

Die TLM-Batterie — eine neue Hochleistungs-Primärbatterie

Thomas Dittrich

Der Autor studierte Physik und Physikalische Chemie an der Universität Bonn. 1980 trat er bei der Fa. Sonnenschein ein. Als Qualitätsleiter führte er die Sonnenschein Lithium GmbH 1993 zur Zertifizierung nach ISO 9001. Seit 2002 ist er Leiter der Anwendungstechnik. 2006 firmierte Sonnenschein Lithium um zu Tadiran Batteries.

Fa. Tadiran Batteries GmbH
Industriestr. 22, D-63654 Büdingen
Tel. 06042/954 125, Fax 06042/954 490
Email thomas.dittrich@tadiranbatteries.de
Internet www.tadiranbatteries.de

Einleitung

Der Vormarsch der Elektronik auf dem Automobilssektor ist ungebrochen. Unter dem Namen E-call wird ein Notrufsystem im Auto entwickelt. Ehemalige Domänen der Mechanik wie das Türschloß werden von der Elektronik erobert. Solche Systeme müssen auch dann noch funktionieren, wenn die Autobatterie abgeklemmt oder z.B. - bei einem Unfall - funktionslos geworden ist. Ihre Einführung hat sich verzögert, weil eine entsprechende Notbatterie nicht existierte oder zu teuer war. Diese Lücke wird nun von der neuen TLM-Batterie gefüllt.



Kenndaten

Die neue TLM-Batterie ist klein und leicht, liefert einen hohen Strom und ist in einem weiten Temperaturbereich einsetzbar. Die Leistungsdaten sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Drei Zellen in Serie ergeben eine kompakte, leichte Batterie, die mit der 12-Volt Batterie des Autos kompatibel ist.

Betriebsspannung	4.1 V ... 3 V
Verfügbare Pulskapazität	550 mAh
Maximaler Dauerstrom	5 A
Maximaler Pulsstrom	15 A
Betriebstemperatur	-40 °C ... +85 °C
Selbstentladung	5 % (erstes Jahr)
	2 % (Folgejahre)
Lagerfähigkeit (20 % Verlust)	10 Jahre
Durchmesser	15 mm
Länge	50 mm
Gewicht	20 g

Tabelle 1

Leistungsdaten, Neue TLM-Batterie der Type TLM-1550/HP

Konstruktion und Materialien

Die Elektrodenmaterialien der neuen TLM-Batterie bestehen aus Lithium-Interkalaten. Das heißt, die Anode besteht aus Graphit-Kohlenstoff der in seinem Kristallgitter Lithiumionen aufnehmen kann. Die Kathode besteht aus Metalloxiden, die ebenfalls Lithiumionen aufnehmen können. Der Elektrolyt ist organisch. Die Batterie steht nicht unter Druck. Ihre Inhaltsstoffe sind nicht gefährlich gemäß den europäischen RoHS- und Batterierichtlinien.

Die Batterie ist nicht wieder aufladbar. Die Elektroden sind gewickelt, das Gehäuse ist durch eine Glasmalldurchführung und die Laser-Schweißung des Deckels hermetisch dicht.

