

AKKUMULATOREN  Diesen Artikel können Sie als Audiodatei beziehen; siehe www.spektrum.de/audio

Maxienergie, Miniformat

Lithiumionen-Akkus machen mobile Elektronik praktikabel.

Von Ralf Strobel und Mark Fischetti

Allzeit erreichbar, Musik, wann immer wir es wünschen, überall Zugriff auf das Internet, Fotografieren ohne Ende – dank ihrer immer kleineren Dimensionen gehören tragbare elektronische Geräte inzwischen zu unserem Alltag. Dass dazu nicht nur Chips und Datenträger schrumpfen mussten, wird oft vergessen. Insbesondere der Lithiumionen-Technik verdanken wir die stetig fortschreitende Miniaturisierung der Energieversorgung von Handy et al.

Grundsätzlich handelt es sich wie bei allen Batterien oder wiederaufladbaren Akkumulatoren (kurz Akkus) um galvanische Zellen, in denen zwei elektrochemische Reaktionen ablaufen. Dabei werden am Minuspol Elektronen freigesetzt und am Pluspol aufgenommen (Chemiker sprechen von Oxidation und Reduktion). Verbindet man die Batteriepole über einen elektrischen Leiter, so entsteht ein äußerer Strom – tatsächlich sogar ein Kreislauf, denn gleichzeitig bilden sich geladene Atome oder Moleküle (Ionen) innerhalb der Batterieflüssigkeit, dem Elektrolyt, und bewegen sich ebenfalls zum jeweils entgegengesetzten Pol.

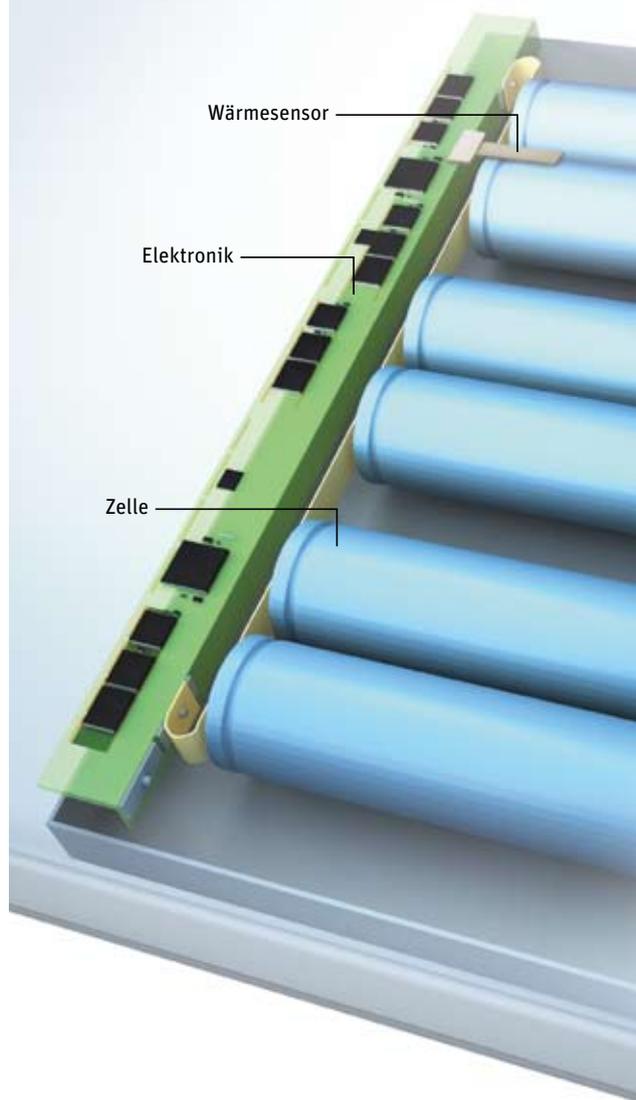
Bei vielen Batterietypen ist dieser Elektrolyt eine Säure oder Base, die mit den Elektroden chemisch reagiert. Beim Auf- und Entladen entstehen hier auch unerwünschte, schwer wieder zu lösende Kristalle. Insbesondere bei unvollständiger Auf- und Entladung lässt die Kapazität deshalb allmählich nach; man spricht vom Gedächtnis (Memory-Effekt).

