

Lipo Akkus

haben eine maximale Energiedichte bei kleinstem Gewicht. Die Energieausbeute ist mehr als 3x so hoch wie bei herkömmlichen Akkus. Sie haben praktisch keine Selbstentladung (ca. 5%/ Jahr) und keinen Memory Effekt. Sie unterscheiden sich von anderen Akkus wesentlich durch den verwendeten Elektrolyten. Herkömmliche Akkus haben zwischen den + und - Polen einen porösen Separator welcher mit Elektrolyt durchtränkt ist. LiPo Zellen haben einen Polymer Elektrolyt, welcher aus einem plastikartigem Film mit einer Dicke von 1/10'000 mm besteht, der elektrisch isoliert, jedoch für Ionen durchlässig ist. Der positive Anschluss ist eine Aluminium-, der Minuspol eine Nickellasche. Die Aussenhülle besteht aus einer Aluminium Plastikfolie und ist verletzlich. Einzelne LiPo Zellen haben einen deutlich höheren Innenwiderstand als NiCd oder NiMh Zellen und können im Grössenvergleich keine so hohen Ströme liefern. Werden Zellpakete mit mehr als 2 Zellen in Serie konfektioniert, können sogenannte LiPo Balancer, oder Zugriffe auf die einzelnen Zellpakete eingebaut werden. Bei Zellpaketen mit drei und mehr Zellen in Serie werden die mittleren Zellen faul, da sie durch eine grössere Wärmeentwicklung eine grössere Entladung haben. Nach einigen Zyklen beträgt der Unterschied vielleicht erst 0,02 Volt, nach mehreren Zyklen kann man je nach Entlade tiefe bereits Unterschiede von 0,2 Volt beobachten. Beim Laden verteilt sich nun die Spannung ungleichmässig. Bei einem Akku mit 3 in Serie geschalteten Zellen wird die Zellgruppe 1 und 3 nun mit 4,3 Volt, die Zellgruppe 2 lediglich mit 4,1 Volt geladen. Die Alterung der Zellgruppen 1 und 3 schreitet nun schneller voran. Bei der nächsten Entladung kann die mittlere Zellgruppe bereits eine Tiefentladung von unter 3,4 Volt erfahren. Sie bläht sich auf und taugt dann lediglich noch als schlechtes Beispiel. In unserem Falle bringt das Nachladen mit dem LiPo Programm und das nachladen mit einem Balancer das Paket wieder in die Balance. LiPo Zellen dürfen im Gegensatz zu NiCd Zellen nie eine Entladung bis zum letzten Rest erfahren. Man sollte sie auch nicht unnötig entladen. Zudem bringt im Betrieb eine Entladung der Zelle unter Last bis 3,4 Volt lediglich ein Mehr von ein paar Sekunden Flugzeit. Das Risiko die schwächste, oder wärmste Zelle zu ruinieren ist dabei sehr hoch. Natürlich ist es sinnvoller die maximale Flugzeit nicht auszureizen, zumal die LiPo's keinen Memory-Effekt kennen und somit auch aus Teilladungen problemlos schnell voll aufgeladen werden können.

Bemerkung:

In allen folgenden Beispielen wird ein Akkupack 3S gleichbedeutend mit 11.1 Volt und einer Kapazität von 2200mA, sowie einer C Rate von 25C/50C (siehe C-Rate) angenommen.

- **Behandlung:**

LiPo Akkus sind empfindlich auf mechanische Beschädigungen und die Hülle darf nie Beschädigungen aufweisen. Aufgeblähte Akkus können platzen und fangen dabei meist Feuer welches 1700° Celsius heiss wird was auch gleich zum Verlust des Modells führen dürfte. Kurzschlüsse sind absolut zu vermeiden was ebenso zu einem Brand führen kann.

- **Laden:**

Immer auf einer feuerfesten Unterlage laden, z.B. ein Untersetzer für Blumenkistchen aus Eternit oder Terrakotta. Nie im Modell laden, es könnte Feuer fangen. Ein Blechschrank z.B. Milchkasten mit einer Kunststoffmatte als Einlage auf welcher der Akku und das Ladegerät untergebracht sind erhöht die Sicherheit. Den Ladevorgang **immer** beaufsichtigen. Darauf achten, dass die Einstellungen am Ladegerät mit dem Akkupack übereinstimmen und bei Ladebeginn solange den Anstieg des Stroms beobachten bis das Ladegerät den maximalen Strom erreicht hat und nicht überfährt.

