

Die größten Irrtümer der Ladetechnik

G. Wiesspeiner

Einleitung:

Zwei Fragen sind so alt wie die Erfindung des Akkumulators:

*Auf welche Weise kann das Ladeende bestimmt werden und
welche Methode ist die beste um einen Akku aufzuladen.*

Mit der extensiven Nutzung von portablen Geräten wird die Forderung nach einer zuverlässigen Energiequelle immer deutlicher. Immer deutlicher wird auch, daß die bestehenden Ladeverfahren den Erwartungen nur sehr mangelhaft entsprechen.

Die Zielsetzung ist klar:

*Den Akkumulator innerhalb weniger Minuten problemlos aufzutanken,
ohne sich sorgen zu müssen, ob er danach auch wirklich voll ist
und gleichzeitig eine hohe Lebensdauer zu erreichen.*

Einerseits sind die Lademethoden, mit denen diese Ziele erreicht werden sollen, oft so alt wie die Erfindung des Akkus selbst, und andererseits halten sich Dogmen, Kuriositäten und überlieferte „Expertenweisheiten“ die wissenschaftlich nicht haltbar sind.

1. IRRTUM: Der Akku ist ein spezifiziertes Bauelement

Der Akku unterliegt schon bei der Produktion großen Exemplarstreuungen durch ungenaue Zusammensetzung des Elektrolyten, der Elektrodenmaterialien und ihrer Konditionierung. Elektrochemisch reagiert die Zelle auf Druck, Temperatur und Konzentration. Dazu kommt ein Verhalten, welches von der Vorgeschichte, d.h. von den Lade/Entladezyklen, den dabei verwendeten Strömen, von der Überladung/Tiefentladung, Standzeit, Verwendungsdauer, Wartezeit, etc. etc. etc.. abhängig ist.

Der Akku verhält sich nicht wie ein spezifiziertes Bauelement,
sondern eher so wie ein Individuum.

2. IRRTUM: 140% Laden ist notwendig

Allgemein wird angenommen, daß 40% Ladeverluste auftreten. Das Verhältnis zwischen Lade/Entladestrommenge sollte also 1.4:1 sein (vgl. 14h mit C/10 laden).

Messungen an NC, NMH und Bleiakkus zeigen jedoch, daß bei richtiger Bestimmung des Abschaltzeitpunktes (Ladeende=Vollzustand) annähernd die gleiche Strommenge entnommen werden kann, die geladen wurde. Bei qualitativ hochwertigen Akkus beträgt sie 98-100%.

Verlängerte Ladezeiten bringen keinen Kapazitätsgewinn sondern führen nur zur Überladung und Schädigung des Akkus.

3. IRRTUM: Pulsladen

Es wird behauptet, daß das Laden mit kurzen und hohen Strompulsen, wie beim Pulsladen den Memoryeffekt verhindern und die Lebensdauer des Akkus erhöhen könne. Jedoch hat die Stromform beim Laden keine so hohe Bedeutung wie beispielsweise das Überladen. Ungünstig ist die quadratisch höhere Verlustleistung ($P_v = I^2 \times R$). Dementsprechend entstehen bereits bei einem Puls/Pausenverhältnis von 1:3 die neunfach höheren Energieverluste.

Hohe Stromimpulse belasten den Akku

4. IRRTUM: Reflexladen

Dem Reflexladen (=neg. Entladeimpulse während des Ladens) werden wundersame Effekte zugewilligt. Der positive Effekt wird damit erklärt, daß angeblich damit

- a) die Gasung verhindert
- b) einer Überladung vorgebeugt
- c) die Dendritenbildung verhindert
- d) der MemoryEffekt vermieden und
- e) die Lebensdauer erhöht werden sollte.

Es gibt mehrere Gründe, die aus physikalischen und elektrochemischen Grundprinzipien berechnete Zweifel an diesen Erklärungen aufkommen lassen.

- 1) Gasung tritt erst bei Überladung auf. Die negativen Stromimpulse werden aber von Anbeginn und während der gesamten Ladezeit angewendet.
- 2) Gasblasen sind hochohmig. Kurze, hohe Ströme können nur durch die niederohmigen Strompfade des Elektrolyten und nicht durch die hochohmigen Gasbläschen fließen.
- 3) Gase lassen sich nicht in wenigen Millisekunden in wässrige Elektrolyte zurückwandeln.
- 4) Die elektrische Zeitkonstante ist so hoch, daß kurze Stromimpulse an der Faraday'schen Kapazität des Akkumulators geglättet werden und so nicht mehr in Erscheinung treten.

