

Hochleistungsbatterie für den Einsatz als Pufferbatterie in fahrzeuggebundenen Telematiksystemen

von Dr. Thomas Dittrich, Tadiran Batteries GmbH

Wer über Batterien in Autos redet, meint in aller Regel die Starterbatterie. Da der Sprit zum Fahren immer teurer wird, denken manche heute schon an die Antriebsbatterie in Elektroautos. Etwas spezieller ist da schon eine Anwendung, die erforderlich wird, weil die Elektronik im Auto immer anspruchsvoller wird und Gefahr läuft, beim Zuschalten bestimmter Verbraucher auszufallen: eine Pufferbatterie für die gesamte Autoelektronik.

All das hilft nicht wirklich weiter, wenn 2015 das automatische Notrufsystem eCall in den ersten Neuwagen zur Pflicht wird. Denn in etwa 15 – 25 % der Notrufsituationen ist die Fahrzeugbatterie oder ihre Zuleitung nach einem Unfall nicht mehr funktionsfähig. Hier ist eine Notbatterie in der Telematikeinheit selber erforderlich. Die Anforderungen für diese Back-up Batterie haben es in sich: Leistungsabgabe bis zu 15 Watt für 10 Minuten bei Temperaturen bis $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und darunter; klein muss sie sein, kleiner als ein Däumling, und sie soll etwa so lange halten wie das Auto selber.

Eine Batterie, die all diese Anforderungen wirklich erfüllen kann, gibt es erst, seitdem Tadiran seine Lithium-Metalloxid-Batterie entwickelt hat. Die Batterie hat die Größe einer Mignonzelle, und liefert bei einer Nennspannung von 4 Volt Pulsströme bis 15 Ampere. Der Vortrag geht ein auf die Konstruktion der Batterie, das Leistungsverhalten im Temperaturbereich von $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, sowie Lebensdauer- und Sicherheitstests.

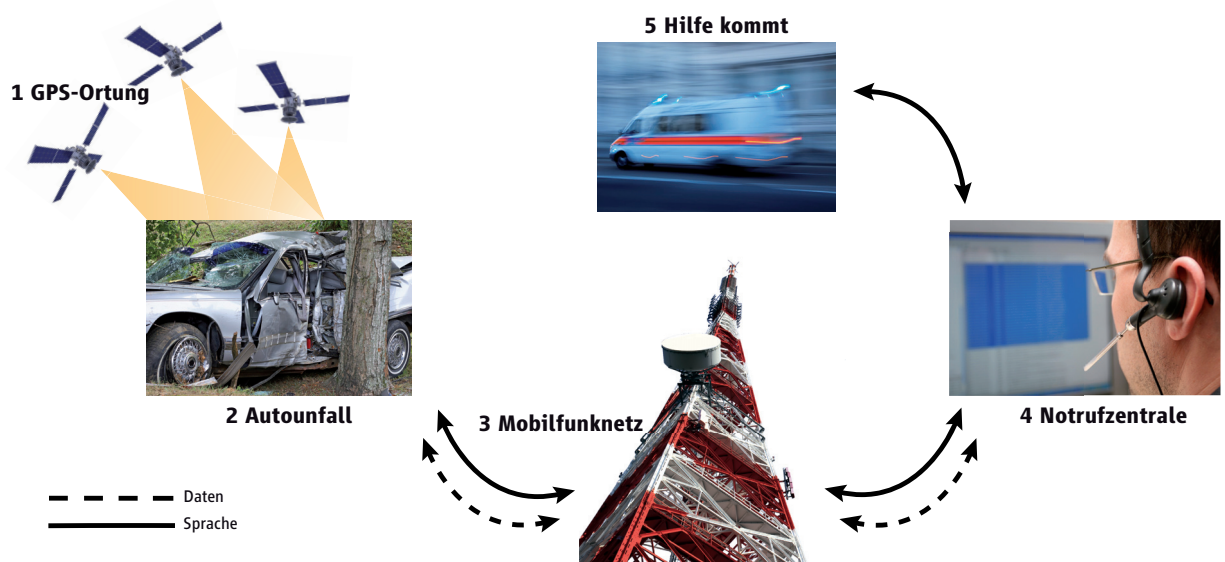


Abbildung 1
Das Funktionsprinzip von eCall

Die Einführung von eCall, dem europäischen Notrufsystem für Autos, wurde bereits mehrfach verschoben. Gegenwärtig heißt es, dass eCall 2015 Pflicht für Neuwagen werden soll. Sicher ist das aber noch nicht. Sicher ist nur, dass gemäß der Wirkungsanalyse¹, die 2011 veröffentlicht wurde, beginnend etwa um die Jahrtausendwende einige Autohersteller bereits private eCall-Dienste in Europa aufgebaut haben. 2011 waren davon nur noch die Dienste von BMW, PSA (mit den Marken Peugeot und Citroën) und Volvo in Betrieb,

