

Lithiumbatterien für Funksensornetzwerke

von Dr. Thomas Dittrich, Dr. Chen Menachem, Dr. Herzel Yamin, Lou Adams; Tadiran Batteries

Nicht-wiederaufladbare Batterien, die 20 Jahre und länger leben, werden heute vielfach in intelligenten Verbrauchszählern (Smart Meters) und bei der automatischen Zählerablesung (Automatic Meter Reading, AMR) benötigt. Die Lithiumbatterien von Tadiran haben nachweislich eine Lebensdauer von 25 Jahren. Der automatische Wasserhahn von Kohler ist sogar für eine Laufzeit von 30 Jahren mit einer Lithium-Hybrid-Batterie ausgelegt. Erreichbar ist das durch sorgfältige Optimierung der Batterie. Sie ruht auf drei Säulen: Erhöhung der Kapazität, Verminderung der Selbstentladung und Minimierung von Spannungsverlusten. Bei größeren Strompulsen ist die PulsesPlus-Batterie von Tadiran die geeignete Wahl. Sie kombiniert ein wiederaufladbares Element mit einer nicht wiederaufladbaren 3,6 Volt-Lithiumbatterie. Das Tüpfelchen auf dem i: Die TLI-Batterie von Tadiran ist ein hochwertiges wiederaufladbares Element mit hoher elektrischer Leistung für den Einsatz in Verbindung mit Energie-Harvestern oder Spannungsversorgungen geringer Leistung.

Lithiumbatterien für 30 Jahre

Kohler, eine US-Firma für Badarmaturen, hat kürzlich die neue Produktreihe Insight vorgestellt, bei der es sich um automatische Wasserhähne handelt. Das System analysiert und speichert nach der Installation die Lichtverhältnisse. Wenn z.B. ein Bad gedämpftes Licht hat, ein anderes aber starke Lichtreflexionen, so passt sich die Einstellung des Sensors automatisch an. Dadurch ist der Sensor jederzeit optimal für seinen jeweiligen Einsatzort eingestellt und Fehler bei der Auslösung werden vermieden. Der Wasserhahn ist mit einem HLC ausgerüstet, der bewirkt, dass die Batterie – echt wartungsfrei – 30 Jahre und länger einsatzbereit bleibt. Das berührungslose Insight System benötigt nur wenig Strom. Vorteil: keine Ausfälle mehr, selbst wenn das System nicht regelmäßig benutzt wird und selbst wenn das Raumlicht unzureichend ist.



Abb. 1

Das System Insight von Kohler läuft 30 Jahre lang mit einer **PulsesPlus**[®] – Batterie von Tadiran.

AMR-Geräte von Aclara 25 Jahre im Einsatz

Vor fünfundzwanzig Jahren hat Aclara (damals noch Hexagram Inc.) begonnen, hunderttausende von batteriebetriebenen automatischen Zählerablesegeräten (AMR) zu installieren. Diese Geräte wurden mit einer einzigen Tadiran-Lithiumbatterie der Größe AA ausgerüstet. Praktisch alle dieser jahrzehntealten Geräte laufen immer noch mit ihrer Originalbatterie. Tests haben gezeigt, dass die Batterien noch fast ein Viertel ihrer ursprünglichen Kapazität haben.

Seitdem hat Aclara unter dem Namen STAR[™] Network ein Funknetzwerk vorgestellt, bei dem die weiterentwickelte Tadiran-Lithiumbatterie der Reihe XOL eingesetzt wird, ebenfalls in der Größe AA. Die Zählersendeinheiten des Systems STAR Network sind in der Lage, täglich mehrere Ablesungen über Schmalband-Hochfrequenz an Datensammler zu übermitteln, die auf Gebäuden oder Sendemasten angebracht sind. Diese Geräte sind energiesparend und können mit hochwertigen Lithiumbatterien eine Betriebsdauer von 25 Jahren erreichen.



Abb. 2

STAR[™] Network Gerät mit eingebauter Lithiumbatterie der Reihe XOL von Tadiran.

Wie verlängert man die Batterielebensdauer?

