



Zwei identische Akkupacks, aber leider ...



AKKUTECHNIK ERKLÄRT

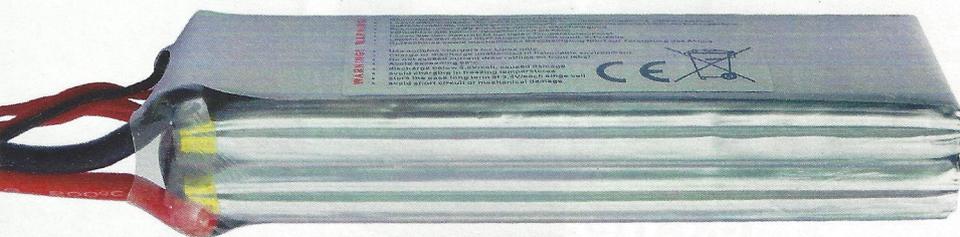
Warum kriegen LiPo-Akkus „dicke Backen“?

Das Problem kennt jeder Elektromodellflieger: Man hat sich für die Flugsaison mit neuen LiPos für ein Modell eingedeckt, doch bekommt einer der Akkupacks schon nach kurzer Zeit „dicke Backen“. Einerseits äußerst ärgerlich und andererseits in vielen Fällen vollkommen unerklärlich. Was steckt hinter diesem Phänomen? Dieser Artikel soll, allgemeinverständlich erklärt, etwas Licht in das Dunkel bringen

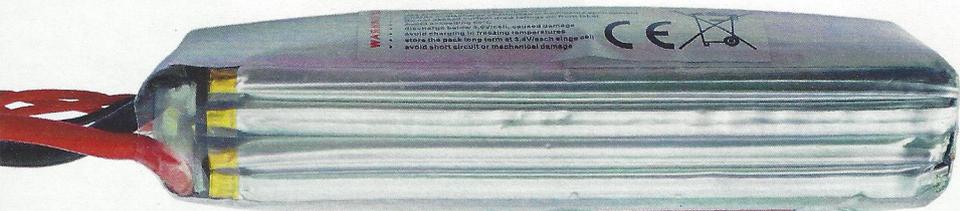
Lithium-Polymer-(LiPo)-Akkus haben den Modellflug revolutioniert. Wegen ihrer hohen Energie- und Leistungsdichte bei relativ geringem Gewicht sind sie prädestiniert für den Einsatz im Elektroflug. Aber es ist wie im richtigen Leben: Es gibt nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile bei dieser Akkutechnologie. So besteht etwa im Gegensatz zu Nickel-Metall-Hybrid-(NiMH)-Akkus beim Überladen eines LiPos akute Brandgefahr, außerdem kann bei einer Tiefentladung der Akku zerstört werden. Darüber hinaus bestehen auch noch erhöhte Ansprüche beim Lagern der Zellen.

Elektrochemische Grundlagen

Um den genannten Problem auf die Spur zu kommen, müssen wir uns zunächst erst einmal etwas mit der grundsätzlichen Funktionsweise einer Akkuzelle beschäftigen, denn LiPos sind im Prinzip wie alle Akkus aufgebaut. Die grundlegenden Strukturen werden den meisten aus dem Physikunterricht bekannt sein. Es gibt zwei Elektroden, die aus unterschiedlich elektrisch leitfähigem Material bestehen. Der italienische Physiker Alessandro Volta hat die zu seiner Zeit



In der Seitenansicht tritt der Unterschied deutlich hervor



... macht dieses Exemplar hier „dicke Backen“



Fachmann auch mit Anode und Kathode bezeichnet werden, ist ein Akku komplett entladen.

Elektronen- und Ionenleitung

Bekannterweise muss ein Stromkreis immer geschlossen sein. Außerhalb der Zelle erfolgt das, wie bereits dargestellt, über die Anschlussdrähte und den Verbraucher als Elektronenfluss. Aber wie sieht das im Inneren einer Akkuzelle aus, was läuft da ab? Diese Vorgänge sind für die Analyse des Problems, dem Aufblähen einer LiPo-Zelle, von großer Wichtigkeit. Es muss innen im Akku eine elektrisch leitende Verbindung zwischen den beiden Elektroden geben, um den Stromfluss zu ermöglichen.

Auch hier erinnern wir uns wieder an den Physikunterricht und rekapitulieren, dass nicht nur feste, sondern auch flüssige Stoffe den Strom leiten. Bestes Beispiel dafür ist die Leitfähigkeit des Wassers. Elektrisch leitende Flüssigkeiten bezeichnet man als Elektrolyten, ein Begriff, der im Weiteren noch stark an Bedeutung gewinnen wird. In einem Elektrolyten übernehmen Ionen, das sind positiv geladene Teilchen, denen mindestens ein Elektron fehlt, den Stromfluss. Unter dem Einfluss einer Spannung bewegen sich diese Ionen in entgegengesetzter Richtung zu den Elektronen. Das funktioniert allerdings nur in Flüssigkeiten, die eine geringere Dichte als feste Stoffe aufweisen. In festen leitenden Materialien wie einem Kupferdraht können sich die relativ großen Ionen nicht frei bewegen, das gelingt nur den wesentlich kleineren freien Elektronen, die hingegen in einer Elektrolytlösung keinen Stromfluss ermöglichen.