wohingegen die anderen Hersteller diese Dienste bis zum Jahre 2005 schon wieder eingestellt hatten. Charakterisiert sind die privaten eCall-Dienste durch Marktpreise, die im Allgemeinen nur für eine begrenzte Anzahl von Benutzern erschwinglich sind, durch eine nicht EU-weite Abdeckung, und durch Schwierigkeiten PSAP²-Datenbanken aufrecht zu erhalten. Um diese Situation zu verbessern, plant die EU-Kommission gegenwärtig, eCall ab 2015 Pflicht werden zu lassen. Abbildung 1 zeigt das Funktionsprinzip von eCall.

¹ SEC(2011) 1019 final *Impact Assessment Accompanying the Commission Recommendation on support for an EU-wide eCall service in electronic communication networks for the transmission of in-vehicle emergency calls based on 112 ('eCalls')*

² PSAP = Public Safety Answering Point (Notrufzentrale)

Modell	Anzahl Zellen der Größe AA	Nennkapazität	Nennspannung	Art	Typische Anwendung
TLM-1550HP	1	0,55 Ah	4 V	primär	Bei -20 °C nach 8 Jahren: eCall: 2,5 A Pulse für 2,5 ms alle 6,25 ms auf 500 mA Grundstrom (Durchschnitt 1,3 A) für 11 min
TLM-1550HE	1	1,0 Ah	4 V	primär	Bei +20 °C nach 8 Jahren: eCall: 750 mA mit Spitzen von 2 A für 15 min; oder SVT: 600 mal 500 mA für 10 s während 2 Tagen Mindestspannung 2,0 V
TLI-1550A	2	0,33 Ah	4 V	sekundär	Nach 5 Jahren bei -40 °C ... +90 °C: eCall: im Mittel 5 W, Spitze 20 W für 15 min SVT: optional, mehrfach

Tabelle 1

Verfügbare Batterien von Tadiran für eCall und ähnliche Anwendungen (Beispiel AA-Größe)

Back-up Batterie gesucht

Bei einem Autounfall ist das Ausfallrisiko der bordeigenen Stromversorgung nicht zu vernachlässigen. Deshalb haben alle drei Autohersteller, die heute ein privates eCall-System anbieten, eine Back-up- oder Notbatterie vorgesehen oder werden diese in Zukunft vorsehen. Diese Notbatterie stellt unter allen Umständen die Funktion der eCall-Telematikeinheit sicher. Normalerweise bedeutet „unter allen Umständen“, dass die Batterie einen Notruf unterstützt, der bei -20 °C oder sogar bei -40 °C und unter verhältnismäßig schlechten Funkverhältnissen immer noch 8 bis 10 Minuten Daten- und Audioübertragung gewährleistet.

Dabei muss die Batterie für die Datenübertragung einen Strom von im Mittel 350 mA bei Stromspitzen von 2 A zur Verfügung stellen. Die üblicherweise eingesetzten Kommunikationsmodule benötigen eine Mindestspannung von 3,2 bis 3,4 Volt. Durch Einsatz eines Spannungswandlers kann die Mindestspannung bis auf etwa die Hälfte gesenkt werden, wobei allerdings der Strom entsprechend größer wird, weil es auf die Leistung ankommt ($P = U \times I$) und weil der Wandler nicht verlustfrei arbeitet. Für die Batterie kann das aber sehr hilfreich sein, denn sie kann aufgrund des größeren Abstands zur Leerlaufspannung mehr Leistung bereitstellen, insbesondere bei tiefen Temperaturen. Für den Audiobetrieb werden weitere 500 mA benötigt. Der Funktionsumfang der eingesetzten Telematikeinheiten steigt ständig. Außer eCall werden Audio- Video-, Navigations- und sogar Internetdienste diskutiert³. Im gleichen Maße sinkt der für die Notbatterie zur Verfügung stehende Platz. Die Batterie muss vor allem klein sein. Trotzdem muss sie in hochwertigen

Fahrzeugen neben oder anstelle von eCall auch die Versorgung der SVT⁴-Funktion übernehmen können.

