

Die 4 Gründe warum ein Akku seine Leistung nicht (mehr) erbringen kann

Auszug aus dem Buch „Batteries in a portable World“ von Isidor Buchmann (Cadex)
Deutsche Übersetzung: Hanspeter Seiler 11. Juli 2002

In diesem Kapitel untersuchen wir, warum die angegebene Betriebszeit eines tragbaren Geräts nicht immer erreicht werden kann, besonders wenn die Batterie altert. Wir schauen die 4 Gründe an, die die Leistungsfähigkeit einer Batterie herabsetzen. Das sind: abnehmende Kapazität, zunehmender innerer Widerstand, erhöhte Selbstentladung und vorzeitiges spannungsgesteuertes Abschalten bei der Entladung

*In this chapter we examine why the specified runtime of a portable device cannot always be achieved, especially after the battery has aged. We address the four renegades that are affecting the performance of the battery. They are: **declining capacity, increasing internal resistance, elevated self-discharge, and premature voltage cut-off on discharge***

Abnahme der Kapazität einer Batterie:

Die Ladungsmenge, die eine Batterie speichern kann nimmt nach und nach ab infolge der Abnutzung und Alterung und bei einigen Typen auch wegen mangelhaftem Unterhalt. Eine neue Batterie ist so spezifiziert, dass sie ungefähr 100% Kapazität abgeben kann. Wenn die Kapazität auf 70 oder 60 Prozent abfällt muss die Batterie ersetzt werden. Die Garantiegrenze liegt typischerweise bei 80%

The amount of charge a battery can hold gradually decreases due to usage, aging and, with some chemistries, lack of maintenance. Specified to deliver about 100 percent capacity when new, the battery eventually requires replacement when the capacity drops to the 70 or 60 percent level. The warranty threshold is typically 80 percent.

Memory Effekt bei NiCd ist regenerierbar

Bei nickel-basierenden Akkus trifft man kristalline Formationen (hier „Steine“ genannt) an, die auch unter dem Namen Memory Effekt bekannt sind. Durch Zyklieren und Tiefentladen kann die Kapazität oft wieder voll brauchbar gemacht werden. Diese Behandlung wird auch „exercise“ genannt und besteht typischerweise aus einer oder mehreren Entladungen bis auf 1 V/Zelle mit nachfolgenden Entladungen.

In nickel-based batteries, the rock content may be in the form of crystalline formation, also known as memory. Deep cycling can often restore the capacity to full service. Also known as ‘exercise’, a typical cycle consists of one or several discharges to 1V/cell with subsequent discharges.

Kapazitätsverlust bei Lithium Ionen Akkus ist permanent und nicht regenerierbar

Der Abnahme der Fähigkeit Ladung zu speichern kommt bei Li-Ion Akkus daher, dass die Zelle oxidiert. Das ist ein natürlicher Vorgang der Abnutzung und Alterung. Li-Ion Akkus können nicht regeneriert werden durch zyklieren oder irgend eine andere äusserliche Behandlung. Der Kapazitätsverlust ist permanent weil die Metalle, die in der Zelle verwendet werden für eine definierte Lebensdauer ausgelegt sind und aufgebraucht werden während der Lebensdauer der Zelle.

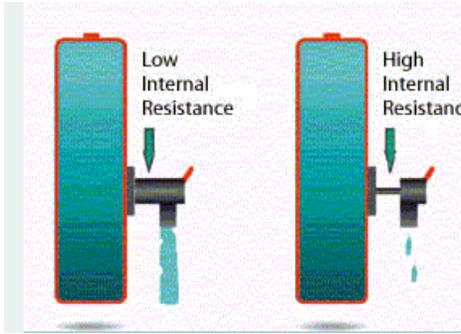
The loss of charge acceptance of the Li-ion/polymer batteries is due to cell oxidation, which occurs naturally during use and as part of aging. Li-ion batteries cannot be restored with cycling or any other external means. The capacity loss is permanent because the metals used in the cells are designated to run for a specific time only and are being consumed during their service life.