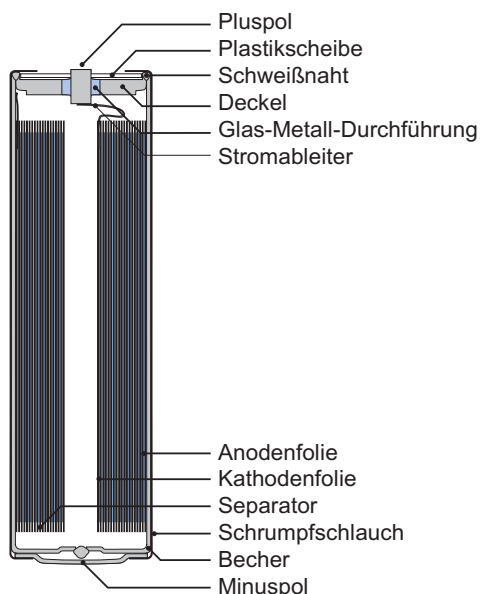


Abb. 1

Schnittbild einer Batteriezelle der Type TLM-1550/HP

Elektrische Leistungsdaten

Die Abbildung 2 zeigt Entladekurven bei Raumtemperatur und mit 3 verschiedenen Strömen von 0,1 A, 2 A und 5 A. Selbst bei einer Belastung mit 5 A liegt die mittlere Entladespannung über 3 Volt und die Kapazität bis 2,75 Volt über 450 mAh.

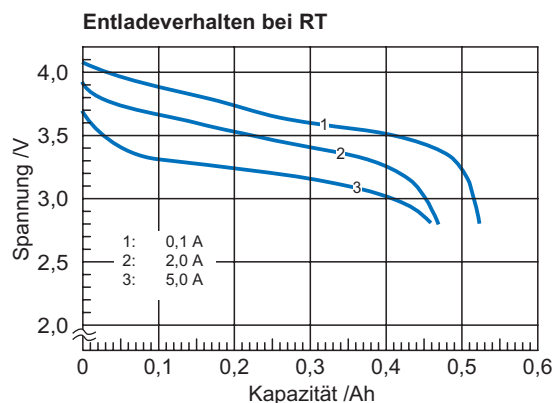


Abb. 2
Entladekurven TLM-1550/HP bei Raumtemperatur.

Die Abbildung 3 zeigt eine Pulsentladung mit 15 A Pulsen von 1s Dauer bei einem Taktverhältnis von 1 : 10. Die Kapazität beträgt 480 mAh bis 2 Volt.

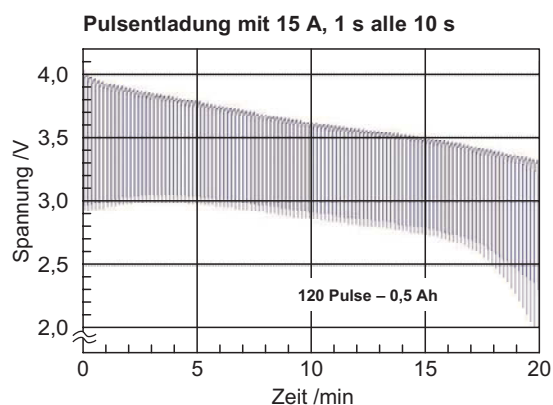


Abb. 3
Pulsentladung TLM-1550/HP mit 15 A bei 25 °C

Die Abbildung 4 verdeutlicht das Temperaturverhalten der neuen TLM-Batterie. Sie zeigt 5 Entladekurven bei 1 A Dauerstrom über einen Temperaturbereich von -40 °C bis +72 °C. Bei -20 °C liefert die Batterie – ohne Spannungssack – 350 mAh oberhalb von 3 Volt. Damit läßt sie andere Batteriesysteme weit hinter sich. Die Kurven bei -30 °C und -40 °C zeigen einen leichten Spannungsanstieg während der Entladung. Dieser Anstieg ist auf die Selbsterwärmung durch die ohmsche Verlustleistung zurückzuführen.

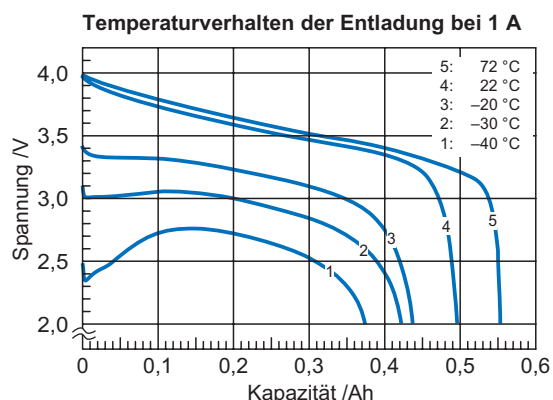


Abb. 4
Entladekurven TLM-1550/HP bei 1 A und Temperaturen zwischen -40 °C und +72 °C

