

# Lithiumbatterien für Anwendungen in der Medizintechnik

## *Neue Lithiumbatterien leiten eine Revolution ein*

*von Dr. Thomas Dittrich, Tadiran Batteries GmbH*

Miniaturisierte Geräte mit großer Funktionsvielfalt führen zu einem steigendem Bedarf an zuverlässigen, kosteneffizienten Energieversorgungssystemen mit Lithiumbatterien.

Lithium-Primärbatterien werden für gewöhnlich sowohl in Einweggeräten verwendet als auch bei Anwendungen, die eine Batterie mit außergewöhnlich langer Lebensdauer erfordern und bei der man sich nicht um den Ladezustand der Batterie sorgen muß (z. B. bei automatischen externen Defibrillatoren). Lithiumsysteme werden ebenfalls bei Geräten bevorzugt, die klein, leicht und ergonomisch sein müssen. Bestimmte Lithiumsysteme sind auch geeignet für hohe Temperaturen, wie sie z. B. bei Sterilisationszyklen in Autoklaven auftreten, oder für extrem niedrige Temperaturen, wie bei einer medizinischen Kühlkette.

## Warum Lithiumbatterien?

Nachdem Lithium-Primärbatterien in den 60er Jahren zunächst in Herzschrittmachern verwendet wurden, werden heutzutage alle Arten von medizinischen Geräten durch sie mit Energie versorgt; unter anderem automatische externe Defibrillatoren, chirurgische Sägen und Bohrer, Roboterinspektionssysteme, RFID Funketiketten (radio frequency identification = Identifizierung mit Hilfe von Radiowellen), Infusionspumpen, Knochenwachstumsstimulatoren, Blutzuckermessgeräte, Blutsauerstoffmessgeräte, Kauter und andere medizinische Geräte.



*Blutsauerstoffmessgerät mit Lithium-Thionylchlorid(LTC)-Batterie*

Lithiumbatterien sind heute die erste Wahl für viele fortschrittliche medizinische Geräte. Sie bieten die höchste spezifische Energie (Energie pro Masse) und Energiedichte (Energie pro Volumen) von allen Batteriearten. Lithiumbatterien, die alle einen nicht-wässrigen Elektrolyten verwenden, haben außerdem eine Nennleerlaufspannung zwischen 1,7 und 3,9 V. Der Gebrauch von nicht-wässrigen Elektrolyten führt allerdings zu einem relativ hohen Innenwiderstand.

Lithiumbatterien arbeiten außerdem in einem erweiterten Betriebstemperaturbereich, was durch das Fehlen von Wasser und die chemische und physikalische Stabilität der Materialien möglich gemacht wird. Lithium-Thionylchlorid-Batterien bieten die höchste Temperaturtoleranz von allen (-55 °C bis +125 °C) und können so modifiziert werden, dass sie Temperaturen bis zu -80 °C standhalten. So ermöglichen sie die Einhaltung der medizinischen Kühlkette, indem sie durchgehend, auch bei extrem niedrigen Temperaturen, die Energieversorgung für die lückenlose Überwachung von Medikamenten, zur Transplantation vorgesehenen Organen und Gewebeproben, die gefroren oder in Trockeneis verpackt sind, liefern.

## Lithiumbatterien sind nicht alle gleich

Im Bereich der Lithiumbatterien gibt es zahlreiche konkurrierende Zusammensetzungen, die alle gewisse Vor- und Nachteile mit sich bringen.

### EIGENSCHAFTEN VON LITHIUMBATTERIEN

System	Li/SOCl <sub>2</sub> (LTC) Bobbin	Li/SOCl <sub>2</sub> (LTC) mit HLC ( <i>PulsesPlus</i> <sup>TM</sup> )	Li/Metalloxid (TLM Baureihe)	Li/SO <sub>2</sub>	Li/MnO <sub>2</sub>
Energiedichte	1420 Wh/l	1420 Wh/l	680 Wh/l	410 Wh/l	650 Wh/l
Leistung	niedrig	hoch	hoch	hoch	mäßig
Spannung	3,6 V	3,6 V – 3,9 V	4,1 V	3,0 V	3,0 V
Pulsamplitude	gering	hoch	sehr hoch	hoch	mäßig
Passivierung	hoch	keine	keine	gut	mäßig
Selbstentladung	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
Temperaturbereich	-50 °C ... +125 °C	-40 °C ... +85 °C	-40 °C ... +85 °C	-55 °C ... +60 °C	0 °C ... +60 °C
Verhalten bei hohen Temperaturen	gut	hervorragend	hervorragend	mäßig	gut
Verhalten bei tiefen Temperaturen	gut	hervorragend	hervorragend	hervorragend	schlecht
Betriebsdauer bis zu	20 Jahre und mehr	20 Jahre und mehr	20 Jahre	10 Jahre	5 Jahre
Typische Anwendungen in der Medizintechnik	Knochenwachstumsstimulatoren, Blutsauerstoffmeßgeräte, Blutzuckermeßgeräte, sterilisierbare Geräte, Geräte für die medizinische Kühlkette	Defibrillatoren (AED)	Defibrillatoren (AED), Kauter, Einweg-Powertools, Wiederbelebung	Defibrillatoren (AED)	Blutzuckermeßgeräte