Das Batteriesystem Lithium/Thionylchlorid (LTC) ist der Schlüssel zu einer derart langen Betriebsdauer. Die Baureihe XOL von Tadiran hat eine erweiterte Batterielebensdauer, weil es gelungen ist, die Selbstentladung zu reduzieren, typischerweise auf weniger als 10 % in 15 Jahren. Weitere wichtige Vorteile dieses Batteriesystems sind u.a. seine hohe Energiedichte (bis zu 1340 Wh/dm³), seine hohe Stabilität über einen weiten Temperaturbereich (-40 °C bis +85 °C), sowie seine hohe Betriebsspannung (3,6 Volt). Die Kombination dieser Vorteile macht die LTC-Batterie zum System der Wahl für den Langzeitbetrieb bei geringem Strombedarf.

Um eine lange Batterielebensdauer zu erzielen, muss man das Batteriesystem mit der höchsten Zellenkapazität finden, die Selbstentladerate vermindern und Spannungsverluste reduzieren.

Zellenkapazität erhöhen!

Im Laufe der Jahre hat Tadiran die Massenbalance in seinen Lithiumbatterien verbessert. Die D-Zelle hat eine Kapazität von 19 Ah und gibt damit den Standard für den Markt der Hochenergiebatterien vor. Er wird von keinem anderen Batteriesystem erreicht. Die Tabelle 1 zeigt die entsprechenden Werte für verschiedene Zellgrößen.

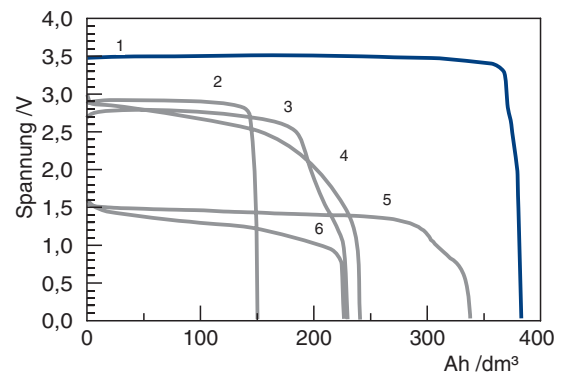
Zellengröße	Kapazität	Spezifische Energie
½AA	1,2 Ah	440 Wh / kg
AA	2,4 Ah	460 Wh / kg
C	8,5 Ah	620 Wh / kg
D	19,0 Ah	730 Wh / kg ¹⁾

¹⁾ 730 Wh / kg ist die höchste spezifische Energie in einer kommerziellen Zelle, die auf dem Markt ist.

Tab.1

Das LTC-Batteriesystem
Zellenkapazitäten der Baureihe XOL von Tadiran.

Ein Vergleich mit anderen Lithiumbatteriesystemen wird in Abbildung 3 gezeigt. Darin ist auch das System Alkali-Mangan enthalten, die normale Haushaltsbatterie. Das Schaubild zeigt die Batteriespannung über der entnommenen Kapazität je Volumeneinheit bei geringem Entladestrom. In dieser Form stellt die Fläche unterhalb jeder Kurve die Energiedichte des Systems dar. Das Bild führt intuitiv die Überlegenheit des LTC-Batteriesystems vor Augen, auch was die Spannungslage von 3,6 Volt angeht.



1 Li/SOCl ₂	1340 Wh / dm ³
2 Li/SO ₂	430 Wh / dm ³
3 Li/CF _n	550 Wh / dm ³
4 Li/MnO ₂	580 Wh / dm ³
5 Li/FeS ₂	450 Wh / dm ³
6 Alkali/Mangan	280 Wh / dm ³

Abb. 3

Vergleich verschiedener Batteriesysteme anhand von Spannungslage und Energiedichte.

Selbstentladung vermindern!

Die Elektrolytzusammensetzung der Baureihe XOL von Tadiran wurde sorgfältig abgestimmt mit dem Ziel, die Selbstentladung zu minimieren und dabei die Anodenpassivierung auf einem verträglichen Niveau zu halten. Gewissenhafte Reinigung der Elektrolytzutaten sowie raffinierte Qualitätssicherungsmethoden tragen dazu bei, die Selbstentladung dauerhaft auf diesem niedrigen Stand zu halten. Es gibt im wesentlichen drei unabhängige Verfahren um die Selbstentladung zu bestimmen. Darunter fallen die klassische Methode durch direkte Bestimmung des Kapazitätsverlustes nach Echtzeitlagerung, eine beschleunigte Alterungsmethode sowie die Messung der Wärmeabgabe, die mit der Selbstentladung verbunden ist, durch eine Methode die man als Mikrokalorimetrie bezeichnet.