Lösung von Tadiran Batteries

Tadiran ist mit seinen Baureihen TLM, TLI und TLP bestens für diesen Markt aufgestellt. Diese Batterien basieren auf der von Tadiran eingeführten Lithium-Metalloxid-Technologie⁵. Seit 2010 werden Tadiran Batterien in diesem Marktsegment in Großserien eingesetzt. Tabelle 1 zeigt eine Aufstellung der zur Verfügung stehenden Modelle basierend auf der Baugröße AA (oder Mignon).

Konstruktion und Materialien

Die Elektrodenmaterialien der Tadiran Lithium-Metalloxid (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, im wesentlichen Nickel-Kobalt-Oxid, das ebenfalls Lithiumionen aufnehmen kann. Der Elektrolyt ist organisch und besteht aus einer Leitsalzlösung (Lithium-Hexafluorophosphat, LiPF₆) in einer Mischung aus organischen Karbonaten. Der Separator ist eine mikroporöse mehrschichtige Kunststoffmembran, deren mittlere Schicht bei Übertemperatur schmilzt und so die Poren schließt und den Kurzschlußstrom begrenzt (Shut-Down Separator). Die Batterie steht nicht unter Druck. Die Batterie ist nicht wieder aufladbar. Die Elektroden sind gewickelt, das Gehäuse ist durch eine Glasmetalldurchführung und die Laser-Schweißung des Deckels hermetisch dicht. Die Abbildung 2 erläutert die Konstruktion anhand eines Röntgenbildes.

³ siehe z.B.: Wolfgang Rudschies, *Das Auto vernetzt sich*, ADAC Motorwelt Heft 8 August 2012, Seite 20 s.auch <http://adacemobility.wordpress.com/2012/08/06/die-mobilitat-der-zukunft-das-auto-vernetzt-sich/>

⁴ SVT = Stolen Vehicle Tracking (Verfolgung gestohlener Fahrzeuge)

⁵ H. Yamin, C. Menachem, *Tadiran High Power Cell – An Ultimate Power Source for Telematic Backup*, The 22nd International Seminar & Exhibit: March, 2005, Fort Lauderdale, Florida, USA

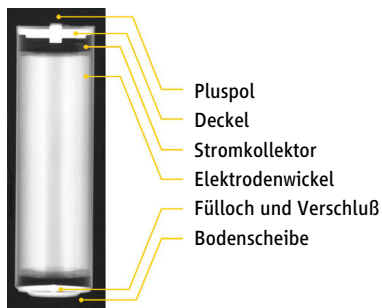


Abb. 2
Röntgenbild der TLM-Zelle

Elektrische Leistungsdaten

Die Abbildung 3 verdeutlicht das Temperaturverhalten der TLM-Batterie. Sie zeigt 5 Entladekurven bei 1 A Dauerstrom über einen Temperaturbereich von -40 °C bis $+72\text{ °C}$. 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.

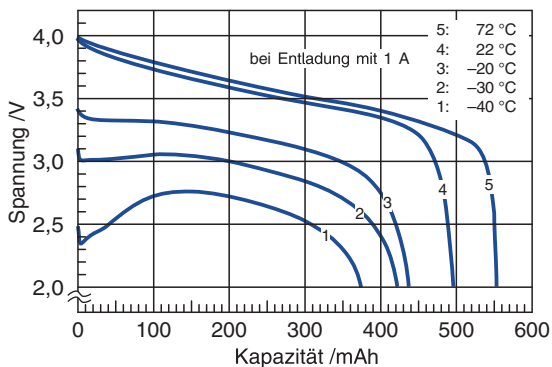


Abb. 3
Temperaturverhalten TLM-1550HP (High Power Version)

Die High Energy Version TLM-1550HE hat etwa die doppelte Kapazität bei gleichzeitig höherer Strombelastbarkeit, s. Abbildung 4. Dies wird durch eine Optimierung der Elektrodengeometrie und -chemie erreicht. Nur im Tieftemperaturbereich unterhalb von -20 °C hat diese Version Nachteile, erkennbar daran, dass die Spannung vor dem Eintreten des Selbsterwärmungseffekts markant absinkt.

