

Mobile Energie

Akkumulatoren sind eine praktische Sache, denn sie versorgen die unterschiedlichsten Elektrogeräte ohne Festanschluss und lästiges Kabel mit Strom. Doch die mobile Energieversorgung hat auch ihre Tücken.

Batterien und Akkus sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Der Bedarf an mobilem Strom wächst ständig, sei es nun für das Handy, das Notebook, die Digitalkamera oder für die „klassischen“ Anwendungen wie den Akkubohrer



Mobile Kommunikation über Handy kommt nicht ohne leistungsfähige Akkus aus. (Foto: Siemens)

oder die Taschenlampe. Doch Akkus halten leider nicht ewig. Meist sind sie im unpassendsten Moment leer, und irgendwann lassen sie sich gar nicht mehr aufladen.

In Batterien und Akkus reagieren die Materialien, aus denen die Anode (Pluspol) und die Kathode (Minuspol) bestehen, indirekt miteinander, vermittelt durch einen Ionen leitenden Elektrolyten, meist die Lösung eines Salzes in einem Lösungsmittel. Die elektrische Energie entstammt also einer elektrochemischen Reaktion, wobei dieser Prozess bei der Batterie nur in eine Richtung verläuft, beim Akku hingegen auch retour – sie sind wiederaufladbar. Die verschiedenen Batterie- und Akkutypen unterscheiden sich durch die verwendeten Elektrodenmaterialien (meist Metall und Metalloxid) sowie den Elektrolyten und weisen jeweils spezifische Vorteile und entsprechende Verwendungsmöglichkeiten auf. Bleiakkus finden sich z. B. überall dort, wo hohe Leistungen und lange Überbrückungszeiten gefragt sind, etwa bei der Starterbatterie im Auto. Im Haushaltsbereich findet man in erster Linie Nickel-Cadmium- (NiCd) und Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH), bei tragbaren Hightech-Geräte wie Notebooks oder Handys Lithium-Ionen-Akkus.

1) Dies gilt vor allem, wenn sog. Sinterelektroden verwendet werden, die nicht selbst an der elektrochemischen Reaktion teilnehmen.

Der Nickel-Cadmium-Akkumulator wurde bereits 1901 patentiert und galt lange Zeit als der Standard unter den wiederaufladbaren Batterien. Noch heute vereint er Eigenschaften auf sich, die andere Systeme nicht erreichen: hohe Belastbarkeit, Schnellladefähigkeit, Kältefestigkeit bis minus 15 Grad. NiCd-Akkus besitzen einen sehr niedrigen Innenwiderstand¹⁾ und liefern somit hohe Ströme, d. h. sie werden dann eingesetzt, wenn Geräte mit hoher Stromaufnahme, etwa Werkzeuge, versorgt werden müssen. Nachteilig bei diesem Typ ist der Einsatz des hochgiftigen Schwermetalls Cadmium; ein gasdichtes Gehäuse und eine korrekte Entsorgung der Akkus sind daher ein Muss. Auch die Selbstentladung ist mit 1 % pro Tag relativ hoch – es nutzt also nichts, eine Handvoll Akkus auf Vorrat aufzuladen, wenn man sie erst einige Wochen oder Monate später nutzen möchte.