Anders bei den Anfang der 1990er Jahre eingeführten Lithiumionen-Akkus: Das namensgebende Lithium, das im Elektrolyt als Salz in einer organischen Trägerflüssigkeit gelöst ist, bildet mit den Elektroden keine grundlegend neuen Strukturen. Vielmehr lagert es sich nur in die Zwischenräume der schichtartig aufgebauten Festkörper ein. Im entladenen Akku befinden sich die Lithiumatome in der Kathode (Pluspol) zwischen den Schichten eines Metalloxyds. Beim Laden werden ihnen Elektronen entzogen. Als elektrisch positive Ionen treten sie daraufhin in den Elektrolyt über und wandern zur Anode (Minuspol) aus Graphit. Nun zwingen sich die Lithiumionen zwischen deren Schichten und nehmen wieder jeweils ein Elektron auf. Dabei treiben sie die Kohlenstofflagen allerdings um bis zu zehn Prozent auseinander. Wie viel Energie dieser Prozess im Vergleich mit anderen Akkutypen verbraucht, zeigt die mit rund vier Volt mehr als doppelt so hohe Ladespannung. Hierin liegt aber auch der Grund für die deutlich höhere Energiedichte von Lithiumionen-Zellen, denn beim Entladen geben sie rund 90 Prozent der hineingesteckten Arbeit zurück.

Ihre Vorteile wie der fehlende Memory-Effekt – es ist sogar besser, diese Speicher nicht vollständig zu entleeren – und eine geringe Selbstentladung machen Lithiumionen-Akkus heute zum Standard für mobile Geräte. Zudem sollen sie bald auch Elektrofahrzeuge mit Energie versorgen. Hier sind die Anforderungen jedoch deutlich anders. So verlieren Lithiumionen-Akkus über Jahre hinweg durch Materialalterung – also unabhängig von der Zahl und Art der Auf- und Entladungen – zu stark an Kapazität. Daher müssen Besitzer Ladezeiten von mehreren Stunden hinnehmen. Und obwohl die Zellen mit 180 Wattstunden pro Kilogramm fünfmal so viel Energie speichern wie die im Automobilbau gebräuchlichen Bleiakkus, stehen sie gemessen an den rund 10 000 Wattstunden pro Kilogramm von Benzin noch immer schlecht da.

RALF STROBEL ist Volontär beim Verlag Spektrum der Wissenschaft, **MARK FISCHETTI** ist Redakteur bei »Scientific American«.

Laptopbatterien enthalten in Reihe geschaltete Lithiumionen-Zellen. Eine Elektronik überwacht den Ladezustand und steuert die Wiederaufladung. Ein Wärmesensor dient als Schutz vor Überhitzung und unterbricht im Notfall den Stromfluss.



WUSSTEN SIE SCHON?

► **Lithium brennt heftig**, wenn es mit Wasser oder auch nur Luftfeuchtigkeit in Kontakt kommt. Öffnen Sie deshalb niemals einen Akku und löschen Sie ein Lithiumfeuer niemals mit Wasser, sondern mit Sand, einer Löschdecke oder speziellem Metallbrandpulver. Das Batteriegehäuse kann sich überdies allein durch den Betrieb aufheizen. Vorsicht also vor heißer Umgebung, selbst vor direkter Sonneneinstrahlung, die Zelle könnte mit einer Stichflamme aufplatzen. Selbstentzündung infolge innerer Kurzschlüsse ist bei Billigprodukten durchaus schon vorgekommen.

