

# Durchbruch beim Akku-Quicktest

Isidor Buchmann

Cadex Electronics Inc.

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

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

Februar 2001

---

Fragt man einen Ingenieur eines grossen Batterieherstellers: "Ist es möglich, Batterien im Schnellverfahren zu testen?" antwortet er vermutlich in einem entschiedenen Ton: "Nein". Er basiert diese Schlußfolgerung auf die Schwierigkeit, eine universelle Testmethode anwenden zu können, welche auf alle Anwendungen für wiederaufladbare Batterien zutreffen könnte, wie zum Beispiel Akkus der drahtlosen Kommunikation bis hin zu mobilen Computern, von elektronischen Werkzeugen bis hin zu Gabelstaplern und Elektrofahrzeugen.

Etliche Universitäten und Unternehmen, einschließlich Cadex Electronics, forschen nach brauchbaren Lösungen für Schnelltestverfahren bei Akkumulatoren (Akkus). Es wurden viele Testmethoden entwickelt und eben so viele Versuche schlugen fehl wegen ihrer Ungenauigkeit oder Unausführbarkeit.

Beim Studieren der auf die Akkus bezogenen Eigenschaften über deren Gesundheits- und Ladezustand (SoH = state of health sowie SoC = state of condition) lassen sich einige interessante Effekte beobachten. Bedauerlicherweise sind diese Eigenschaften sehr träge und schwanken häufig. Erschwerend kommt hinzu, daß diese Parameter für jeden Akkutyp einzig in ihrer Art sind. Dadurch wird es schwierig, eine Formel zu entwickeln, welche auf alle Akkus wirksam anwendbar ist.

Trotz dieser anscheinend unüberwindbaren Zusammenhänge ist ein Schnelltest oder Quicktest machbar. Jedoch sollte man sich fragen: "Wie genau muß er sein und wie gut vermag er sich den ständig wechselnden chemischen Zusammensetzungen der Akkus anzupassen?"

Das Geheimnis des Akkuschnelltests liegt im Verstehen der Zusammenhänge und Abläufe, wie die aus dem Akku entnommene Energie genutzt und verbraucht wird. Akkuentladungen variieren von kurzen Stromstößen für ein GSM Telefon bis hin zu intermittierenden, starken Ladungen bei elektronischen Werkzeugen (Power Tools), und lang anhaltendem, gleichmäßigem Stromverbrauch von Laptops.

Der erste Schritt zum Erlangen von Schnelltestwerten geschieht durch das Messen des Innenwiderstandes (Scheinwiderstandes) des Akkus — oft Impedanz genannt. Es bedarf nur wenige Sekunden, um Impedanzwerte zu erhalten. Diese liefern einen einigermaßen genauen Hinweis über den Akkuzustand, besonders dann, wenn die Meßwerte eines neuen Akkus als Vergleichswerte mit herangezogen werden können.

Bedauerlicherweise liefern die Impedanzwerte allein nur skizzenhaft grobe Informationen über die Akkuleistung. Die Messwerte werden von diversen Einflüssen des Akkuzustandes beeinflusst, welche nicht immer nachvollziehbar sind. So zeigt zum Beispiel ein voll geladener Akku, der soeben vom Ladegerät abgenommen wurde, höhere Impedanzwerte als ein solcher mit einigen Stunden Ruhezeit nach erfolgter Aufladung. Der erhöhte Innenwiderstand in dem unmittelbar aufgeladenen Akku hängt mit den elektro-chemischen Reaktionen unmittelbar nach dem Laden zusammen. Läßt man den Akku nach der Ladung für ein oder zwei Stunden ruhen, normalisiert er sich. Die unterschiedlichen Temperaturen beeinflussen die Ablesewerte ebenfalls. Dazu kommen noch die variablen Chemiekomponenten, die Anzahl der in Serie verbundenen Zellen, und die Kapazität (Rating) des Akkus — die allesamt die Resultate beeinflussen. Zudem sind viele Akkus mit zusätzlichen Schutzschaltkreisen ausgerüstet, welche die Meßwerte verzerren.