Vergleich mit handelsüblichen Lithiumbatterien

Um die Leistungsfähigkeit der neuen TLM-Batterie besser einordnen zu können wurde eine Vergleichsstudie mit handelsüblichen Lithiumbatterien der Type CR123A (Größe 2/3 A, System Lithium-Mangandioxid) durchgeführt. Diese Type beansprucht in etwa dasselbe Volumen. Bei einem Entladestrom von 2 A hat die TLM-Batterie eine deutlich höhere Spannungslage bei etwa gleicher Kapazität (Abbildung 5).

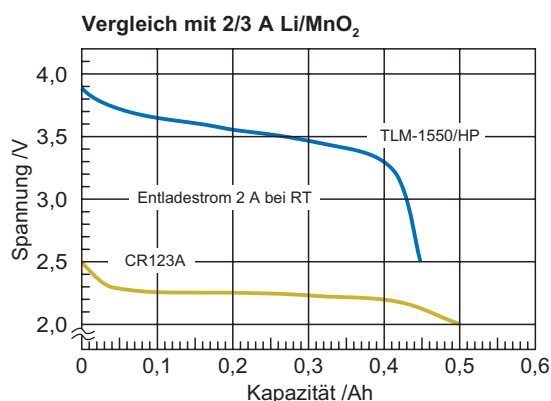


Abb. 5
Vergleich von TLM-1550/HP mit CR123A:
Entladung bei einem Strom von 2 A und bei
Raumtemperatur

Bei tiefen Temperaturen wird der Vorteil der TLM-Batterie noch deutlicher. Abbildung 6 zeigt Entladekurven bei $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit einem Strom von 1 A. Hier liefert die TLM-Batterie noch etwa 75 % ihrer Nennkapazität während die Vergleichsbatterie nur noch 2 % ihrer Nennkapazität, also eigentlich gar nichts mehr leistet.

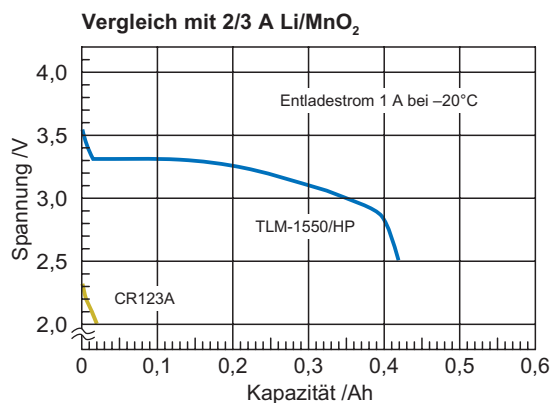


Abb. 6
Vergleich von TLM-1550/HP mit CR123A:
Entladung bei einem Strom von 1 A und einer
Temperatur von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Selbstentladung

Eine der wichtigsten Eigenschaften der neuen TLM-Batterie ist ihre lange Lagerfähigkeit und geringe Selbstentladung. Dafür wurde die Leerlaufspannung bei Raumtemperatur und bei +72 °C über einen Zeitraum von knapp 2 Jahren beobachtet. Man vergleicht die erhaltenen Kurven mit einer Entladekurve ("Titrationskurve") deren Entladestrom sehr klein im Vergleich zur Strombelastbarkeit der Batterie ist, im Vergleich zur Selbstentladung aber sehr hoch. Dadurch ergibt sich die Selbstentladerate. Sie beträgt nach etwa 600 Tagen 2 µA bei Raumtemperatur und 10 µA bei +72 °C (Abbildung 7).