Li/MnO<sub>2</sub> (Lithium-Mangandioxid)-Batterien, ursprünglich für Gebrauchsgegenstände wie Spielzeuge und Kameras vorgesehen, werden nun für gewöhnlich in Blutzuckermessgeräten verwendet. Li/MnO<sub>2</sub>-Batterien sind relativ kostengünstig und weisen eine hohe Impulsleistung auf, aber sie entladen sich sehr schnell selbst und besitzen eine geringe Energiedichte, was zu unhandlichen Geräten führt. Außerdem können Li/MnO<sub>2</sub>-Batterien nur in einem begrenzten Betriebstemperaturbereich von -10 °C bis 60 °C eingesetzt werden.

Li/SO<sub>2</sub> (Lithium-Schwefeldioxid)-Batterien, wie man sie in bestimmten externen Defibrillatoren findet, sind in der Lage hohe Stromimpulse bei niedrigen Temperaturen zu liefern, aber sind tendenziell größer und schwerer als andere Lithiumbatterien. Li/SO<sub>2</sub>-Batterien leiden auch an einer hohen Selbstentladung, was ihre potentielle Lebensdauer einschränkt.

Li/SOCl<sub>2</sub> (Lithium-Thionylchlorid, LTC)-Batterien sind perfekt geeignet für Schwachstromanwendungen, bei denen ein gleichmäßiger kleiner Strom (Mikroampere bis zum niedrigen Milliamperebereich) über einen längeren Zeitraum hinweg eingesetzt wird. Sie besitzen eine hohe Energiedichte, eine hohe Kapazität und eine niedrige Selbstentladungsrate und haben eine Betriebszeit von mehr als 25 Jahren. Bestimmte Bobbin-Type-Lithium-Thionylchlorid-Zellen können auch bei extremen Temperaturen zwischen -80 °C und +125 °C eingesetzt werden.

Eine Hybridversion der Lithium-Thionylchlorid-Batterie, die *PulsesPlus*<sup>TM</sup>-Batterie, kombiniert die Vorteile der Verbindung aus Lithium-Thionylchlorid mit einem Hybridschichtkondensator um hohe Strompulse zu liefern. Diese Hybridbatterien sind ideal für den Einsatz in automatischen externen Defibrillatoren (AED) und ähnlichen Anwendungen, die im Allgemeinen mit einem niedrigen Ruhestrom (Stromsparmodus) arbeiten, aber von Zeit zu Zeit einen stärkeren Stromimpuls (mehrere Ampere) benötigen. *PulsesPlus*-Batterien bieten außerdem die Möglichkeit einer Lebensdaueranzeige, die anspricht, wenn die Batterie 90 bis 95 % ihrer Ursprungsladung verbraucht hat. Diese Lebensdaueranzeige kann bei kritischen Anwendungen, bei denen der „Bereitschaftsstatus“ des Geräts permanent überprüft werden muss, von Nutzen sein.

Zusätzlich hat Tadiran die TLM-Baureihe der Lithium-Metalloxid-Batterien entwickelt, die dafür ausgelegt sind, eine hohe Zellenspannung, hohe Energiedichte, sofortige Aktivierung und außergewöhnlich lange Lebensdauer, auch unter extremen Temperaturen, bereitzustellen. Batterien der TLM-Baureihe verfügen über eine Leerlaufspannung von 4,0 V mit hohen Stromimpulsen bis zu 15 A und 5 A Dauerstrom bei 3,2 V. Batterien der TLM-Baureihe finden häufig in Einweggeräten, wie z. B. in chirurgischen Handbohrern, Elektrowerkzeugen und Kautern Anwendung und bieten eine ergonomische Lösung, da sie es ermöglichen, tragbare oder umschnallbare Geräte so klein und leicht wie möglich zu halten.