Blei-Gel Akkus können in gewissen Fällen regeneriert werden bei Kapazitätsverlust

Die Abnahme der Leistungsfähigkeit von Blei-Säure Batterien wird oft durch Sulfatierung hervorgerufen. Eine dünne Schicht, welche an den negativen Platten der Zelle entsteht behindert den Stromfluss. Zusätzlich gibt es eine Gitterkorrosion, die an der positiven Platte stattfindet. Bei wartungsfreien Blei-Säure Batterien kommt dazu noch das Problem der Austrocknung und des Elektrolyts ins Spiel. Die Sulfatierung kann bis zu einem gewissen Grad rückgängig gemacht werden durch Zyklieren und/oder durch Pulsladung, aber die Korrosion und Austrocknung bleiben bestehen.

Performance degradation of the lead acid battery is often caused by sulfation, a thin layer that forms on the negative cell plates, which inhibits current flow. In addition, there is grid corrosion that sets in on the positive plate. With sealed lead acid batteries, the issue of water permeation, or loss of electrolyte, also comes into play. Sulfation can be reversed to a certain point with cycling and/or topping charge but corrosion and permeation are permanent.





Akkus mit hohem Innenwiderstand können oft nicht bis zur Entladegrenze entladen werden

Währenddem eine Batterie mit geringem Innenwiderstand in der Lage ist, bei Bedarf hohe Ströme zu liefern kann eine Batterie mit hohem Innenwiderstand zusammenbrechen unter der hohen Stromlast. Obschon die Batterie vielleicht noch eine ausreichende Kapazität hat, sinkt die Spannung bis zur Abschaltgrenze ab und Die „Low-Battery“ Anzeige wird ausgelöst. Das Gerät hört auf zu funktionieren und die verbleibende Energie bleibt ungenutzt.

While a battery with low internal resistance can deliver high current on demand, a battery with high resistance collapses with heavy current. Although the battery may hold

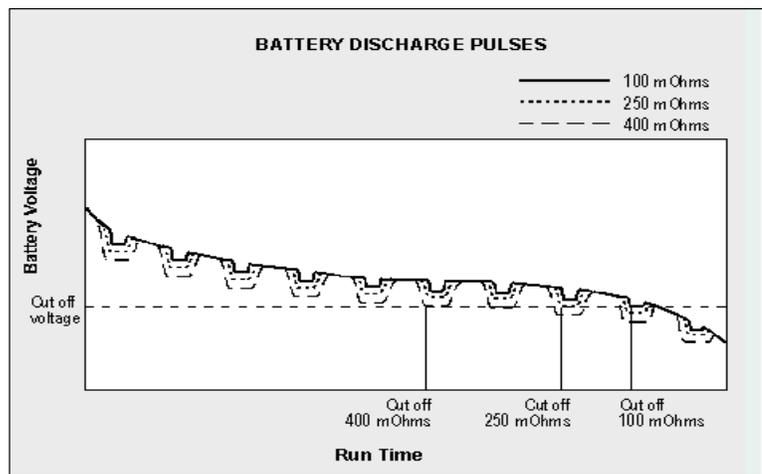
sufficient capacity, the voltage drops to the cut-off line and the 'low battery' indicator is triggered. The equipment stops functioning and the remaining energy is undelivered.

Innenwiderstand von NiCd und NiMH

NiCd hat den geringsten Innenwiderstand von allen kommerziellen Batterie Systemen, sogar nach 1000 Zyklen der Verwendung. Im Vergleich dazu hat NiMH schon von Beginn an einen geringfügig höheren Widerstand, der nach 300 bis 400 Zyklen dazu noch rapid ansteigt.

NiCd has the lowest internal resistance of all commercial battery systems, even after delivering 1000 cycles. In comparison, NiMH starts with a slightly higher resistance and the readings increase rapidly after 300 to 400 cycles.

