



SPORT KLEMM

Am Gumpertzhof 5, 40670 Meerbusch, Tel 02159-4907, Fax 02159-528391

Internet: www.sport-klemm.de

E-Mail: info@sport-klemm.de

Hinweis nach Batteriegesetz

Im Zusammenhang mit dem Vertrieb von Batterien und Akkus sind wir als Händler gemäß Batteriegesetz verpflichtet, unsere Kunden auf Folgendes hinzuweisen:

Sie sind gesetzlich verpflichtet, alte Batterien und Akkus nach Gebrauch zurückzugeben. Als Endverbraucher können Sie Altbatterien und Akkus aus unserem Sortiment auch in unserem Versandlager unentgeltlich zurückgeben oder an uns zurückschicken. Sie können die alten Akkus und Batterien auch in einer kommunalen Sammelstelle oder im Handel vor Ort zurückgeben. Bitte beachten Sie, dass Sie Batterien und Akkus nicht im Hausmüll entsorgen dürfen. Darauf weist Sie die Grafik einer durchgekreuzten Mülltonne auf den Batterien und Akkus hin.

Denn: Die unsachgemäße Entsorgung von Batterien und Akkus kann wegen der in den Batterien enthaltenen Stoffe schädliche Auswirkungen auf die Umwelt und auf die menschliche Gesundheit haben. Aus diesem Grunde ist die getrennte Sammlung Verwertung von Altbatterien für Umwelt und Gesundheit von besonderer Bedeutung.

Batterien und Akkus sind außerdem mit dem chemischen Symbol des jeweiligen Schadstoffes, den sie enthalten, gekennzeichnet. Dabei sind Batterien, die mehr als 0,0005 Masseprozent Quecksilber, mehr als 0,002 Masseprozent Cadmium oder mehr als 0,004 Masseprozent Blei enthalten, mit den chemischen Zeichen der Metalle (z.B. "Cd" für Cadmium, "Pb" für Blei, "Hg" für Quecksilber) gekennzeichnet.

1 Alterung

Ein Lithium-Polymer-Akku ist leistungsfähiger, je höher seine Zellenspannung und Temperatur ist. Leider gehen damit auch parasitäre unumkehrbare chemische Reaktionen einher, die einen LiPo Akku vorzeitig altern lassen. Daher sollten Akkus erst kurz vor dem Gebrauch vollgeladen werden.

Auch wenn die falsche Benutzung (Überlast/ Tiefentladung) den Akkus deutlich mehr zusetzt sorgt das Lagern bei korrekter Spannung dafür, dass der Akku möglichst wenig altert. LiPo Akkus sollten nicht vollgeladen, dabei kühl und trocken gelagert werden. Auch nicht, wenn es nur über eine Nacht ist. Die Nächte summieren sich gerne und führen in der Summe zu einer Schädigung des Akkus.

1.1 Zellenspannung bei Lagerung

Will man einen Akku spontan einsatzbereit haben kann der Akku auf 4,1V Zellenspannung geladen werden. Das geht einfach mit dem **Lilo** Programm eines Ladegeräts. Dann werden kurz vor dem Einsatz im **LiPo** Programm des Laders die restlichen 5% bis 8% der Nutzkapazität dazu laden.

Bei längerer Lagerung (ab zwei Tagen), ist eine Zellenspannung von 3,65V bis 4,0V aus Sicht der Akku-Chemie völlig in Ordnung. Allgemein gilt aber, je weniger Energie im Akku ist, umso weniger muss im Schadensfall (z.B. Kurzschluss) abgebaut werden. Daher hat sich für Langzeitlagerungen eine Zellenspannung von 3,70V - 3,75V als ideal erwiesen. Dabei ist der Energiegehalt nur noch ca. 10-20% und im Falle eines Fehlers stellt das keine größere Gefahr da. Dabei sollte ein derart gelagerter Akku monatlich auf seine Zellenspannung kontrolliert und sofern unter 3,65V ggf. nachgeladen werden.

