

# Welcher Akku hält länger?

## Ein Vergleich von neuen und alten Systemen

Isidor Buchmann

Cadex Electronics Inc.

[Isidor.buchmann@cadex.com](mailto:Isidor.buchmann@cadex.com)

[www.buchmann.ca](http://www.buchmann.ca)

Edited May 2001

„Was verursacht die Alterung eines Akkus — ist der Vorgang mechanisch oder chemisch?“ Die Antwort lautet beides. Ein Akku ist ein Verschleißprodukt dessen Abnutzung bereits beim Verlassen des Herstellers beginnt. Ähnlich einer gespannten Feder möchte der Akku zum niedrigsten Faktor seiner Ausgangsform zurückkehren. Wie schnell die innere Uhr tickt, hängt von Faktoren wie zyklische Beanspruchung, Gebrauchstemperatur, Tiefentladung, Lademethode und Wartungsvorgängen ab. Dieser Effekt variiert mit der chemischen Zusammensetzung des einzelnen Akkus.

Einige Akkusysteme sind für hohe zyklische Beanspruchungen ausgelegt, andere für maximale Energiedichte. Leider gibt es keinen idealen und langlebigen Akku, der für alle Anwendungen eine Universallösung anbietet. Bild 1 vergleicht NiCd, NiMH und Li-Ion in Bezug auf Energiedichte, Innenwiderstand, Selbstentladung und den Zyklus-Ablauf.

	Nickel-Cadmium (NiCd)	Nickel-Metall-Hydrid (NiMH)	Lithium-Ion (Li-Ion)
Energiedichte (Wh/kg)	45-80	60-120	110-160
Innenwiderstand (mΩ)	100-200 <sup>1</sup>	200-300 <sup>1</sup>	150-250 <sup>1</sup>
Selbstentladung pro Monat	20% <sup>2</sup>	30% <sup>2</sup>	10% <sup>2</sup>
Beste Zykluslebensdauer	1500 <sup>3</sup>	300-500 <sup>4</sup>	500-1000 <sup>4</sup> oder 2-3 Jahre

**Bild 1:** Charakteristiken der NiCd, NiMH und Li-Ion Akkus in Bezug auf Energiedichte, Innenwiderstand, Selbstentladung und zyklische Lebensdauer

<sup>1</sup> Der Innenwiderstand eines Akkus variiert mit den Zellenwerten und der Anzahl von in Serie verbundenen Zellen

<sup>2</sup> Die Entladung ist innerhalb der ersten 24 Stunden am höchsten und fällt dann ab. Die Selbstentladung steigt bei erhöhter Temperatur.

<sup>3</sup> Der Lebenszyklus eines Akkus hängt vom Gebrauch und den regelmäßigen Wartungsvorkehrungen (Service) ab. Das Ausbleiben von periodisch durchgeführten völligen Entladungszyklen kann die zyklische Lebensdauer um den Faktor drei verkürzen.

<sup>4</sup> Die zyklische Lebensdauer beruht auf der Tiefe der Entladung. Flach verlaufende Entladungen ergeben mehr Zyklen als Tiefentladungen.

