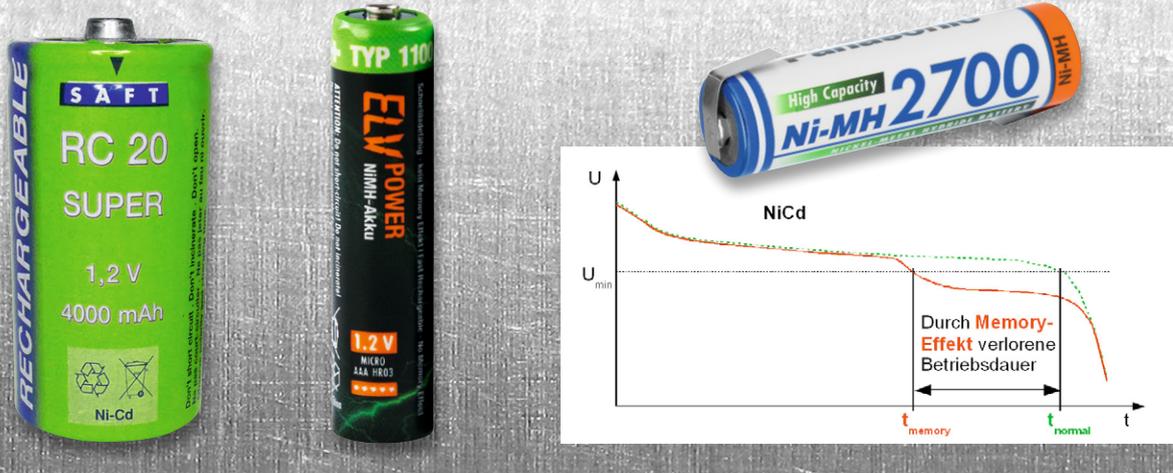




Akkumulatoren

Systeme, Technik, Einsatz und Ladetechnik – Teil 2



Akkumulatoren sind, allgemein definiert, wiederaufladbare Speicher für elektrische Energie. Jedoch gibt es unzählige Systeme, die auf unterschiedlichen Materialien und Materialkombinationen beruhen. Entsprechend umfangreich sind auch ihre Einsatzgebiete, die u. a. auch immer mehr die der Primärzelle erobern, und die Techniken, diese Akkus zu laden und zu pflegen. Unser Exkurs gibt einen Überblick über Systeme, ihren Einsatz und die zugehörige Ladetechnik. Hier im zweiten Teil widmen wir uns den NiCd-/NiMH-Akkus.

Nickel-Cadmium-Akkumulatoren (NiCd)

Der auf dem Nickel basierende Akku ist nach dem Blei-Akku das älteste Akkusystem. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts befassten sich Thomas Alva Edison (Nickel-Eisen-Akku) und Waldemar Jungner (Nickel-Cadmium-Akku) damit und erhielten Patente auf ein System, dessen Elektrolyt alkalisch ist, somit nicht an der Elektrodenreaktion teilnimmt und lediglich als flüssiger Ionenleiter agiert. Langfristig hat sich nach dem zweiten Weltkrieg das Nickel-Cadmium-System durchgesetzt, allerdings ist der Vertrieb dieses vor

allem durch Hochstromfestigkeit und gegenüber dem Blei-Akku durch deutlich höhere Energiedichte hervorstechende System wegen des Einsatzes des giftigen Schwermetalls Cadmium seit 2008 in der EU verboten, die Herstellung ist nur noch für spezielle Anwendungen erlaubt. Dennoch wollen wir dieses System hier kurz vorstellen, denn diese Akkus sind noch zahlreich in Nutzung.

Der typische Aufbau eines zylindrischen NiCd-Akkus ist in Bild 1 zu sehen, hier sind auch schematisch die chemischen Reaktionen dieses Systems aufgeführt. In zylindrischer Form enthält der NiCd-Akku einen Wickel aus gestapelten Schichten, bestehend aus der Minus-Elektrode (geladen: Cadmium Cd, entladen: Cadmiumhydroxid $\text{Cd}[\text{OH}_2]$), einer mit wässriger Kalilauge ($\text{KOH} + \text{Wasser}$) getränkten Separatorfolie und der Plus-Elektrode (geladen: Nickeloxidhydrat $\text{NiO}[\text{OH}]$, entladen: Nickelhydroxid $\text{Ni}[\text{OH}_2]$). Die Zellenspannung eines NiCd-Akkus beträgt 1,2 V.

