiespeicher muss also her. Einer, der stärker, leichter, kleiner und auch noch billiger ist als der Lithium-Ionen-Akku. In Laboren weltweit wird nach ihm gesucht. Und regelmässig vermeldet irgendwer, den neuen Wunderakku gefunden zu haben: Lithium-Luft, Lithium-Schwefel, Natrium-Ionen, Magnesium-Ionen oder, wie neulich der Swatch-Konzern verkündete: Vanadium-Pentoxid-Akku.

Wer das Rennen machen wird, ist offen, der Sprung aus dem Labor in die Realität ist schwierig. Ein Kandidat jedoch hat sich in den letzten Jahren zum Hoffnungsträger der E-Auto-Szene gemauert: der Festkörperakku. Ob VW, Toyota, General Motors oder Newcomer wie Apple und Google – sie alle forschen an dieser Technik.

Einen grossen Vorstoss hat der deutsche Automobil-Zulieferer Bosch gemacht. Letztes Jahr verkündete er

# Die Suche nach dem Super-Akku

Schon mittags macht das Smartphone schlapp, nach 150 Kilometern bleibt das Elektroauto liegen. Ein neuer Batterietyp soll Abhilfe schaffen. Aber hält er, was er verspricht? VON JENS LUBBADEH

selbstbewusst, bereits 2020 einen Festkörperakku auf den Markt zu bringen, der Elektroautos doppelt so weit bringt wie der Lithium-Ionen-Konkurrent. Das aber soll noch nicht alles sein: Der neue Akku soll auch noch halb so schwer sein, weniger kosten und mindestens zwölf Jahre halten. Dafür hat sich Bosch Know-how aus Kalifornien eingekauft: 2015 übernahm der Konzern die Firma Seeo, die seit Jahren einen Festkörperakku entwickelt.

### Stärker, leichter, kleiner und billiger soll der Festkörperakku werden.



Eine Musterzelle des Seeo-Akkus.

PD

Was kann diese neue Technik also, was der Lithium-Ionen-Akku nicht kann? Zunächst: Auch der Festkörperakku speichert Strom, indem er zwischen zwei mittels Elektrolytflüssigkeit verbundenen Elektroden (Anode und Kathode) ein Gefälle von Elektronen herstellt. Beim Entladen fliessen die Ladungsträger aussen durch den Leiter, also im Auto durch den Elektromotor, und verrichten dort die Arbeit. Die Lithium-Ionen strömen in der Gegenrichtung von der Anode zur Kathode und schliessen den Akku-Kreislauf. Beim Laden dreht sich der Vorgang um.

Auch im Festkörperakku steckt Lithium. Der entscheidende Unterschied ist: Sein Elektrolyt ist keine Flüssigkeit mehr, sondern eine dünne, feste Schicht, beispielsweise aus einem Polymer oder einer Keramik. Das erlaube einen völlig anderen Aufbau, sagt Corsin Battaglia, Akkuforscher bei der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa). Battaglia vergleicht ihn mit einer Lasagne: «Die Elektroden liegen dicht aufeinander, nur getrennt durch die Elektrolytschicht. Die Lithium-Ionen springen quasi hindurch.» Die Schichtung spart Platz, Gewicht und ermöglicht flexible Bauformen. Man könne den Festkörperakku ausserdem beliebig miniaturisieren, sagt Battaglia.

Der Verzicht auf Flüssigkeit bringt einen weiteren Vorteil: Der neue Akku kann nicht brennen – die Elektrolytlösungen in Lithium-Ionen-Akkus sind hingegen entflammare Lösungsmittel. Daher meint Axel Pethe, Leiter Marketing und Produktmanagement des Bereichs Elektrischer Antriebsstrang bei Bosch, es wörtlich, wenn er sagt, dass der Festkörperakku seiner Firma die Nagelprobe bestehe: «Wenn Sie in einen

gängigen Lithium-Ionen-Akku einen Nagel schlagen, explodiert er. Wenn Sie einen Nagel in den Prototyp unseres Festkörperakkus schlagen, passiert äusserlich gar nichts.»

