

Akku-Geheimnis gelöst!

Isidor Buchmann

Cadex Electronics Inc.

Isidor.buchmann@cadex.com

www.buchmann.ca

Edited May 2001

Mit dem Trend weg vom analogen, hin zum digitalen Handy, werden neue Anforderungen an den Akkumulator gestellt. Anders als bei analogen Handys, die gleichmäßig Strom verbrauchen, beansprucht das Digitale den Akku mit kurzen starken Stromstößen. Das GSM Handy benötigt bis zu 1.7A Strom, wenn es im äußeren Grenzbereich bei maximaler Übermittlungsleistung betrieben wird. Bild 1 zeigt die typische Strombelastung eines GSM Handys.

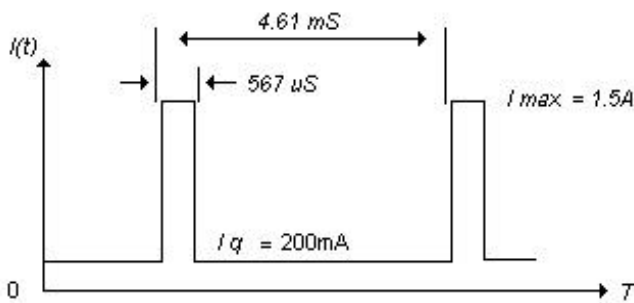


Bild 1: GSM Waveform Standard

Das GSM Waveform Standard Diagramm übermittelt Sprech-/Daten-Funktionen in Stößen von 567µs in einem Bereich von 4.61ms. Die Stromspitzen variieren je nach der Signalstärke und erreichen 1.7 Ampère in Grenzbereichen

Eine der dringlichsten Anforderungen des Akkus für digitale Handys ist ein geringer Innenwiderstand (R_i). Gemessen in Milli-Ohm ($m\Omega$), ist der Innenwiderstand der Wächter eines Akkus, der in grossem Maße die Dauer der Sprechzeit bestimmt. Je geringer der Widerstand, desto besser kann der Akku die erforderlichen Ströme liefern. Ein grosser R_i führt zu verfrühter 'Akkuschwäche'-Anzeige bei einem Akku der möglicherweise noch über genügend Energievorrat verfügt. In diesem Fall kann die gespeicherte Energie nicht vollständig abgegeben werden.

In Bild 2 untersuchen wir vier wesentliche, global vertriebene Handysysteme und vergleichen deren Anforderungen an Spitzenstromstärken und Spitzenleistungen. Es handelt sich um die Systeme AMP, GSM, TDMA und CDMA. Das Tetra System ist ähnlich wie TDMA.

	AMP	GSM	TDMA	CDMA
Type	Analog	Digital;	Digital	Digital
Leistungsspitzen	0.6W	1 - 2 Watts	0.6 - 1 Watts	0.2 Watts
Stromspitzen ¹	0.3A DC	1 - 2.5A	0.8 - 1.5A	0.7A
In Gebrauch seit	1985	1986	1992	1995 - 96

Bild 2: Allgemein gebräuchliche Handy-Systeme und deren Anforderungen an jeweilige Stromspitzenabgaben.

¹ Der Strom variiert mit der Akkuspannung; ein 3.6V Akku benötigt einen höheren Strom als einer mit 7.2V.

Welches ist der beste Akkupack für das digitale Handy?

Ein Verkaufsberater von Handys und Funkgeräten wird dem Kunden vielleicht raten, Akkus mit der höchstmöglichen Leistungsstufe zu wählen und die NiCd wegen des 'Memory' Problems abzulehnen. Der Kunde könnte sich für die schlank geformte NiMH entscheiden, denn sie bietet eine relativ hohe Kapazität in einem handlich kleinen Pack und einigermaßen günstigem Preis.

Was auf den ersten Blick wie eine gut getroffene Wahl aussieht, stellt sich jedoch nach folgenden Analysen als fragwürdig heraus, so daß andere Chemievarianten möglicherweise eine bessere Wahl geboten hätten. Vom Gesichtspunkt der Leistung her bietet die NiMH gute Werte, jedoch läßt die Leistung aufgrund abfallender Kapazität und steigendem Innenwiderstand nach zirka 300 Zyklen nach. Im Vergleich dazu kann die NiCd mit über 1000 Zyklen beansprucht werden und deren Widerstand bleibt dennoch verhältnismäßig gering. Es sollte jedoch erwähnt werden, daß die NiCd vergleichsweise zur NiMH ungefähr 30% weniger Leistung bietet.