### ***Die Weiterentwicklung des Lithium Akkus***

Bei einer kürzlichen Unterhaltung mit einem Ingenieur eines Großherstellers von Li-Ion Akkus erfuhr ich, daß sich die chemischen Zusammensetzungen auf Li-Ion basierenden Akkus alle sechs Monate verändern. Es werden immer neue Chemikalien entdeckt, welche verbesserte Ladeigenschaften, höhere Kapazitäten und längere Haltbarkeitsdauer ermöglichen. Obwohl dies für den Verbraucher von Vorteil ist, verursachen diese Verbesserungen ein 'Daten-Chaos' in den Analysegeräten, weil diese ihre Schnelltest-Algorithmen nach fest eingegebenen Parametern bestimmen. Gestatten Sie mir zu erklären, warum dieser Wandel bei den Akkuzusammensetzungen die Testergebnisse eines Schnelltesters beeinflusst.

Die ersten Li-Ion Akkus wiesen einen ständigen, schnellen Abfall der Spannung während des Entladens auf. Mit den neueren, auf Lithium basierenden Akkus, kann eine vorbestimmte Voltbereichschwankungs-(Flutter Voltage)-Signatur erreicht werden. Derartige Akkus liefern bei den meisten Entladezyklen eine stabilere Spannung. Der rapide Spannungsabfall entsteht nur am Ende der Entladung.

Ein 'festverdrahteter' Tester sucht nach einem eventuell zu erwartenden Spannungsabfall und bestimmt danach den SoH gemäß den verfügbaren Referenzdaten. Wechselt der Spannungsabfall aufgrund verbesserter Akkutechnologie, resultiert dies in fehlerhaften Ablesewerten.

Metallunterschiede bei der positiven Elektrode verändern ebenfalls die Ausgangsspannung an den Pol-Kontakten. Mangan, auch als Spinell bekannt, hat eine leicht höhere Spannung an den Ausgängen im Vergleich zum mehr traditionell verwendeten Kobalt. Hinzu kommt, daß Spinell anders altert als Kobalt. Obgleich beide, Kobalt und Spinell, der Li-Ion Akkufamilie angehören, ergeben sich mit großer Wahrscheinlichkeit unterschiedliche Ablesewerte an nebeneinander im Schnelltest geprüften gleichartigen Akkus.

Die Li-Polymer Zelle ist in der Zusammensetzung gegenüber dem Li-Ion Akku sehr verschieden und reagiert bei einem Test anders. Für Li-Ion Akkus geeignete Prüfgeräte können unter Umständen unzuverlässige Ablesewerte liefern, wenn diese für Schnelltests bei Li-Polymer Akkus eingesetzt werden.

## ***Die Cadex QuickTest Anwendung***

Ein Akkuschnelltest muß in der Lage sein, sich sofort neuen chemischen Kombinationen anzupassen. Cadex löst dieses Problem durch Anwendung eines logischen, selbstlernenden *fuzzy logic* Algorithmus.

Ein Hauptvorteil des Cadex Quick-Testers ist die Anpassungsfähigkeit an neue Trends mit der Fähigkeit zu *'lernen'*. Vergleichbar mit der Anpassungsfähigkeit eines Studierenden an eine sich wandelnde Umwelt und ein fortschreitendes Curriculum, wie es in den Lehrplänen der Schulen stetig erweiternd gelehrt wird, so lernt auch der Cadex Quick-Tester die Algorithmen von jedem von ihm geprüften Akku. In der Tat wird eine größere Genauigkeit erreicht, je mehr Akkus getestet werden.

Der Cadex Quick-Tester ist aus der neuen C7000 Akku-Analyser Serie entwickelt und gebaut. Dieses System benutzt austauschbare Akku-Adapter, welche die Akku-Kodierungen enthalten, die auch als C-Codes bezeichnet werden. Der C-Code ist einmalig für jeden Akkutyp und stellt den Analyser auf die korrekten Akkuparameter ein, sobald der Adapter installiert wird. *Abbildung 1* zeigt den Zwei-Stationen-Cadex C7200 Akku-Analyser, ausgestattet mit dem Quick-Tester und zwei Adapter.