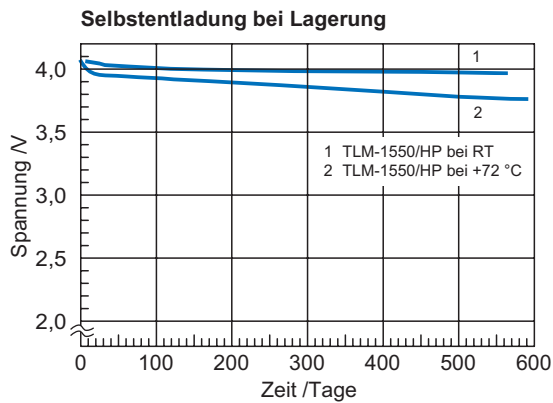


Abb. 7
Spannungsverlauf bei Lagerung von TLM-1550/HP bei RT und 72 °C.

Anwendungsbeispiel

In einer typischen Anwendung wird die neue TLM- Batterie als Notbatterie in einem Telematik-Notrufsystem eingesetzt. (s. Tabelle 2). Sie tritt dort erst dann in Aktion, wenn die Autobatterie durch Havarie (Unfall) oder Sabotage (Diebstahl) ausgefallen ist. In diesem Fall ermöglicht sie noch das Absetzen eines Notrufs oder die Satellitenortung des Fahrzeugs.

Anwendung	Einsatzbereich	Notrufsystem im GSM Betrieb
Elektrische Anforderungen	U_{min}	6,5 V
Stromprofil	Grundstrom Senden/Empfangen	< 1µA Im Mittel 420 mA für t_{SE} mit Peaks 2 A für 577 µs alle 4,615 ms
Umweltbedingungen und Sende-/Empfangsdauer t_{SE}	Temperatur: -30°C ...+0°C 0°C ...+40°C +40°C ...+75°C +75°C ...+85°C	t_{SE} (nach 10 Jahren Lagerung) 15 min 30 min 20 min 0 min
Batterie	Type:	3 x TLM-1550/HP in Reihe
	Nennkapazität:	550 mAh
	Nennspannung:	12,3 V
	Größe:	47 x 52 x 17 mm ³
	Gewicht	60 g

Tabelle 2

Anforderungen an die neue TLM-Batterie in einer typischen Anwendung

Sicherheit

Die TLM-Batterie hat aufgrund des chemischen Systems und des inneren Aufbaus ein hohes Maß an Sicherheit. Die Anode ist bei weitem nicht so reaktiv wie das Lithiummetall, das normalerweise in nicht wiederaufladbaren Lithiumbatterien eingesetzt wird. Der Elektrolyt ist mäßig entflammbar. Die Batterie entwickelt bei Kurzschluß geringere Hitze und ist auch dadurch sicherer als vergleichbare andere Batteriesysteme, weil sie dieselbe Leistung aus einem geringeren Volumen und damit nur für kürzere Dauer entwickelt. Die Batterie hat die genormten Sicherheitsprüfungen bestanden, wie Kurzschluß, Aufprall, Überentladung. Darüber hinaus hat sie weitere, nicht genormte Sicherheitsprüfungen bestanden.

Abbildung 8 zeigt das Verhalten der TLM-Batterie bei Kurzschluß. Diese Prüfung wurde bei +55 °C durchgeführt. Die Spannung sinkt gleich bei Beginn auf einen niedrigen Wert ab, der Strom steigt kurzzeitig auf ca. 45 A an. Er wird aber sofort durch den Shutdown-Separator auf etwa 20 A begrenzt. Nach etwa einer halben Minute ist die Batterie erschöpft und der Strom sinkt ab. Die Temperaturkurve zeigt einen stetigen Anstieg um insgesamt etwa 65 Grad auf 120 °C. Weitere Beobachtungen wurden nicht gemacht, insbesondere kein Feuer und kein Bersten.

