

2 Eigenschaften

2.1 Allgemeines

Diese Broschüre behandelt Tadiran Lithium Batterien. Sie gehören zum 3,6 Volt Lithium/Thionylchlorid-System. Es werden vier Baureihen in Serie gefertigt, die sich durch Details im Fertigungsablauf unterscheiden und für den jeweiligen Verwendungszweck ausgelegt sind. Die Merkmale werden in den folgenden Stichwörtern zusammengefaßt.

Baureihe	Stichwort
SL-300	normaler Einsatz und Pufferbetrieb
SL-500	erweiterter Temperaturbereich
SL-700/2700	iXtra für dauerhaft hohe Leistungsfähigkeit
SL-800/2800	XOL für ausgedehnte Betriebsdauer

Die Baureihen werden im einzelnen am Ende dieses Kapitels und im Tadiran Produktkatalog beschrieben.

Bei den Daten und Eigenschaften, die in dieser Broschüre wiedergegeben sind, handelt es sich um Angaben rein beschreibender Art, die auch von der jeweiligen Anwendung abhängig sind und nicht als Zusicherung von Eigenschaften oder Verlängerung der nach unseren jeweiligen Geschäftsbedingungen gültigen Gewährleistungsfragen zu verstehen sind.

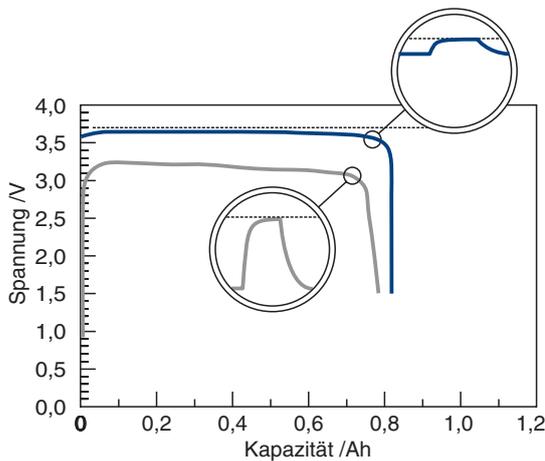


Abbildung 2-1
Entladekurven von Zellen der Größe 1/2AA, Type SL-350, bei +25°C.

Graue Kurve:
180 Ω (30 Stunden)

Blaue Kurve:
180 kΩ (4 Jahre)

Die Kreise deuten die Erholung der Spannung auf 3,67 Volt an (unterbrochene Linie), immer wenn die Entladung unterbrochen wird.

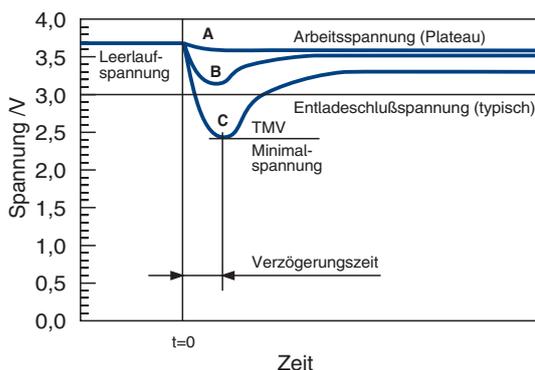


Abbildung 2-2
Spannungsverzögerung

A niedriger Strom:
keine Spannungsverzögerung

B mittlerer Strom:
Spannung bleibt oberhalb der Abschaltspannung

C hoher Strom:
Spannung sinkt kurzzeitig unter die Abschaltspannung

2.2 Spannungslage

Stabile Spannung

Bei Lithium/Thionylchlorid-Batterien bleibt die Spannung im allgemeinen während der Entladung konstant. Die Entladekurve ist typischerweise rechteckig, wie man anhand der **Abbildung 2-1** sehen kann. Ein geringfügiger Abfall der Spannung kann bei Entladung mit mittleren Strömen auftreten. Er ist auf den Anstieg des Innenwiderstandes zurückzuführen. Immer wenn die Entladung unterbrochen wird, geht die Spannung zurück auf den Ursprungswert. Dadurch ist es möglich, praktisch 100% der verfügbaren Kapazität der Batterie auszunutzen, und zwar auf einem Spannungsniveau von deutlich mehr als 3 Volt. Weitere Angaben hierzu folgen in Abschnitt 2.9.