Die NiMH und NiCd gelten als wartungsintensive Akkus, welche regelmäßig zyklisch entladen werden müssen, um *Memory*-Verluste zu vermeiden. Obgleich der NiMH ursprünglich als frei von *Memory* angepriesen wurde, wird er durch *Memory* beinahe genauso beeinflusst wie der NiCd. Die kristallinen Formationen, welche den Leistungsverlust verursachen, werden durch die Nickelplatte erzeugt, einem Metall, das sich in beiden Chemievarianten wiederfindet. Aufgrund seiner kürzeren Zyklus-Lebensdauer im Vergleich zum NiCd erscheint der *Memory*-Speicherverlust nicht so offensichtlich bei der NiMH.

Memory läßt sich je doch bei den auf Nickel basierenden Akkus durch ein vollständiges Entladen einmal im Monat kontrollieren. Es ist nicht zu empfehlen, den Akku vor jeder Aufladung ganz zu entladen, da dies das Pack unnötig beansprucht und die Lebensdauer verkürzen würde. Gleichfalls ist es nicht ratsam, die Akkus über längere Zeit im Aufladegerät zu belassen. Wenn er nicht benutzt wird, sollte ein Akku normal gelagert und erst vor Gebrauch geladen werden.

Ist der Li-Ion-Akku die bessere Wahl? Durchaus ja - in vielen Fällen. Der Li-Ion ist ein weniger wartungsbedürftiger Akku, der eine gute Kapazität bietet, leicht an Gewicht ist, und nicht periodisch aufgeladen werden muß. Der Li-Ion benötigt kein periodisch ansetzendes Entladen, da er nicht von

Memory beeinflusst wird. Kein “trickle charge” ist erforderlich, sobald der Akku die volle Ladung erreicht hat. Der Akku kann so lange im Ladegerät verbleiben, bis er benutzt wird.

Es muß jedoch angemerkt werden, daß der Li-Ion als Teilvorgang einer fortschreitenden Alterung allmählich ihre Wiederaufladefähigkeit verliert, selbst dann wenn er nicht benutzt wird. Aus diesem Grunde sollten Li-Ion Akkus nicht über längere Zeit gelagert werden, sondern müssen, ähnlich verderblichen Produkten, laufend umgesetzt werden. Beim Kauf des Ersatzakkus sollte der Käufer besonders auf das Herstellungsdatum achten. Leider ist diese Information oft in Form einer Seriennummer verschlüsselt und so dem Verbraucher unzugänglich.

Verglichen mit andern verfügbaren Akkusystemen ist der Li-Ion der teuerste Akku. Doch es ist dennoch gut geeignet für Leute, die das Handy täglich benutzen. Bis zu 1000 Lade-/Entladezyklen lassen sich innerhalb der voraussichtlichen Lebensdauer von zwei Jahren anwenden. Wegen des Alterungseffektes bietet der Li-Ion-Akku jedoch keine besonders wirtschaftliche Lösung für den gelegentlichen Benutzer.

In Bild 3 untersuchen wir die Beziehung zwischen Energiedichte (Kapazität) und dem Innenwiderstand bei NiCd, NiMH und Li-Ion Systemen. Um die Langlebigkeit anzusprechen, fügen wir den ‘besten Zyklusablauf’ für jede Chemieart informativ bei. Es sollte angemerkt werden, daß periodisches Durchlaufen von Entladezyklen erforderlich bleibt, um den vorausbestimmten Lebensdauerzyklus der NiCd und NiMH Akkus zu gewährleisten.

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

Bild 3: Charakteristiken der NiCd, NiMH und Li-Ion Akkus in bezug auf Energieverdichtung, Innenwiderstand, Selbstentladung und Zyklus-Lebensdauer

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

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

³ 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.

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

Auch wenn der generelle Energiebedarf eines digitalen Handys geringer ist als der des analog betriebenen, muß der Akku für ein digitales Telefon in der Lage sein, hohe Stromstöße zu liefern, die oft ein Vielfaches des Eigenwerts betragen.

Betrachten wir die Belastungen eines digitalen Handys in C-Einheiten. Wenn ein 500mAh-Akku mit 1C entladen wird so fließt ein Strom von 500mA. Dementsprechend fließen 1000mA wenn mit 2C entladen wird. Ein GSM Handy das mit einem 500mAh Akku betrieben ist und 3C Impulse entzieht, belastet die Zellen mit 1.5A.