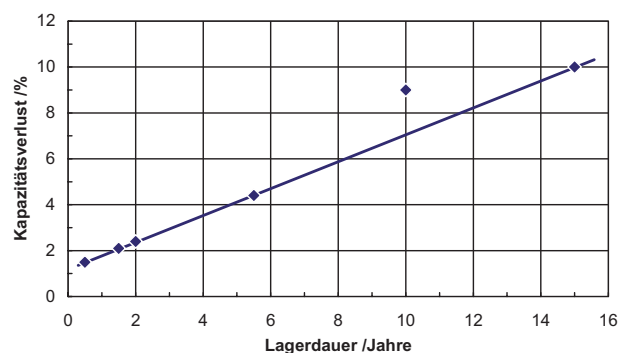


Abb. 4

Selbstentladung von Li/SOCl₂ Zellen auf der Grundlage von Entladedaten von Zellen der Baugröße AA bei Raumtemperatur.

Abbildung 4 zeigt Ergebnisse der klassischen Methode. Batterien der Baugröße AA wurden bei Raumtemperatur (RT) unterschiedlich lange gelagert, von ½ Jahr bis zu 15 Jahre. Sie wurden dann entladen um die Restkapazität zu bestimmen. Die Kurve zeigt, dass selbst nach 15 Jahren Lagerung der Verlust durch Selbstentladung nicht mehr als 10 % betrug. Die Batterien haben also deutlich weniger als 1 % Selbstentladung pro Jahr.

Eine Beschleunigung der Alterung kann durch eine Lagerung bei 72 °C erreicht werden. Man kann davon ausgehen, dass eine chemische Reaktion wie die Selbstentladung einer Batterie sich um etwa einen Faktor 2 beschleunigt, wenn die Temperatur um 10 Grad erhöht wird; darauf beruht die Arrhenius-Gleichung. Daher besagt eine Daumenregel, dass 3 Monate bei 72 °C 10 Jahren bei RT entsprechen.

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse eines beschleunigten Alterungstests mit Zellen der Baugröße AA aus der XOL-Baureihe. Die Batterien wurden unterschiedlich lange bei 72 °C gelagert, und zwar zwischen 0 und 12 Monaten. Sie wurden dann an einer Last von 1,8 kΩ entladen. Wie man sieht, wurde nur ein unwesentlicher Kapazitätsverlust beobachtet.

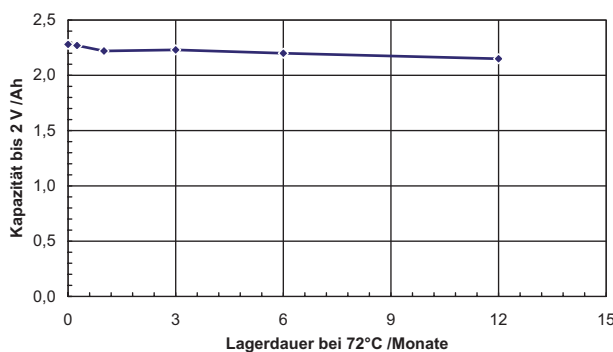


Abb. 5 Selbstentladung von AA-XOL während der Lagerung bei 72 °C. Anschließend an 1,8 kΩ entladen.

Das Mikrokalorimeter ist eine Versuchskammer mit einer sehr wirksamen thermischen Isolierung und äußerst empfindlichen Temperaturfühlern. Das Gerät kann die Wärmeabgabe einer Batterie im Bereich von Mikrowatt messen. Sie ist mit der Selbstentladung der Batterie verbunden und kann aufgrund thermodynamischer Überlegungen leicht in den Selbstentladestrom umgerechnet werden.

Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse für Batterien der Baureihe XOL und zwar für die Baugrößen AA und ½ AA. Wie man an dieser Abbildung erkennt, nimmt die Selbstentladung nach der Herstellung rasch ab und stabilisiert sich auf einem sehr

niedrigen Niveau, das deutlich unter 5 µA liegt, wenn die Zelle mehr als ein Jahr alt ist.