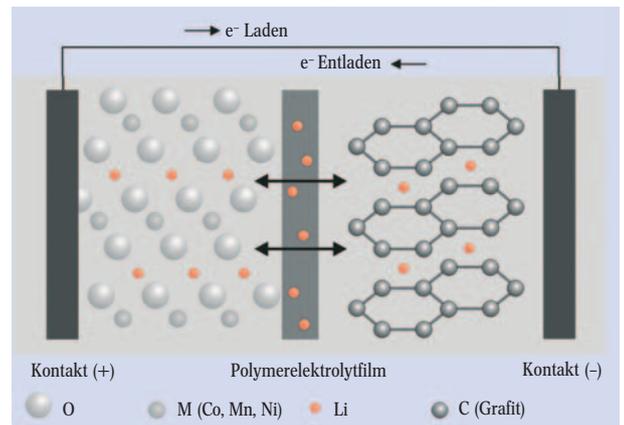
Unerwünschtes Gedächtnis

Ein weiterer Nachteil vor allem der NiCd-Akkus ist der berühmte Memory-Effekt, der auftritt, wenn das Gerät vor der vollständigen Entladung wieder oder mit zu niedrigen Strömen (falsches Ladegerät) aufgeladen wird. Die frühen Weltraum-Satelliten hatten NiCd-Akkus an Bord, um die Stromversorgung aufrecht zu halten, solange die Solarzellen nicht genügend beleuchtet wurden. Als die Puffer-Akkus dann tatsächlich gebraucht wurden, waren sie aber überraschend schnell wieder leer. Nachforschungen brachten dann den Gedächtnis-Effekt ans Licht. Zwei Prozesse verursachen dieses Verhalten. Einmal werden, wenn die Zelle ständig geladen wird, die Kristallite der negativen Cadmium-Elektrode ständig größer und damit die elektrochemisch aktive Oberfläche kleiner. Bei gegebenem Entla-

destrom wird die Schlussspannung des Entladevorgangs deshalb früher erreicht – der Akku scheint nicht mehr seine volle Kapazität zu besitzen. Der zweite Prozess bildet bei den erhöhten Temperaturen einer ständig geladenen Zelle die intermetallische Verbindung Ni₅Cd₂₁. Dabei entsteht eine unerwünschte zweite Entladestufe, die um 120 mV tiefer liegt und die der Akku „speichert“, obwohl noch freie Kapazität vorhanden wäre. Zum Glück muss der Akku nicht gleich entsorgt werden, sondern kann „repariert“ werden: Dazu wird er mehrmals hintereinander tiefentladen und wieder vollgeladen. Gute Ladegeräte haben zu diesem Zweck eine automatische Refresh-Funktion. Der Memory-Effekt wird gerne als Argument für NiMH-Akkus herangezogen, doch ganz ohne Gedächtnis arbeitet auch diese Akkusorte nicht, wenn auch in geringerem Maße als sein NiCd-Bruder.

Manchmal wird der Begriff „Memory-Effekt“ auch für andere Akkus Schäden verwendet, die allerdings nicht reversibel sind. Hierzu gehört etwa der unumkehrbare Kapazitätsverlust durch Überladen. Dadurch geht ein Teil des Elektrolyten durch Zersetzung des in ihm enthaltenen Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff verloren, vor allem beim Schnellladen, wenn die Gasentwicklung die Rekombinationsrate übersteigt. Bricht der Ladevorgang nicht rechtzeitig ab, kann es sogar zur Explosion des Akkus durch Überdruck kommen. Wann der Ladevorgang zu Ende ist, muss allerdings erst einmal erkannt werden. Doch das ist nicht trivial. Die Ladezeit als Kriterium eignet sich allenfalls bei einem langsamen Aufladen (max. mit einem Konstantstrom von einem Zehntel der Nennkapazität, also z. B. 100 mA bei einer 1000-mAh-Zelle), schließlich kennt man in der Regel weder den genauen

Das Funktionsprinzip von Lithium-Ionen-Akkus (vgl. Text), die etwa für die Stromversorgung von Laptops eingesetzt werden.



Ladezustand noch die maximal erlaubte Kapazität. Beim Schnellladen mit stärkeren Strömen nutzt man vielmehr die Temperatur als Parameter oder – noch besser – den Spannungsverlauf gegen Ladeende, denn sowohl NiCd- als auch NiMH-Akkus zeigen dann ein charakteristisches Bild: Kurz vor Schluss steigt die Zellenspannung relativ stark an, um nach der vollständigen Ladung wieder etwas abzusinken. Gute Schnellladegeräte messen Temperatur und Spannungsverlauf. Wem eine Stunde Ladezeit immer noch zu langsam ist, dem stehen inzwischen Ladegeräte zur Verfügung, die nur noch eine Viertelstunde brauchen. Der Trick des Verfahrens, um den Ladevorgang rechtzeitig zu beenden, bevor er Schaden anrichtet: Nicht das Ladegerät, sondern der Akku selbst legt den Schlusspunkt fest. Im Kopf des Akkus befindet sich nämlich eine Druckkammer, die den Ladedruck kontrolliert und – sobald ein bestimmter Grenzwert erreicht wird – den Ladevorgang in Sekundenschnelle abschaltet. Dadurch wird die für den Akku gefährliche Überhitzung vermieden, obwohl hohe Ladeströme benutzt werden.