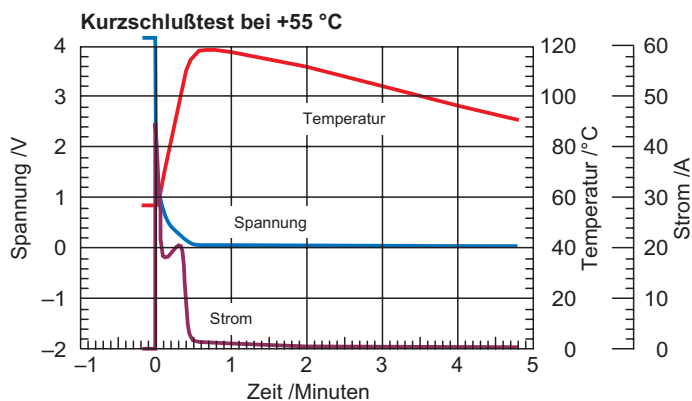


Abb. 8
Kurzschluß von TLM-1550/HP bei 55 °C.

Der Aufpralltest ist einer von 8 Tests, die Lithiumbatterien bestehen müssen, um gemäß den Gefahrguttransportvorschriften befördert zu werden. Er wird zum Beispiel in der Norm IEC-62281 beschrieben. Dabei wird eine Metallstange quer über die Batterie gelegt und dann ein Gewicht von annähernd 10 kg Masse aus etwa 60 cm Höhe auf diese Anordnung fallen gelassen. Der Zweck ist, einen internen Kurzschluß hervorzurufen. Die Batterie darf dabei kein Feuer fangen und nicht explodieren. Außerdem darf die Temperatur nicht auf über 170 °C ansteigen.

Wie die Abbildung 9 zeigt, hält die TLM-Batterie diese Anforderungen ein. Nach dem Aufprall sinkt die Spannung sofort ab. Dies ist ein Hinweis darauf, daß tatsächlich ein innerer Kurzschluß eingetreten ist. Die Temperatur steigt innerhalb einer Minute von ca. 30 °C auf etwa 90 °C an und sinkt dann langsam ab.

Weitere Beobachtungen wurden nicht gemacht, insbesondere kein Feuer und keine Explosion.

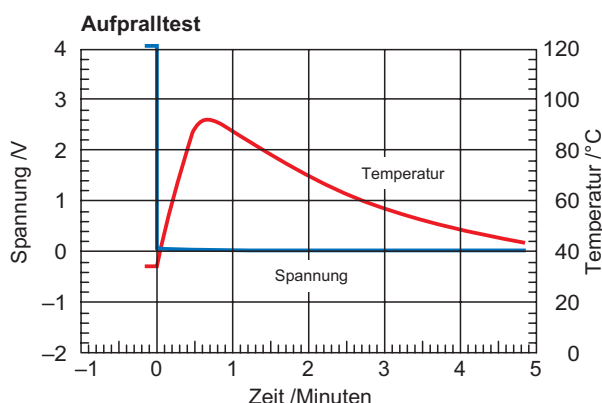


Abb. 9
Aufpralltest von TLM-1550/HP

Ein Überentladungstest wird in Abbildung 10 dargestellt. Dabei wird die Batterie an eine elektronische Stromsenke angeschlossen und mit einem Strom von 2 A entladen, so lange bis sie leer ist. Anschließend wird der Entladestrom aufrechterhalten. Dabei wird die Batterie bis zur Spannungsumkehr überentladen. Zweck einer solchen Anordnung ist es, die Sicherheit in einer Reihenschaltung darzustellen, wenn eine Zelle aus irgendwelchen Gründen leer ist, während die anderen noch den vollen Strom liefern können, der natürlich auch durch die entladene Zelle fließt, wenn nicht – wie empfohlen – eine Sicherheitsschaltung aus By-pass Dioden vorgesehen worden ist. Wie die Abbildung 10 zeigt, sinkt die Spannung ab, nachdem etwa 450 mAh aus der Batterie geflossen sind.

Die Spannung verweilt dann kurz bei etwa 1,3 V, dann polt sich die Batterie um bis auf $-1,9$ V um sich dann bei $-0,2$ V zu stabilisieren. Die Temperatur steigt erst langsam, dann schneller auf 74 °C an und fällt dann kontinuierlich ab. Weitere Ereignisse treten nicht auf.