Ein 3C Wert der jeweiligen Entladung ist durchaus akzeptierbar bei einem Akku mit niedrigem Innenwiderstand. Dennoch stellen alternde Li-Ion und NiMH ein Problem dar, weil sich der Ri dieser Akkus mit zunehmendem Alter und mehr Zyklen erhöhen.

Verwendet man größere Akkus erhält man eine höhere Kapazität, auch bekannt als "Extended Pack". Obwohl entsprechend größer und schwerer, bieten erweiterte Packs jedoch eine typische Kapazität von ungefähr 1000mAh - nahezu doppelt so hoch wie bei den Standardausführungen. Ausgedrückt als C-Wert wird die 3C Entladelast auf 1.5C reduziert, wenn ein 1000mAh statt einen 500mAh Akku eingesetzt wird.

Warum versagen anscheinend gute Akkus in digitalen Handys?

Als Teil laufender Forschungsprogramme führt Cadex zyklische Dauertests mit den verschiedensten Akkusystemen durch, um die am besten geeigneten Systeme für verschiedene Handys zu finden. In den Bildern 4, 5 und 6 untersuchen wir Li-Ion, NiMH und NiCd Akkus. Obwohl jedes Pack für sich eine gute Kapazität aufweist, zeigen sich verblüffende Abweichungen bei simulierten GSM Entladungen bei 1C, 2C und 3C.

Bei näherem Untersuchen werden erhebliche Unterschiede in den $m\ddot{u}$ Werten der geprüften Akkus erkennbar. Jedoch sind diese Daten in der Tat typisch bei Akkus, die sich seit einiger Zeit im Gebrauch befanden. Die Li-Ion zeigt 320 $m\ddot{u}$ an, die NiMH 778 $m\ddot{u}$ und die NiCd 155 $m\ddot{u}$, obwohl die Leistungsanzeige bei 94%, 107% und 113% liegt. Aus den Tabellen ist zu entnehmen, daß die Sprechzeit in direkter Beziehung zum Innenwiderstand des Akkus steht.

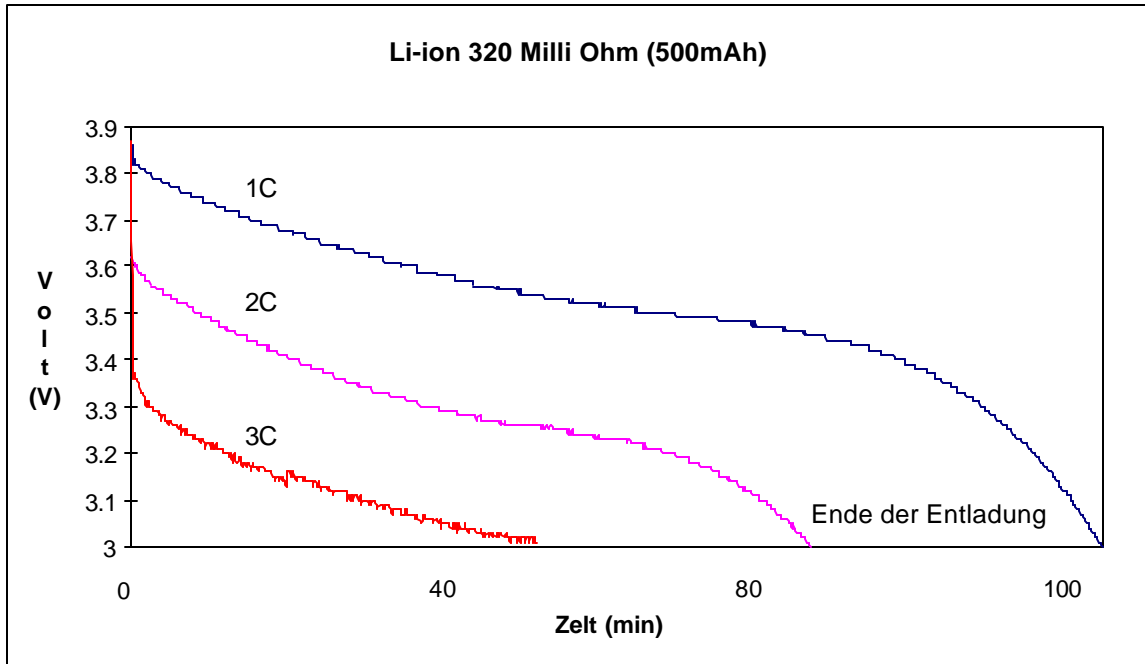


Bild 4: Entladen eines Li-Ion Akkus bei 1C, 2C und 3C gemäß GSM Ladeplan. Der geprüfte Akku hat eine Kapazität von 94%, der innere Widerstand beträgt 320mΩ..