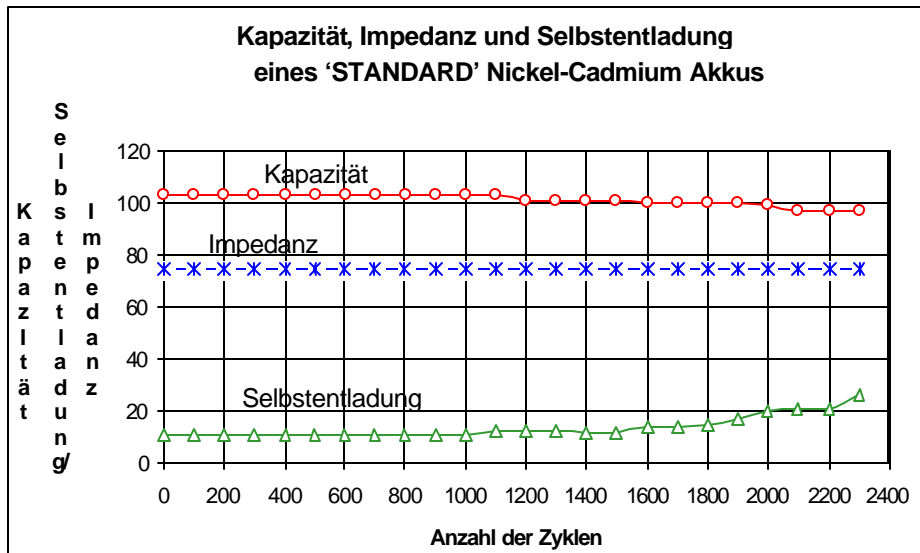
## Akkus altern

Als Teil der laufenden Forschungsprogramme, um die an besten geeigneten Akkus für portable Geräte zu finden, führte Cadex zyklische Dauertest mit Nickel Cadmium (NiCd), Nickel Metall Hydride (NiMH) und Lithium Ion (Li-Ion) Systemen durch. Die Tests wurden mit dem Cadex C7000 Akku-Analyser durchgeführt. Das Gerät mißt das Speichervermögen (Kapazität), den Innenwiderstand (Impedanz) und die Selbstentladung bei wiederholter (zyklischer) vollständiger Entladung und anschließender Wiederaufladung. Die Testwerte (programmierte Parameter) richten sich nach den aktuellen Vorgaben des Akku-Herstellers.

Zunächst gilt es, die Akkus ganz aufzuladen, um sie anschließend bis zur Entladespannung ganz zu entladen. Der Innenwiderstand ( $R_i$ ) läßt sich mit Hilfe der von Cadex entwickelten Ohm-Test Methode ermitteln. Nach einer 48-stündigen Ruhezeit wird die Selbstentladung periodisch durch Ablesen des eingetretenen Kapazitätsverlustes festgestellt.

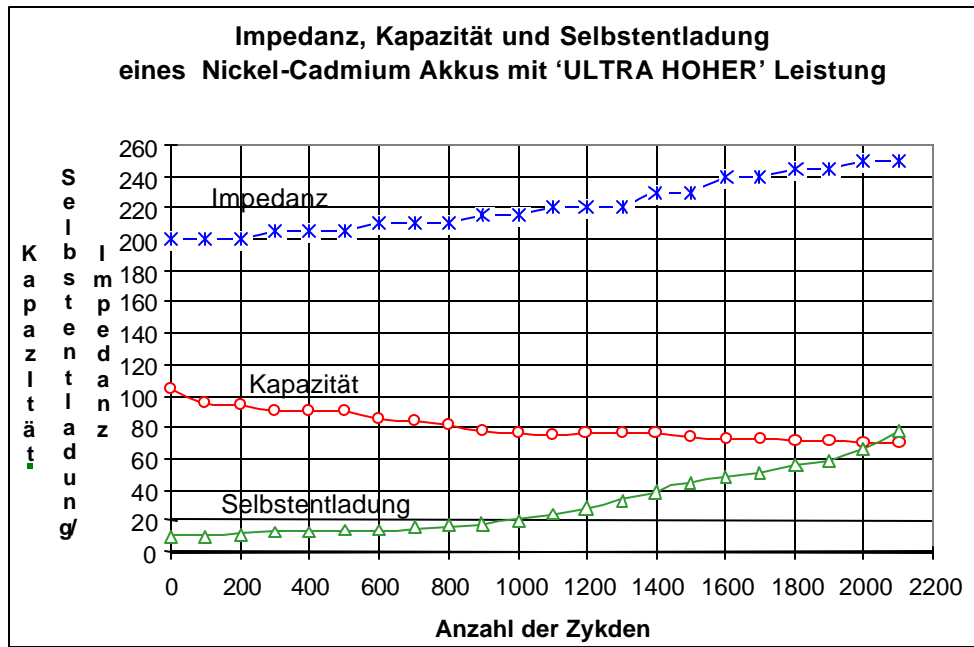
Es wurde beobachtet, daß der NiMH Akku sich nicht sehr schnell aufladen lässt. Weiter war die Fähigkeit, hohe Ströme abzugeben, reduziert und die Lebensdauer war verkürzt. Dazu erhöhte sich der Innenwiderstand vom NiMH Akku mit der Anzahl der Lade/Entlade-Zyklen.

In Bezug auf die Zyklen kann die Standard NiCd-Zelle am meisten aushalten. In Bild 2 werden die Kapazität, den Innenwiderstand und die Selbstentladung von einem NiCd-Akku (7,2V, 900mA) mit Standard-Zellen geprüft. Der Test umfaßt 2200 Zyklen. Während der Test-Dauer wird die Spannung gleichbleibend oberhalb 100% gehalten und fällt dann nach etwa 2000 Zyklen leicht darunter. Der Innenwiderstand flacht bei 75 m $\Omega$  ab. Die Selbstentladung erhöht sich ab 2000 Zyklen, bleibt jedoch in einem akzeptablen Bereich. Dieser Akku erhielt den Einstufungsgrad A für eine nahezu perfekte Leistung.