Der Effekt des Reflexladens beruht daher im Wesentlichen auf einer Reduktion des mittleren Ladestromes bei gleichzeitig erhöhter Ripple- bzw. Wechselimpuls-Strombelastung.

Die Lebensdauer wird dadurch nicht erhöht. Letztendlich bleibt nur der viel größere technische Aufwand in der Leistungsstufe Energieverschwendung und Akkubelastung übrig.

Reflexladen: Zweifelhafte Wirkung

5. IRRTUM: Schnell-Laden ist schädlich

Schnell-Laden von Akkus, d.h. mit höheren Strömen (bis zu 2C) zu laden, ist nicht schädlich, sondern kann bei richtiger Ladetechnik, die Lebensdauer der Akkus sogar beträchtlich erhöhen. Schädlich für die Akkus ist nur das Überladen mit hohen Überladeströmen. Es wurde der Nachweis erbracht, daß auch mit relativ hohen Ladeströmen (3 CA) über 5000 Ladezyklen auf gewöhnlichen NC-Akkus erreicht werden können.

Benötigt man Spezialtypen zum Schnell-Laden?

Wenn mit hoher Präzision sofort erkannt werden kann, wenn der Akku zu 100% aufgeladen ist, und jegliche Überladung verhindert wird, dann sind sämtliche derzeit üblichen NC- oder NMH- Akkus dafür geeignet, ohne daß diese schnellladefähig sein müssen.

Schnellladen ist bei richtiger Anwendung sogar günstiger

6. IRRTUM: Laden kühlt

Ein besonderes Kuriosum stellt die Behauptung dar, daß durch besondere (geheimnisvolle) Mechanismen dafür gesorgt werden könne, daß beim Ladevorgang keine Erwärmung sondern eine Abkühlung des Akkus bewirkt werde.

Da die Ladeverluste prinzipiell geringer sind als die Entladeverluste ist die Erwärmung beim Laden geringer als beim Entladen, aber noch lange keine Abkühlung.

Ladeverluste führen immer zu einer Erwärmung

7. IRRTUM: Entladen verhindert den Memory-Effekt

Besonders hartnäckig hält sich das Dogma der „Memoryeffekt“ könne durch vorheriges Entladen verhindert werden. Der Memoryeffekt entsteht nicht wie der Name fälschlicherweise ausdrückt, in einem Gedächtniseffekt des Akkus, der sich die Entladetiefe merkt, sondern in der falschen Formierung der Elektroden durch Überladung. In der Praxis sieht es so aus, daß fast alle Ladegeräte, nicht erkennen können, wenn der Akku 100% voll ist, und daher auch bei jeder Ladung eine Überladung produzieren. Diese Überladung ist um so kräftiger, je weniger der Akku entladen war. Dementsprechend entsteht auch die Schädigung durch Überladung um so stärker je weniger der Akku entladen war. Diese Beobachtung wurde irrtümlicherweise als Memoryeffekt bezeichnet, hat aber mit Entlade-Gedächtnis nichts zu tun. Diese neue Erkenntnis wird dadurch bestätigt, daß der Memoryeffekt auch bei Akkus auftritt, die überhaupt niemals entladen wurden.

Der Memory-Effekt merkt sich die Überladung

8. IRRTUM: Den Memory-Effekt gibt es nur bei NC-Akkus

Allgemein wird von der Annahme ausgegangen, der Memoryeffekt trete nur bei NC-Zellen auf und dies sei auch sein größter Nachteil abgesehen vom Schwermetall. Insbesondere deswegen wurde auch die Entwicklung von NMH und LiIon forciert. Es ist anzunehmen, daß dieser Irrtum damit begründet ist, daß durch den sehr häufigen Gebrauch und die häufige Überladung von NC-Akkus im praktischen Einsatz das Phänomen des Memoryeffekts sehr deutlich zu Tage gebracht hat. Durch den häufigen Gebrauch wird seit kurzem auch bei NMH, LiIon und sogar bei Bleiakkus das gleichartige Memoryeffektverhalten beobachtet. Zur Vermeidung des Memoryeffekts ist es also unbedingt notwendig ein Ladeverfahren einzusetzen, das von der Akkutype weitestgehend unabhängig ist und unter keinen Umständen eine schädliche Überladung verursacht.

