

Was sie schon immer über LiPos wissen wollten, und sich nie getraut haben, danach zu Googeln



Über Lithium-Polymer Zellen wird sehr viel berichtet, der aktuelle Preisverfall dieser Technologie macht sie immer zugänglicher für den Privatanwender. Nun gibt es auch hier – wie überall - Mythen und Märchen über den Umgang mit diesen etwas gewöhnungsbedürftigen Energiespeichern.

Wie immer im Leben verliert aber ein Ding umso mehr an Bedrohlichkeit, je mehr man darüber weiß. Und dabei soll diese kurze Abhandlung helfen. Natürlich gibt es über elektrochemische Spannungsquellen noch wesentlich mehr zu wissen. Hier soll aber nur ein erster Einblick gewährt werden, der sich auf die praktische Anwendung mit etwas Hintergrund beschränkt. Dem geneigten Anwender steht natürlich das gesamte Internet für weitere Recherchen offen.

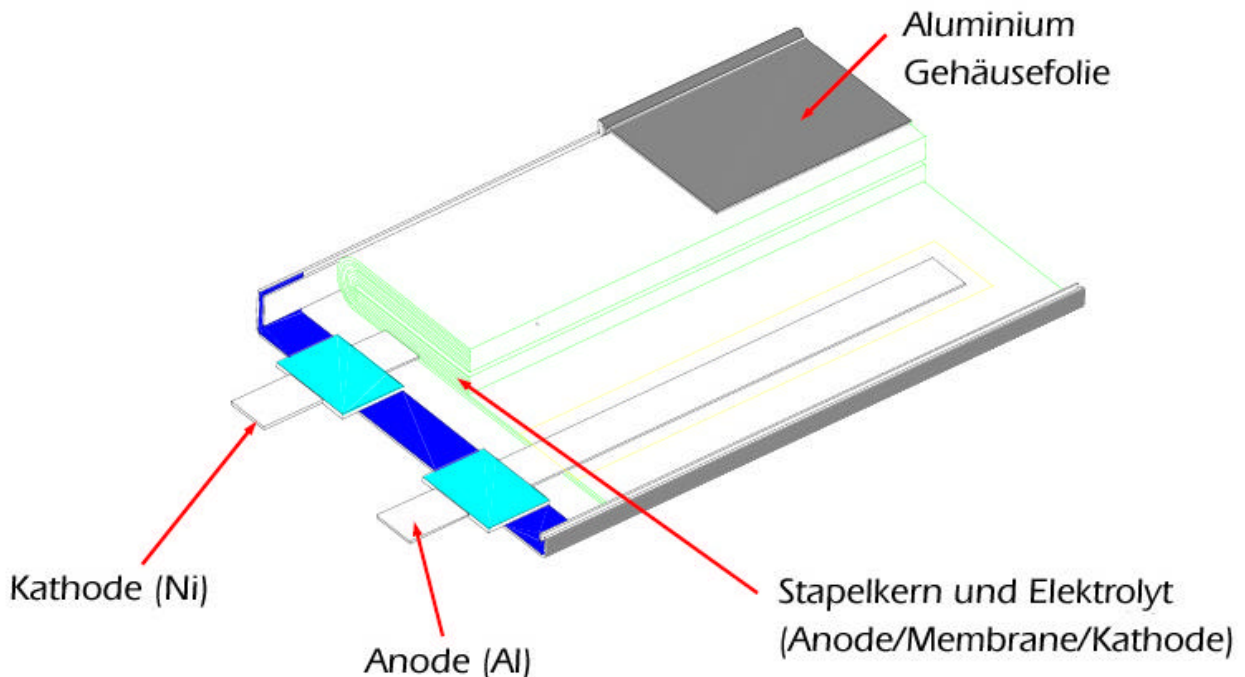
Vorab ein paar Sicherheitshinweise:

- **Ich empfehle NICHT, den Akku mit mehr als 1C zu laden oder mit mehr als 10C zu entladen! Bei 1200mAh-Zellen bedeutet das: Ladestrom max. 1,2A, Entladestrom max. 12A!**
- **Ich empfehle NICHT, die Akkus im Ufo/Modell zu laden, sondern nur auf einer feuerfesten Unterlage, mit ausreichender Wärmeableitung und unter Aufsicht.**
- **Ich empfehle DRINGEND, ein hochwertiges Ladegerät zu verwenden**
- **Ich empfehle DRINGEND, hochwertige Kabel, Stecker usw. zu verwenden, sowohl am Modell wie auch am Ladegerät.**
- **Ich rate DRINGEND davon ab, mechanisch beschädigte Akkus weiter zu verwenden (Dellen, Beulen, Verbiegungen, beschädigte Hülle, Brandstellen, usw.)**

Handhabung

Da LiPos nicht mit einer formstabilen Hülle (Blechmantel o.ä.) umgeben, sondern in eine Aluminium bedampfte Kunststoffolie eingeschweißt sind, sind die Zellen sehr anfällig gegen mechanische Beanspruchung.

Eine Lithium-Polymer Zelle ist etwa so aufgebaut:



Grundsätzlich sind LiPos bei richtiger Behandlung sogar pflegeleichter als Nickel-Zellen. Es gibt keinen **Memoryeffekt** (NiCd) und keine **Akku-Ermüdung** (NiMH). Allerdings gibt es – wie bei jedem Akkumulator, die **Akku-Alterung**. Man muss jedoch nur darauf achten, dass die Akkus nicht **tiefentladen** werden (passiert in Modellen wie dem XUfo normalerweise nicht: Wenn das Modell nicht mehr fliegt, weil der Akku zu schwach ist, haben die Zellen noch genügend Luft bis zur Tiefentladung. Man darf nur ein solches Modell nicht eingeschaltet noch ewig lang rumstehen lassen -> Stromverbrauch durch Empfänger und Kreisel). Die Zellenspannung darf im **Ruhezustand** nicht unter 3,0V sein, bei 3S-Packs also 9V, bei 2S-Packs 6V (z.B. Graupner micro 47G Coax-Heli, ESKY Lama, Blade CX).

Ein weiterer Punkt ist der **Entladestrom** – die LiPos mögen zu hohe Entladeströme gar nicht. Daher ist besonders auf **Kurzschlüsse** zu achten: Auch das kurzzeitige Berühren der beiden Pole („es hat doch nur ganz kurz gefunkt“) kann schon zum frühzeitigen Ableben einer Zelle führen.

Speziell die Selbstlöter sollten hier lieber drei Mal auf Kurzschlussicherheit achten!