Achtung: die übliche Lagerspannung von LiPo-Ladegeräte von 3,8-3,9V Zellenspannung bedeutet schon 40-50% Energiegehalt. Also, hier hilft die LiPo Akkus im Lilo Programm (3,75V) auf Erhaltungsladung zu bringen. Wichtig; es kommt schon auf 0,5V an, also ggf. mit einem (guten) Digitalmultimeter nachmessen.

1.2 Temperatur zur Lagerung:

Die Akkus können durchaus bei Kälte gelagert werden, auch bei Minus Graden. Grundsätzlich gilt bei der Lagertemperatur je tiefer desto besser, da die Zersetzungsprozesse welche die Alterung ausmachen dann umso langsamer ablaufen. Es sollte aber vermieden werden das die Temperatur tiefer als die Gefriertemperatur des Elektrolyten sinkt, das ist je nach Mischverhältnis der Lösungsmittel im Gel zwischen -25 und -20 Grad. Wenn sie tiefer sinkt so besteht die Gefahr das der gefrorene Elektrolyt die Separatorfolie beschädigt. Bei ca. +85°C fängt das Elektrolyt an zu sieden und zersetzt sich sehr schnell. Also sollte das die max. Temperatur sein. Also nicht im Backofen oder prallen Sonne lagern.

Weiterhin folgt jeder Temperaturänderung eine chemische Reaktion die die Zellen auch altern lassen. Daher sollte die Temperatur zum Lagern halbwegs konstant sein. Dies ist bei einem Kellerraum eher gegeben als in einer Garage oder im Freien wo doch schon größere Temperaturschwankungen entstehen. Aber, je tiefer die Lagertemperatur war, um so langsamer sollten die Akkus wieder vor dem Laden erwärmt werden. Wichtig, da es sonst zu Kondensationseffekten im Akku kommt - was gar nicht gut ist. Die ideale Lagertemperatur wird mit 15-20°C angegeben.

1.3 Überlast

Oft hört man, dass der Akku bei den ersten Entladungen geschont werden sollte. Deutlich wichtiger ist es aber den Akku grundsätzlich nicht zu überlasten - egal ob in den ersten Zyklen oder später!

Generell kann festgestellt werden, dass ein Akku überlastet ist wenn die Spannung unter Last auf unter 3,3V/Zelle einbricht. Bei guten Zellen bricht die Spannung bei halber Last (C/2) nur max. um 0,25V/Zelle ein, beispielsweise bei einem vollgeladenen 4s/ 4000mAh/ 40C Akku um ca. 1V.

Unter Last darf die Spannung schon mal etwas tiefer als die Nennspannung (3,7V) absinken, jedoch muss die Zellspannung nach einer Erholungszeit von 3 Minuten ohne Last, wieder die 3.7 Volt erreichen können. Sobald eine Zelle unter 3,65 V gesunken ist sollte sie umgehend geladen werden. Dabei soll der Ladestrom auf 1/10 C begrenzt werden bis die Zelle die 3,7V überschritten hat. Erst dann mit der spezifischen Laderate des Akkus fertigladen.

Tiefentladungen führen meist zu irreversiblen Schädigungen und Kapazitätsverlust des Akkus. Sollte eine Zelle auf 1,5V entladen sein, bilden sich im Polymer Brücken die zu einem Kurzschluss führen können. Es besteht Brandgefahr. Solche instabilen Zellen sind nicht mehr zu benutzen.

Wird der Akku durch zu starke Stromentnahme überbeansprucht, setzt durch die Erwärmung eine spontane Ausgasung des Elektrolyten ein. Dieses Gas dehnt sich aus und die Folie, die den LiPo luftdicht abschließen soll, kann sich blähen. Bläht sie sich so stark, dass sie reißt, dann dringt Sauerstoff ein, der wiederum mit dem Lithium eine spontane und sehr heftige Reaktion eingehen kann.