Spannungssack

Wenn eine Batterie zum ersten Mal nach längerer Lagerung belastet wird, fällt die Spannung von der Leerlaufspannung (OCV, open circuit voltage) auf den Wert der Betriebsspannung ab, der vom Entladestrom abhängig ist. Bei kleinen Strömen stabilisiert sich die Spannung sofort, s. Kurve A in **Abbildung 2-2**. Bei relativ hohen Strömen kann jedoch eine Übergangsperiode eintreten, in der die Spannung anfangs unter das Spannungsplateau absinkt, bevor sie sich wieder stabilisiert. Die Kurve B in **Abbildung 2-2** beschreibt den Fall, bei dem die Spannung während der Übergangsperiode über der Abschaltspannung von typischerweise 2,5 bis 3 Volt liegt. Bei noch höheren Strömen kann die Spannung kurzfristig unter die Abschaltspannung sinken (Kurve C). Die Zeit bis zum Erreichen der Abschaltspannung wird in diesem Fall als Verzögerungszeit bezeichnet. Der niedrigste Spannungswert heißt Minimalspannung oder TMV (transient minimum voltage).

Dieser Spannungssack wird durch das Phänomen der Passivierung hervorgerufen. Es steht im Zusammenhang mit dem Schutzfilm, der sich auf der Anodenoberfläche bildet und eingehender in Kapitel 3 beschrieben wird. Wenn eine Batterie erst einmal depassiviert ist, d.h. die Spannung das normale Plateau erreicht hat, passiviert sie erst wieder, wenn der Strom für lange Zeit unterbrochen wird.

Das Ausmaß der Passivierung ist eine Funktion von Lagerdauer, Strom, Temperatur während der Lagerung und mechanischen Aspekten. Beispielsweise nimmt die Passivierung mit der Lagerdauer zu, ebenso mit steigender Temperatur. Depassivierung kann durch Stromfluß erreicht werden, aber auch durch mechanische Schocks, Vibration und Temperaturzyklen. Als Daumenregel verhindert ein Strom von 2 µA/cm² der Anodenfläche die Passivierung und läßt zu, daß die Spannung über der Abschaltspannung typischer Anwendungen bleibt. Dasselbe kann durch tägliche Pulse mit dem entsprechenden Durchschnittsstrom oder etwas darunter erreicht werden.

Baureihe SL-700/2700

Im allgemeinen gilt das für Lithium/Thionylchlorid-Batterien aller vier Baureihen. Die Baureihe SL-700 zeigt jedoch nach Lagerung ein verbessertes Startverhalten, das sich in günstigeren TMV-Werten und einer kürzeren Verzögerungszeit äußert. Das liegt daran, daß der Schutzfilm auf der Lithiumoberfläche dichter und kompakter ist. **Abbildung 2-3** zeigt die Entladekurven von ein Jahr alten Batterien der Typen SL-350 und SL-750 im Vergleich, beide an einer Last von 330 Ω. Während die Spannung bei der SL-350 auf 1,8 Volt abfällt, bleibt die SL-750 gleich von Beginn an über 3 Volt.

Dieser Vorteil der Baureihe SL-700 bleibt nur einige Jahre lang erhalten. Er wird beeinträchtigt durch Lagerung bei höherem Temperaturniveau und durch kontinuierlichen Betrieb mit kleinem Strom. Im Endeffekt wird die Baureihe SL-300 normalerweise bevorzugt, wenn es sich um Langzeitanwendungen mit mehr als 3 Jahren Lagerung und Betrieb handelt.

Abbildung 2-4 zeigt an einem Beispiel die Entwicklung der TMV als Funktion der Lagerdauer. Die Kurven wurden mit ½AA-Zellen der Baureihen SL-300 und SL-700 gemessen.

In Bezug auf den Spannungssack verhält sich die Baureihe SL-500 wie SL-300, während sich die Baureihe SL-800 wie SL-700 verhält.

Batterie-Ausfallanzeige

Bei kontinuierlicher Langzeitentladung steigt der Innenwiderstand der Batterien gegen Ende der Lebensdauer an. Dadurch nimmt die Lastspannung zumal bei Strompulsen allmählich ab. Das kann man für eine Batterie-Ausfallanzeige ausnutzen. Typischerweise beträgt die Vorwarnzeit 3% der Betriebsdauer. Die Spannungsschwelle hängt vom Entladestrom, der Mindestspannung, dem Temperaturbereich und der erforderlichen Vorwarnzeit ab. Die Genauigkeit der Batterie-Ausfallanzeige und die Dauer der Vorwarnzeit können verbessert werden, indem man dafür Strompulse verwendet und die Anzeige auf einen engen Temperaturbereich beschränkt (**Abb. 2-5**). Die Tadiran Batteries GmbH bietet technische Unterstützung für die Auslegung einer wirkungsvollen Batterie-Ausfallanzeige für den jeweiligen Einzelfall an.