Zu hoher Innenwiderstand ist regenerierbar bei NiCd



Eine Batterie so zu behandeln, dass sie einen tiefen Innenwiderstand behält ist wichtig, besonders bei digitalen Geräten die einen hohen Pulsstrom ziehen(wie z.B Handys und Schnurlostelefone Anm. Hanspeter Seiler) Mangelhafter Unterhalt bei nickel-basierenden

	AMP	GSM	TDMA ¹	CDMA
Type	Analog	Digital	Digital	Digital
Used in	USA, Canada	Globally	USA, Canada	USA, Canada
Peak Power	0.6W	1-2W	0.6-1W	0.2W
Peak current ²	0.3A DC	1-2.5A	0.8-1.5A	0.7A
In service since	1985	1986	1992	1995

Figure 9-1: Peak power requirements of popular global mobile phone systems.

Akkus kann den Innenwiderstand erhöhen. Werte bis hinauf zum doppelten Widerstand wurden gemessen bei vernachlässigten NiCd Akkus. Nach der Behandlung mit einem Regenerierzyklus mit dem Battery Analyser der Cadex 7000er Serie senkte sich der Wert wieder auf eine normale Grösse. Regenerieren säubert die Platten der Zelle von ungewollten kristallinen Formationen, was den normalen Stromfluss wieder ermöglicht.

Maintaining a battery at low internal resistance is important, especially with digital devices that require high surge current (wie z.B. Handys und Cordless Telephone; Anm. Hanspeter

Seiler). Lack of maintenance on nickel-based batteries can increase the internal resistance. Readings of more than twice the normal resistance have been observed on neglected NiCd batteries. After applying a recondition cycle with the Cadex 7000 Series battery analyzer, the readings on the batteries returned to normal. Reconditioning clears the cell plates of unwanted crystalline formations, which restores proper current flow.

Innenwiderstand bei Li-Ion nimmt mit der Alterung zu, nicht aber durch häufigen Gebrauch

Der Innenwiderstand von Li-Ion Akkus ist zwischen dem von NiCd und NiMH und nimmt nicht wesentlich zu durch den Gebrauch, hingegen durch die Alterung schon. Die typische Lebenserwartung eines Li-Ion Akkus ist zwei bis drei Jahre, unabhängig davon, ob er gebraucht wird oder nicht. Kühles Lagern in teilgeladenem Zustand solange der Akku nicht verwendet wird verzögert den Alterungsprozess.

Der Lithium Akku hat einen Timer, der zu ticken beginnt, sobald die Batterie die Fabrik verlässt. Der Elektrolyt beginnt langsam die positive Platte „aufzufressen“ und zerfällt dabei. Diese chemische Veränderung lässt den Innenwiderstand ansteigen.

Li-ion offers internal resistance characteristics that are between those of NiMH and NiCd. Usage does not contribute much to the increase in resistance, but aging does. The typical life span of a Li-ion battery is two to three years, whether it is used or not.

Cool storage and keeping the battery in a partially charged state when not in use retard the aging process.

The Li-ion battery has a time clock that starts ticking as soon as the battery leaves the factory. The electrolyte slowly 'eats up' the positive plate and the electrolyte decays. This chemical change

Milli-Ohm	Battery Voltage	Ranking
75-150mOhm	3.6V	Excellent
150-250mOhm	3.6V	Good
250-350mOhm	3.6V	Marginal
350-500mOhm	3.6V	Poor
Above 500mOhm	3.6V	Fail

Figure 9-9: Battery state-of-health based on internal resistance. The milliohm readings relate to the battery voltage; higher voltage allows higher milliohm readings.

causes the internal resistance to increase.