LiPos altern, wie jeder andere Akku auch. Dieser Alterungsvorgang – die Elektroden oxydieren – wird durch hohe Temperaturen begünstigt. Dabei ist es egal, woher die Temperatur kommt. Ob der Akku sich beim Entladen im Modell erhitzt, oder ob er alleine, ohne Last, auf der Heizung liegt¹ – der Effekt ist der gleiche.

¹ Daher halten z.B. Notebook-Akkus selten länger als 2 Jahre – sie werden ständig erwärmt.

Bezugsquellen für Akkus

Hier gibt es mindestens 3 Quellen, die in Frage kommen:

- Modellbau-Zellen aus dem Modellbau-Shop. Das sind meistens Kokam oder Tanic Zellen, seltener SLPP oder Husan. Manchmal findet man auch Sony-Zellen. Diese Zellen sind alle von hoher Qualität, aber auch höherem Preis. Es gibt sie einzeln, fertig zu Packs verlötet, mit und ohne Kabel.
- Industriezellen. Diese sind auch von hoher Qualität, häufig nicht so hochstromfähig wie die Modellbauakkus, aber auch deutlich billiger. Da ranzukommen ist oft nicht leicht, da die Importeure keine Kleinmengen verkaufen wollen (zu viel Aufwand). Findet man einen Sammelbesteller und einige Interessierte, lohnt sich der Versuch allemal.
- Recycling Akkus. Ein Kumpel findet in seiner Firma einen Karton mit Lipos, keiner weiß was damit anzufangen, und der Chef sagt „Du bist doch Modellbauer – nimm sie doch mit“ (so geschehen bei einem Arbeitskollegen). Das ist natürlich eine feine Sache, aber wie oft passiert das? Da ist schon eher die Kiste mit den alten Händi- oder Funkgerät-Akkus interessant. Grundsätzlich kann man auch diese Zellen nutzen, wenn sie denn die richtige Größe haben.

Die richtigen Zellen für das Ufo

Beim Ufo zählt Gewicht, Gewicht und noch mal Gewicht. Daher ist alles erlaubt, was am Ende maximal so viel wiegt, wie der Originalakku, also etwa 100g. Das Ufo benötigt aber 12V. Bei Li-Po-Akkus bedeutet das: drei Zellen in Reihe geschaltet. Wer mit dem Originalakku (NiMH, 350mAh) geflogen ist weiß, dass man damit etwa 5min fliegen kann. Ein 350mAh LiPo wiegt aber nur etwa 30g. Damit ist ein sehr spritziger Flug von über 5min zu erreichen. Das Ufo zieht etwa 4-5A – der Akku sollte das schon problemlos mitmachen.

- Wer es gerne schnell und kurz mag, kauft sich einige Akkus von etwa **400mAh**, und lässt nach jeder Akkuladung die Motoren abkühlen. Auf die Belastbarkeit (xC) achten!
- Der Allroundflieger, der nicht unbedingt das Rennen gegen den Shockflyer gewinnen will, und dem 5min Flugzeit pro Akku auch zu wenig sind, sollte einen Akku von ca **500-900mAh** wählen. Hier genügen 10C-Zellen
- Speziell Anfänger, die gerne etwas mehr Zeit zum Üben haben wollen, sollten auf Zellen mit **900-1200mAh** zurückgreifen. Hier sind Flugzeiten von über 15min möglich. Allerdings sollte man den Motoren dann einen Kühlkörper, oder regelmäßige Abkühlphasen gönnen. Sehr beliebt sind die 950mAh-Akkus, da diese noch in den original-Akkukäfig des Ufos passen. Die 1200er Wanma-Zellen sind ebenfalls sehr beliebt, da sie sehr preisgünstig sind.

Hier eine Zusammenstellung einiger Zellen (hier: Wanma):

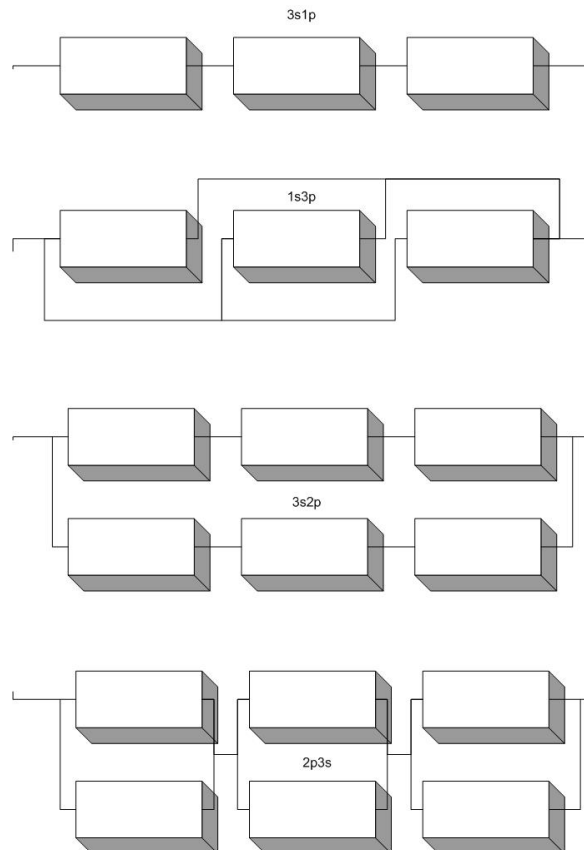
mAh	C	Gewicht/g	L	B	H	VK	Volumen	Dichte	Wh	Wh/€
100	5	3	25	12	5	€6,80	1,50	2,00	0,10	0,01
450	10	10	48	30	3,5	€7,82	5,04	1,98	0,45	0,06
750	10	18	48	30	6	€8,84	8,64	2,08	0,75	0,08
900	10	20	48	30	7	€10,08	10,08	1,98	0,90	0,09
1200	10	27	65	33	6	€10,88	12,87	2,10	1,20	0,11
1500	10	32	63	35	7	€11,10	15,44	2,07	1,50	0,14
1800	10	37	63	35	9	€14,70	19,85	1,86	1,80	0,12
2100	10	47	91	44	6	€14,70	24,02	1,96	2,10	0,14
2300	10	49	73	43	8	€16,65	25,11	1,95	2,30	0,14
3000	10	76	135	45	6	€28,35	36,45	2,09	3,00	0,11
4000	10	84	134	50	6	€32,85	40,20	2,09	4,00	0,12

Akkupacks

Grundsätzlich kann man die Akkuzellen zu beliebigen Akkupacks kombinieren. Grundsätzlich ist das nichts anderes, als bei anderen Akkutypen. Um die parallel- bzw. Serienschaltung anzugeben, benutzt man eine verkürzte Schreibweise:

Anz. der Zellen, primär	Parallel oder Serie, primär	Anz. der Zellen, sekundär	Parallel oder Serie, sekundär
Beispiel: 3	s	2	p

Im Bild:









Belastbarkeit

LiPo-Zellen sind nicht so hoch belastbar wie etwa Nickel- oder Bleiakkus. Die maximale Belastbarkeit in Ampere ist bei jeder Zelle angegeben, und zwar in Vielfachen der Nennkapazität. Ein 1200mAh-LiPo, der mit 10C angegeben ist, liefert also 12A dauerhaft, ohne Schaden zu nehmen. Hierauf muss beim Kauf geachtet werden. Wer also sportlich fliegen will und sich einen 350mAh-Akku kauft, benötigt mindestens einen 15C Akku. $15 \times 0,350A = 5,2A$.