Der Memoryeffekt tritt auch bei Pb, NMH und LiIon-Akkus auf

9. IRRTUM: Batteriemanagementsysteme haben keine Probleme

Batteriemanagementsysteme, nach der Methode der Kapazitätsbalance, messen Ladestrom und Entladestrom und ergänzen die Entladestrommenge durch eine entsprechende (100 - 140%ige) Ladestrommenge. Diese, nur auf den ersten Blick, einleuchtende Methode kann weder die Überladung der Batterie noch den vollständigen Entladung verhindern, da nicht festgestellt wird, wann die Batterie wirklich voll ist. In den Pausenzeiten treten Leckströme auf und Selbstentladung, die ebenfalls in der Ladungsbilanz erfaßt werden müßte aber auf Grund des Temperatureinflusses weitestgehend unbestimmt ist. Ebenfalls unbestimmt und großen Exemplarstreuungen unterliegt der Wirkungsgrad der Ladung. Zur Sicherheit muß eben überladen werden, was gegenüber den herkömmlichen Ladeverfahren keinen nennenswerten Vorteil bringt, weil auch hier der Akku nach einiger Zeit ausfällt.

Die Kapazitätsbalance erkennt nicht den vollen Akku

10. IRRTUM: Es gibt kein optimales Ladeverfahren

Die herkömmlichen Abschaltkriterien verlangen Konstantstrom für die Nickel Zellen, wogegen für Blei, Alkali-Mangan, LiIon Konstantspannung die Methode der Wahl ist. Das stellt den Entwickler von portablen Geräten vor die schwierige Entscheidung sich mehr oder weniger unwiderruflich auf ein bestimmtes Ladeverfahren für eine vorbestimmte Batterietechnologie festzulegen. Er hat dabei die Qual der Wahl:

Bekannte Technologie mit bekannten Problemen (und Lösungen),

oder

neue Technologie mit neuen Problemen.

Timer- und temperaturgesteuerte Ladeverfahren führen zu starker Überladung der Akkus. Trotz gegenteiliger Beschreibung kann auch das $-\Delta V$ Verfahren (Delta Peak) die Überladung nicht verhindern. Die Abschaltung im „Deflection Point“ (2.Ableitung = 0) erfolgt zu früh wenn der Akku noch nicht voll ist. Die spannunggeführten Lademethoden sind überkritisch von anderen Bedingungen (Type, Elektrolyt, Temperatur, Strom, Alterung, usw..) abhängig und daher sehr unzuverlässig.

Charakterisierend für die derzeitigen Lademethoden sind die sattsam bekannten Probleme unvollständig geladener, unbrauchbar „müder“, oder kaputter Akkupacks, die bereits nach wenigen Wochen/Monaten auftreten. Besitzer von Notebook's oder Handy's stellen fest, daß auch bei Batteriemanagementsystemen die Akkupack's davon nicht verschont werden.

Die reale Welt ist, mit einem ständigen Blick auf die Kapazitätsanzeige, von der Sorge begleitet, ob das akkubetriebene Gerät die erforderliche Betriebszeit wohl auch erreichen oder durchstehen wird.

Gibt es also wirklich keine optimale Ladetechnik?

Durch Anwendung völlig neuer Methoden in Analogie zu lebenden Systemen (Adaptation, Modellbildung, Musteranalyse), kann nun für alle Akkutypen unterschiedlichster Technologie (NC, NMH, LiIon, Pb,..) der 100%-Volladezustand bestimmt werden. Dies wurde möglich, weil erstmals mit Hilfe eines Wechselstromersatzschaltbildes die Vorgänge im Inneren der Zelle (Elektrode-Elektrolyt Übergang, Innere Impedanz,) berechnet werden (CCS-Prinzip).

Das mit dem Innovationspreis ausgezeichnete CCS Ladeverfahren (CCS=Computerized

Charging System) ist eine neue und weltweit einzigartige Methode zum Laden von Akkus, insbesondere um ursächlich den 100% Voll-Zustand eines Akkus zu erkennen.

Durch komplexe Wechselstromrechnung wird der Zustand im Inneren des Akkus bestimmt. Obwohl prinzipiell nur an den Anschlußklemmen gemessen werden kann, wird mit Hilfe eines elektrischen Ersatzschaltbildes der Vorgang zwischen Elektrode und Elektrolyt berechnet. Aus der digitalen Musteranalyse dieser inneren Impedanz läßt sich mit äußerster Präzision bestimmen, wann der Akku exakt zu 100% vollgeladen ist.

Durch diese wissenschaftliche Methode ergeben sich gegenüber allen anderen Lademethoden eine Reihe von Vorzügen, die im Folgenden dargestellt werden.

Akkutype: Die Art der Erkennung der 100%igen Ladung ist von Akkutype und -art unabhängig. Die Methode ist in genau identischer Weise und Ausführung für NC, NMH, Pb, LiIon, NiFe, Alkali udgl anwendbar. Mit ein und demselben Ladegerät können Akkus unterschiedlichster Technologie geladen werden und die Festlegung der Akkutechnologie ist unkritisch, weil ein vorhandenes CCS-Ladegerät weiterbenutzt werden kann.