Innenwiderstand bei Lithium Ion Akkus kann nicht regeneriert werden

Der Innenwiderstand eines Li-Ion Akkus kann nicht verbessert werden durch zyklieren. Die Zellenoxidation, welche den hohen Innenwiderstand hervorruft ist irreversibel. Die Hauptursache für den Ausfall ist ein hoher Innenwiderstand. Energie kann noch genügend vorhanden sein im Akku, aber sie kann nicht mehr abgegeben werden infolge schlechter Leitfähigkeit.

The internal resistance of the Li-ion batteries cannot be improved with cycling. The cell oxidation, which causes high resistance, is non-reversible. The ultimate cause of failure is high internal resistance. Energy may still be present in the battery, but it can no longer be delivered due to poor conductivity.

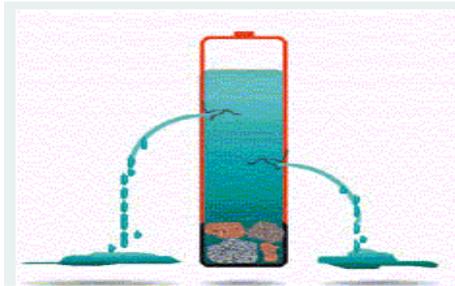
CADEX C7000 Serie misst den Innenwiderstand als Schnelltest eines Akkus

Moderne Battery Analyser bieten die Möglichkeit, den Innenwiderstand zu messen als eine Art Akku Schnelltest. Ein solcher Test kann Akkus identifizieren, die auszufallen drohen wegen einem hohen Innenwiderstand, sogar dann, wenn die Kapazität vielleicht noch akzeptabel ist. Die Battery Analyser der 7000er Serie von Cadex sind in der Lage, den Innenwiderstand von Akkus zu messen.

Modern battery analyzers offer internal resistance measurements as a battery quick-test. Such tests can identify batteries that would fail due to high internal resistance, even though the capacity may still be acceptable. Internal battery resistance measurements are available in the Cadex 7000 Series battery analyzers

Alle Akkus haben eine gewisse Selbstentladung; NiCd die grösste

Alle Akkus haben eine gewisse Selbstentladung; die höchste haben nickel-basierende Akkus. Als Regel kann man sagen, dass nickel-basierende Akkus sich in den ersten 24 Stunden nach dem Laden um 10 bis 15 Prozent entladen, danach um weitere 10 bis 15 Prozent jeden Monat.



All batteries exhibit a certain amount of self-discharge; the highest is visible on nickel-based batteries. As a rule, a nickel-based battery discharges 10 to 15 percent of its capacity in the first 24 hours after charge, followed by 10 to 15 percent every month thereafter.

Die Selbstentladung nimmt markant zu

Bei hohen Temperaturen nimmt die Selbstentladung bei allen Akkutypen zu. Typischerweise verdoppelt sich die Selbstentladerate mit jeder Temperaturerhöhung um 10°C (18°F) Wenn eine Batterie in einem heissen Fahrzeug zurückgelassen wird resultieren grosse Energieverluste durch Selbstentladung.

mit der Temperatur

At higher temperatures, the self-discharge on all battery chemistries increases. Typically, the rate doubles with every 10°C (18°F). Large energy losses occur through self-discharge if a battery is left in a hot vehicle.

Gegenwärtig gibt es keine schnelle Möglichkeit, die Selbstentlade-Rate eines Akkus zu bestimmen

Gegenwärtig gibt es keinen einfachen Schnelltest um die Selbstentladung eines Akkus zu messen. Ein Battery Analyser kann dazu benutzt werden, indem er zuerst die Kapazität misst, danach den Akku volllädt und 12 Stunden ruhen lässt um hernach die Kapazität von neuem zu messen. Die Analyser der Cadex 7000er Serie führen diese Aufgabe automatisch durch.