Stecker

Die beim X-Ufo verwendeten **mini-Tamiya-Stecker** sind – gelinde gesagt – Schrott. Der Übergangswiderstand ist hoch, das Gewicht auch, sie verkanten leicht, leiern aus, und schieben sich dann aus dem Gehäuse, was einen sicheren Flugbetrieb unmöglich macht.

Ich empfehle dringend, hier auf eine andere Lösung umzusteigen. Für das Ufo genügen BEC-Stecker gerade noch, 2mm Goldkorbstecker sind besser, aber auch etwas sperriger und schwerer. Generell gelten folgende Anhaltspunkte (in jedem Fall sollten kurze, **hochflexible Silikonkabel** verwendet werden):

System	Bild	Polung am Akku	Max. Ampere	Verwendung
AMP, Kyosho, Tamiya, auch „mini-...“		Buchse, (+) ist markiert	Standard: 10A, Gold: 15A Miniausführungen: 50% davon	Generell alle Modelle, kann ich aber nicht empfehlen
BEC		Buchse, Polung nach vormontierter Farbe (das Foto zeigt den Stecker als Ladekabel, die Buchse gehört an den Akku)	Ca. 5A*	Überall da, wo es auf Platz und Gewicht ankommt, und die Stromstärke noch passt (Ufo, Kleinhubschrauber, usw.)
Goldkorb, 2mm		2x Buchse, Polung über Schrumpfschlauch-Farbe	20A	Alles, was für BEC zu viel Strom zieht. Im Zweifelsfall mal messen, ob das Modell tatsächlich mehr als 20A zieht!
Goldkorb, 3,5mm		2x Buchse, Polung über Schrumpfschlauch-Farbe	40-80A	Alles, was für 2mm-Stecker zu viel Strom zieht. Ausser für High-End Glattbahnautos und große Helis für alles geeignet
Goldkorb, 4mm		2x Buchse, Polung über Schrumpfschlauch-Farbe	60-120A	Alle richtig dicken Stromfresser, Heli über 12Zellen, Autos/Boote mit Speed600 oder dicker, usw.
RG58 Selbstbau aus Mittelleiter-Pin und Buchse		2x Buchse, Polung über Schrumpfschlauch-Farbe	Ca. 10A*	Alternative zu BEC, kostengünstig, kleine Bauform

*)Wird Kabel und/oder Steckersystem im Betrieb merklich warm, ist das Steckersystem bzw. der verwendete Kabelquerschnitt zu klein. In diesem Fall sollte auf eine andere Anschlusstechnik umgestiegen werden

Laden

Die Akkus können mit jedem Ladegerät geladen werden, welches für die entsprechende Anzahl LiPo-Zellen ausgelegt ist. Die Zellen können auch über ein Ladegerät mit **Li-Ion-Programm** geladen werden, allerdings werden sie dann nicht komplett voll, es geht aber deutlich schneller. **Auf keinen Fall Blei- NiCd oder NiMH-Ladegeräte verwenden! Vor der ersten Benutzung unbedingt die Akkus vollladen!** Als **Ladekabel** unbedingt dicke Querschnitte und gute 4mm-Stecker nehmen (Bananen- oder Korbstecker, bitte keine Büschelstecker)!

Manche Ladegeräte laden die Zellen mit einer höheren Spannung, auch gegen Ladeende hin. Das erkennt man daran, dass ein Ladevorgang nach ca. 90min beendet ist. Andere Ladegeräte benötigen 4 und mehr Stunden, da sie die Ladeendspannung (4,2V +/- 0,03 oder 0,05V pro Zelle, je nach Hersteller) nicht überschreiten – gegen Ladeende hin fließen dann nur noch geringe Ströme. Allerdings haben dann auch schwache Zellen Zeit, ihren Ladezustand anzupassen – *ein Balancer ist in diesem Fall nicht erforderlich.*

Balancer

Die „**Schnellladegeräte**“ können eine **Zellendrift**² nicht wirksam verhindern, da die leereren Zellen den niedrigeren Ladezustand nicht aufholen können. Hier kann man einen Balancer einsetzen (aber bitte einen Brauchbaren, siehe [Balancer-Info](#)), oder einfach von Zeit zu Zeit (nach 5-10 Zyklen) mit einem einfachen Multimeter die Spannung der einzelnen Zellen nachmessen und vergleichen. Ist hier ein Unterschied von mehr als 0,05V der Zellen untereinander zu erkennen, sollte man die Zellen einzeln bis zur Voll-Erkennung laden. Damit das schneller geht, kann man das auch mit dem Li-Ion-Programm machen, weil das früher aufhört zu laden – es geht ja hier nicht um „Voll“, sondern um „Gleich“.

Ein Balancer macht so was automatisch. Das setzt aber voraus, dass jede Zelle einzeln abgegriffen wird, über die bekannten **Balancer-Anschlüsse**.

Nun gibt es auch hier vernünftige Produkte, und billig-Schrott.

Die Billigteile leiten den Ladestrom an der vollen Zelle vorbei und „verbraten“ ihn, wandeln ihn also in Wärme um. Sind alle Zellen voll geladen, wird der Ladestrom an allen Zellen vorbeigeladen. Im Zweifelsfall erkennt die Ladeautomatik des Ladegerätes das nicht und länd munter weiter, bis Lader oder Balancer den Geist aufgeben – i.d.R. der Balancer.

Gute Balancer leiten den Ladestrom der vollen Zelle um in eine leere Zelle. Man sollte überlegen, ob man sich einen Billig-Lader und einen Billig-Balancer für zusammen ~€50 kauft, oder ob man nicht direkt ein kombiniertes Gerät anschafft (z.B. Schulze Lipo-Card), für etwa €80.

Es steht also Folgendes zur Entscheidung:

- a) Billiges „LiPo-Schnellladegerät“ ohne Balancer, ab und zu die Zellen nachmessen (nach je 10 Zyklen) und ggf. einzeln laden.