Präzision: Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit ist von äußeren Einflüssen wie Temperatur, Alterung, Exemplarstreuung usw. unabhängig!

Memory-Effekt: Ein Memory-Effekt tritt nicht auf! Zeitraubendes und energieverschwendendes Entladen vor dem Laden ist dabei nicht nötig.

Stabilisierung: Vom Funktionsprinzip her, benötigt die CCS-Methode keine Stromstabilisierung. Erstmals können Stromschwankungen aus alternativen Energiequellen (z.B. Solarstrom, Dynamo) ohne Stabilisierungsverluste akzeptiert werden.

Temperatur: Untersuchungen haben gezeigt, daß das CCS-Abschaltkriterium auch unter extremen Temperaturbedingungen (-20° bis +70°C) ohne Einschränkung gültig ist.

Sicherheit: Es sind keine zusätzlichen Schutzmechanismen wie z.Bsp. Temperaturabschaltung, Zeitabschaltung o.dgl. erforderlich. Selbst defekte Zellen oder irrtümlich eingelegte Primärbatterien werden sicher abgeschaltet.

Lebensdauer: Mit dem Einsatz des neuen CCS-Verfahrens wird die Lebensdauer der Akkus auch bei extrem hohen Ladeströmen deutlich verlängert (nachweislich über 5000 Schnellladezyklen bei NC ohne nennenswerten Kapazitätsverlust = 15 Jahre Lebensdauer). Alte und unbrauchbar "müde" Akkus werden automatisch regeneriert.

Umwelt: Problemlösung durch Abfallvermeidung & Recycling

Realität: Die o.a. angeführten Vorteile sind nicht nur Wunschvorstellung oder graue Theorie, sondern in Form von CCS-Ladecontroller-IC's, Modulen oder Fertigeräten realisiert und seit Jahren im Einsatz.

Evaluation: Die Funktion der CCS-Ladetechnik ist für jedermann einfach überprüfbar. Mit Hilfe von Evaluation-Boards kann der applikationsspezifische Einsatz der verschiedenen Chips unter realistischen Bedingungen getestet werden. Für Laboranwendungen wurde ein High-End Gerät, der CCS-Superlader, vorgestellt, der nicht nur Ladefunktionen für alle Akku-Technologien von der Knopfzelle bis zur Autobatterie besitzt, sondern auch alle anderen Funktionen aufweist, die der Entwicklungsingenieur für batteriebetriebene Stromversorgungen benötigt. Messung der Akkukapazität, Restenergiemenge, Ladeeffizienz, Konditionierung und Regenerierung sowie Ausheilung der aktiven Masse sind unentbehrliche Hilfsmittel zur Beurteilung des Akkuzustandes, vor allem im Zusammenhang mit seiner Funktion als Stromversorger eines bestimmten Gerätes. Die digitalen Interfaces ermöglichen den Aufbau von vollautomatischen Meß- und Prüfplätzen mit entsprechender Dokumentation der Meßergebnisse und Testserien.

Verlässlichkeit: CCS-Geräte werden bei Anwendungen mit höchsten Anforderungen an die Zuverlässigkeit eingesetzt und haben sich mittlerweile mehr als 100.000fach bewährt

Erfahrung: Die Anwendung der neuen Erkenntnisse vermeidet praktisch alle Probleme bei der Ladung von Akkus. Es kann damit gezeigt werden, daß die Akkus wesentlich besser sind als ihr Ruf und, daß vor allem die "AKKU-KILLER", dh. die derzeit verwendeten, ungenügenden und laienhaften Lademethoden sind, welche die zur Genüge bekannten Akku- und Ladeprobleme verursachen. Daher kann zusammengefaßt werden:

Es gibt ein optimales Ladeverfahren: CCS

Verfasser: Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Wiesspeiner

Technische Universität Graz, Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik

Ludwig Boltzmann Institut für Technische Lebenshilfen

Tel: ++43/316/873-7392

Fax: ++43/316/46 53 48

Email: WP@BMT.TU-GRAZ.AC.AT

Ergänzende Informationen und Unterlagen: BTI - Büro für Technologie und Innovation

A-8010 Graz, Rudolfstraße 14, Tel.: ++43/316/32 60 31 Fax: ++43/316/38 18 08

D-82194 Gröbenzell, von Branca Straße 6b, Tel&Fax: ++49/8142/57 4 65

P. Schneider, D-65527 Niedernhausen, Lenzenbergstr. 18, Tel&Fax: ++49/6127/58 23