- Ladestrom:**
 Es muss den Vorschriften des Herstellers entsprechen und darf keinesfalls höher sein (**schädlich**), oder die Zellen können in Brand geraten. Üblicherweise liegt der Ladestrom bei 0,5 C bis 1 C. Dafür ist ein LiPo Ladegerät mit einstellbarer Spannung und einstellbarem Strom notwendig. Laden mit 1C Ladestrom sollte eingehalten werden auch wenn etwas anderes auf dem Akku steht, es ist (**schädlich**) und verkürzt garantiert die Lebensdauer.
- Ladeschlussspannung:**
 Die Ladeschlussspannung der LiPo Zellen beträgt 4.2 Volt und darf 4.235 Volt keinesfalls überschreiten (**schädlich**). Durch Überladung schreitet der Alterungsprozess schnell voran. Die Spannung während dem Ladevorgang wird bis zum Sollwert kontinuierlich ansteigen. Dies ist die konstant Strom Ladephase, dabei bleibt die einzuladende Strommenge gleich. Bei Erreichen der Ladeschlussspannung geht der Strom gegen 0 Ampere zurück, dies ist die konstant Spannung Ladephase. Herkömmliche Mikroprozessor gesteuerte Ladegeräte arbeiten alle nach diesem Prinzip.
- Tiefentladung (**schädlich**)**
 Eine Akkupack bei welchem eine Zelle unter 3.7 Volt Grenze gesunken ist sollte so bald wie möglich geladen werden und darf lediglich mit $\frac{1}{10}$ des vorgeschriebenen Ladestromes geladen werden bis alle Zellen die 3.7 Volt-Grenze erreicht haben. Erst dann mit 1C, fertigluden. Eine Tiefentladung unter 3 Volt kann die Zelle zerstören. Unter Last darf die Last-Spannung schon mal etwas tiefer als die Nennspannung absinken, jedoch muss die Zellspannung nach einer Erholungszeit von 3 Minuten wieder die 3.7 Volt erreichen können. Jede Entladung unter 3.7 Volt Ruhespannung wird mit einer Kapazitätseinbusse von ca. 2%- bis 3% bestraft. Eine mehrmalige Tiefentladung des Akkus schadet ihm enorm, besser ist es 30 Sekunden weniger lang in der Luft zu bleiben als den Akku zu ruinieren. Die meisten Motorregler regeln zu spät ab, und schützen lediglich vor einem Brand des Akkus. Programmieren sie falls möglich einen Timer auf die Gasfunktion und messen sie die geflogene Zeit und die Akkuspannung um den Timer abzustimmen. Nach 25 Zyklen muss die Flugzeit neu kontrolliert werden, da der Akku etwas altert.
- Balancieren:**
 Da die Einzelzellen in einem Akkupack mechanisch, oder chemisch und unter Last auch thermisch nie ganz genau identisch sind, weichen die Spannungen im Laufe der Zeit ab. Wird ohne Balancer geladen, betrachtet das Ladegerät nur die Gesamtspannung des Akkupacks und ladet den 3S Akkupack bis zur Ladeschlussspannung von 12.6 Volt. Dabei kann eine Zelle über 4.235 Volt geladen werden (**schädlich**) und eine andere wird dafür die Schlussladespannung nicht erreichen. Wird das Pack nun entladen, kann die Zellspannung der nicht ganz voll geladenen Zelle zu tief absinken (Tiefentladung einer Zelle) (**schädlich**). Das Akkupack wird doppelt leiden und ist sicherlich bald der Entsorgung zuzuführen.
- Lastspannung:**
 Unter Last sinkt die Zellspannung ab, dies ist normal und ist abhängig von der Qualität der Zelle. Wird die Zelle mit 1/2 Last betrieben, sollte die Spannung nicht mehr als 0.25 Volt pro Zelle absinken. Beispiel: Wird ein 3S/2200mA/25C Akkupack mit 27,5 Ampere belastet, sollte die Gesamtspannung lediglich um maximal 0.8 Volt absinken. Sinkt sie tiefer ist das Akkupack schwach, oder von schlechter Qualität.
 Da die Brushless Motoren abhängig von der Spannung z.B. 700/pro 1 Volt drehen, würde der Motor bei vollem Akku ohne Last ca. 8750 U/min. drehen. Sinkt die Gesamtspannung bei Belastung um 0.8 Volt ab, dreht er lediglich noch mit 8190 U/min. und bei Entladeschluss noch mit 7140 U/min.