## Beispiele aus dem Alltag

Die folgenden Fallstudien zeigen, warum Lithiumbatterien für bestimmte Anwendungen ideal sind:

- **Knochenwachstumsstimulatoren, die einen niedrigen Dauerstrom benötigen.** Fünf bis 10 % der knapp 6 Millionen Knochenbrüche, die sich jährlich in den USA ereignen, weisen eine verlangsamte oder beeinträchtigte Heilungsrate auf. Knochenwachstumsstimulatoren nutzen hochfrequente Schalldruckwellen, um das Knochenwachstum und den Heilprozess zu stimulieren. Diese Geräte werden für gewöhnlich über der Bruchstelle festgeschnallt oder in den Gips integriert und strahlen schwache Ultraschallimpulse aus.

Üblicherweise wird bei dieser Anwendung ein Batteriesatz aus Li/SOCl<sub>2</sub>-Zellen der Größe AA verwendet um eine langfristige Energieversorgung sicherzustellen. Aufgrund ihrer hohen Energiedichte werden weniger Batterien benötigt. Dadurch reduzieren sich Größe und Gewicht des Geräts, was eine wichtige Voraussetzung ist, da es vom Patienten getragen wird.

- **Automatische externe Defibrillatoren (AED), die eine niedrige Ruhespannung, periodische, niedrige Stromimpulse und bei Aktivierung sehr hohe Stromimpulse benötigen.** AED sind tragbare Geräte, die dazu verwendet werden, bei Patienten mit Herzstillstand – ein plötzlich auftretender und potentiell tödlicher Zustand – wieder einen normalen Herzrhythmus herzustellen. Der AED analysiert automatisch den Herzrhythmus des Patienten und gibt dem Rettungshelfer Hinweise darauf, ob es nötig ist, dem Patienten einen Stromschlag zu verabreichen, um wieder einen normalen Herzschlag herzustellen.

AED werden zunehmend in öffentlichen Gebäuden, wie zum Beispiel Schulen, Restaurants, Flughäfen und Bürogebäuden (öffentlich zugängliche AED), installiert, wo unter Umständen keine fest installierte Wechselstromversorgung für ein dauerhaftes Aufladen der Batterien verfügbar ist. Diese abgelegenen Orte können auch extremen Temperaturen ausgesetzt sein, die die Leistungsfähigkeit der Batterie beeinträchtigen können. Daher haben diese Geräte oftmals eine primäre Lithium-Batterie für einen zuverlässigen Langzeitbetrieb, was auch nach längeren Ruheperioden die Abgabe von starken Stromimpulsen ermöglicht.

So setzt zum Beispiel ein führender Hersteller von automatischen externen Defibrillatoren PulsePlus Hybrid-Li/SOCl<sub>2</sub>-Batterien ein, um die Starkstromimpulse zu liefern, die nötig sind, um das menschliche Herz zu stimulieren. Die PulsePlus-Batterie wurde auch wegen ihrer extrem langen Lagerzeit (Selbstentladung von weniger als 1 % im Jahr) und der Eigenschaft extremen Temperaturen standzuhalten ausgewählt, was die Systemzuverlässigkeit erhöht, da Batteriefehler dazu führen können, dass ein Patient stirbt.

- **Chirurgischer Handbohrer, der keinen Ruhestrom benötigt, aber sehr hohe Strompulse.** Der Hersteller einer Einwegknochensäge hatte das Gerät ursprünglich mit einem Umschnallbatteriepaket entwickelt, das aus 8 Li/MnO<sub>2</sub>-Zellen besteht, die dann mit einem Kabel an die Knochensäge angeschlossen und nach einmaliger Verwendung weggeworfen wurden.

Um das Gerät handlicher zu machen, werden jetzt 3 TLM Hochenergie-Lithiumbatterien verwendet, die im Griff der Säge integriert sind und zusammen nur 60 g wiegen. So konnten der Kabelanschluss und das externe Batteriepaket entfallen, wodurch der Chirurg über mehr Bewegungsfreiheit verfügt. TLM Hochenergie-Batterien wurden für diese Hochleistungsanwendung ausgewählt, da sie hohe Stromimpulse bis zu 15 A liefern können.