² Zellendrift bedeutet, dass die aktuelle Spannung der Zellen, also der aktuelle Ladezustand nicht mehr gleich ist. Beim Laden ist dann eine Zelle schon voll, während die anderen noch nicht voll sind – beim Entladen umgekehrt: eine Zelle ist schon tiefentladen und damit erledigt, während die anderen Zellen noch genügend Spannung haben. Einzelne Zellen eines Packs haben nie die gleiche Spannung, Von Zellendrift spricht man, wenn der Unterschied zwischen der vollsten Zelle und der Leersten mehr als 0,03V beträgt. Weniger Unterschied ist OK. Auch andere Akkus, wie NiCd oder Blei-Akkus haben dieses Problem. Da hier eine Teilentladung weniger problematisch ist, wird es jedoch nicht so stark thematisiert. Abhilfe ist die gleiche: Ab und an mal einzelladen.

- b) Gutes Ladegerät ohne Balancer, Ladezeiten bis 4h, bzw. umschaltbar auf „Schnelladen“ am Flugtag, Akkus ab und zu mal über Nacht langsam laden bzw. mit Li-Ion-Programm laden.
- c) Ladegerät mit Balancer, Akkus mit passendem Anschluss (hier gibt es keine Norm!) für dieses Ladegerät.

Ich selbst komme mit Variante b) super zurecht.

Ladegeräte

Hier gibt es natürlich riesige Qualitätsunterscheide. Grundsätzlich arbeiten diese Geräte jedoch alle gleich. Beim Ladevorgang fließt ein elektrischer Strom „in den Akku“ und kehrt dort den chemischen Prozess, der bei der Entladung entsteht, wieder um. Der Strom, der vom Ladegerät in den Akku fließt (also der Ladestrom) ist abhängig vom aktuellen Innenwiderstand des Akkus und der Ladespannung, also der Differenz zwischen aktueller Akkuspannung und Ladegerät-Ausgangsspannung.

- Die einfachsten Ladegeräte sind mehr oder weniger gut geregelte Netzteile, die eine Spannung anbieten, und einen gewissen Strom liefern können. Hier muß man schätzen, wann der Akku voll sein könnte.
- Die etwas bessere Variante hat eine Kontroll-LED, die aufleuchtet oder die Farbe ändert, wenn der Akku eine gewisse Spannung erreicht hat.
- Die nächste Qualitätsstufe schaltet den Ladevorgang nach einer fest definierten Zeit ab, unabhängig davon wie voll oder leer der Akku dann ist
- Noch aufwendigere Lader schalten die Ladespannung ab, wenn der Akku als voll erkannt wurde³
- Weitere Qualitätsmerkmale sind dann nur noch die Anzahl der möglichen Zellen, Display, Programmfunktionen und die Anzahl der Kanäle (wieviele Akkupacks gleichzeitig geladen werden können), sowie der maximale Ladestrom.

	Stecker-lader	Lader mit Zeit-abschaltung	Lader mit Voll-Anzeige	Lader mit analoger Voll-Abschaltung	Lader mit Digitaltech-nik
Vollererkennung	-	-	Nur manuell	+	++
Entladen (mit Leer-Erkennung)	-	-	-	-	++
Voll-Abschaltung	-	-	-	+ (meistens sehr ungenau)	++
Lade/Entladezyklen, Programm	-	-	-	selten	+
Auswahl der Zellenzahl	Teilweise	Teilweise	-	+	+
Auswahl des Akku-Typs	-	-	-	+	++
Kapazitätsmessung	-	-	-	(+)	+
Auswahl des Ladestroms	Teilweise	Teilweise	Teilweise	+	++
Auswahl des Entlade-stroms	-	-	-	selten	++

Alle Varianten gibt es sowohl als Tischgeräte mit eingebautem Netzteil für 230V-Betrieb, oder auch mit 12V Eingangsspannung, für den Betrieb an Autobatterien oder separaten Netzteilen. Geräte mit eingebautem Netzteil sind natürlich wieder teurer. Externe Netzteile gibt es speziell für diesen Zweck, oder man nutzt ein Notebook bzw. PC-Netzteil. Beides gibt es im Computerladen oder auch beim Online-Auktionshaus.

Jeder Akkutyp hat seine eigene, durch die Chemie bedingte Ladeendspannung und Leerspannung. Dazu kommt noch die Methode der Voll-Erkennung. Bei Blei- und Lithium-Akkus ist dies einfach

³ wie genau diese Messung ist, hängt von der verwendeten Schaltung ab. Richtig gut geht das nur mit einem recht teuren A/D-Wandler und einem Microprozessor, der diese Werte dann ausliest und schaltet.

die zellentypische Voll-Spannung, bei Nickelzellen nimmt die Akkuspannung nach dem Voll-Status wieder ab – dieses Maximum in der Ladekurve (oder Peak) wird von „Delta-Peak“-Ladern erkannt und die Ladespannung dann abgeschaltet.

	Vollspannung (pro Zelle)	Nennspannung (Pro Zelle)	Leerspannung (pro Zelle)	Ladestrom	Entladestrom (Dauer)	Lagerung	Ladetechnik
Blei (Säure/Gel)	2,3V	2,0V	1,8V	Max. 0,4C	0,2C	Voll	Strombegrenzung und Ladeschlußabschaltung
NiCd	1,44V	1,2V	0,9V	Hrst. Angabe beachten, bei Delta-Peak-Laden nicht unter 2C	Hrst.-angabe, teilw. bis 35C	Leer*	Delta-Peak
NiMH	1,43V	1,2V	1,0V	Hrst. Angabe beachten, bei Delta-Peak-Laden nicht unter 2C	Hrst.-angabe, teilw. bis 20C	Leer*	Delta-Peak
Li-Ion	4,1V	3,6V	3,0V	1C	5-15C, Herstellerangabe	Leer*	Strombegrenzung und Ladeschlußabschaltung
LiPolymer	4,24V	3,7V	3,0V	1C	5-15C, Herstellerangabe	Leer*	Strombegrenzung und Ladeschlußabschaltung

*) bis zur Entladespannung entladen

Billiglader ohne jede Regelung geben auf den Akku einfach eine Spannung, die deutlich über der Ladeschlussspannung des Akkus liegt, es fließt ein hoher Strom, der Akku ist schnell voll. Nimmt man diesen Akku jedoch nicht vom Strom, überläd dieser und wird dadurch beschädigt.