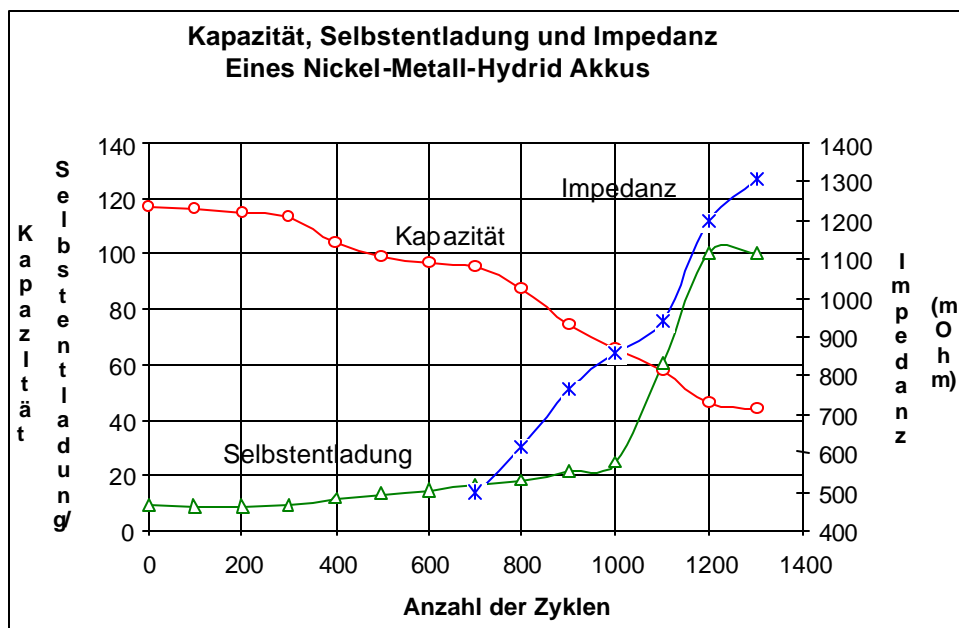
**Bild 2:** Kapazität, Impedanz und Selbstentladung eines 7.2V, 900mA NiCd Akkus mit Standard Zellen

Der hochverdichtete NiCd-Akku hat eine wesentliche höhere Energiedichte als die Standard Version, fällt aber weniger günstig aus nach langem Gebrauch. Bild 3 zeigt einen stetigen Leistungsabfall von ursprünglich 100% auf 70% bei 2000 Zyklen. Gleichzeitig steigt der Innenwiderstand von 200 auf 255 m $\Omega$  und die Selbstentladung erhöht sich nach 1000 Zyklen. Dies bewirkt verkürzte Standzeiten, da ein Teil der Energie laufend im Akku verpufft, selbst wenn er sich nicht im Gebrauch befindet.



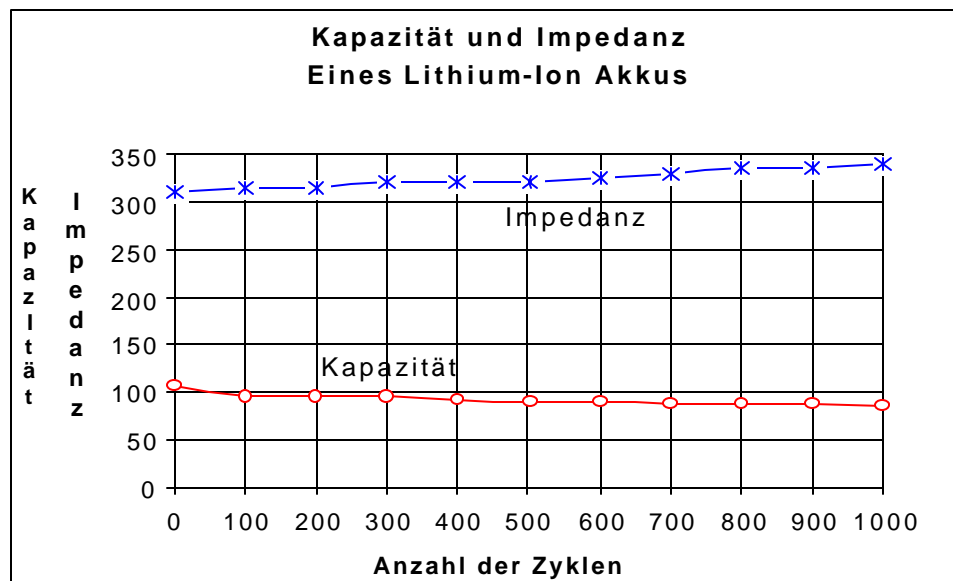
**Bild 3:** Kapazität, Impedanz und Selbstentladung eines 6V, 700mA NiCd Akkus mit Hochleistungszelle