Stark vereinfacht läuft im Inneren einer Akkuzellen somit folgender Prozess ab: Die positiv geladenen Ionen des Elektrolyten werden von der negativ geladenen Elektrode angezogen und von der positiven abgestoßen, sie driften oder, wenn man so will, sie schwimmen durch den Elektrolyten und halten dadurch den Stromfluss aufrecht. Bei

genauer Betrachtung muss man allerdings zwischen einem Auflade- und einem Entladevorgang unterscheiden, was im Weiteren noch erfolgen wird. Ein Begriff fehlt bei unserer kleinen grundsätzlichen Akkukunde noch: Es kommt bei einer Reihe von Zellentypen ein sogenannter Separator zum Einsatz. Dabei handelt es sich um ein Material, durch das die beiden Elektroden voneinander isoliert werden, damit es nicht zu einem direkten Kurzschluss kommen kann. Allerdings darf der Separator den Ionenstrom zwischen den beiden Elektroden absolut nicht behindern. Die **Abbildung 1** auf der folgenden Seite zeigt schematisch den grundsätzlichen Aufbau einer Akkuzelle mit ihren wichtigsten Bestandteilen.

Besonderheiten von Lithium

Die grundsätzlichen Ausführungen gelten auch für Lithium-Zellen. Lithium ist nach den beiden gasförmigen Elementen Wasserstoff und Helium das leichteste feste metallische Element, mit drei Protonen im Kern und drei Elektronen in der Hülle. Das sind schon mal gute Voraussetzungen, denn Gewicht ist ja nicht unbedingt erwünscht im Flugmodellbau. Die positive Elektrode, die Kathode, besteht dabei aus einer Lithiumlegierung. Dabei kommen verschiedene Materialien zum Einsatz wie zum Beispiel Lithiumcobaltoxid (LiCoO_2) oder Lithiumnickeloxid (LiNiO_2). Als Ableiter für den elektrischen Strom verwendet man dabei eine Aluminiumfolie. Die Anode besteht aus Kohlenstoff, üblicherweise in Form von Grafit (C6). Dort wird als Ableiter eine Kupferfolie verwendet. Als Elektrolyt kommen Lithiumsalze zum Einsatz, die mit Hilfe eines Lösungsmittels verflüssigt worden sind. In dieser Lösung bewegen sich die positiv geladenen Lithium-Ionen, denen jeweils ein Elektron fehlt. Bei dieser Material-Konstellation ergibt sich gemäß den obigen Ausführungen eine Grundspannung von 3,7 Volt pro LiPo-Zelle.

Im Bereich des Flugmodellbaues werden hauptsächlich zwei Typen von Lithium-Ak-

bekanntesten Materialien, die zur Spannungserzeugung benutzt werden konnten, untersucht. Das Ergebnis hat er in der elektrochemischen Spannungsreihe niedergeschrieben, mit deren Hilfe man bestimmen kann, wie hoch die Nennspannung einer Zelle ist. Die bekanntesten einfachen Batterien, die sogenannten Zink-Kohle-Elemente, generieren eine Spannung von 1,5 Volt, weil sich bei der Kombination aus Zink und Kohle als Substanz für die Elektroden nach der Auflistung von Volta diese Spannungshöhe ergibt.

Verbindet man die beiden Elektroden eines Akkus oder einer Batterie mit einem elektrischen Leiter, fließt ein elektrischer Strom, das heißt es bewegen sich dabei Elektronen durch den Leiter und die Zelle wird entladen. Der Minuspol des Akkus weist einen Elektronenüberschuss auf, er gibt beim Entladen also Elektronen ab. Am Pluspol hingegen herrscht Elektronenmangel, er nimmt Elektronen auf. Entsprechend den Gesetzmäßigkeiten der Natur, die immer versucht, Unterschiede auszugleichen, treibt der Potenzialunterschied einen Strom durch den Leiter. Dabei fließen Elektronen, entgegen der definierten Stromrichtung, vom Minus- zum Pluspol. Die Höhe des elektrischen Stromes hängt von der Größe der treibenden Kraft, der elektrischen Spannung und dem elektrischen Widerstand im Stromkreis ab – es gilt das allseits bekannte Ohmsche Gesetz. Durch den Ladungsausgleich geht zudem die Spannung der Akkuzelle zurück. Wenn kein Ladungsunterschied mehr zwischen den Elektroden besteht, die vom

