

Betrachtung und Abschätzung der Lebensdauer von Lithium-Ionen-Akkus

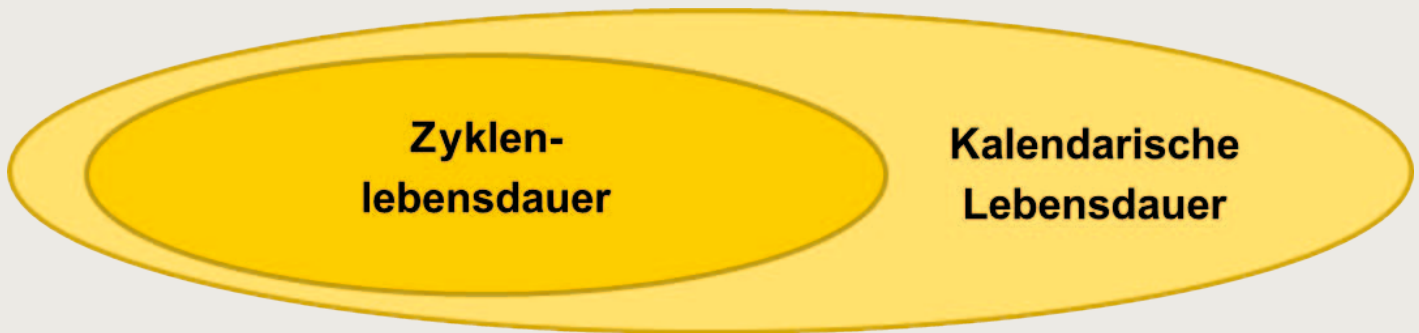


Bild 1: Lebensdauer eines Li-Ionen Akkus

Der Einsatz von Lithium-Ionen-Zellen erfordert für viele Applikationen eine Abschätzung der zu erwartenden Lebensdauer des Akkupacks. Vor allem in der Medizintechnik gibt es eine Vielzahl an Applikationen, welche beispielsweise zur Versorgung eines Patienten zu jeder Zeit einsatzbereit sein müssen und einer entsprechenden Analyse bedürfen. Diese Betrachtungen sind nicht nur für die direkte Anwendung, sondern auch für die Festlegung von Serviceintervallen und nicht zuletzt für die Lagerung ein wichtiger Aspekt.

Die Lebensdauer eines Akkupacks wird im Wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt:

Die Zyklenalterung und die kalendarische Alterung. Der

vorliegende Fachartikel gibt einen Überblick über diese beiden Alterungsprozesse und ihre Bedeutung.

Die Lebensdauerfaktoren von Akkupacks

Die Lebensdauer eines Akkupacks definiert sich durch die Zyklenlebensdauer (Wie oft lässt sich ein Akku auf- und entladen?) und die kalendarische Lebensdauer (Wieviel Kapazität verliert der Akku aufgrund reiner Alterungseffekte?). In der Regel zeichnet bei regelmäßiger Verwendung der Applikation letztlich die Zyklenzahl für das Lebensende des Akkus verantwortlich, da die Lade- und Entladevorgänge den Akku schneller schädigen als die reinen Alterungsprozesse (Bild 1).

Erste wichtige Anhaltspunkte zur Lebensdauerabschätzung eines Akkupacks liefern die Datenblätter der verwendeten Zellen. Hier finden sich Angaben zur Zyklenzahl und zur Lagerung, welche jedoch nur als erste Indikatoren der tatsächlichen Lebensdauer dienen können: Speziell die Angaben zur Zyklenzahl sind in den Datenblättern an verschiedensten Rand- und Nebenbedingungen geknüpft, welche oftmals von den realen Betriebsbedin-

gungen der konkreten Applikation abweichen.