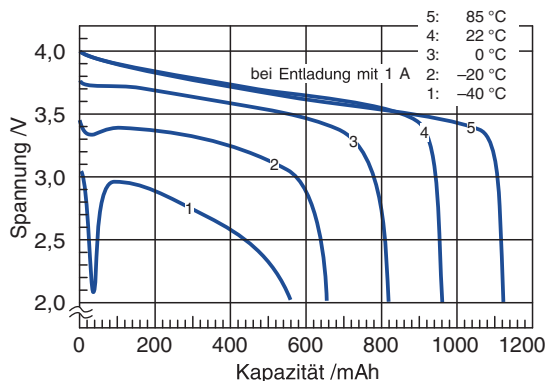


Abb. 4
Temperaturverhalten TLM-1550HE (High Energy Version)

TLI-1550A ist eine wieder aufladbare Lithium-Ionen-Batterie, in Aufbau und Zusammensetzung im übrigen ähnlich wie die vorgenannten beiden Versionen. Für die Belastungen im Zyklenbetrieb hat sie zum Ausgleich eine geringere Kapazität. Abbildung 5 zeigt das Temperaturverhalten bei Entladung mit 2 A.

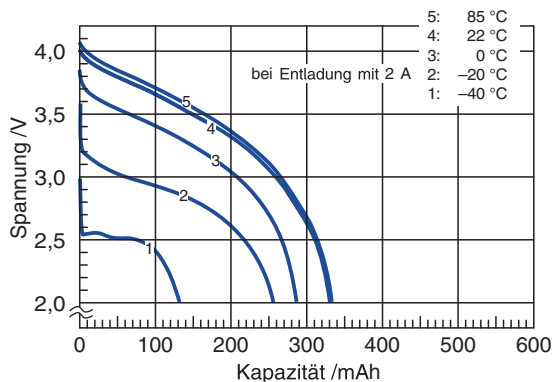


Abb. 5
Temperaturverhalten TLI-1550A (Lithium-Ionen Version)

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- Mangan-dioxyd) 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 6, Kurven 1 und 3).

Bei tiefen Temperaturen wird der Vorteil der TLM-Batterie noch deutlicher. Abbildung 6 zeigt Entladekurven (Nr. 2 und 4) bei -20 °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.

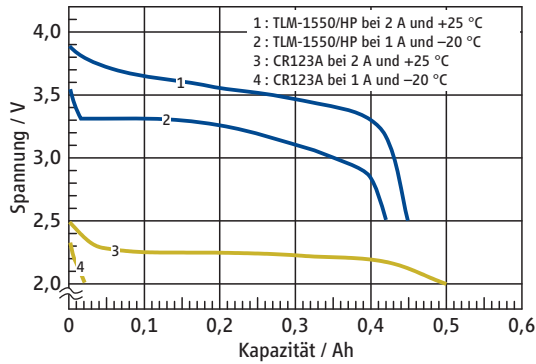


Abb. 6
Vergleich von TLM und Li/MnO₂

TLM-Batterie erfüllt eCall Anforderung

Abbildung 7 zeigt das Verhalten von TLM-1550HP unter worst case Bedingungen in der Anwendung eCall. Die Batterie wurde einer beschleunigten Alterung unterworfen, indem sie vor dem Test für 3 Wochen bei +72 °C gelagert wurde. Sie wurde dann auf -20 °C abgekühlt und mit einer simulierten Anwendungslast entladen, die aus Pulsen von 2,5 A für 2,5 ms alle 6,25 ms auf einer Grundlast von 0,5 A bestand. Dieses Entladeschema entspricht dem Multiplexverfahren CDMA⁶. Insgesamt zeigt die Abbildung die Entladegergebnisse von 4 Exemplaren, die unter den gleichen Bedingungen vorgealtert und entladen wurden. Für jedes Exemplar gibt es 2 Kurven. Die obere Kurve (1) zeigt die Spannung bei der Grundlast und die untere Kurve (2) zeigt die Spannung während der 2,5 A Pulse. Die Entladedauer ist deutlich länger als die geforderten 10 Minuten. TLM-1550HP ist die kleinste marktgängige Batterie, die solche Anforderungen erfüllen kann.