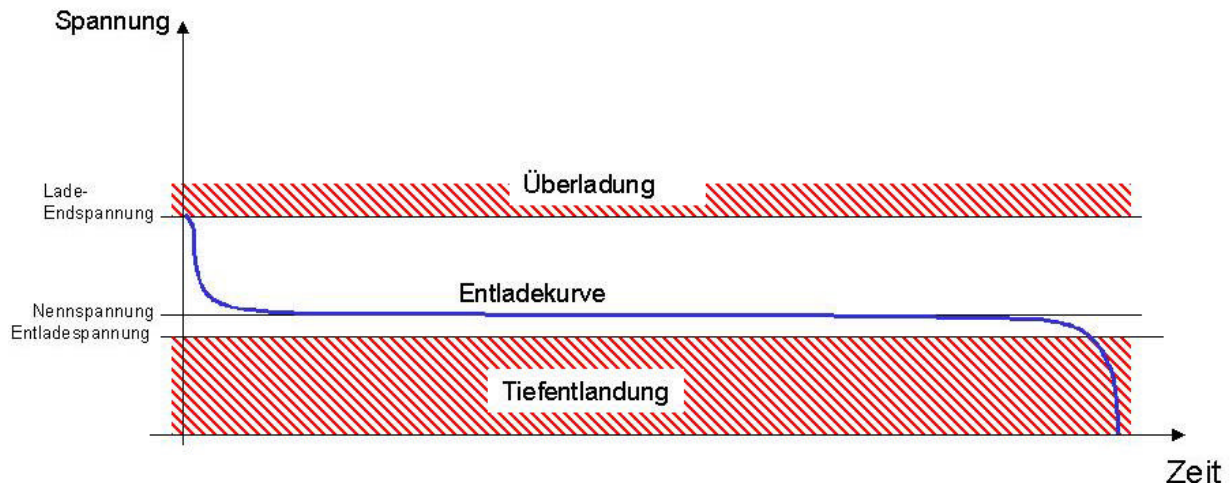
Jeder Zellentyp hat seine eigene, durch die interne Chemie bedingte Voll-Spannung. Diese liegt bei LiPo-Zellen bei 4,2V ($\pm 0,03-0,05V$ Toleranz, je nach Hersteller). Da LiPo-Zellen nicht gut auf Überspannung reagieren, hängt die Qualität eines Ladegerätes stark davon ab, wie genau das Ladegerät diese Spannung zum jeweiligen Ladezeitpunkt erkennt und dann abschaltet. Um dies einigermaßen akkurat tun zu können, ist eine recht aufwändige Schaltung mit AD-Wandler und Microcontroller nötig. Da es hier um Spannungsmessung im Bereich von 1/10 Volt bei mehreren 10V geht, ist allein der Wandler schon nicht billig.

Da jedoch auch der Ladestrom auf ca. 1C begrenzt werden muss, muss auch dieser gemessen und ggf. geregelt werden – wieder eine AD-Wandlung. Damit der Benutzer auch weiß, was da gerade passiert, wird häufig noch ein Display mit eingebaut, für hochkapazitive Akkus müssen hohe Ladeströme möglich sein, also Leistungsendstufen verbaut werden.

Insofern ist es kaum möglich, ein „gutes“ LiPo-Ladegerät für unter 10€ zu bauen bzw. zu vermarkten.

Manche Lader beinhalten direkt einen Balancer, manche Lader laden die Zellen über das Balancer-Kabel auch einzeln (macht Sinn), was üblicherweise aber auch die Anzahl der möglichen Zellen im Akku einschränkt.

Wer ohnehin noch andere Akkus (Nickelzellen für andere RC-Modelle, RC-Sender, usw.) zu laden hat, sollte über ein Universalladegerät nachdenken.



LiPo-Saver

Dabei handelt es sich um eine kleine Schaltung (wenige Gramm), die während des Betriebs am Akku angeschlossen wird. Erreicht der Akku seine Endspannung, wird dies mittels Summer oder Licht angezeigt. Man kann diese Schaltung gut im Modell unterbringen – permanent direkt am Akku macht keinen Sinn, da immer ein gewisser Strom (einige mA) den Akku entladen würde.

Es gibt diese Schaltungen fertig, z.B. bei Conrad Electronic (s. Anhang), Ansonsten findet man im Internet auch häufig kleine Schaltpläne (<10 Bauteile) zum Selbstbau.

Diese Schaltungen sind jeweils für die Anzahl **seriell** geschalteter Zellen im Pack ausgelegt, also für die Spannung! Hier unbedingt die richtige Schaltung wählen und auf Fertigungstoleranzen achten! Im Zweifelsfall mittels Labornetzteil und gutem Multimeter ausprobieren, bei welcher Spannung die Schaltung wirklich anschlägt!

Wenn der LiPo-Saver während des Fluges anschlägt, muß man nicht sofort landen. Tatsächlich ist die Ruhespannung des Akkus wichtig. Dennoch zeigt das anschlagen der Schaltung während des Fluges an, dass von der aktuellen Akkuladung nicht mehr viel zu erwarten ist.

Entladen

LiPos mögen Tiefentladung nicht. Daher ist im Flugbetrieb darauf zu achten, dass die Akkus nicht zu lange beansprucht werden. Im XUfo ist das kein Problem, da das Ufo lange vor der Akku-Tiefentladung schon nicht mehr steigt. Generell gilt: Der Akku sollte nach dem Flug nur so warm sein, daß man ihn in der Hand halten kann (maximal 60°C). Vor dem nächsten Ladevorgang diese Akkus unbedingt abkühlen lassen!

Bei anderen Modellen ist der Pilot gefragt:

- Einsatz eines LiPo-Warners (LiPo-Saver)
- Nutzung der Timer-Funktion am Sender
- Experimentelle Ermittlung der Flugzeit⁴

⁴ Fliege in Deinem normalen Flugstil ca. 5min. Lade anschließend die Akkus wieder voll. Jetzt weißt Du, wie viel Kapazität Du bei ca. 5 min Flugzeit benötigst und kannst nun leicht anhand der Akkukapazität die theoretische maximale Flugzeit berechnen. Bleibe in der Praxis immer unter 80% der möglichen Flugzeit.

Lagerung

LiPo-Akkus sollten immer im (Teil-)**entladenen** Zustand gelagert werden, nicht unter 0°C und nicht über 45°C. Nach längerer Lagerzeit (mehrere Monate) sollten die Zellen einzeln mit einem Li-Ion-Programm bis zur Vollerkennung geladen werden, da durch die unterschiedliche Selbstentladung der Zellen Zellendrift entstehen kann (oder einen Balancer verwenden). Grundsätzlich sollte mindestens einmal alle zwei Monate nach dem Ladezustand der Zellen geschaut werden, da eine Tiefentladung (hier durch Selbstentladung) nicht reversibel ist.