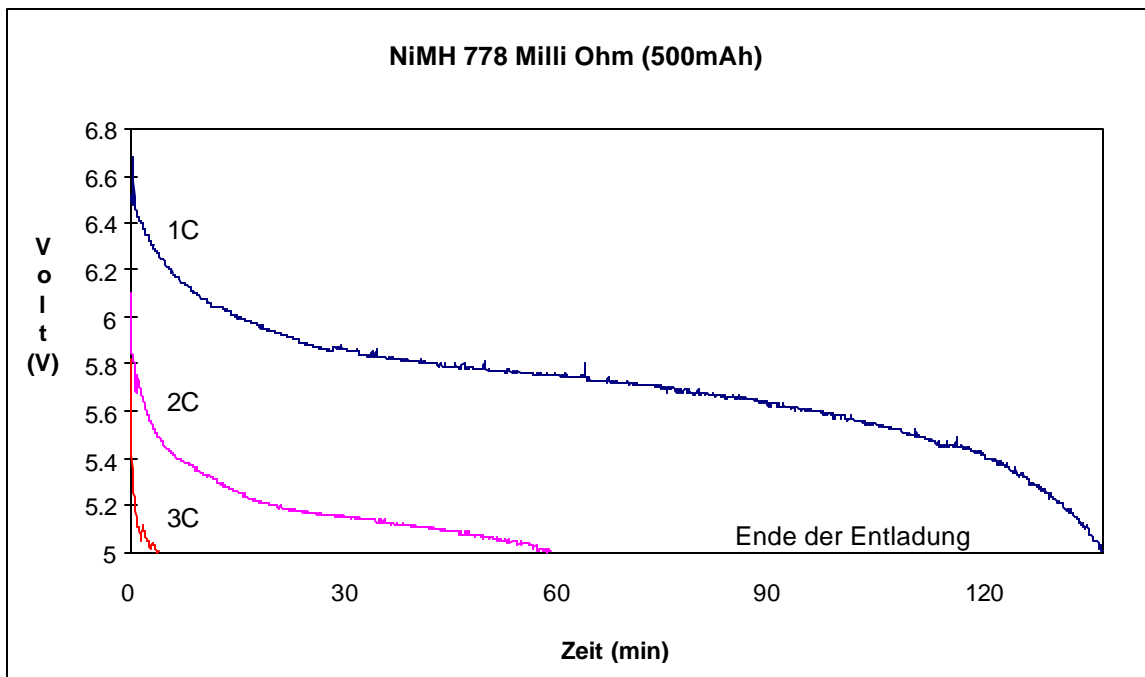


Bild 5: Entladung eines NiMH Akkus bei 1C, 2C und 3C gemäß dem GSM Ladeplan. Der geprüfte Akku hat eine Kapazität von 107%, der innere Widerstand beträgt 778mΩ..