1.4 Ladezyklen.

Der Nutzen eines LiPo ist optimal, wenn er möglichst oft verwendet wird (Zyklen). Dabei gilt: Nicht an den Ladezyklen sparen denn das mehrmalige Schnellladen des LiPos ist erheblich effizienter, als diese Zyklen auf viele Packs zu verteilen. Der LiPo wirkt deutlich frischer über die gesamte Zyklendauer von (normal) 150 bis max. 200Zyklen! Alter schädigt mehr als ständiger Nutzen. Vorausgesetzt man bewegt sich innerhalb der Spezifikationen des Akkus.

1.5 Betriebs Temperatur

Grundsätzlich geht die Leistungsfähigkeit eines Akku mit fallender Temperatur kontinuierlich zurückgeht (Akku wird hochohmiger) und die Entladerate muss dem Rechnung tragen. Wer das übersieht befindet sich sehr schnell in der Überlastung (zu tiefe Spannungseinbrüche) des Akkus und schadet damit der Lebenserwartung. Hat ein Akku unter 18°C, fällt die empfohlene Entladerate deutlich auf die sonst mögliche C-Rate ab. Nähern wir uns den 10°C, dann sind es schon unter 50% der sonst möglichen C-Rate! Zusätzlich muss damit gerechnet werden, dass die volle Kapazität nicht mehr zur Verfügung steht und die Flugzeit sich merklich reduziert. Somit ist der Gebrauch oberhalb 10°C empfohlen.

Beim Fliegen im Winter heißt es zusätzlich aufgepasst, da die äußeren Zellen sehr schnell abkühlen und damit „träger“ werden. In diesem Falle müssen die inneren wärmeren Zellen die großen Ströme liefern und können somit eine Tiefentladung erfahren.

Geht die Akku Temperatur gegen die 50°C bringt er hohe Leistungen, altert jedoch schneller. Bei höheren Temperaturen als 50°C stimmt etwas in der Dimensionierung des Akkus und der benötigten Leistung nicht, man fliegt auf Verschleiß und ruiniert das Akku Pack, oder der Akku hat bald ausgedient und ist bereits altersschwach da der Innenwiderstand hoch ist.

Soll mit Hochstrombelastungen (größer 5C) gearbeitet werden, ist ein Vorwärmen der Akkus unerlässlich. Dazu gibt es verschiedene Lösungen. Die am meisten verbreitete Methode ist die

Vorwärmung in einem LiPo-Heizkoffer. Als ideale Vorwärmtemperatur haben sich gut handwarm, also ca. 35°C bis 40°C herausgestellt. Die Vorwärmzeit sollte mindestens 90 Minuten betragen damit auch im Inneren des Packs die Wärme gleichmäßig verbreitet ist.

1.6 Lade Temperatur

Natürlich kann der Akku auch bei gut handwarmen (max. 40°C) oder kalten Temperaturen (minimal 10°C) schnell geladen werden- Dabei sollte der höchste Ladestrom aber in keinem Fall auf die maximal mögliche C-Rate eingestellt werden. Wenn der Akku z.B. mit einer maximalen Laderate von 4C freigegeben ist, dann sollte in diesem Fall max. 2-3C gewählt werden. Ist der Akku so richtig heiß (deutlich über 40°C), ist es sinnvoll ihn erst etwas abkühlen zu. Sollte der Akku unter 10°C kalt sein, wären Laderaten von unter 1C (typisch: 0,2C bis 0,5C) ratsam. Bei fallender Temperatur ist zu beachten, dass der Übergang von 4C auf unter 1C nicht plötzlich, sondern ebenso fließend ist. Daher wird empfohlen bei kalten Temperaturen schon ab 15°C den Ladestrom deutlich zu reduzieren.

1.7 Innenwiderstand

Man sollte den Innenwiderstand eine LiPo im Auge behalten. Je niedriger er ist umso mehr Spannung liefert der Akku unter Last. Verdoppelt sich der Innenwiderstand des Akkus dann verdoppelt sich auch der Spannungsabfall unter Last.

Da der Innenwiderstand eines LiPo stark von der Bauart, den verwendeten Materialien und damit der Kapazität abhängig ist, lassen sich Werte für Innenwiderstände nicht einfach absolut vergleichen. Ein Innenwiderstand von 10 mΩ, für einen 2000mAh Akku mit 10C Belastbarkeit ist durchaus akzeptabel. Wogegen ein 5000 mAh Akku mit 40C einen deutlich geringeren Innenwiderstand haben sollte.