Selbstbau

Achtung!: Nichts für Anfänger! Wer nicht mindestens einschlägige Lötterfahrung hat, sollte sich lieber helfen lassen!

Auf jeden Fall Kurzschlüsse beim Löten vermeiden - das mögen die LiPos gar nicht! Sie explodieren nicht sofort, aber so hohe Ströme - auch kurzfristig - schädigen die Zelle(n) nachhaltig!

Man benötigt:

- LötKolben, etwa ab 20W reicht völlig
- Elektroniklot, Sn60PbCu, mit Flußmittelseele Spitzzange einen kleinen Seitenschneider eine kleine, scharfe Papierschere TesafilmKabel, rot und schwarz, möglichst flexibel, in ausreichendem Querschnitt.Schrumpfschlauch für den Akkupack Schrumpfschlauch für die Stecker (außer, man verbaut BEC, Tamiya oder Kyosho-Buchsen) ein vernünftiges Ladegerät, welches auch Einzelzellen laden/entladen und dabei messen kann. **Vorbereitung:**

Zunächst lädt man alle Zellen einzeln mit dem **Li-Ion**-Programm. Das geht wesentlich schneller als mit dem **LiPo**-Programm, weil die Zellen nicht ganz voll werden (das Ladegerät schaltet bei einer kleineren Spannung bereits ab). Das macht aber nichts, wir wollen die Zellen **nur gleich voll, nicht ganz voll** haben.

Matching:

Hat man genug Zellen, lädt man diese ganz auf und entlädt sie danach wieder bis zur Entladespannung mit möglichst kleinem Entladestrom (0,1-1C). Optimalerweise macht man das pro Zelle 3-mal, allerdings dauert das dann recht lange. Nun notiert man sich zu jeder Zelle die beim entladen gemessene Kapazität, und bildet dann Gruppen aus Zellen mit gleichen Werten. Beim Messen (Entladen) sollte man auf gleiche Voraussetzungen achten, z.B. die Temperatur!

Packs selber löten

Hier eine kleine Anleitung:

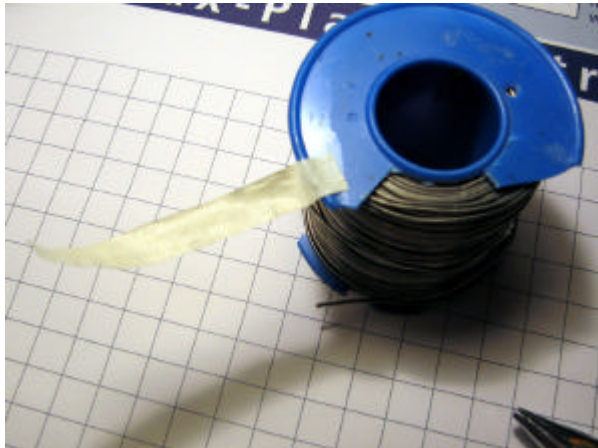


Die Werkzeugliste ist recht übersichtlich:

- LötKolben
- Elektroniklot
- Spitzzange
- Klebestreifen



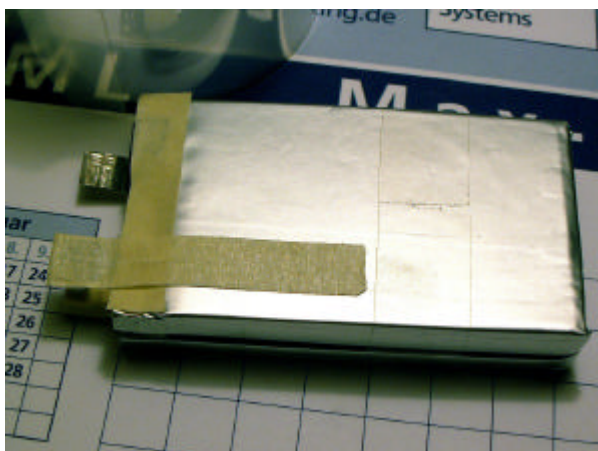
Der obere Klebestreifen wird abgezogen, der untere jedoch belassen – das ist die Zugentlastung für die Lötfläche



Den Klebestreifen parken, er wird noch gebraucht...



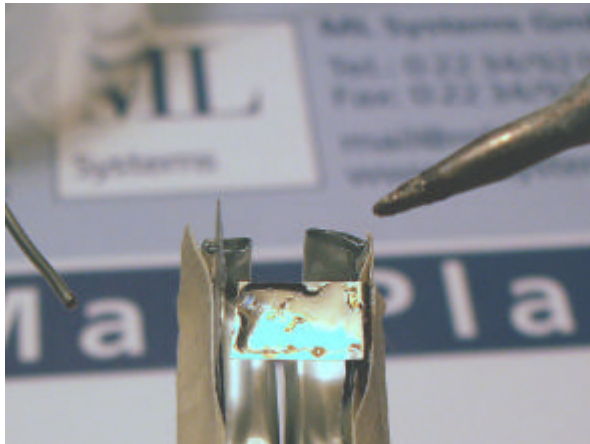
... und zwar hier: Um Kurzschlüsse zu vermeiden wird die nicht genutzte Lötfläche abgeklebt.



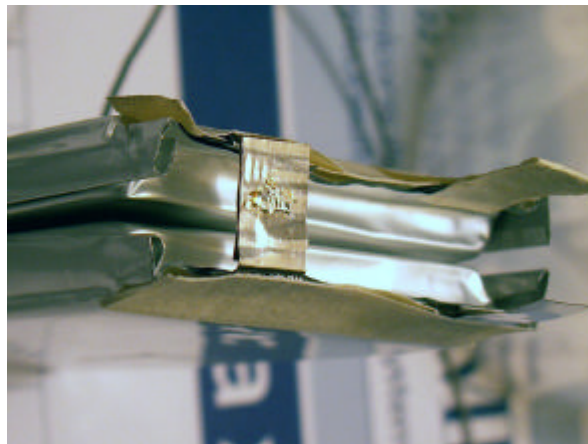
Die ersten beiden Zellen werden „Gesicht auf Gesicht“ aufeinandergelegt und mit Klebestreifen fixiert



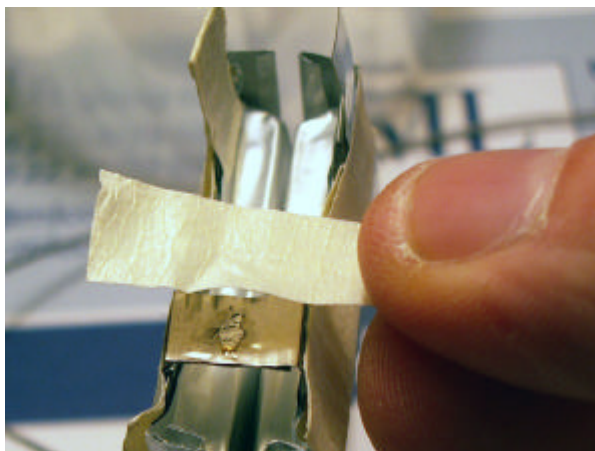
Die Lötflächen so ablängen, dass sie leicht übereinander passen und nicht überstehen.