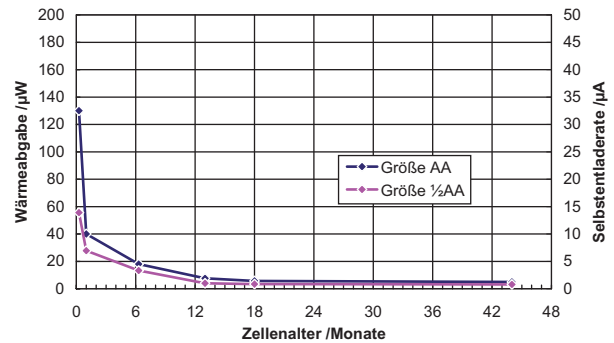


Abb. 6 Wärmeabgabe von AA- und ½ AA-Zellen der Baureihe XOL bei RT.

Die Selbstentladung kann von der Belastung abhängen. Diese Situation wurde untersucht und Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse.

Die blaue Kurve zeigt die Kapazitäten von AA-Zellen, die durch elektrische Entladung unter verschiedenen Lasten bestimmt wurden. Beginnend bei 200 Ω erreicht die Zellenkapazität ein Maximum bei der Nennkapazität von 2,4 Ah, und zwar an einer Last von 3.6 kΩ. Kleinere Last (d.h. größere Ströme) stellen eine Überlastung dar und führen zu einer geringeren verfügbaren (effektiven) Kapazität. Wird die Last weiter erhöht so ergibt sich eine Batterielevensdauer von mehr als 3 Monaten. Unter diesen Bedingungen wird die Selbstentladung immer wichtiger. Allerdings hat diese Batterietype eine so geringe Selbstentladung, dass eine Batterielevensdauer von mehr als 20 Jahren demonstriert werden kann. Die rote Kurve stellt Werte dar, die mithilfe des Mikrokalorimeters gefunden wurden. Aus dem Bild geht auch hervor, dass beide Methoden zum gleichen Ergebnis führen.

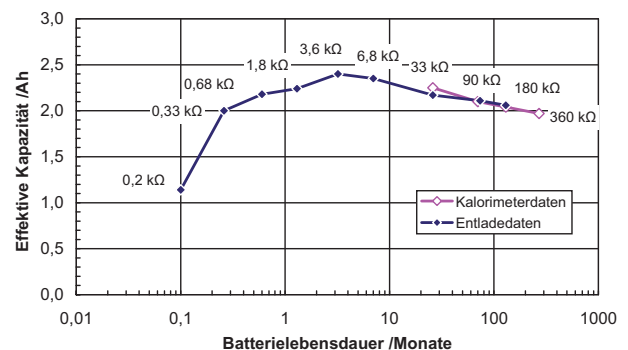


Abb. 7 Betriebsdauer von AA-Zellen. Kalorimeter- und Entladedaten bei kontinuierlicher Belastung.

Beeindruckend ist ein Ergebnis, das bei der Entladung von Batterien der Type SL-550 von Tadiran erzielt wurde, die unter kleiner Strombelastung bei einer Temperatur von 85 °C über eine Dauer von fast 15 Jahren entladen wurden. SL-550 ist eine LTC-Batterie der Baugröße ½ AA, die so modifiziert ist, dass sie dem erhöhten Innendruck widersteht, der mit hohen Temperaturen verbunden ist. Im Übrigen ist diese Batterietype identisch mit den Standardzellen von Tadiran.

Abbildung 8 zeigt Entladekurven einer Stichprobe von 10 Zellen und demonstriert die Langlebigkeit des Systems unter extremen Bedingungen.

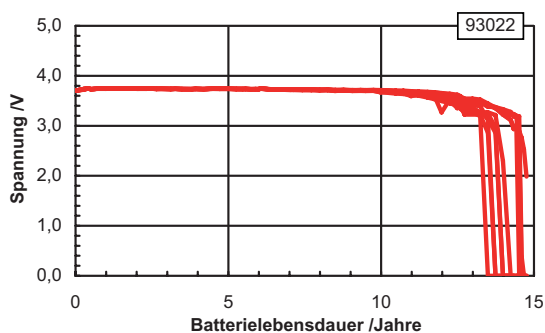


Abb. 8
10 Zellen SL-550 an 560 kΩ (ca. 6µA) bei 85 °C

Wie kann eine Batterie 20 Jahre leben?