Alle Zellen eines LiPo sollten den gleichen Innenwiderstand besitzen, denn ein unterschiedlicher Wert führt zu unterschiedlicher Entladung der Zellen, und somit bei tiefer Entladung des Akkus zur potentiellen Tiefentladung einer Zelle. Die resultierten Differenzen zwischen den Zellenspannungen sollten nicht größer 50mV sein.

Ein Beispiel aus der Praxis:

Ein Akku hatte neuwertig ca. 3 mΩ Innenwiderstand. Betreibt man den Akku mit 30A wird die Spannung um ca. 2% einbrechen. Verdoppelt sich der Innenwiderstand (6 mΩ) sind es schon ca. -4%. Beim vierfachen (12 mΩ) des originalen Innenwiderstands sind es schon -9%.

Verdoppelt man nun den Strom (60A) ist der Abfall beim selben Akku zunächst 4%, bei doppeltem Innenwiderstand schon 9% und bei vierfachen erhöhten Innenwiderstand satte 17%.

Wird er Strom weiter auf 90A verdreifacht dann hat man beim einfachen Innenwiderstand (3 mΩ) schon den dreifachen Spannungsabfall (~ -6%) zu verzeichnen. Verschlechtert sich jetzt der Innenwiderstand um das Vierfache auf 12 mΩ, geht auch die Spannung um merkliche 26% zurück. Der Akku verbraucht dabei fast 100W um sich selber aufzuheizen.

Fazit:

Bei einem neuen Akku sollte man den Innenwiderstand messen und gelegentlich auf Veränderungen überprüfen. Verschlechtert sich der Innenwiderstand merklich sollte man diesen Akku nicht mehr für Hochstrom-Anwendungen verwenden. Zum gemütlichen Taxi-Fliegen reicht es aber allemal.

2 Brandbekämpfung

Sollte es zu einem Brand der Lipo Akkus kommen, auf keinen Fall mit Wasser löschen. Dabei können große Mengen HF-Gas (Fluorwasserstoff) freigesetzt werden. Dies liegt daran, dass meist LiPF₆ (Lithiumhexafluorophosphat) verwendet wird, welches als Salz fürs Polymer/Elektrolyt dient. Dieses Salz zersetzt sich mit Wasser zu HF. Es kann aber auch schon beim Verbrennen entstehen, wenn Luftfeuchtigkeit vorhanden ist. Es gibt auch andere Salze, die dieses Gefahrenpotential nicht haben, jedoch steht meist auf den Zellen nicht, welches Salz verwendet wird

Daneben ist Wasser ein guter Sauerstoffträger und würde zusätzlichen Sauerstoff an das Lithium bringen was zu einer explosionsartigen Verpuffung führt. Wenn man eine Kapazität von 1000mAh haben möchte, so braucht man 0,26g Li. In den Zellen sind tatsächlich noch ein paar zentel Gramm mehr drin.

Einen Brand am besten mit CO₂ Feuerlöscher oder Sand löschen. Schaumlöscher sind aufgrund der Feuchtigkeit ungeeignet.

3 Übersicht

LiFe	Lilo	Lipo		Parameter
		4,3		HV LiPo max. Ladespannung
3,6	4,1	4,2		max. Ladespannung
		4,15	>	"Voll"
		4,1	92...95%	Kurzzeitlagerung (2Tage)
		4	>	balancieren
3,3	3,75	3,85		Erhaltungsspannung
		3,80...3,85	40...50%	Langzeitlagerung
		3,70...3,75	10...20%	Langzeitlagerung
3,2-3,3	3,6	3,7		Nennspannung
		3,6	<	"Leer"
2,5	2,5	3,6		min. Leerlaufzellenspannung
		3,4		Telemetrie Warnschwelle bei Unterschreiten
		3,3		min. Spannung unter Last
2,1	2,5	3,0		Entladeschlussspannung