Dann die Flächen Verzinnen...



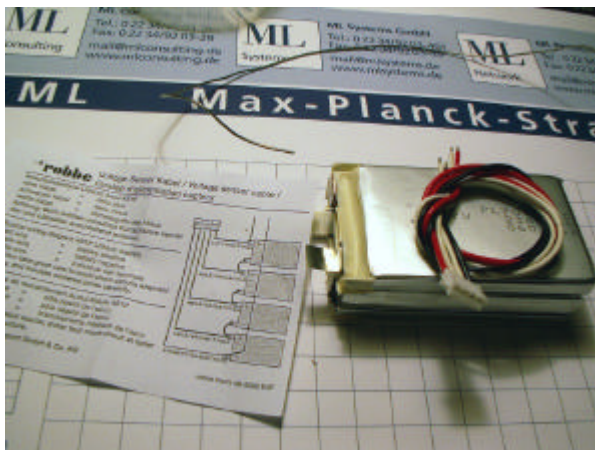
... und anschließend verlöten.



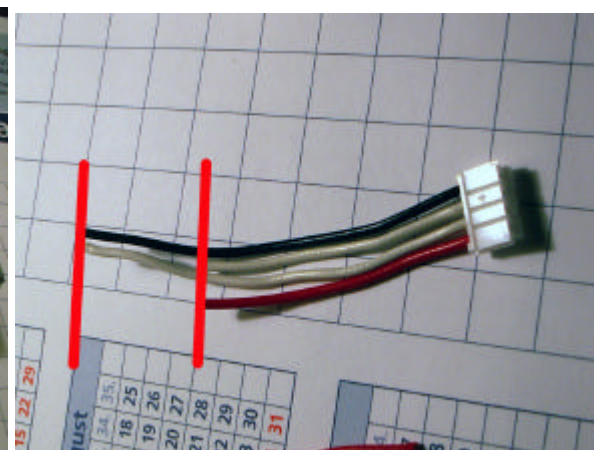
Auch hier wieder die Kontakte abdecken.



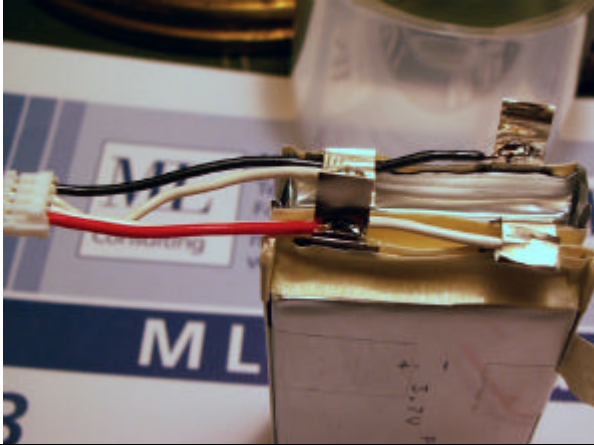
Nun die dritte Zelle mit Klebestreifen aufstapeln.



Nun die Balancer-Kabel



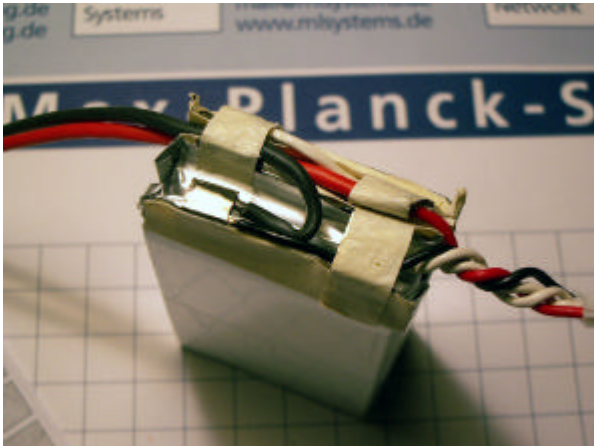
Hier sollte man jedes zweite Kabel so ab-
längen, dass es dem Abstand der Lötflächen
entspricht.



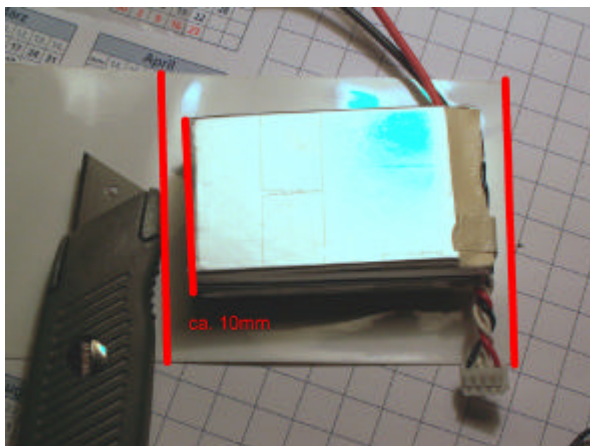
Danach wird nach dem Schema auf dem Beipackzettel des Kabels verlötet.



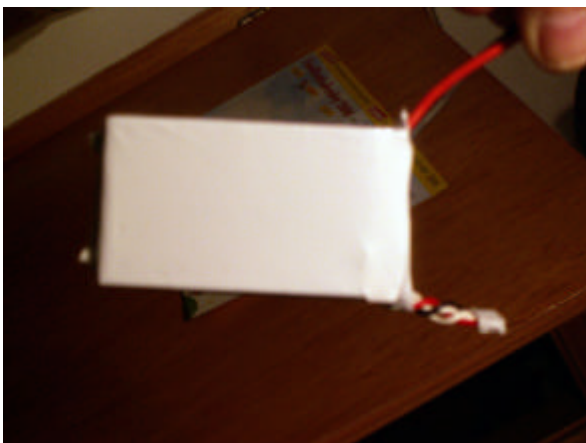
Als nächstes kommen die Kabel. So sieht ein gutes Kabel aus: Flexibel, viele dünne Litzen, Silikonisolierung (nicht PVC).



Ob man die Kabel zur gleichen Seite heraus-schauen lässt wie die Balancer-Anschlüsse, ist Geschmacksache. Ich führe die Kabel möglichst unter den Lötkontakten durch.