Tadiran hat Tabellen der Selbstentladung für eine Reihe von Temperaturen und Entladeströmen gemessen und kann daher die Betriebslebensdauer in vielen typischen Anwendungen präzise vorher-sagen. Tabelle 2 zeigt exemplarisch eine Anwendung, bei die Anforderungen eine Batterielebensdauer von 20 Jahren ermöglichen.

Exemplarische 20-Jahres-Anwendung	
Grundstrom	9 µA
Puls	2 mA für 50 ms alle 5 min
Mittlerer Strom	10 µA
Jährlicher Verbrauch	81,76 mAh / Jahr
Entladeschlussspannung	3,0 V
Temperaturprofil	-40 °C ... +85 °C, Durchschnitt +20 °C
Mittlere Selbstentladung	1,9 µA
Batterietype	SL-860 (AA)
Nennkapazität	2,4 Ah
Nennspannung	3,6 V
Berechnete Batterielebensdauer	20,9 Jahre

Tab. 2
Exemplarische 20-Jahres-Anwendung

Aus dem Stromprofil ergibt sich durch einfache Berechnung ein Ladungsverbrauch von 81,76 mAh/Jahr. Aus den Tabellen für SL-860, die Zelle der Baugröße AA aus der Baureihe XOL von Tadiran, wird die durchschnittliche Selbstentladung zu 1,9 µA bestimmt. Sie ist geringfügig höher als während der Lagerung bei RT, weil sowohl Temperaturen als auch der Stromfluss zu einer Erhöhung der internen Reaktionen führen, welche aktive Masse verbrauchen. Wie schon weiter oben erwähnt, muss zusätzlich einiges an Spannungsverlust berücksichtigt werden. Der kommt vom Innenwiderstand der Zelle, weil er anwächst, während die Zelle entladen wird und sich dem Ende der Batterielebensdauer nähert.

Unter Berücksichtigung aller Verluste bleibt eine Batterielebensdauer von 20,9 Jahren übrig. Das entspricht einer Kapazitätsausnutzung von nicht weniger als 76 % der Nennkapazität.

Funksensornetzwerke benötigen oft höhere Strompulse als 2 mA aus einer 2400 mAh-Zelle wie in dem vorangegangenen Beispiel. Tatsächlich können die Pulsströme sogar bis zu 1000 mal höher sein, wenn das Funksensorwerk mit einem GSM-Modul arbeitet. Hochenergie-Lithiumbatterien wären nicht in der Lage, so hohe Ströme für 20 Jahre und länger zu liefern.

Deshalb hat Tadiran seinen Hybridschichtkondensator entwickelt (Hybrid Layer Capacitor, HLC). Dieses Element ist eine wiederaufladbare Zelle auf der Grundlage von Lithium-Interkalationskomponenten und kann – trotz seiner geringen Größe – wie ein sehr großer Kondensator benutzt werden. Das System ist unter der Bezeichnung **PulsesPlus®** auf dem Markt.

Abbildung 9 zeigt ein Beispiel, das aus einer Hochenergie-Primärzelle der Größe D und einem HLC-1520 zusammengesetzt ist.

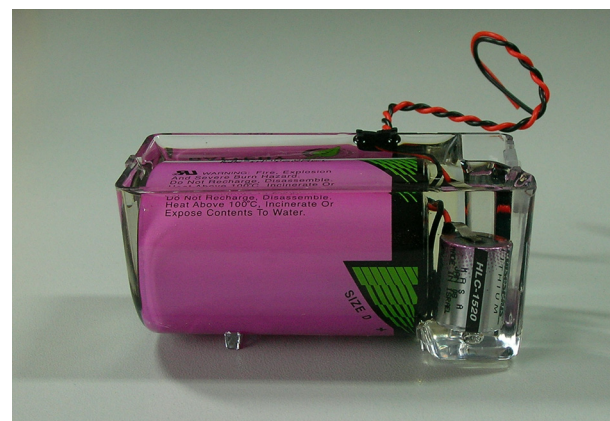


Abb. 9
PulsesPlus® Batterie (D + HLC-1520)

Spannungsverluste minimieren!

Wenn man einen HLC parallel an eine Hochenergie-Lithiumbatterie anschließt, nimmt zwar die Energiedichte ein wenig ab. Wichtig ist aber, dass der Innenwiderstand 100 bis 1000 mal kleiner wird. Es gibt keinen Spannungssack mehr und auch keinen Spannungsverlust durch den Anstieg des Innenwiderstandes.