*Knochenbohrer mit TLM-Batterien*

BioAccess, ein in Baltimore ansässiger Hersteller von Einwegknochenbohrern, hat auf ähnliche Art und Weise eine alternative Version seines Geräts unter Verwendung von TLM-1550HP-Batterien an Stelle von Alkalibatterien entwickelt. Die Lithium-Metalloxid-Batterien liefern eine Leerlaufspannung von 4,1 V und haben außerdem die Eigenschaft hohe Stromimpulse von 15 A bewältigen zu können und das bei einer Dauerlast von 5 A. Ein Alkalibatteriepaket gleicher Leistung würde das dreifache Gewicht und das doppelte Volumen in Anspruch nehmen (15 Alkalibatterien der Baugröße AA im Vergleich zu 6 TLM-1550HP Batterien der Baugröße AA). Der Einsatz von Lithium-Metalloxid-Batterien macht außerdem schnellere Bohrgeschwindigkeiten, verlängerte Bohrzeiten und ein höheres Drehmoment für effizientere Bohrzyklen möglich.

• **Sterilisierbare Funketiketten.** Lithiumbatterien haben ein dynamisches Potential für den Einsatz in tragbaren medizinischen Geräten, aber auch in exotischeren Anwendungsbereichen wie zum Beispiel bei spinnenartigen Roboter kapseln, die durch den Verdauungstrakt krabbeln können, um diagnostische und chirurgische Tätigkeiten durchzuführen. Zusätzlich entsteht gerade eine neue Generation von medizinischen Geräten, die Telematik, GPS und RFID-Tracking-Eigenschaften miteinander kombiniert. Diese Geräte können mit Sensoren zur Herzfrequenzmessung, Temperaturmessung und anderen High-Tech-Sensoren gekoppelt werden, die es einem Leistungserbringer ermöglichen, die Vitalparameter eines Patienten und seinen genauen Standort im Krankenhaus, im Alten- oder Pflegeheim, in der Einrichtung für betreutes Wohnen oder an entfernten Orten per Satellit zu überwachen.



*Sterilisierbare RFID-Funketikette mit LTC-Batterie*

So hat zum Beispiel Awarepoint aus San Diego kürzlich eine RFID-Funketikette für medizinische Geräte eingeführt, die Lithium-Thionylchlorid-Batterien vom Typ TLH-2450 verwendet, welche den hohen Temperaturen in Autoklaven und chemischen Sterilisationsprozessen standhalten können. Zuvor war es immer notwendig gewesen, die Funketiketten vor der Sterilisation zu entfernen, um die Batterie vor Schäden durch hohe Temperaturen zu schützen. Medizinische Geräte und Ausrüstungsteile, die mit den Awarepoint Funketiketten ausgestattet sind, können nun auch während der Sterilisationszyklen in Betrieb bleiben, was durchgehende Echtzeitverfolgung und -dokumentation ermöglicht.

## **Ausblick in die Zukunft**

Beispiele wie dieses zeigen, inwiefern kürzlich eingeführte Verbesserungen in der Lithiumbatterie-Technologie eine entscheidende Rolle für eine Industrie spielen, die sich in einem revolutionären Wandlungsprozess befindet. Im Verlauf der Weiterentwicklung der Medizintechnik werden aufregende neue Möglichkeiten und Herausforderungen ans Tageslicht treten, darunter Lösungen zum Langzeitenergiemanagement, die die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit medizinischer Geräte der nächsten Generation verbessern werden.

## Über Tadiran:



Die Tadiran Batteries GmbH ist einer der führenden Hersteller von nicht wiederaufladbaren Lithiumbatterien für industrielle Anwendungen in Europa.



*Produktlinie LTC-Batterien*

Die Firma ist führend bei der Entwicklung von Lithiumbatterien für den industriellen Einsatz. 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 10 und mehr Jahre netzunabhängigen Betrieb benötigt wird.



*Produktlinie PulsesPlus™-Batterien*

Die PulsesPlus Technologie (Baureihe TLP- ) ist die beste Lösung für die Fernübertragung mit GPRS und GSM. Sie bietet eine Kombination aus einer Hochenergie-Lithiumbatterie mit einem Hybridschichtkondensator (HLC). Dieser HLC bringt die Strombelastbarkeit für Pulsströme ein.



*Produktlinie TLM-Batterien*

Das TLM-System wurde vor kurzem entwickelt für Anwendungen, die eine Entladung mit hoher elektrischer Leistung nach einer langen Lagerdauer erfordern. Die TLM-Batterie bietet eine kompakte Stromquelle mit hoher Strombelastbarkeit, ideal geeignet für Powertools in der Medizintechnik.

Tadiran Batteries GmbH  
Industriestr. 22  
63654 BÜDINGEN, Deutschland  
E-Mail: [info@tadiranbatteries.de](mailto:info@tadiranbatteries.de)  
Internet: [www.tadiranbatteries.de](http://www.tadiranbatteries.de)