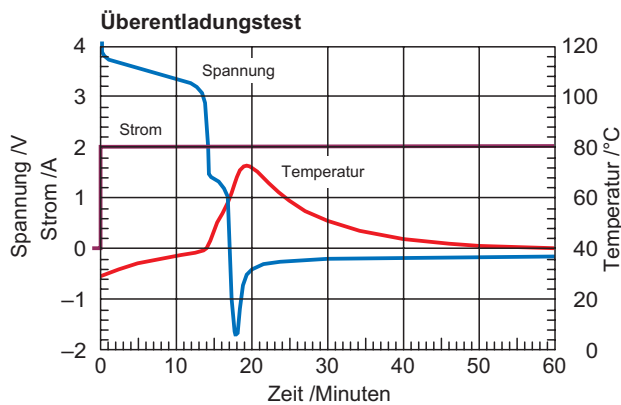


Abb. 10
Überentladung von TLM-1550/HP bei einem Strom von 2 A.

Die Stabilität und Sicherheit der verwendeten Stoffe wird insbesondere auch durch den Hochtemperaturtest belegt, der in Abb. 11 dargestellt wird. Dabei wurden 4 Batterien nacheinander bei verschiedenen Temperaturen in einer Temperatorkammer eingelagert und beobachtet. Die Temperatur des Batteriemantels wurde aufgezeichnet. Man erkennt, dass die Batterie bis zu einer Temperatur von etwa 165 °C lediglich die Temperatur der Kammer annimmt, ohne dass zusätzlich durch eine Reaktion der Inhaltsstoffe eine erkennbare Temperaturerhöhung stattfindet. Erst bei 170 °C tritt eine nennenswerte Reaktion auf, die aber nach kurzer Zeit wieder abklingt.

Der Test belegt, dass ein Sicherheitsabstand besteht von etwa 80 °C über den spezifizierten Betriebs-temperaturbereich hinaus. Dabei wurde keine Wärme abgebende Reaktion und insbesondere kein Elektrolytaustritt, kein Ablassen von Überdruck, kein Feuer und keine Explosion beobachtet.

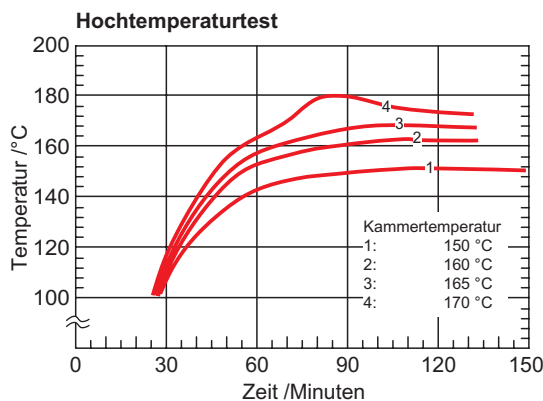


Abb. 11
Hochtemperaturtest von TLM-1550/HP

Zusammenfassung

Mit der TLM-Batterie TLM-1550/HP wird eine organische Primärbatterie der Größe AA zur Verfügung gestellt, die eine Pulsstromfähigkeit von 15 A und eine Dauerstromfähigkeit von 5 A aufweist. Die Batterie weist im Vergleich mit anderen handelsüblichen Batterien die besten Leistungsdaten bis herab zu -40 °C auf. Sie stellt die kleinste Hochleistungs-Back-up Batterie dar und ist daher als Notbatterie in Telematikanwendungen bestens geeignet, beispielsweise E-call, elektrisches Türschloß, elektrische Bremse, Verfolgung von gestohlenen Fahrzeugen und andere. Wie die Sicherheitstests belegen, erfüllt die Batterie alle Anforderungen an die Sicherheit. Der Sicherheitsabstand reicht etwa 80 °C über den spezifizierten Betriebstemperaturbereich hinaus.