In Bild 4 wird der NiMH-Akku getestet. In Sachen Kapazität übertrifft er den NiCd-Akku bei etwa 40%, jedoch ist der Innenwiderstand höher und nach 300 Zyklen fällt die Kapazität schnell ab. Man kann den raschen Anstieg des Innenwiderstandes und eine Selbstentladung nach 700 Zyklen beobachten. Der NiMH-Akku schafft nicht mehr als 400 Zyklen.



**Bild 4:** Kapazität, Impedanz und Selbstentladung eines 6V, 950mA NiMH Akkus. Die Impedanzmessungen wurde bis Zykluszahl 700 unterlassen.

Der Li-Ion-Akku bietet Vorzüge, die weder NiCd noch NiMH erreichen. Bild 5 veranschaulicht die Kapazität und den Innenwiderstand eines typischen Li-Ion-Akkus. Beim Überschreiten von 1000 Zyklen läßt sich ein leichter und vorhersehbarer Leistungsabfall beobachten und der Innenwiderstand steigt nur leicht von etwa 400 auf 450mΩ an. Wegen den geringen Werten wird die Messung der Selbstentladung bei diesem Versuch unterlassen.



**Bild 5** Kapazität und Impedanz eines 3.6V, 500mA Li-Ion Akkus

Obleich das Li-Ion-Diagramm im Vergleich mit dem NiMH-Diagramm gut ausfällt, ist der Innenwiderstand relativ hoch. Und das, obwohl es sich um eine Einzelzelle handelt. Für Mobiltelefone stellt der pulsierende Stromfluß eine grosse Herausforderung dar. Um die benötigte Energie aus einer einzelnen 3.6-V-Li-Ion-Zelle zu erhalten, muß der doppelte Strom fließen wie in einem 7.2-Volt-Akku.

Der Li-Ion-Akku unterliegt der Alterung selbst dann, wenn er nicht benutzt wird. Ein Leistungsverfall macht sich ab einem Jahr bemerkbar. Nach zwei zu drei Jahren fällt der Akku dann häufig aus. Es ist daher nicht zu empfehlen, Li-Ion-Akkus über längere Zeit zu lagern.

### ***Kleinerer Innenwiderstand verlängert die Betriebszeit***

Der Innenwiderstand eines Akkus ist ein wichtiges Element, der sich hauptsächlich bei digitalen Geräten stark bemerkbar macht. Gemessen in Milli-Ohm (mΩ), ist der Innenwiderstand (Ri) der Wächter des Akkus, welcher zu einem erheblichen Teil die Betriebszeit eines Packs bestimmt. Je niedriger der Widerstand, um so geringer sind die physikalischen Einschränkungen die der Akku bei pulsierender Belastungen erfährt. Ein hoher Widerstand macht den Akku 'weich' und verursacht einen Spannungssturz, sobald eine starke Stromabnahme angeschlossen wird. Ein scheinbar guter Akku erscheint als schwach, weil die verfügbare Energie nicht vollständig abgegeben wird.

Wie läßt sich der Innenwiderstand eines Akkus messen? Die Gleichstrom- (DC) Methode ist am meisten verbreitet. Hier wird der Akku mit einem Widerstand belastet und der Spannungsabfall wird gemessen. Über  $R=U:I$  läßt sich der Innenwiderstand ermitteln. Die Wechselstrom-(AC)-Methode, auch als „Konduktivtest“ bzw. „Leitfähigkeitstest“ bekannt, mißt die elektro-chemischen Eigenschaften des Akkus mit Hilfe von Wechselstrom. Akkukorrosion und andere Defekte lassen sich so identifizieren.

Die Cadex C7000 Akku-Analyser Serie (Bild 6) erlaubt die Impedanzmessung mit einem von Cadex entwickeltem Verfahren, das *Ohmtest*<sup>TM</sup> genannt wird. Die Testzeit dauert zehn Sekunden und arbeitet mit diskreten Lade- und Entlade Pulsiermethoden, ohne daß der Akku dabei entladen wird



**Bild 6: Cadex 7400 Akku-Analyser**

*Der Cadex 7400 Akku-Analyser mißt den inneren Akku-Widerstand. Die Werte ( $m\Omega$ ) lassen sich als Teil eines Schnelltestes des Akkus ablesen oder können in die Akku-Wartungsanalyse mit einbezogen werden.*

Je nach Akku-Typ kann der Innenwiderstand stark variieren. Deshalb muß sich der Anwender mit den Eichwerten eines bestimmten Akku-Modells vertraut machen. Parameter, die die Werte des Widerstandes beeinflussen, sind z.B. chemische Zusammensetzung, Zellgröße (mAh), Zelltyp, Anzahl der in Serie verbundenen Zellen sowie die Art der Verkabelung und der Kontakte.