Abbildung 10 zeigt den Spannungsverlauf, wenn eine Zelle der Baugröße AA nach mehr als 8 Jahren Lagerung zum ersten Mal mit einer Last verbunden wird. Ohne HLC (blaue Kurve) sinkt die Spannung bei nur 10 mA unter 2,5 Volt ab. Mit HLC (rote Kurve) und selbst bei 100 mal höherem Strom ist kein Spannungssack mehr da. Während der gesamten Dauer von 10 Sekunden fällt die Spannung nicht mehr unter 3,4 Volt.

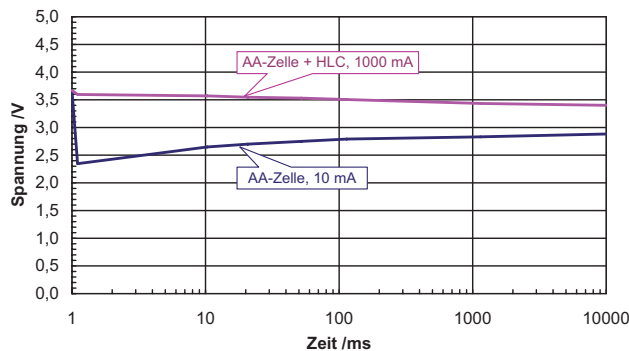


Abb. 10
Spannungs-Zeit Transiente von AA Zellen nach 104 Monaten Lagerung mit und ohne einen HLC.

Abbildung 11 zeigt wie eine PulsesPlus Batterie das Problem mit dem Spannungsverlust bei hohen Strompulsen beseitigt. Die blaue Kurve zeigt die Spannung einer Zelle der Baugröße D bei kurzen Pulsen von 150 mA. Die Spannung sinkt während des Pulses auf 3 Volt. Während der ersten 2 Jahre ist die Situation stabil und weil der mittlere Strom nur 50 μA beträgt, würde man annehmen, dass es noch 10 Jahre und länger so weitergehen kann. Tatsächlich aber beginnt die Spannungslage unter der Pulslast nach 2 Jahren abzufallen und erreicht nach 5 Jahren einen Wert von nur noch 1,5 Volt. Die Batterie sieht aus wie leer. Das ist sie aber nicht, man sieht es an der roten Kurve. Sie zeigt die Batteriespannung an der Grundlast. Selbst nach 5 und 10 Jahren bleibt sie bei 3,6 Volt. Schließt man parallel einen HLC an, so ist das Problem gelöst. Der HLC behält seinen geringen Innenwiderstand während der gesamten restlichen Batterielebensdauer. In diesem Test ist selbst nach mehr als 10 Jahren die Pulsspannung nicht mehr unter 3,4 Volt gefallen.

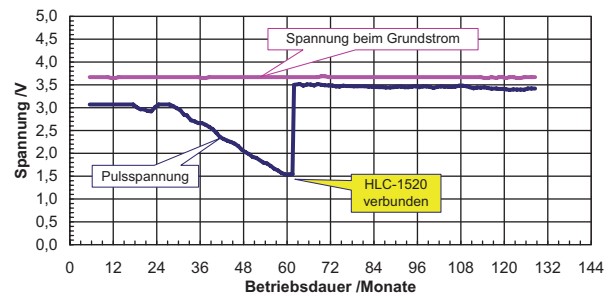


Abb. 11
Langzeittest mit Pulsen, D-Zelle bei RT.
68 k Ω Grundlast (ca. 50 μA), Pulse 150 mA

Einen Kondensator parallel schalten heißt, eine potentielle Quelle von Selbstentladung hinzuzufügen. Man muss sich also vergewissern, dass der HLC nur wenig Selbstentladung aufweist, passend zu der geringen Selbstentladung der nicht-wiederaufladbaren Hochenergiezelle.

Tabelle 3 zeigt Werte für die Selbstentladung von HLC's verschiedener Baugrößen über einen Bereich von Betriebstemperaturen.