Faktor 1: Die Zyklenalterung

Die Zyklenalterung beschreibt den Anteil der Alterung, welcher sich durch die Nutzung des Akkus (wiederholte Auf- und Entladung) ergibt. Ursachen hierfür finden sich in chemischen und mechanischen Abnutzungseffekten, wozu beispielsweise die thermische Ausdehnung oder das Dendritenwachstum zählen. Ausschlaggebend für die Zyklenalterung ist vor allem die Entladetiefe („Depth of Discharge“). Eine tiefe Entladung stellt eine intensivere chemische und mechanische Beanspruchung des Materials dar, wodurch die Zahl der möglichen Zyklen sinkt. Dieser Zusammenhang ist allerdings nicht linear, sodass eine Halbierung der Entladungstiefe die Zahl der möglichen Zyklen mehr als verdoppeln kann. Bei einer Entladungstiefe zwischen 90 % und 100 % ist die Zyklenalterung besonders hoch, weshalb dieser Bereich nur in Ausnahmen in Anspruch genommen wird. In der Regel arbeiten Anwendungen bei Entladungstiefen von ≤ 90 %.

Neben der Begrenzung der Entladetiefe lässt sich die Zahl

Kurz gefasst:

Die Abschätzung der Lebensdauer eines Akkupacks kann beispielsweise in der Medizintechnik von großer Bedeutung sein. Der Artikel gibt einen Überblick über die Alterungsprozesse, ihre Bedeutung und wie sie beeinflusst werden können.