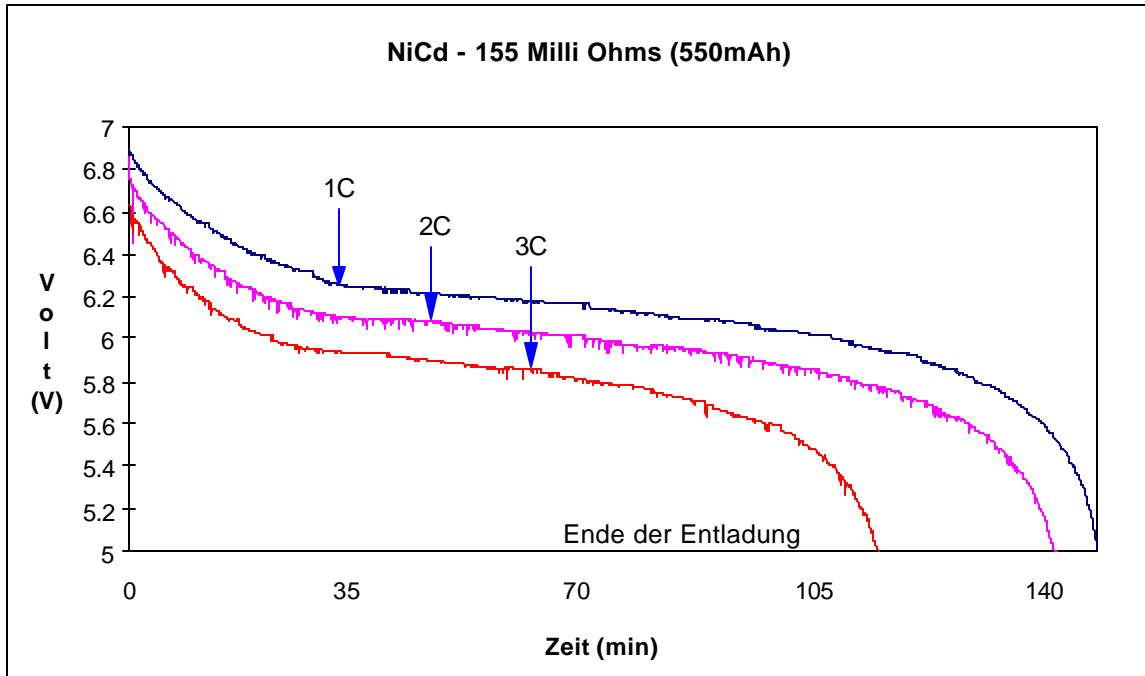


Bild 6: Entladung eines NiCd Akkus bei 1C, 2C und 3C gemäß dem GSM Ladeplan. Der geprüfte Akku hat eine Kapazität von 113%, der Innenwiderstand beträgt 155mΩ..

Wie wird der Innenwiderstand gemessen?

Eine der wichtigsten Eigenschaften von modernen Akku-Analysern ist die Fähigkeit den Akkutowiderstand zu bestimmen. Als Teil der natürlichen Alterung steigt der Innenwiderstand der Li-Ion und andern Akkus allmählich durch fortschreitende Zelloxidation. Je höher der Widerstand, desto schlechter ist der Zustand des Akkus.

Wie läßt sich der Innenwiderstand eines Akkus messen? Die Gleichstrom- (DC) Methode ist das einfachste Messverfahren. 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.

Cadex hat ein eigenständiges pulsierendes Verfahren entwickelt, um den Innenwiderstand der Akkus zu messen. Bekannt als *OhmTest™*, wird der Wert in Milliohm (mΩ) innerhalb von zehn Sekunden ermittelt, ohne daß der Akku entladen wird. Als ein Bestandteil der C7000 Akku-Analyser Serie läßt sich mittels des *OhmTestes* eine große Anzahl Akkus innerhalb Minuten überprüfen



Bild 7: Cadex C7400 Akku-Analyser

Der Cadex C7400 Akku-Analyser mißt den Innenwiderstan eines Akkus. Die $m\ddot{U}$ Werte lassen sich als Bestandteil des Akku-Schnelltestes ablesen oder in das Programm zum Rekonditionieren eingliedern.

Der *OhmTest*TM erlaubt das Durchprüfen einer großen Zahl von Akkupacks innerhalb von Minuten. Diese Technik ist besonders bei den Anbietern von Handys, die einen ganzen Pool von Akkus warten und verkaufen, beliebt und gefragt. Außerdem sind Service-Zentren mittels des *Ohm-Tests* in der Lage, sofort Packs zu prüfen, während die Kunden darauf warten können.

Es soll jedoch vermerkt werden, daß der *OhmTest*TM nicht endgültige Schlüsse über den Ladezustand oder den Gesundheitszustand der Zelle zuläßt. Die Werte können weit auseinander liegen und hängen von vielen Umständen ab, wie z.B. der Akku-Chemie, der Zellgröße (mAh), Art der Zelle, Anzahl der in Serie verbundenen Zellen, Schutzschaltkreisen, Verdrahtung und Material der Kontakte. Der Ladezustand zur Zeit der Ablesung spielt ebenfalls eine Rolle. Ein Akku muß mindestens 50% geladen sein, um aussagefähige Resultate zu gewinnen.

Eine feste Verbindung ist unerläßlich, da ein schlecht verbundener Kontakt ein höherer Widerstand hat. Krokodilklemmen und lange Verbindungen sind nicht geeignet.

Um den *OhmTest*TM zur Akkubewertung nutzbringend und aussagekräftig anzuwenden, ist es wichtig, die Werte eines guten Akkus als Bezugsgrösse heranzuziehen. Weil jedoch jeder Akkutyp anders ist, sind Referenzwerte für jedes Modell nötig.