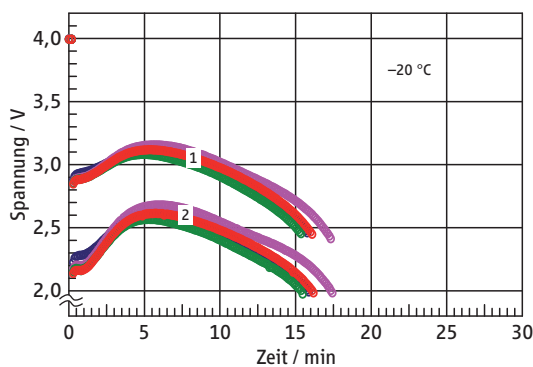


Abb. 7
CDMA-Entladung bei -20 °C nach beschleunigter Alterung TLM-1550MP nach 3 Wochen Lagerung bei +72 °C
1: 0,5 A für 3,75 ms alle 6,25 ms, gefolgt von
2: 2,5 A für 2,5 ms

⁶ CDMA = Code Division Multiple Access

Für die folgenden 2 Abbildungen wurde der Test mit weiteren Batterien wiederholt und die Entladung einmal bei +20 °C (s. Abbildung 8) und ein weiteres Mal bei +85 °C (s. Abbildung 9) durchgeführt. Unter diesen Bedingungen kann der eCall-Notbetrieb deutlich über 20 Minuten lang aufrecht erhalten werden.

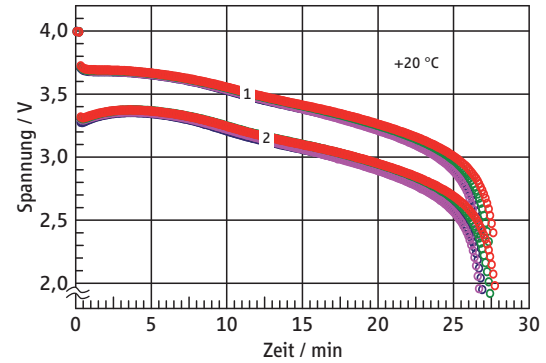


Abb. 8
CDMA-Entladung bei +20 °C nach beschleunigter Alterung TLM-1550MP nach 3 Wochen Lagerung bei +72 °C
1: 0,5 A für 3,75 ms alle 6,25 ms, gefolgt von
2: 2,5 A für 2,5 ms

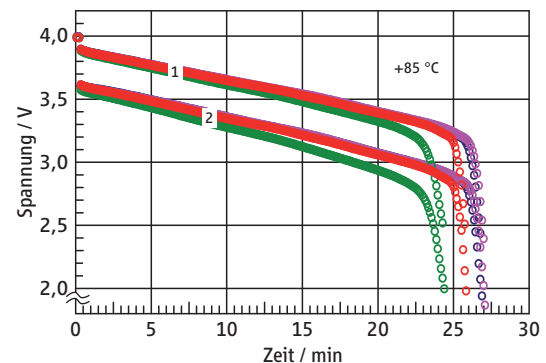


Abb. 9
CDMA-Entladung bei +85 °C nach beschleunigter Alterung TLM-1550MP nach 3 Wochen Lagerung bei +72 °C
1: 0,5 A für 3,75 ms alle 6,25 ms, gefolgt von
2: 2,5 A für 2,5 ms

Fast keine Selbstentladung

Eine der wichtigsten Eigenschaften der TLM-Batterie ist ihre lange Lagerfähigkeit und geringe Selbstentladung. Um dies zu zeigen 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 und erhält so die Selbstentladerate. Sie beträgt nach etwa 600 Tagen 2 µA bei Raumtemperatur und 10 µA bei +72 °C.

Das Ergebnis lässt sich am anschaulichsten darstellen, indem man den insgesamt angefallenen Kapazitätsverlust über der Lagerdauer aufträgt (**Abbildung 10**).