- **Spannungsrückgang:**
Abnahme der Zellspannung während des Entlade-Vorganges. Von 4.2 Volt Ladeschlussspannung, auf 3.7 Volt Nennspannung.
- **Ruhespannung**
Die Ruhespannung ist die jeweilige gemessene Spannung ohne Last je nach Ladezustand der Einzelzelle oder des Akkupacks. Verwenden sie dazu einen Akkutester.
- **Dauerstrom:**
Ist der erste auf dem Akkupack angegebene Wert **25C/50C**. Eine Strommessung mit einem Zangenamperemeter gibt Aufschluss falls man mit verschiedenen Propellern Versuche anstellen möchte. Nie ein herkömmliches Amperemeter in den Stromkreis einschlaufen (Shunt) der Regler wird dadurch mit ziemlicher Sicherheit zerstört.
- **Maximaler Laststrom:**
Der zweite auf dem Akkupack angegebene Wert **25C/50C** kurzzeitig maximal zulässiger Spitzenstrom für 5 Sekunden (Burst)
- **C-Rate**
Der Buchstabe C steht für das X-Fache der angegebenen Akkukapazität bezüglich des Entlade-, Lade-Stroms . Hat ein Akkupack eine Kapazität von 2200mA und eine 25C Entlade-Rate darf der maximale Dauerstrom (Continuous) 55 Ampere erreichen (2.2A x 25). Der zweite höhere Wert (Burst) steht für den kurzzeitigen Spitzenstrom 50C während 5 Sekunden (2.2A x 50) d.h. 110 Ampere. (Leider stimmen die Angaben bei vielen Herstellern nicht so ganz.)
- **Entladerate 20C bis 50C Dauerstrom im Vergleich**
Niemand kann zaubern! Hat der Akkupack eine höhere C-Rate werden auch seine Abmessungen und sein Gewicht grösser, hier ein Beispiel:

Turnigy 3S/2200mAh 20C	185gr	103 x 33 x 24mm	44A Dauerstrom
Turnigy 3S/2200mAh 25C	188gr	105 x 33 x 24mm	55A Dauerstrom
Turnigy 3S/2200mAh 30C	197gr	104 x 34 x 24mm	66A Dauerstrom
Turnigy 3S/2200mAh 35C	199gr	113 x 34 x 25mm	77A Dauerstrom
Turnigy 3S/2200mAh 40C	204gr	104 x 37 x 35mm	88A Dauerstrom

Liest man die Bewertungen, stellt man bald einmal fest dass auch da nicht alles Gold ist was glänzt.
- **Innerer Widerstand:**
Der Zellwiderstand wird gemessen in Ohm und ist alterungs- Qualität und Chemie bedingt. Hat die Zelle einen hohen inneren Widerstand wird sie sich auch bei moderater Belastung übermässig erwärmen. Das Akkupack ist von minderer Qualität.
- **S:**
Die Bezeichnung 3S besagt, dass das Akkupack aus 3 in Serie geschalteter Zellen besteht. Es entsteht ein Akkupack mit einer Nennspannung von 11.1 Volt. (3x3.7 Volt)
- **P:**
Die Bezeichnung 2P besagt, dass das 3S/2P Akkupack zusätzlich aus jeweils 2 parallel geschalteter Zellen besteht, insgesamt also 6 Einzelzellen. Die Nennspannung eines solchen Akkupacks liegt wiederum bei 11.1 Volt, die jeweils parallel geschalteten Zellen weisen die doppelte Kapazität der Einzelzellen auf. Wurden 2200mA Zellen konfektioniert, steigt die Kapazität des Akkupacks auf 4400mA.
- **Zyklen:**
Anzahl der Ladungen und Entladungen. Eine hohe Zyklen-Festigkeit sagt etwas über die Qualität der Akkus aus.