***Abbildung 1: Der Cadex C7200 Akku-Analyser mit QuickTest Funktionen.***

*Der Akku-Analyser benutzt austauschbare Akku-Adapter, welche die Akku-Kodierungen und die Matrixeinstellungen für den Quicktest enthalten.*

Um den Cadex Quick-Tester zu aktivieren, müssen die Adapter ebenfalls die Matrixeinstellungen der jeweils zu testenden Akkus, enthalten. Mit dem Erwerb der Adapter sind die Vektoreinstellungen der gängig benutzten Akkutypen inbegriffen. Aus administrativen Gründen können anfänglich nicht alle Adapter mit den Vektorinformationen programmiert werden. Der Anwender wird gebeten, die Angaben manuell einzugeben, d.h. durch Ablesen bzw. *'Scanning'* der zu testenden Akkutypen.

Wenn der Akku-Adapter keine Vektoreinstellungen findet, also sozusagen *'ungelehrt oder unausgebildet'* ist, empfiehlt der C7000 automatisch das Ablaufen des *Auto*-Programms mit dem betreffenden Akku. Im *Auto*-Modus läuft ein Programm ab, das vollständige Lade- und Entladezyklen mit einschließt. Vergleichbar mit dem Herunterladen (downloading) eines Programmes im PC werden diese Informationen dann vom *Auto*-Programm automatisch gespeichert oder abgerufen, die Vektoreinstellungen vorgenommen und die QuickTest Funktionsabläufe ausgeführt.

Anfangs ist der Verlässlichkeitsgrad relativ gering bzw. *'marginal'*, da lediglich die Ergebnisse eines Leistungsablaufes zur Verfügung stehen. Durch das Prüfen von immer mehr Akkus, als Teil von Routineabläufen, werden die *'Kapazitätsregister'* ergänzt und somit erhöht sich der Genauigkeitsgrad ständig. Um den Genauigkeitsgrad über *'marginal'* hinaus zu erweitern, benötigt das System wenigstens drei Akkus. Der Grad der Verlässlichkeit des Akkuadapters wird durch das LCD-Display des C7000 als *'marginal'*, *'good'* oder *'excellent'* angezeigt.

## ***Kann das QuickTest System Fehlerhaftes erlernen?***

Fehlerhafte Ablesungen sind möglich, falls eine große Anzahl von schlechten Akkus geprüft wird. Dies wäre bei einer Lieferung der Fall, die nicht korrekt formatiert wurde oder für längere Zeit eingelagert war. Das Testen von nur wenigen solcher Akkus kann die Leistung nicht beeinflussen.

Bevor neue Vektorwerte als 'angelernte' Referenzdaten hinzukommen, muß deren Integrität überprüft werden. Meßwerte von defekten Akkus werden nicht verwendet. Diese Vorsichtsmaßnahme schirmt den Adapter gegen das Erlernen falscher Werte ab. Der Anwender hat zusätzlich die Möglichkeit, den Adapter gegen Datenverluste und -verfälschung abzusichern. Vor der Prüfung großer Mengen von billigen Austauschakkus sind derartige Vorsichtsmaßnahmen stets angebracht.

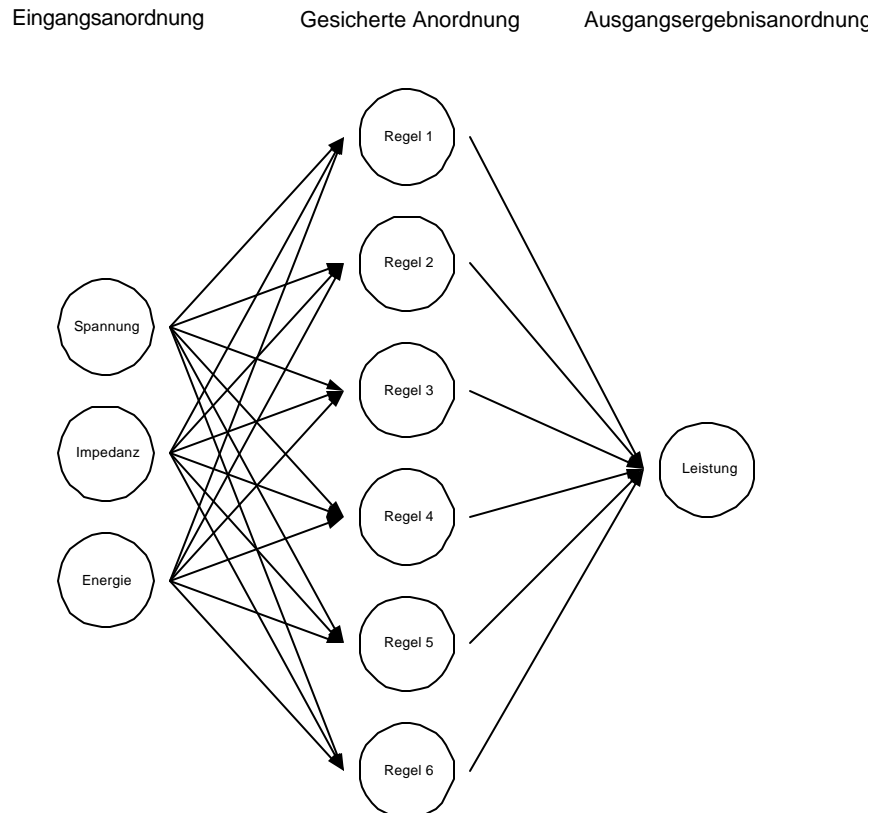
Kann der Adapter wieder von neuem 'angelernt' werden? Falls ein Adapter seine Genauigkeit aufgrund der Prüfung zu vieler unerwünschten Akkus verloren hat, kann die Vektoreinstellung gelöscht und der Lehrvorgang wiederholt werden. Als Alternative wird Cadex im Internet empfohlene Matrixeinstellungen bereitstellen. Darüber hinaus können die Anwender selbst erworbene bzw. erlernte Informationen miteinander austauschen.