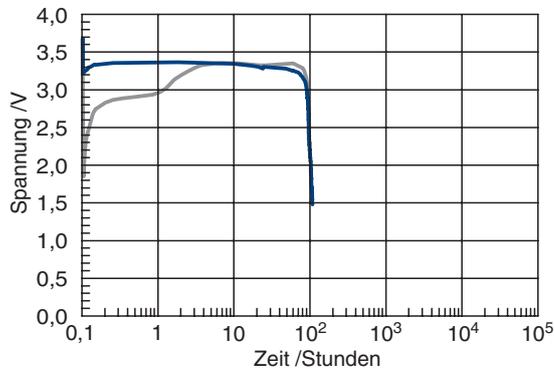


Abbildung 2-3
Entladung von ½AA Zellen an 330 Ω nach einem Jahr Lagerung bei +25 °C.
Blaue Kurve: SL-750
Graue Kurve: SL-350

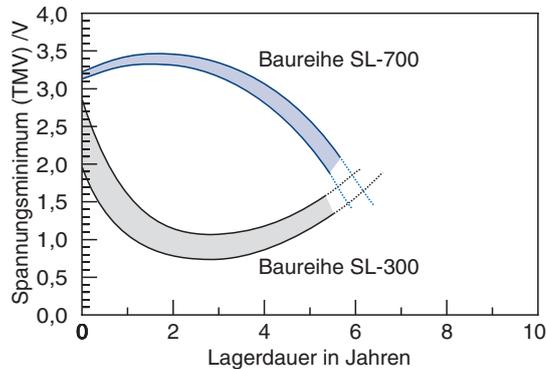


Abbildung 2-4
Typisches Verhalten des Spannungssackes als Funktion der Lagerdauer für zwei Baureihen.
Entladung bei 25 °C mit dem 100-stündigen Strom (2 mA/cm²).
Die Daten wurden mit der ½AA-Größe bei 330 Ω ermittelt.

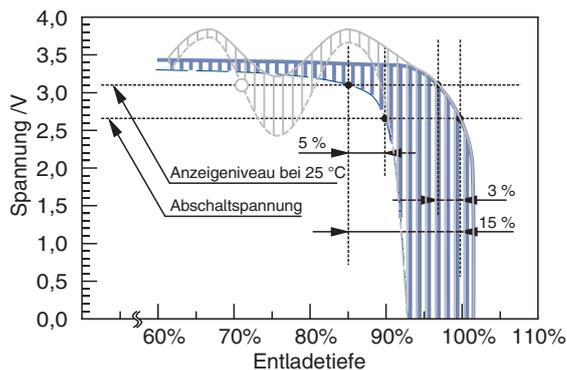


Abbildung 2-5
Prinzip einer Batterie-Ausfall-Erkennung

Durchgezogene blaue Kurve:
Entladung an kontinuierlicher Last bei +25 °C. Die Batterie-Ausfall-Erkennung spricht ca. 3% vor der Abschaltspannung an (bezogen auf die gesamte Betriebsdauer).

Gestrichelte blaue Kurve:
Beim Einsatz von Testpulsen kann die Erkennung auf ca. 15% der gesamten Betriebsdauer erweitert werden, wenn die Abschaltspannung sich nur auf den Dauerstrom bezieht und 5% wenn sie sich auf die Pulse bezieht.

Graue Kurve:
Ein jahreszeitlicher Temperaturzyklus kann die Entladekurve verzerren und zu einem verfrühten Batteriewechsel führen (grauer Kreis). Als Korrekturmaßnahme kann die Batterie-Ausfall-Erkennung bei Temperaturexkursionen vorübergehend ausgesetzt werden. Alternativ können die Grenzwerte oder die Amplitude der Testpulse angepaßt werden.

2.3 Entladestrom und Kapazität

Die verfügbare Kapazität hängt allgemein vom Entladestrom bzw. der Entladedauer ab, wie in **Abbildung 2-6** dargestellt wird. Im Nennbereich des Entladestroms bzw. der Entladedauer erreicht die verfügbare Kapazität ihr Maximum.

Bei kleineren Strömen kommt aufgrund der längeren Entladedauer die Selbstentladung hinzu und die verfügbare Kapazität wird entsprechend geringer.