NiCd-Akkus haben, neben dem hier verarbeitenden Schwermetall, auch einige Nachteile, die man bei der Nutzung beachten muss. So verlieren sie schnell ihre Kapazität bei niedrigen Umgebungstemperaturen. Am gravierendsten sind aber die hohe Selbstentladung von typisch 10 bis 15 % Kapazität je Monat (!) und der Memory-Effekt. In der Titelgrafik ist die typische Entladekennlinie des NiCd-Akkus zu sehen. Bei einer Dauerladung mit niedrigen Strömen oder bei Nachladung bereits bei nur teilweiser Entleerung wird die aktive Fläche der negativen Cadmium-Elektrode

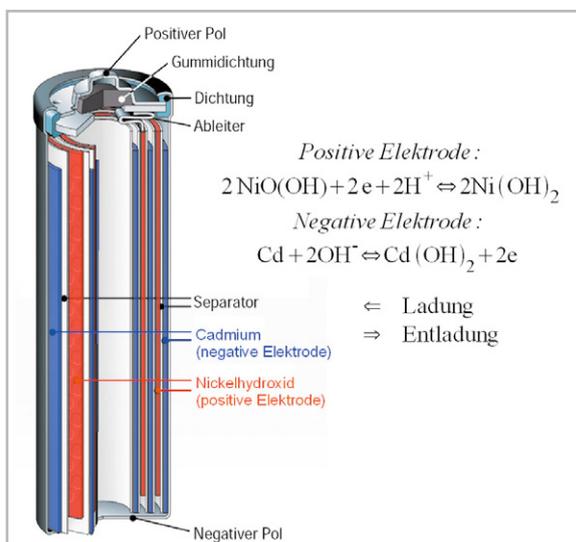


Bild 1: Aufbau und chemische Prozesse beim NiCd-Akku



durch Kristallbildung auf der Oberfläche reduziert. Der Akku verliert dabei einen Teil seiner Kapazität. Er „merkt sich“, welche Kapazität ihm nur noch abverlangt wird, und stellt sich darauf ein. Daraus resultiert die Bezeichnung „Memory-Effekt“. Dem kann man nur mit vollständiger Entladung des Akkus begegnen, weshalb die meisten NiCd-Akkuladegeräte eine Entladefunktion besitzen, die den Akku vollständig bis auf die Entladeschlussspannung von 0,9 V entlädt und dann erst einen Ladevorgang startet.

Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren (NiMH)

Der NiMH-Akku ist ähnlich wie der NiCd-Akku aufgebaut (Bild 2), allerdings wurde hier das giftige Cadmium durch ein Metallhydrid ersetzt. Metallhydride sind Verbindungen zwischen Wasserstoff und einem Metall oder einem Metallgemisch (Legierung). Diese Metallgemische, wie z. B. Nickel-Eisen oder Magnesium-Nickel, haben ein hohes Speichervermögen für Wasserstoff, dies kann bis zum 1000-Fachen des Metallvolumens gehen. Der Wasserstoff wird im Kristallgitter reversibel eingelagert. Der Wasserstoff bewegt sich beim Laden von der positiven (Nickel[II]-Hydroxid) zur negativen Elektrode (Metallhydrid) und umgekehrt beim Entladen, ohne dass der Elektrolyt (verdünnte Kalilauge KOH) einen Anteil an der Reaktion hätte. Er wird weder in seiner Konzentration noch in der Zusammensetzung verändert, sondern dient ausschließlich als Transportmedium für die negativen Hydroxid-Ionen. Das erleichtert die Herstellung gasdichter Zellen. Der NiMH-Akku hat eine leicht höhere Leerlauf-Zellenspannung als der NiCd-Akku, sie beträgt ca. 1,3 V, die Entladeschlussspannung beträgt 1,0 V. Bis zu 500 Lade-/Entladezyklen sind mit diesen Akkus möglich, sie sind je nach Typ auch schnellladefähig. NiMH-Akkus weisen eine hohe Energiedichte von bis zu 80 Wh/kg (NiCd: bis zu 35 Wh/kg) auf und sind heute in der modernsten Variante auch sehr hochstromfest, was sie als vollständigen Ersatz für die NiCd-Zelle ausweist. Und sie haben keinen Memory-Effekt, aber eine etwas höhere Selbstentladung als ein NiCd-Akku (bis zu 20 % im Monat). Ihre Entladekurve ist deutlich flacher als die des NiCd-Akkus. Auch sie sind bei niedrigen Temperaturen nur eingeschränkt einsetzbar, da es unterhalb -10 °C zu einem starken Einbruch der Leistungsfähigkeit kommt. Auch ein Tiefentladen sollte man hier vermeiden, dies kann zu Schäden, aber mindestens Kapazitätsverlust führen.