Temperatur	HLC-1520	HLC-1020	HLC-1020L
0 C°	1,0 μA	0,6 μA	0,8 μA
25 C°	1,2 μA	0,8 μA	1,0 μA
35 C°	2,1 μA	1,3 μA	1,5 μA
42 C°	2,7 μA	1,8 μA	2,1 μA
55 C°	3,0 μA	2,2 μA	2,5 μA
65 C°	4,0 μA	2,8 μA	3,1 μA
72 C°	4,5 μA	3,2 μA	3,5 μA

Tab. 3
Selbstentladung verschiedener HLC's

Abbildung 12 zeigt die Stabilität der **PulsesPlus**® Batterie während der beschleunigten Alterung bei 72 °C über einen Zeitraum von beinahe 8 Jahren: Keine Verschlechterung, kein nennenswerter Anstieg des Innenwiderstandes, keine Selbstentladung, kein Spannungsverlust.

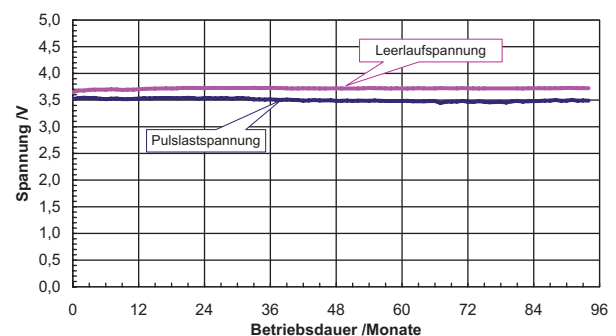


Abb. 12
Beschleunigter Alterungstest bei 72 °C.
 $\frac{1}{2}$ AA + HLC-1520, ein Puls 500 mA pro Woche.

Wie kann eine Batterie 30 Jahre leben?

Wenn größere Pulsströme eine Rolle spielen, so dass Spannungsverluste die nutzbare Lebensdauer einer Batterie vorzeitig beenden würden, sollte beim Batteriedesign zuerst die richtige HLC-Größe bestimmt werden. Der HLC muss alle Pulsströme puffern, vor allem auch bei der tiefsten auftretenden Umgebungstemperatur. Danach wird die Batterielebensdauer praktisch nur noch durch die Selbstentladung bestimmt und zwar sowohl der Primärzelle(n) als auch des/der HLC's. Ein Beispiel gibt Tabelle 4, wo eine Batterielebensdauer von 30 Jahren gefordert – und erreicht wird. Die Anwendung verbraucht im Jahr 456 mAh.

Ein Radiosender benötigt 800 mA für 1 Sekunde, viermal am Tag. Dieser Puls kann von einem HLC-1550 geliefert werden, und zwar bis herab zu $U_{\min} = 2,8 \text{ V}$ und einer Temperatur von $-10 \text{ }^\circ\text{C}$. Mit einer D-Zelle von 19 Ah beträgt die Selbstentladung $9,3 \mu\text{A}$. Es ergibt sich eine Batterielebensdauer von 30 Jahren.

Exemplarische 30-Jahres-Anwendung	
Grundstrom	15 μA
Puls	800 mA für 1 s alle 6 Stunden
Mittlerer Strom	52 μA
Jährlicher Verbrauch	456 mAh / Jahre
Entladeschlussspannung	2,8 V
Temperaturprofil	$-10 \text{ }^\circ\text{C} \dots +50 \text{ }^\circ\text{C}$, Durchschnitt $+20 \text{ }^\circ\text{C}$
Mittlere Selbstentladung	9,3 μA
Batterietype	TLP-93111/A (D + HLC-1550)
Nennkapazität	19 Ah
Nennspannung	3,6 V
Berechnete Batterielebensdauer	30,7 Jahre

Tab. 4
Exemplarische 30-Jahresanwendung

Batterietype	Batterielebensdauer	Menge	Geräte-Stunden	Ausfall-rate
	Jahre	In Tausend	10^9 Std.	fit
HLC-1550 in medizinischen Anwendungen	5	400	4,1	< 0,1
TLP-93311/A/ST	7	6 000	12,9	< 1,0
TLP-92311/A/ST	7	7 000	7,1	< 1,0
AA-Zelle für Zählerfernablesung	10	2 100	80	2,5
1 Ah Flachzelle	7	18 000	673	< 1,5

Tab. 5
Zuverlässigkeit von Tadiran Lithiumbatterien

Die Felderfahrung von Tadiran

Die Hochenergiebatterien von Tadiran sind seit den späten 70er Jahren auf dem Markt, der HLC und die PulsesPlus Batterien wurden im Jahre 2000 auf den Markt gebracht. Seitdem sind z.B. mehr als 30 Millionen Flachzellen für Mautgeräte und andere Anwendungen im Auto eingesetzt worden. Über 150 Millionen kleine Rundzellen von Tadiran wurden für Zähler-Ortungsgeräte, medizinische und andere Geräte verkauft. Und mehr als 30 Millionen große Rundzellen (C, D, DD) sind vor allem in Zählern eingesetzt worden.