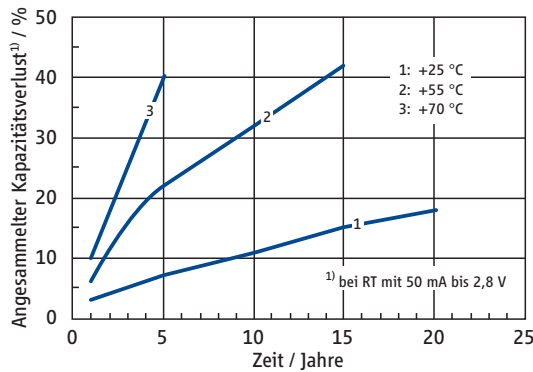


Abb. 10
Selbstentladung beim Lagern

Dauerhaft geringe Impedanz

Für anspruchsvolle Anwendungen wie die Back-up Batterie in eCall-Systemen ist die Langlebigkeit der Batterie in einem weiten Temperaturbereich ein entscheidender Faktor. Neben der Selbstentladung kommt es dabei auch auf einen geringen Innenwiderstand an. Den Innenwiderstand von TLM-1550HP zeigt die **Abbildung 11** über der Lagerdauer bei zwei verschiedenen Temperaturen. Er nimmt zwar zu, bleibt aber innerhalb der Spezifikationsgrenzen, selbst nach 3 Jahren Lagerung bei +72 °C.

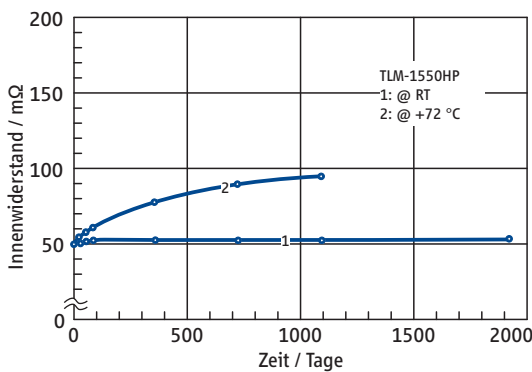


Abb. 11
Impedanzzunahme beim Lagern

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 wieder aufladbaren Lithiumbatterien eingesetzt wird. Der Elektrolyt ist mäßig entflammbar. Die Batterie entwickelt bei Kurz-

schluss 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 12 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.

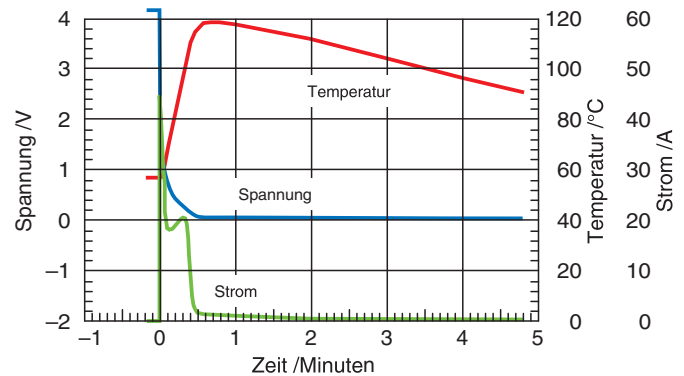


Abb. 12
Kurzschlussstest bei +55 °C

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 13** 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.

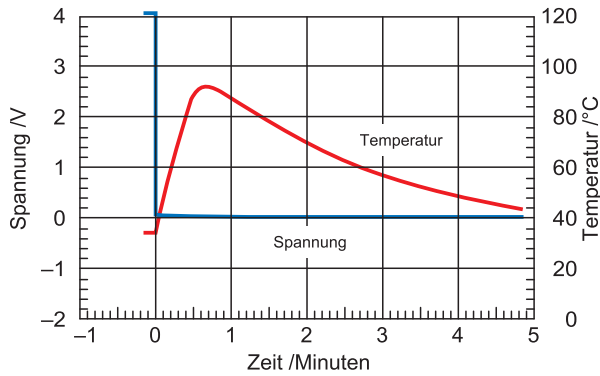


Abb. 13
Aufpralltest

Ein Überentladungstest wird in Abbildung 14 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 14 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. Anschließend stabilisiert sich die Spannung bei -0,2 V. Die Temperatur steigt erst langsam, dann schneller auf 74 °C an und fällt danach kontinuierlich ab. Weitere Ereignisse treten nicht auf.