Um Referenzwerte zu bekommen, mißt man einen guten Akku und benützt ihn als Bezugsgröße. Gut angeschlossene Endverbinder sind hier entscheidend, denn schlechte Kontakte führen zu erhöhten Werten. Krokodil-Klemmverbinder und lange Akku-Verbindungen sind ungeeignet. Es ist wichtig, daß ein Akku zumindest eine 50%ige Ladung besitzt, damit aussagefähige Werte des Innenwiderstandes abgelesen werden können. Gleich nach der Ladung weist ein Akku einen höheren Innenwiderstand auf. Es ist angeraten, den Akku ein bis zwei Stunden ruhen zu lassen bevor die Messung genommen wird.

Durch das Messen des Innenwiderstandes lassen sich auch Schnelltests leicht durchführen. Die schnellen Ohm-Tests erlauben die Prüfung einer großen Anzahl von Akkus innerhalb weniger Minuten.

## **Zusammenfassung**

Zusammenfassend läßt sich folgendes über den Status Quo der Akku-Technik sagen: Mit der Einführung neuer Akkuchemien ging es der NiCd-Technik an der Kragen. Die relativ kurze Betriebszeit, das Memory-Speicherphänomen, sowie Entsorgungsprobleme haben diese Akkus aus dem Rennen geworfen. Auch die NiMH-Akkus stellen keine herausragende Lösung für die Belange ihrer Zeit dar. Die Lebensdauer ist vielfach zu kurz. Als „leuchtenden Stern am Akku-Himmel“ kann man derzeit am ehesten die Li-Ion-Technik bezeichnen. Doch auch hier ergeben sich Beschränkungen durch den integrierten Schutzschaltkreis, der aus Sicherheitsgründen hohe Ladeströme ausschließt. Zudem unterliegen diese Akkus Materialveränderungen und einer frühen Alterung. Aber geben wir die Hoffnung nicht auf. Auch auf dem Akku-Sektor ist die Entwicklung nicht aufzuhalten.

---

*Dieser Artikel ist ein Auszug aus **Batteries in a Portable World** — A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers (second edition) {Ein Handbuch über wiederaufladbare Batterien für Nicht-Ingenieure}. In diesem Buch wertet Herr Buchmann den Akku im täglichen Gebrauch und erklärt seine Stärken und Schwächen. Das dreihundertseitige Buch ist erhältlich bei Cadex*

Electronics Inc. über [book@cadex.com](mailto:book@cadex.com), tel. +1 604 231-7777 oder in den meisten Buchhandlungen. Um mehr Details über das Buch zu erhalten, besuchen sie die Website [www.buchmann.ca](http://www.buchmann.ca).

### **Zum Autor**

*Isidor Buchmann ist Gründer und Geschäftsleiter CEO von Cadex Electronics Inc. in Richmond (Vancouver) BC, Kanada. Herr Buchmann kommt aus der Radio Kommunikation und hat das Verhalten von Akkumulatoren in allen täglichen Anwendungsbereichen über zwei Jahrzehnte studiert. Als Autor vieler Artikel, Schriften und Bücher mit Themen über die Akkuwartungstechnologie ist Herr Buchmann ein weithin als Fachberater bekannter Vortragsredner, der technische Schriften und Präsentationen auf Seminaren und Konferenzen rund um die Welt durchführt.*

### **Die Firma**

*Cadex Electronics Inc. ist einer der führenden Anbieter in Design und Herstellung von hochwertigen Akkuanalysierern und Ladegeräten. Die preisgekrönten Erzeugnisse werden eingesetzt, um die Lebensdauer von Akkus im Einsatz bei der drahtlosen Kommunikation, bei Notdiensten, der Biomedizin, mobilen Computern, Rundfunk, Luftfahrttechnik, und auf dem Sektor der Wehrtechnik und Weltraum zu verlängern und zu warten. Cadex Produkte werden in über 100 Länder verkauft.*

010522 L:\Articl01\German\LifeCyle-D Word count = 1,565