Kleiner und leichter und sicherer sind Festkörperakkus also. Aber wie können sie mehr Energie speichern als Lithium-Ionen-Akkus? Die Energiedichte werde unter anderem dadurch bestimmt, wie viel Lithium man in die Anode packe, sagt Empa-Forscher Battaglia. Doch Lithium ist ein schwieriges Metall. Wie ein Baum bildet es zweigartige Auswüchse, sogenannte Dendriten. «Die können von der Anode bis zur Kathode wachsen», sagt Novák, «und dann gibt es einen Kurzschluss im Akku.»

### Knackpunkt Elektrolyt

Es ist ein gängiges Problem bei allen Lithium-Metall-basierten Akkus. Daher kann man in einem Lithium-Ionen-Akku nicht einfach reines Lithium als Anodenmaterial benutzen, man muss es in Graphit einlagern. «Das vermeidet in vielen Fällen das Dendritenwachstum», sagt Battaglia. Aber Graphit vermindert die Energiedichte und damit die Menge an Strom, die der Akku speichern kann.

In seinem Festkörperakku will Bosch daher reines Lithium in der Anode verwenden. Das Dendritenproblem gebe es auch in diesem Fall, sagt Battaglia. «Man muss einen Elektrolyten finden, der das Dendritenwachstum unterbindet.» Fragt man Axel Pethe, ob der gefunden worden sei, lächelt der Bosch-Mitarbeiter nur: «Seien Sie gewiss, dass wir Seeo nicht gekauft hätten, wenn das noch ein Problem wäre.»

Der feste Elektrolyt birgt aber ein weiteres Problem: «Er leitet Strom nicht

sehr gut», sagt Petr Novák. Das wiederum verringert die Geschwindigkeit, mit der der Festkörperakku die in ihm gespeicherte Energie abgeben kann. In einem Elektroauto, wo der Motor beim Niederdrücken des Gaspedals schnell viel Energie benötigt, ist das ein kritischer Punkt. Daher betreibt Bosch seinen Festkörperakku bei 80 Grad Celsius, weil bei dieser Temperatur die Leitfähigkeit des Polymers zunimmt. 80 Grad Celsius? Springt dann das Auto auch im Winter an? Die Betriebstemperatur sei noch verbesserungswürdig, gibt Axel Pethe zu: «Wir müssen den Akku trotz Isolierung noch beheizen, was Energie kostet. Daher arbeiten wir daran, die Betriebstemperatur zu senken.» Es gibt noch weitere Probleme, etwa die Abbauprodukte, die sich mit der Zeit an den Kontaktflächen zwischen Elektrolyt und Elektrode bilden. Sie erhöhen mit der Zeit den Widerstand des Akkus, sagt Battaglia. «Da fehlt es noch an Erfahrungen mit den neuen Materialien.»

Bosch aber steht zu seinem Versprechen, bis 2020 eine Batteriezelle zu entwickeln, «mit der wir uns von Wettbewerbern abheben». Ein ehrgeiziges Ziel, das aber nicht fern jeder Realität ist. Bereits vor einigen Jahren hat die französische Firma Batscap elektrische Kleinwagen mit Festkörperakkus mit reiner Lithium-Anode und Polymer-Elektrolyt bestückt. Seit 2012 fahren in Frankreich bereits über tausend dieser «blue cars» herum und schaffen 250 Kilometer mit einer Ladung. Das ist noch nicht ganz das, was Bosch anpeilt, zumal die Autos mit einem Preis von 19 000 Euro doppelt so teuer sind wie ein Verbrenner-Kleinwagen. Dennoch: Den Realitätscheck hat die Technik bereits bestanden.

Der Preis aber wird dafür entscheidend sein, ob sich der neue Akku durchsetzen kann. 2020 wird Bosch auf ein Marktumfeld treffen, das vermutlich von sehr billigen Lithium-Ionen-Akkus bestimmt sein wird. Tesla-Chef Elon Musk lässt derzeit in der Wüste von Nevada die grösste Batteriefabrik der Welt bauen. Aus ihr sollen Lithium-Ionen-Akkus im Akkord rollen. So will Musk die Preise massiv senken. Ausserdem hat Tesla – wie auch der Konkurrent GM – ein Mittelklasse-Elektroauto mit einer Reichweite von 350 Kilometern angekündigt.

Damit dürfte aber auch klar sein: Das Zeitalter des Lithium-Ionen-Akkus ist so bald noch nicht zu Ende – auch wenn seine Nachfolger schon in den Startlöchern stehen. Vielleicht schafft er ja noch sein 50-Jahr-Jubiläum.