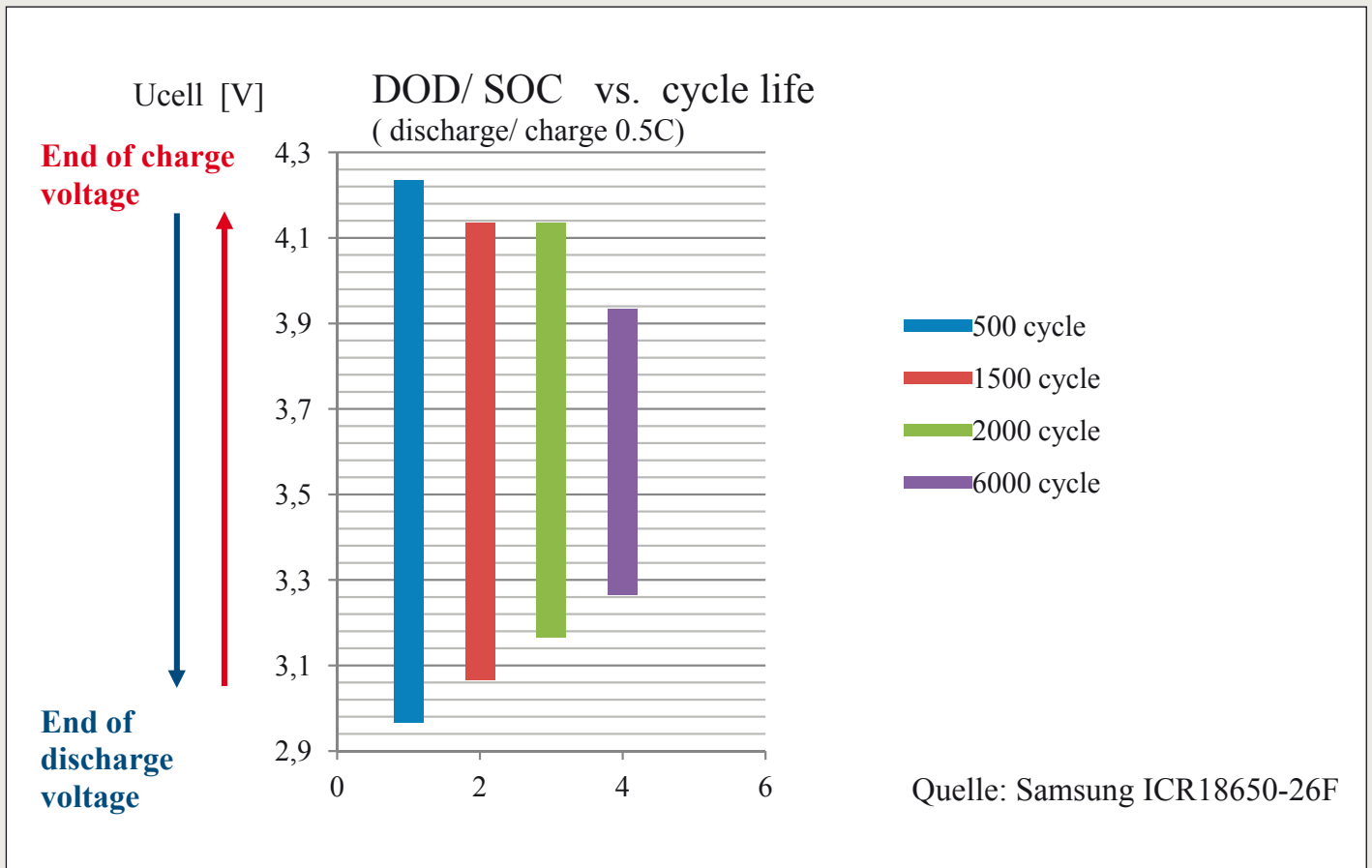


Bild 2: Abhängigkeit der Zyklenlebensdauer vom Level der Ladung und Entladung einer Li-Ion-Zelle

möglicher Zyklen auch über die Regulierung der Ladeschlussspannung beeinflussen. So kann eine Beschränkung der Ladespannung auf einen Wert unterhalb der nominalen Ladeschlussspannung die Zyklenzahl verdoppeln (Bild 2).

Auch die Höhe der Ladeströme ist ein wichtiger Aspekt zur Bestimmung und Beeinflussung der Lebensdauer. Aufgrund der Zeitersparnis wird in der Praxis gerne auf ein Schnellladeverfahren zurückgegriffen. Dabei ist der Ladestrom oft ein Vielfaches des im Datenblatt angegebenen Standardladestromes, was bei einer konsequenten Nutzung des Schnellladeverfahrens aufgrund der höheren thermischen und mechanischen Beanspruchung der Zellen zu einer drastischen Reduktion der Zyklenzahl führt. Interne Messungen von FRIWO zeigen, dass die Ladung mit 1 C statt 0,5 C die

zyklische Lebensdauer annähernd halbiert.

Die Zyklenalterung hängt also in starkem Maß von der Anwendung und dem Gebrauch des Akkus ab. Je genauer sich die Lastbedingungen der Anwendung modellieren lassen, desto genauer lässt sich auch die Zyklenalterung mittels Langzeitmessung exemplarisch untersuchen und abschätzen.

Faktor 2: Die kalendarische Alterung

Mit zunehmendem Alter einer Zelle setzen chemische Zerfallsprozesse ein, welche das Elektrolyt sowie Anoden- und Kathodenmaterialien angreifen können. Der damit einhergehende Verlust an Kapazität wird durch den zweiten Alterungsmechanismus beschrieben: Die sogenannte kalendarische Alterung.

Ausschlaggebende Faktoren für diesen Zerfallsprozess sind der

Ladezustand der Zellen und die Umgebungstemperatur. Gemäß der „RGT-Regel“ (Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel, auch van-'t-Hoff'sche Regel) halbiert sich die kalendarische Lebensdauer bei einem Temperaturanstieg von 10 K.

Beispiel

Das nachfolgende Rechenbeispiel soll eine mögliche Abschätzung der kalendarischen Alterung exemplarisch darstellen. In erster Näherung kann bei dieser Rechnung ein linearer Ansatz gewählt werden.

Ein Zellhersteller gibt für seine Zelle 90 % Recovery nach 1,5 Jahren im Temperaturbereich -30...25 °C an. Das formale Lebensdauerende liegt laut Hersteller bei 60 %. Daraus lässt sich eine theoretische Lebensdauer nach rein kalendarischer Alterung abschätzen, wenn die Zelle entsprechend den Vorga-

ben gelagert wird: Bei 10 % Kapazitätsverlust pro 1,5 Jahre vergehen insgesamt sechs Jahre, bis der Endwert von 60 % erreicht ist. Diese theoretische Lebensdauer wird sich in der Realität allerdings aufgrund der Zyklenalterung entsprechend des Gebrauchs verringern und damit letztlich unter sechs Jahren liegen.

Die spezifische Zyklenalterung eines Akkus kann im Hause FRIWO auf Kundenwunsch anhand von Lastprofilen exemplarisch untersucht und abgeschätzt werden. Unter Berücksichtigung der kalendarischen Alterung wird damit eine realistische Lebensdauerabschätzung des Akkupacks möglich.

Autor: Andreas Handro,
Research & Development,
FRIWO Gerätebau GmbH
www.friwo.de