Die folgenden Angaben können als Richtwerte für digitale Handys gelten:

150m \ddot{U} per 3.6V oder geringer	Sehr gut
150-250m \ddot{U} per 3.6V	Gut
250-350m \ddot{U} per 3.6V	Genügend
350-500m \ddot{U} per 3.6V	Schlecht
Über 500m \ddot{U} per 3.6V	Fehlerhaft

Es ist anzumerken, daß die Akkuspannung in Relation mit dem abgelesenen Widerstandswert steht. Ein Handy braucht Power. Das heißt, je höher die Spannung, desto geringe die Ströme müssen fließen. Theoretisch betrachtet würde ein 7.2 Volt Akku es zulassen, den doppelten R_i eines 3.6 Volt Packs zu erreichen, da aus ihm nur halb so viel Strom abgezogen wird.

OhmTests können am besten bei Li-Ion-Akkus angewandt werden, da der Leistungsverfall mit der internen Zellenkorrosion in Beziehung steht, welcher sich in einem gesteigerten Innenwiderstand reflektiert. Die Leistung eines NiMH Akkus kann ebenfalls weitgehend identifiziert werden, NiCd eignet sich jedoch nicht besonders gut.

Ein geringer Innenwiderstand garantiert nicht unbedingt eine hohe Leistung beim NiCd Akku. Anders als beim Li-Ion, lassen sich NiCd und NiMH mit hohem Innenwiderstand oft noch durch das Rekonditionierungsprogramm eines Cadex 7000 Akku-Analysers wiederherstellen, da der schlechte Zustand infolge *Memory* entstanden sein kann. Erfolgreiches Rekonditionieren ist daran zu erkennen, daß sich die Widerstandsgrösse mit Faktor zwei bis drei verbessert. Eine vollständige Akkuaufbereitung ist im allgemeinen möglich.

Zusammenfassung

Hersteller sind gezwungen, tragbare Geräte mit Akkus auszustatten, die eine möglichst lange Betriebszeit erlauben. Durch hineinpacken von mehr Energie in das Leistungspack, könnten andere Qualitäten vernachlässigt werden, von denen eine die Lebensdauer ist. Dies ist zum Teil bei NiMH Akkus der Fall.

Lange Lebensdauer, grosse Leistung und einen kleinen Innenwiderstand sind in der NiCd Akkufamilie zu finden. Diese Chemie ist jedoch heute besonders bei Handys weniger gefragt. Negative Veröffentlichungen über das sogenannte '*Memory-Phänomen*' und Befürchtungen hinsichtlich der Toxizität des Metalls veranlaßten die Kundschaft auf alternative Produkte auszuweichen. Heute sind fast alle modernen Handys mit Li-Ion ausgestattet.

Der Akku ist vielmals der teuerste Komponent und oft der Bestandteil, der früher als das Produkt ersetzt werden muss. Es ist somit durchaus angebracht, daß die Gerätehersteller ein besonderes Augenmerk auf den Akku richteten. Dies bezieht sich auf sorgfältige Vorbereitungen was formatieren, schnell-prüfen und dem abhalten einer Voll-Ladung beinhaltet.

*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, 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.*

Zum Autor

Isidor Buchmann ist der Gründer und Geschäftsleiter/CEO von Cadex Electronics Inc., in Richmond (Vancouver) British Columbia, Canada. Herr Buchmann kommt aus der Radiokommunikation und studiert die Eigenschaften von aufladbaren Batterien in deren praktischen Anwendungen seit nunmehr zwei Jahrzehnten. Als Autor vieler Artikel und Bücher zur Akkuwartungstechnologie ist Herr Buchmann ein bekannter und gefragter Vortragsredner, der technische Vorträge und Präsentationen bei Seminaren und auf Konferenzen rund um die Welt abgehalten hat.

Über das Firmenunternehmen

Cadex Electronics Inc. ist weltweit führend in der Entwicklung und Herstellung von hochwertigen Akku-Analysern (Analyzers) und Ladegeräten (Chargers). Ihre preisgekrönten Produkte werden benötigt, um die Gebrauchsfähigkeit und Lebensdauer von Akkus beim Einsatz von drahtloser Kommunikation, Notdienstgeräten, mobilen Computern, im Flugverkehr, in biomedizinischen

Ausrüstungen, bei der Rundfunkübermittlung, und auf dem Sektor der Verteidigung zu gewährleisten und zu erhalten. Cadex Produkte werden in über 100 Ländern verkauft.

010518 L:\Articl01\German\Mystry-D Word count = 2,317