Die wichtige Frage ist aber, wieviele davon wegen Ausfall beanstandet wurden. Das übliche Maß für die Zuverlässigkeit ist fit (failures in time). 1 fit entspricht einem Ausfall in einer Milliarde (10^9) Gerätestunden. Tabelle 5 zeigt Zahlen. Sie beweisen, dass man dieses Batteriesystem als das zuverlässigste auf dem Markt bezeichnen kann.

Der TLI – ein hochwertiger Energiespeicher

Manchmal wird nicht eine Primärbatterie gebraucht, sondern ein wiederaufladbarer Energiespeicher mit großem Temperaturbereich, geringer Selbstentladung, hoher Zuverlässigkeit oder sonst außergewöhnlichen Leistungsmerkmalen.

In solchen Fällen sind manche Kunden froh, dass der HLC auch eigenständig erhältlich ist. In diesem Fall wird er als wiederaufladbare Batterie der Baureihe TLI auf den Markt gebracht, normalerweise mit zusätzlichen Sicherheitselementen, wie einem PTC (wiederverwendbare Sicherung, Polyswitch). Der Temperaturbereich der TLI-Batterie reicht von $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $+85 \text{ }^\circ\text{C}$, der Leckstrom liegt typischerweise zwischen $1 \mu\text{A}$ und $3 \mu\text{A}$. Eine TLI-Batterie der Größe 1020 (10 mm Durchmesser, 20 mm Länge) hat eine Nennkapazität von 45 As während die Größe 1550 (15 mm Durchmesser, 50 mm Länge) 560 As hat. Beim Laden des TLI-Elements muss die Spezifikation eingehalten werden.

Die Ladeart ist CCCV (Konstantstrom mit Spannungsbegrenzung). Die maximale Ladespannung darf $4,1 \text{ V} + 0,05 \text{ V}$ nicht überschreiten. Der Ladestrom darf 6 mA bei der kleinen TLI-Batterie und 100 mA bei der großen nicht überschreiten. Der TLI sollte nicht unter 2,5 Volt entladen werden, da er andernfalls dauerhaft beschädigt werden kann. Die tatsächlichen Anwendungsdaten sollten von Tadiran bestätigt worden sein. Dann ist sichergestellt, dass Zuverlässigkeit und Sicherheit im Feld die gleichen sind wie oben für die Primär- und PulsesPlus-Batterien angegeben wurde.

Tadiran Batteries GmbH

Die Tadiran Batteries GmbH ist einer der führenden Hersteller von nicht wiederaufladbaren Lithiumbatterien in Europa. Die Firma wurde 1984 gegründet und bedient den Markt erfolgreich seit über 25 Jahren.

Ihre **Lithium-Thionylchlorid (LTC)** Technologie ist seit mehr als 30 Jahren erfolgreich eingeführt. Tadiran LTC-Batterien eignen sich immer dort, wo eine 3,6 Volt Primärbatterie mit hohem Energieinhalt für bis zu 25 Jahre netzunabhängigen Betrieb benötigt wird.

Das **PulsesPlus®** System, das hohe Strompulse in Verbindung mit einem hohen Energieinhalt liefert, ist erfolgreich auf den Markt gebracht worden und spielt eine wichtige Rolle insbesondere im Marktsegment Ortungs- und Überwachungssysteme.

Das **TLM-System** wurde vor kurzem entwickelt für Anwendungen, die eine Entladung mit hoher elektrischer Leistung nach einer langen Lagerdauer erfordern, z.B. als Zusatzbatterie für Notrufgeräte in automobilen Telematiksystemen.

Tadiran Batteries GmbH

Dr. Thomas Dittrich

Industriestr. 22

63654 Büdingen, GERMANY

Phone: +49 (0) 60 42 / 9 54 - 0

Fax: +49 (0) 60 42 / 9 54 - 190

e-mail: info@tadiranbatteries.de

Internet: www.tadiranbatteries.de