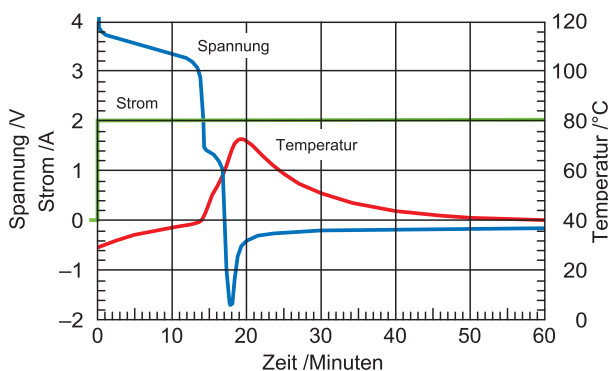


Abb. 14
Überentladungstest

Die Stabilität und Sicherheit der verwendeten Stoffe wird insbesondere auch durch den Hochtemperaturtest belegt, der in Abb. 15 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 Betriebstemperaturbereich hinaus. Dabei wurde keine Wärme abgebende Reaktion und insbesondere kein Elektrolytaustritt, kein Ablassen von Überdruck, kein Feuer und keine Explosion beobachtet.

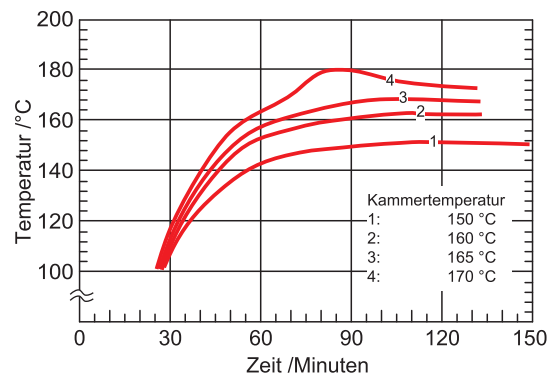


Abb. 15
Hochtemperaturtest

Zusammenfassung: enorm anpassungsfähig

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 eCall, aber auch Verfolgung von gestohlenen Fahrzeugen, medizinische Instrumente und andere anspruchsvolle Anwendungen. Bei ausreichender Dimensionierung kann die nicht wieder aufladbare TLM-Batterie die eCall-Anforderungen bis hinunter zu -40 °C ohne Zusatzheizung erfüllen. Bei Bereitschaftszeiten über 8 bis 10 Jahre hinaus und bei zusätzlichem SVT-Betrieb kann auf die wieder aufladbare TLI-Batterie zurückgegriffen werden. Wird eine Bereitschaftszeit von über 10

Jahren ohne Ladevorrichtung gefordert, so kann die PulsesPlus Technologie von Tadiran eingesetzt werden. Dabei wird eine nicht wieder aufladbare Zelle, entweder des Systems Lithium / Thionylchlorid (3,6 Volt) oder des Systems Lithium / Sulfurychlorid (3,9 Volt) mit einem wieder aufladbaren Element (HLC) kombiniert.

Temperaturen bis hinauf zu +85 °C (oder sogar +90 °C unter der Fahrzeugdecke) stellen für die TLM-Batterie kein Hindernis dar, müssen aber natürlich bei der Planung der Wartungsintervalle berücksichtigt werden. Wie die Sicherheitstests belegen, erfüllt die Batterie alle Anforderungen an die Sicherheit. Der Sicherheitsabstand reicht etwa 80 °C über den spezifizierten Betriebstemperaturbereich hinaus.

Tadiran Batteries GmbH

Tadiran ist ein Weltmarktführer für Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Lithiumbatterien für industrielle Anwendungen.

Tadiran **Lithium-Thionylchlorid-(LTC)-Batterien** (Baureihe SL-) sind geeignet, wo eine 3,6 Volt Batterie mit hohem Energieinhalt benötigt wird, für bis zu 25 Jahre netzunabhängigen Betrieb.

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.

Die **TLM-Batterie-Technologie** (Baureihe TLM-) bietet eine kompakte Stromquelle mit hoher Strombelastbarkeit, ideal geeignet als Notstromeinheit für Anwendungen im Kraftfahrzeug.

Danksagung

Dieser Aufsatz basiert auf Arbeiten von Dr. Herzel Yamin, Dr. Chen Menachem und Frau Aya Daniel, alle Tadiran Batteries Ltd. Ihnen gilt an dieser Stelle der Dank des Autors.

Tadiran Batteries GmbH

Industriestr. 22

63654 Büdingen

Tel.: 06042 / 954 - 0

Fax: 06042 / 954 - 190

e-mail: info@tadiranbatteries.de

Internet: www.tadiranbatteries.de