- Lagerung/Lagerladung:**
 Die Lagerung über längere Zeit >1 Monat soll zwischen Halb- und Voll bei 50-70% erfolgen. Wird der Akku für längere Zeit nicht verwendet (länger als 6 bis 8 Wochen), denselben auf die Lagerspannung von 3,85 Volt pro Zelle bringen und kühl lagern. Wird er länger mit höheren oder tieferen Spannungen gelagert, altert er in unnötiger Weise (**schädlich**). Feuerfeste Koffer für die Lagerung sind günstig (ca. Sfr 40.-) im Baumarkt zu erstehen und schützen im Brandfall. Das Akkupack kann mit einem entsprechenden Ladegerät auf Lagerladung ent-/ geladen werden.
- Matching:**
 Bei Hochleistungs-Akkus wird ein Matching (Selektion) vorgenommen. Die Einzelzellen werden vor der Konfektionierung ausgemessen und gepaart. Es entstehen Akkupacks die minimste Abweichungen des Zellwiderstandes und der Spannungslage der einzelnen Zellen aufweisen.
- Kalte / warme Betriebstemperaturen:**
 Nie mit kalten Akkus unter 10° Celsius fliegen, mit kalter Chemie kann die Zelle keine hohen Ströme bereitstellen. Beim Fliegen im Winter heisst es aufgepasst, da die äusseren Zellen sehr schnell abkühlen und damit faul werden. In diesem Falle müssen die inneren wärmeren Zellen die grossen Ströme liefern und können somit eine Tiefentladung erfahren (**schädlich**). Die Zellen sollten für den Einsatz durch und durch Raumtemperatur haben. Gel-Wärmekissen wie sie bei Verstauchungen benutzt werden können aufgewärmt in einen gut isolierten Koffer (Brandschutzkoffer) die Akkus warm und auf Betriebstemperatur halten.
 Bei grosser Hitze im Sommer kann das Akkupack ziemlich warm werden. 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 ruinieren das Akkupack, oder der Akku hat bald ausgedient und ist bereits altersschwach da der Innenwiderstand hoch ist.
- Brandbekämpfung / Brandvorsorge:**
 Niemals Wasser verwenden, Wasser ist ein Sauerstoffträger und würde zusätzlichen Sauerstoff an das Feuer bringen was zu einer explosionsartigen Verpuffung führt. Benutzen sie eine Feuerlöschdecke, einen Feuerlöscher, oder trockenen Sand um das Feuer zu ersticken. Ein Sandsäcken aus festem Stoff gefüllt mit einer Plastiktüte in welchem sich 3 cm dick Vogelsand (Quarzsand) befindet kann das Feuer eindämmen, oder ersticken, falls er beim Laden auf dem Akkupack liegt und durchbrennt und somit genau an der Brandstelle den Brand mit Sand abdeckt.
- Entsorgen:**
 Benutzen Sie eine Milchtüte oder PET-Flasche die sie oben öffnen und zur Hälfte mit lauwarmem Wasser füllen. Geben Sie einen guten Esslöffel Salz hinzu, Regeneriersalz für den Geschirrspüler, oder Streusalz sind ebenfalls geeignet. Lösen sie das Salz gänzlich auf. Stellen sie das Behältnis in einer feuerfesten Schüssel ins Freie und tauchen den Akku in die Salzlauge und füllen Wasser nach bis der Akku ganz bedeckt ist. Nun wird der Akku komplett entladen und kann sich später bei der Entsorgung nicht mehr entzünden. Beim Entladevorgang bilden sich Blasen und grauer Schaum der vom Zinn der Lötstellen herrührt. Der Akku bleibt mechanisch aber in Takt und es tritt kein Elektrolyt aus. Nach 24 Stunden leeren sie das Wasser ins WC und entsorgen den Akku in der Sammelstelle.

- **Etikette:**

Kleben sie auf jeden Akku eine Etikette mit dem Kaufdatum und für jeden Zyklus machen sie einen Strich wie beim jassen. Haben sie mehrere Akkus vom gleichen Typ nummerieren sie diese. Ist der Akku auf Lagerladung, befestigen sie zur Information ein kleines selbstverklebendes Klettband als Markierung um ein Anschlusskabel.

Fazit und Tipps:

- Beschaffen sie sich einen LiPo Zellentester ca. Sfr. 30.- um den Ladezustand des Akkupacks, sowie der Einzelzellen zu prüfen.
- Leider werden viele Lipo Akkus zum Verkauf angeboten an denen man nicht sehr lange Freude haben kann. Sie blähen sich trotz einhalten aller Regeln schon nach wenigen Zyklen auf und werden somit brandgefährlich, werden warm bei halber Belastung und die Lastspannung sinkt pro Zelle um mehr als 0.3 Volt ab.
- Es gibt jedoch auf dem Markt auch gute Zellen (Stand 2013) die halten was sie versprechen und empfehlenswert sind.

Hier einige Markenzellen:

Hacker eco 3S/2400/20C	Günstige zyklenfeste Zelle in guter Qualität	Sfr. 23.70
Gens ace 3S/2200/25C	Akkus in sehr guter Qualität	Sfr. 29.-
Kokam 3S/2400/30C	Akkus seit Jahren in guter Qualität (teuer)	Sfr. 57.40
Leomotion 3S/2400mA 35C	Urs Leodolter hat lange Elektroflug-Erfahrung	Sfr. 33.-