Schrumpfschlauch: Dieser sollte so gerade eben über den Akkupack passen und an beiden Enden etwa 1-2cm überstehen.



<- hier kommt noch ein besseres Bild rein

Dann wird mit einem normalen Haushaltsfön geschrumpft. Zunächst auf ein offenes Ende Föhnen, bis sich das Schlauchende zusammenzieht, dann den Vorgang am anderen Ende wiederholen. Danach die Flächen schrumpfen

Hinweis zum Verlöten der Lötflächen: Es gibt auch spezielle Platinen dafür, die das Ganze etwas vereinfachen, aber auch Gewicht hinzufügen. Ob man diese benutzt, ist Geschmacksache.

Akku-Märchen

Davon gibt es viele:

Märchen: Modellbauakkus sind besonders hergestellte, hochwertige Produkte, die ihren hohen Preis wert sind.

Wahrheit: Modellbauakkus (alle Sorten) sind Chargen aus der Überproduktion, die so weit außerhalb der Fertigungstoleranz (in dem Fall nach oben!) liegen, dass sie für das Industriegeschäft ungeeignet sind. Hohe Logistikaufwände und bunter Schrumpfschlauch (und eine zahlungsbereite Gemeinde) verursachen die mindestens 300% überteuerten Preise.

Märchen: LiPo-Akkus sind brandgefährlich!

Wahrheit: LiPos können brennen (im Gegensatz zu Nickelzellen), aber dafür muss sich der Anwender schon recht blöd anstellen. Sehr hohe Ströme, etwa durch Kurzschlüsse, zu dicke Motoren im Modell, Helifliegen mit zu geringer Drehzahl und zu hohem Pitch, oder falsches Laden (Einstellungen am Ladegerät falsch) können Lipos derart belasten und erwärmen, dass sie sich entzünden. Ein überlasteter Akku bläht sich zuunächst auf, bis die Umhüllung auplatzt. Dies ist meist mit einem hörbaren „PLOPP“ verbunden. Danach dauert es 10-30s, bis der Akku tatsächlich zu brennen beginnt. Häufig entlöten sich aber die Lötflächen lange vorher und unterbrechen den Stromfluß. Brennt der Akku aber tatsächlich, hat dies allerdings Feuerwerksqualität. Aber bei den aktuellen Preisen dieser Technologie sollte man eh etwas sinniger mit den guten Stücken umgehen! Im Zweifelsfall kann man – bis man Erfahrungen gesammelt hat – den Akku in einem alten Kochtopf (nicht Alu!) mit Quarzsand laden⁵. Es Gibt natürlich auch hier professionelle Produkte, wie z.B. den Akku-Bunker. Warum ich da nicht selber drauf gekommen bin...



Märchen: LiPo-Technik ist viel zu teuer

Wahrheit: Ein Lithium-Polymer-Akku mit gutem Ladegerät ist derzeit für ca. 100€ zu haben. Das Ladegerät kann dann allerdings auch alle anderen Akkutypen laden (reine LiPo-Lader sind noch billiger). Ein gut gepflegter NiMH Akku hält auch mehrere Jahre, ein gutes Ladegerät vorausge-

⁵ Sollte der Akku doch brennen: Ruhe bewahren! Brennbare Objekte aus der Reichweite der Flammen entfernen! Mit Sand und/oder Löschdecke löschen, oder mit Pulverlöscher. Auf keinen Fall mit Wasser löschen! Sofern keine weiteren Gegenstände gefährdet sind, den Akku einfach abbrennen lassen. Dämpfe nicht einatmen!

setzt – diese Anschaffung lohnt sich also schon. Und was kostet ein guter Nickel-Akku? Und ist der dann leicht genug für die Anwendung?

Märchen: Billig-LiPos taugen nichts

Wahrheit: Stimmt nicht, am Preis kann man die Qualität nicht fest machen, zumindest nicht jetzt schon. Ein Lipo/Regler/Brushless-Antriebsset, welches man jetzt für ca. 100€ kaufen kann, kostete vor 2 Jahren noch etwa das Zehnfache. Warum dieser Preisverfall? Die namhaften Hersteller haben diese Zellen nicht an Endkunden verkauft, sondern nur an Projektkunden (z.B. Nokia kauft 50.000 Stück für ihre Händis, usw.). Seit chinesische Firmen da mitmischen, sieht das anders aus – den Chinesen ist es egal, wo und wer die Akkus kauft, und schon gibt es sehr preiswerte Zellen auf dem Markt. Irgendwann werden die anderen Hersteller nachziehen müssen, bis dahin sind die LiPos auch stromfester, Ladegeräte erschwinglich, und wer kauft dann noch was Anderes...

Märchen: LiPo-Zellen kann man in beliebige Formen pressen, bald sind die Notebook-Gehäuse selbst der Akku!

Wahrheit: Ideal wäre bei heutigem Stand der Technik eine flache, runde Scheibe. Flach, um die Wärme ableiten zu können, Rund um einen möglichst gleichen Abstand von den Kontaktpunkten zu gewährleisten. Insofern verhalten sich eher quadratische Zellen günstiger als eher längliche Zellen. Das äußert sich z.B. im maximalen Entladestrom. Speziell Formen mit Hinterschneidungen und „Sackgassen“ sind problematisch, da sich an diesen Stellen sehr viel Wärme entwickelt, die dann als Nutzenergie nicht zur Verfügung steht, andere Bauteile aufheizt, den Akku altern lässt, und auch eine Brandgefahr darstellt. Letztlich ist ein LiPo-Akku ein zusammengefalteter oder aufgerollter Stapel verschiedener Folien. In welche Form man das falten kann, kann sich jeder selber überlegen.

Bezugsquellen

Ladegeräte und Balancer:

<http://www.schulze-elektronik-gmbh.de> unter Lade- und Entladegeräte, hier gibt es auch Informationen zum Thema LiPo

http://shop.jamara-produkte.de/index.php?cPath=77_128 X-Peak 3 plus

Graupner Ultramat 25 LiPo (über Google suchen, die Preise/Anbieter ändern sich täglich)

Robbe Power Peak Ultimate LiPo (über Google suchen, die Preise/Anbieter ändern sich täglich)

Ripmax Pro-Peak Prodigy / Prodigy II (z.B. bei Ebay, baugleich zum X-Peak 3 / 3 plus)

Komplettssets:

<http://www.xufo-shop.de/>

<http://www.lipopower.de/shop/pages-main/category-40/sort-20a/page-2/x-ufo.html>

LiPo-Saver:

http://www.conrad.de/script/lipo_saver_3.sap

Kabel:

z.B. Conrad.de Nummer: 223972, Silikonkabel, hochflexibel