In der aktuellen Generation des NiMH-Akkus wurden dessen Materialeigenschaften (führend ist hier Sanyo/Panasonic mit der Marke Eneloop) weiter verbessert, sodass er noch besser und universeller einsetzbar ist. Diese Akkus, auch LSD-NiMH genannt (LSD = low self discharge) weisen eine sehr geringe Selbstentladung auf, sie erhalten ihre Kapazität bis zu einem Jahr mit bis zu 85 %, so sind sie auch z. B. für Anwendungsfälle einsetzbar, in denen es eher auf lange Betriebszeit bei sehr geringer Stromentnahme ankommt. Die Entladekennlinie verläuft hier noch flacher und geradliniger als beim NiMH-Standard-Akku. Dazu kommen ein weiter verringerter Innenwiderstand, sodass diese Zellen auch hochstromfähig sind, eine hohe Zyklenfestigkeit (mehr als 3000 Zyklen) und eine verbesserte Temperaturfestigkeit bei niedrigen Temperaturen. Ein Vorteil für den Anwender liegt auch darin, dass diese Zellen bereits geladen verkauft werden und so wie Primärbatterien unmittelbar einsetzbar sind.

Die Ladetechnik

Die typische Entladeschlussspannung des NiCd-Akkus beträgt ca. 0,9 V, die des NiMH-Akkus 1,0 V, die Ladeschlussspannung liegt bei beiden Systemen bei etwa 1,45 V. Allerdings ist die reine Zellenspannung kein Ladeschlusskriterium, zu stark spielen hier Innenwiderstand und vor allem die Zellentemperatur eine Rolle. Und die Beachtung des Ladeschlusskriteriums, heute fast ausschließlich durch einen überwachenden Mikroprozessor ausgeführt, ist bei diesen Akkutypen ein sehr wichtiges Merkmal. Deshalb begrenzen sehr einfache Ladegeräte, die den Akku mit Konstantstrom allein zeitbegrenzt oder nicht einmal mit die-

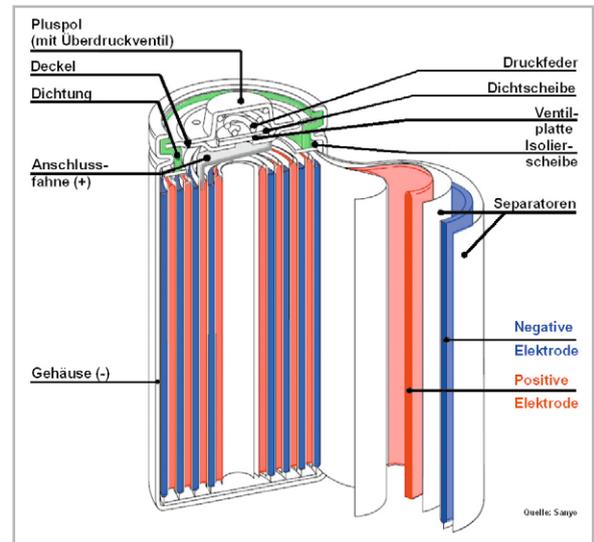


Bild 2: Aufbau des NiMH-Akkus

ser Begrenzung laden, dessen Lebensdauer drastisch, da es hier schnell zu einer schädlichen Überladung mit irreversiblen chemischen Zersetzungsprozessen kommt. Ein gutes Ladegerät für NiCd-/NiMH muss deshalb mit einer genauen ΔU -Erkennung arbeiten. Diese überwacht den Spannungsanstieg beim Laden, der in einer deutlichen Spannungsspitze endet, bevor die Spannung wieder etwas abfällt, daher ΔU . Dies muss auf wenige Millivolt genau erfasst werden, denn insbesondere NiMH-Akkus weisen eine weniger deutlich auswertbare Spannungsspitze auf. Dies ist, neben einer Temperaturüberwachung der Zelle, die Grundvoraussetzung zum Laden dieser Akkus, erst danach kommen Features wie ein wählbarer Ladestrom, Schnellladen usw. Ein Ladegerät für NiCd-Akkus muss zudem über eine Entladefunktion verfügen, idealerweise erkennt der steuernde Mikroprozessor durch Messen des Innenwiderstands und weiterer Kriterien den Akkutyp selbst und leitet ein Entladen vor dem eigentlichen Ladevorgang ein. Deshalb ist auch eine Einzelzellenüberwachung in modernen Ladegeräten Pflicht für jeden Hersteller. Bild 3 zeigt ein solches Ladegerät der neuesten Generation.

Im dritten Teil der Artikelserie befassen wir uns mit der Technik und dem Umgang mit modernen Lithium-Akkus. **ELV**



Bild 3: Ein modernes Ladegerät, das für mehrere Systeme geeignet ist und jede Zelle einzeln behandelt

(ELV 4fach-Akku-Ladegerät und Analyzer ML10000 für Li-Ion/NiCd/NiMH, CU-14 42 46, € 49,95)