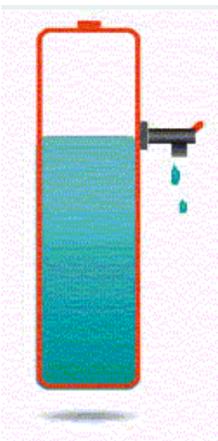
At present, no simple quick-test is available to measure the self-discharge of a battery. A battery analyzer can be used by first reading the initial capacity after full charge, then measuring the capacity again after a rest period of 12 hours. The Cadex 7000 Series performs this task automatically.

Die hohe Selbstentladung als Folge eines defekten Separators kann nicht regeneriert werden

Wenn eine Batterie einmal eine hohe Selbstentladung zeigt, dann gibt es keine Massnahmen um diesen Effekt wieder gut zu machen. Faktoren, die die Selbstentladung beschleunigen bei nickel-basierenden Systemen sind defekte Separatoren (hervorgerufen durch übermässige Kristallbildungen oder „auskochen“ der Akkupacks beim Laden)

Once a battery exhibits high self-discharge, no remedy is available to reverse the effect. Factors that accelerate self-discharge on nickel-based batteries are damaged separators (induced by excess crystalline formation, allowing the packs to cook while charging)

Gewisse Apparate entladen den Akku nicht bis zur erlaubten Grenze und schöpfendie Kapazität nicht voll aus



Das Problem der zu hohen Abschaltspannungs-Schwelle ist verbreiteter als allgemein angenommen. Zum Beispiel bei einer gewissen Handy Marke, die mit einem Einzellen Li-Ion Akku arbeitet wird das Gerät abgeschaltet bei 3.3 Volt. Der Li-Ion Akku kann aber bis auf 3.0 Volt und tiefer entladen werden. Wenn er nur bis auf 3.3 Volt entladen wird, dann können nur etwa 70 Prozent der erwarteten Kapazität von 100 Prozent verwendet werden. Ein anderes Handy, das mit NiCd und NiMH Akkus betrieben werden kann stellt ab, wenn die Spannung auf 5.7 Volt sinkt. Der 4-Zellen Akku auf nickel-basis sollte aber bis auf 5 Volt hinunter entladen werden.

A high cut-off voltage problem is more widespread than is commonly assumed. For example, a certain brand of mobile phone that is powered with a single-cell Li-ion battery cuts off at 3.3V. The Li-ion can be designed to be used to 3V and lower. With a discharge to 3.3V, only about 70 percent of the expected 100 percent capacity is utilized. Another mobile phone using NiMH and NiCd batteries cuts off at 5.7V. The four-cell nickel-based batteries are designed to discharge to 5V.

Batterie Regenerierungs Erfolgsquote

Die Batterie Regenerierungs Erfolgsquote durch Anwenden von kontrollierten Entlade/Ladezyklen ist abhängig vom Akkutyp, von der Anzahl Zyklen, von der Wartung und vom Alter des Akkus. Die besten Resultate erreicht man bei NiCd Akkus. Typischerweise können 50 bis 70 Prozent der ungenügenden Akkus wieder brauchbar gemacht werden wenn man die Regenerierungsmethode eines Cadex Analysers oder eines vergleichbaren Geräts anwendet.

Einige ältere NiCd Akkus lassen sich nahezu auf die ursprüngliche Kapazität regenerieren durch Behandlung. Vorsicht ist allerdings geboten, wenn man solche Akkus wieder hinaus gibt, weil solche „Oldtimer“ eine hohe Selbstentladung haben können. Im Zweifelsfall sollte immer ein Selbstentladungstest durchgeführt werden.

The battery recovery rate by applying controlled discharge/charge cycles varies with chemistry type, cycle count, maintenance practices and age of the battery. The best results are achieved with NiCd. Typically 50 to 70 percent of discarded NiCd batteries can be restored when using the exercise and recondition methods of a Cadex battery analyzer or equivalent device.

Some older NiCd batteries recover to near original capacity when serviced. Caution should be applied when 'reiring' these old-timers because they may exhibit high self-discharge. If in doubt, a self-discharge test should be carried out.