Bei höheren Entladeströmen wird der Wirkungsgrad der Entladung mehr und mehr durch Effekte vermindert, die durch die Geschwindigkeit des Ionentransports hervorgerufen werden. Der Innenwiderstand nimmt zu und die verfügbare Kapazität nimmt ab. Öffnet man eine Zelle, die mit so einem hohen Strom entladen wurde, so findet man, daß Entladeprodukte, die sich bei kleinem und mittlerem Strom über das gesamte Porenvolumen verteilen würden, jetzt die ersten paar Schichten von Kathodenporen blockieren. Man kann also davon ausgehen, daß die Abnahme des zugänglichen Porenvolumens der Kathode zur Verringerung der Kapazität bei hohen Entladeströmen beiträgt.

In der Literatur wird der Strom, bei dem die Batterie noch 76% ihrer Sättigungskapazität liefert, oft als Standardstrom bezeichnet. Wenn der Strom diesen Wert übersteigt, ist die Batterie überlastet.

2.4 Strompulse

Das Entladediagramm besteht bei der Pulsentladung typischerweise aus einem kleinen, kontinuierlichen Grundstrom mit periodischen oder zufälligen kurzen Pulsen auf höherem Stromniveau. Im allgemeinen reicht das Tastverhältnis, also das Verhältnis zwischen Ein- und Auszeit von 1 : 10 bis 1 : 10 000 (**Abb. 2-7**). Sein Wert hat auch einen Einfluß auf die Höhe der verfügbaren Kapazität. Ist es groß (1:10), so liegt sie nahe bei der verfügbaren Kapazität, die der Amplitude des Pulsstromes entsprechen würde. Bei kleinen Tastverhältnissen (1:10 000), nimmt die verfügbare Kapazität zu und strebt gegen den Wert, der dem Durchschnittsstrom entspricht. **Abbildung 2-8** zeigt ein Beispiel.

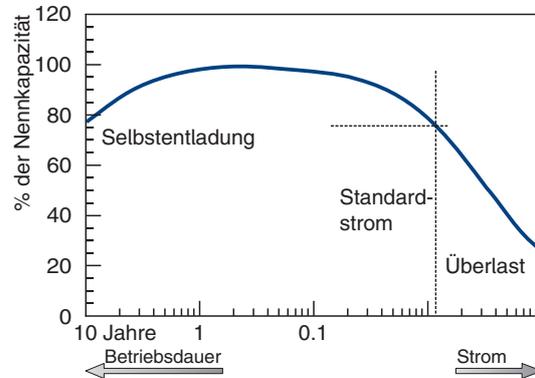


Abbildung 2-6
Stromabhängigkeit der Kapazität.

Der Verlust durch Selbstentladung ist bei längerer Lebenserwartung höher. Übersteigt der Strom den Standardstrom, bei dem 76% der Sättigungskapazität gefunden werden, so ist die Batterie überlastet.

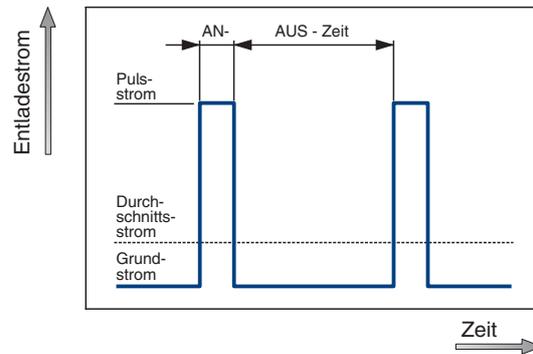


Abbildung 2-7
Schematischer Verlauf einer Pulsentladung.

Das Tastverhältnis ist das Verhältnis zwischen An- und Aus-Zeit.

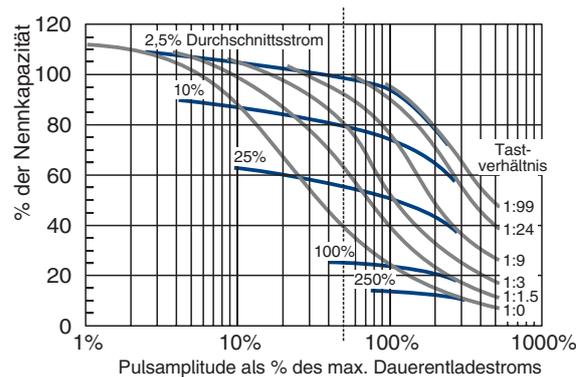


Abbildung 2-8
Einfluß von Pulsen auf die verfügbare Kapazität bis 2 Volt bei 25 °C.

Graue Kurven:
konstantes Tastverhältnis
Blaue Kurven:
konstanter Durchschnittsstrom als Prozent des max. Dauerentladestromes.

Die Daten wurden mit SL-780 Batterien ermittelt.