Bei einer Ladestufe von 50% und höher kann der Quick-Test sehr genaue Resultate liefern. Innerhalb dieses Bereiches werden die Ablesewerte nicht durch Ladestufenunterschiede beeinflusst. Wird der Akku nicht ausreichend geladen, zeigt die LCD Anzeige dies an.

Nachdem der Adapter den Lernprozeß durchlaufen hat oder die Vektoreinstellungen (Settings) aus vorher genannten, externen Quellen programmiert wurden, ist der Quick-Test in der Lage, neue Chemietypen zu prüfen. Die Testabläufe dauern ungefähr drei Minuten pro Akku. Jede Station des C7000 Akku-Analysers kann Akkus unabhängig voneinander testen.

## ***Künstliche Intelligenz, das Herz des Cadex QuickTesters***

Der Cadex-Quick-Tester arbeitet in einem *neuro-logischen* Netzwerk, basierend auf der sogenannten *Fuzzy Logic*, das dem Denkprinzip des menschlichen Gehirns nachempfunden ist. Zuerst werden multiple Vektoreinstellungen in den *Micro Controller* eingegeben, die dann 'aufgelockert oder zergliedert' (fuzzied) werden. Die Datenverarbeitung erfolgt mittels paralleler Logik. Die jeweilige Information ist nach der Akkuanweisung im mittleren Durchschnitt ausgeglichen und zugeordnet. *Abbildung 2* illustriert die generelle Struktur eines solchen Netzwerkes:



***Abbildung 2: Fließdiagramm des Neuro-Netzwerkes, welches auf 'Fuzzy-Logik' basierend ist.***

Die unbearbeiteten Daten fließen durch die, aus drei oder mehr Posten bestehenden, Eingangsdatenordnungen (Layers). Die von der Eingangsanordnung abgeleiteten Vektoren werden bewertend ausgeglichen (rechnerisch gewogen) und die ermittelten Werte passieren eine [math.] Funktion in der gesicherten (*hidden*) Anordnung. Danach wird die Information zum Ausgang, unter Nutzung eines anderen Vektorsatzes, geleitet.

Die, im Rechner ablaufenden Bewertungen, sind von hochgradiger Bedeutung und integrieren die Funktionen der *Lerneinrichtung* im Netzwerk. So findet zum Beispiel ein Durchlauf mit einem ganz bestimmten Satz an ausgewogenen oder bereinigten Werten statt. Weicht das Ergebnis von einem vorbestimmten Bereich ab, werden die bereinigten Werte entsprechend erneuert. Dieser Vorgang wiederholt sich immer wieder von vorn (*Re-run*). Dieser Prozeß dauert so lange, bis entweder eine

bestimmte Anzahl von sich wiederholenden Werten durchlaufen wurde oder der Algorithmus bereits das richtige Ausgangsergebnis liefert.