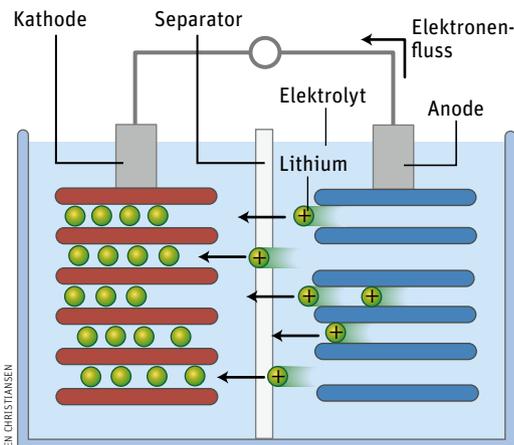
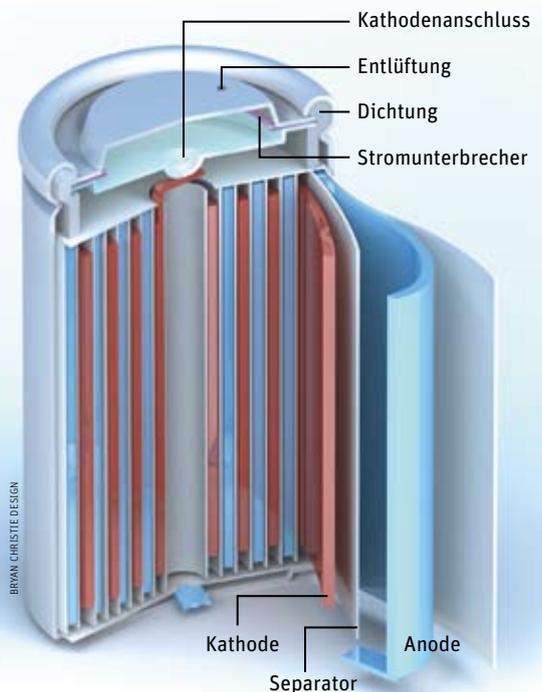
► **Den ersten Elektrosporthwagen** baut seit 2006 die Firma »Tesla Motors« in San Carlos (Kalifornien). Ihr Roadster war das erste vollelektrische Fahrzeug, das Lithiumionen-Akkus verwenden

det: 6831 Stück, um genau zu sein. Das getriebelose Auto beschleunigt in vier Sekunden von 0 auf 100 Kilometer pro Stunde. Weniger spektakulär, dafür bald für jeden erhältlich ist der Mercedes S 400 BlueHybrid. In ihm versorgen Lithiumionen-Akkus einen Elektromotor, der das Fahrzeug beim Anfahren unterstützt und als Anlasser und Lichtmaschine zugleich dient.

► **Superkondensatoren** könnten der Lithiumionen-Technik im Automobilbau aber letztlich den Rang streitig machen. Indem sie Elektronen rein physikalisch zwischen Kohlenstoffnanoröhren binden, sollen sie eine Energiedichte von immerhin 60 Wattstunden pro Kilogramm erreichen. Ihr Vorteil: Das Laden der Kondensatoren dauert nur wenige Sekunden.



Jede Lithiumionen-Zelle besteht aus eng gewickelten Schichten des Anoden- (-) und Kathodenmaterials (+), die gemeinsam im Elektrolyt »schwimmen«. Isolatorlagen verhindern den Kontakt, erlauben aber den Durchtritt von Ionen. Ein einfacher Schutzmechanismus verhindert ein Überhitzen: In einer Kammer erzeugt eine chemische Substanz bei Wärme ein Gas, das nur über eine kleine Lüftungsöffnung entweichen kann. Entsteht zu viel davon auf einmal, platzt die Dichtung der Kammer und trennt den Stromfluss.



Beim Entladen eines Lithiumionen-Akkus löst sich Lithium von der Graphitanode (Minuspol) in Form von positiv geladenen Lithiumionen ab und wandert durch die Elektrolytflüssigkeit zur Kathode (Pluspol), wo es als Metalloxyd gebunden wird. An der Anode bleiben freie Elektronen, die über den äußeren Stromkreis zur Kathode fließen und dabei in einem Verbraucher – etwa die Handyelektronik – Arbeit verrichten. Durch eine gegenpolige Spannung lässt sich dieser Vorgang umkehren.