Lithium-Ionen-Akkus

Während NiCd-Akkus langsam zur Historie werden und sich NiMH für „normale“ Anwendungen etabliert hat, setzte sich für anspruchsvolle Aufgaben, also etwa die Stromversorgung eines Notebooks, inzwischen die Lithium-Ionen-Technik durch (s. Grafik links). Die Kathode eines Lithium-Ionen-Akkus besteht aus einem Metalloxydgerüst, in das eine bestimmte Anzahl Li-Ionen zwischen den Ebenen des Kristallgitters reversibel eingelagert werden kann. Die Anode auf Kohlenstoff-Basis kann ebenfalls reversibel Li-Ionen einlagern, sodass diese zwischen den Elektroden hin- und herwandern können: beim Laden aus dem Metalloxydgerüst durch den organischen Elektrolyten (flüssig oder Polymer) zur negativen Kohlenstoff-Elektrode, beim Entladen in entgegengesetzter Richtung zurück ins Metalloxydgerüst. Daher wird dieses System auch „Swing“-System genannt. In ihrer Frühphase machten Lithium-Systeme durch ausgebrannte Notebooks eher Negativschlagzeilen, inzwischen hat man die Überwachung des Ladevorgangs jedoch gut im Griff und mit den Polymerelektrolyten eine

Möglichkeit geschaffen, Akkus ohne Metallgehäuse (nichts kann ja mehr auslaufen) und mit beliebigen Bauformen herzustellen. Leider hält die Lithium-Ionen-Chemie auch nur eine gewisse Zeit, sodass der Notebook- oder Handyakku in der Regel nach drei Jahren am Ende ist.

Strom von der Platte

Neben der elektrochemischen Speicherung elektrischer Energie gibt es auch die Möglichkeit, positive und negative Ladung elektrostatisch direkt auf den Platten eines Kondensators zu „lagern“, ohne dass eine Reaktion an der Oberfläche der Elektroden auftritt, die Hauptursache für die Alterung elektrochemischer Batterien. Kondensatoren bleiben also länger jung und lassen sich wesentlich öfter auf- und entladen. Eine Spezialform



Ein sog. Ultracap kann für kurze Zeit wesentlich höhere Ströme liefern als andere Akkutypen. (Quelle: EPCOS)

sind die Superkondensatoren, auch Ultracaps genannt, die den Effekt der Ausbildung einer Doppelschicht (Helmholtz, 1856) nutzen, wenn man Elektroden in eine leitende Flüssigkeit taucht. Im ungeladenen Zustand verteilen sich die Ionen gleichmäßig im Elektrolyten, beim Anlegen einer Spannung wandern die negativen Ionen im Elektrolyten an die positive Elektrode und entsprechend die positiven Ionen an die negative Elektrode. Die kohlenstoffhaltigen Elektroden haben eine extrem hohe spezifische Oberfläche bis zu 2000 qm pro Gramm Elektrodenmaterial! Da das Dielektrikum nur einige Nanometer dick ist, können Ultracaps von der Größe einer Coladose deshalb einige Tausend Farad speichern und ggf. schnell wieder abgeben – Superkondensatoren haben eine viel größere Leistungsdichte als typische Akkus und liefern für kurze Zeit Ströme im Bereich mehrerer hundert Ampere. Das ist z. B. interessant für die Beschleunigung von Elektroautos.

ULRICH KILIAN