Natürlich ist die künstliche Intelligenz ein kompliziertes Fachgebiet und weiter ins Detail gehende Einzelheiten würden den Rahmen dieses Artikels sprengen; um Lotfi Zadeh zu zitieren:

*“As complexity rises, precise statements lose meaning and meaningful statements lose precisions.”*

‘Mit steigender Komplexität verlieren präzise Aussagen an Bedeutung und bedeutende Aussagen verlieren an Präzision.’

### ***Akku Tests und das Internet***

Mehr und mehr spielt auch das Internet eine Schlüsselrolle bei der Unterstützung von Akkutests. Durch den Austausch von Testergebnissen an eine zentrale Datenbank können Akkuanalysen verbindlicher durchgeführt, nach Akkutyp aufgegliedert, und nach geographischem Gebiet und Verbraucher-/Anwendergewohnheiten geordnet werden. Feldversagen lassen sich somit schneller entdecken und die Möglichkeit, entsprechende Korrekturen anzubringen, ist gewährleistet.

Das Internet hilft bei der Schaffung einer globalen Datenbank aller wichtigen Akkutypen mit den dazugehörigen Matrixeinstellungen. Diese Informationen lassen sich im ‘Web verankern’, sog. ‘*webcasting*’, und dienen somit weltweit als Datenbank für Akkus. Mit einem kompatiblen System kann der Verbraucher die Daten von der *Cadex BatteryShop*<sup>TM</sup>-Datenkartei oder Datenbank abrufen “*Point and Click*“. Mit einem einfachen Mausklick kopiert der *Cadex* Akku-Analyser die gewünschten Daten.

Während neue Akkus auf dem Markt erscheinen, lassen sich durch die koordinierte Mitarbeit der Akkuhersteller genaue Vektoreinstellungen erarbeiten. Die meisten Hersteller begrüßen ein solches Vorgehen, da es den Entwicklungszyklus von neuen Akkus verkürzt, das Beta-Testen reduziert und eine direkte Verbindung mit dem Verbraucher bzw. Anwender ermöglicht.

Über das Internet können entsprechende Software-Programme zur Leistungsverbesserung der Geräte (einschl. Upgrades) abgespeichert werden. Da das Schnelltesten von Akkus noch in den Anfängen steckt, ist davon auszugehen, dass die zur Verfügung stehende Software zunehmend besser und leistungsfähiger wird. Weiterentwicklungen in der Gerätetechnologie werden ebenfalls dazu beitragen, die Testergebnisse laufend zu verbessern.

## **Zusammenfassung**

Betrachtet man historische Zeitabläufe, kann man Abschnitte oder Epochen erkennen, in denen die Welt sich auf bestimmte Technologien konzentriert. Viele erfinderische Bestrebungen kreisten z.B. im 18. Jahrhundert um die Uhr, im 19. Jahrhundert um Stahlkonstruktionen und Eisenbahnen, im 20. Jahrhundert um die Atomenergie und den Computer. Technologien werden hervorgebracht, verbessert und beherrschen dann im kontrolliert ablaufenden, stufenweisenden Fortschritt die betreffenden Marktsegmente der globalen Märkte. Das Legat aus solchen Erfindungen, schrittweise aufgebaut aus dem Erlernten unserer Vorfahren, wird so unserer heutigen Lebensweise vermacht, in Zukunft fortgesetzt und immer weiter verbessert.

Erhebliche Aktivitäten sind auf dem Gebiet von Akkuschnelltests erkennbar. Das Rennen um die Kommerzialisierung eines Geräteproduktes, welches präzise und leicht anzuwenden ist sowie kostengünstig sein muß, befindet sich in vollem Gange. Mit der modernen Mikroelektronik werden solche Bestrebungen schneller zum Ziel führen. Der eigentliche Gewinner dieser Herausforderung auf dem Sektor der Akkutests muß nicht unbedingt ein einzelner Techniker oder eine marktführende Organisation mit einer großen Menge an Patenten sein. Den Durchbruch wird derjenige schaffen welcher eine rein praktische Lösung anbieten kann, mit der die gestellten Anforderungen problemlos erfüllt werden.

---

*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 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.*

Translated by Gordon Gamlin, University of British Columbia

Edited by A.Buchmann, Switzerland, Ansmann, Germany and A.Bieri, Switzerland