TIPPS

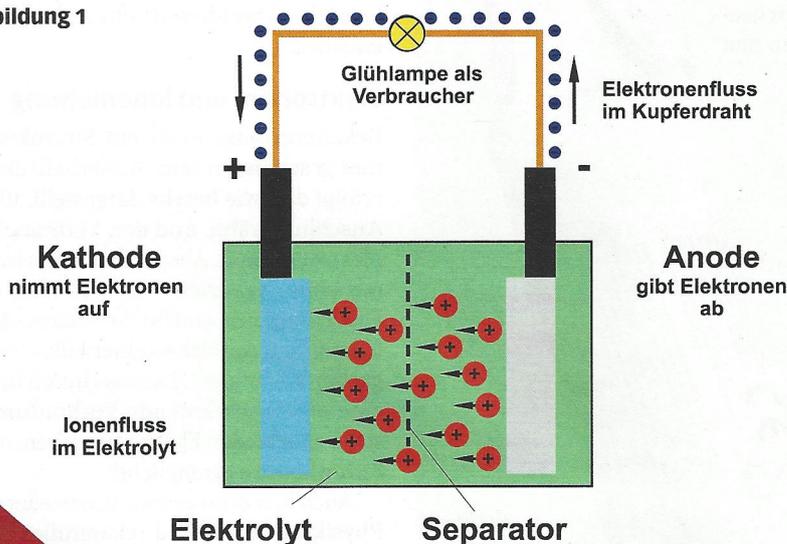
5 Regeln für ein langes Leben Ihrer Akkus

1. Den Akku nicht überlasten und niemals mit einem zu hohem Strom entladen, denn zu hohe Ströme führen zu einer starken Erwärmung, die quadratisch mit dem Stromanstieg einhergeht.
2. Den Akku nie zu tief entladen, sondern immer 20 bis 30 Prozent Restkapazität im Akku belassen. Dazu man muss wissen, dass ein fast leerer Akku sich bei gleicher Stromentnahme mehr erwärmt als ein voller Akku, weil sein Innenwiderstand höher ist.
3. LiPo-Akkus niemals direkt nach dem Einsatz im warmen Zustand laden, auch durch den geringeren Ladestrom entsteht Wärme.
4. Lagern Sie voll aufgeladene Akkus niemals länger als eine Woche, sondern nur mit der vorgeschriebenen Lagerspannung.
5. Überladen Sie die Zellen niemals, denn auch ständig wiederkehrende geringfügige Überladungen schädigen die Zellen.



So soll es sein:
ein LiPo mit vielen
Lade- und Entladezyklen,
aber immer noch brethhart

Abbildung 1



Schematischer Aufbau einer Akkuzelle

kus verwendet: Lithium-Ionen(LiIo)- und Lithium-Polymer(LiPo)-Zellen. Diese beiden Typen sind praktisch identisch, der Unterschied besteht nur in der Konsistenz des Elektrolyten und dadurch bedingt in der Gehäuse- beziehungsweise Bauform. Handelsübliche Einzelzellen von Lithium-Ionen-Akkus haben üblicherweise eine zylindrische Bauform mit einem Metallmantel. Dadurch sind sie robust und relativ gut vor äußeren Einflüssen geschützt. Man kann mit einem flüssigen Elektrolytmaterial arbeiten, da so schnell nichts auslaufen kann.

LiPo-Tütensuppe

Bei den Lithium-Polymer-Zellen haben die Entwickler als Gehäuse eine relativ dünne Folie eingesetzt, dadurch sind sie deutlich leichter und werden deshalb gern zum Antrieb von Flugmodellen eingesetzt. Die nicht so widerstandsfähige Verpackung in Form eines Kunststoff-Säckchen mit dem Charme einer Suppentüte ist möglich, weil man statt eines flüssigen einen gelartigen Elektrolyten auf Polymerbasis verwendet, der nach keiner starren Ummantelung verlangt. Der Name der Zellen leitet sich ganz offensichtlich vom Aufbau des Elektrolyten ab.

Obwohl beide Akkutypen als Basismaterial Lithium und Grafit einsetzen, kommt es durch das andere Elektrolyt-Material zu geringen Unterschieden bei den technischen Daten. Sie unterscheiden sich nicht nur, wie bereits angesprochen, im Gewicht, sondern bei LiIo Akkus sind auch die Nennspannungen der Zellen etwas geringer. Die Nennspannung liegt üblicherweise bei 3,6 Volt

statt bei 3,7 Volt für einen LiPo-Akku pro Zelle und auch die Ladeschlussspannung einer LiIo-Zelle ist mit 4,1 Volt geringer als die eines LiPo-Akkus mit 4,2 Volt. Dies Zahlen-spiel kann man weiter fortsetzen, denn auch die Lagerungsspannungen und die Entladeschlussspannung differieren etwas.

In der **Abbildung 2** wird der grundsätzliche Aufbau einer LiPo-Zelle schematisch dargestellt. Die wichtigsten Bestandteile sind benannt. Durch einen sehr effizienten Aufbau wird dabei die wirksame Oberfläche um ein Vielfaches gegenüber den äußeren Abmessungen einer LiPo-Zelle vergrößert. Die folienartigen Elektroden mit ihren Ableitern und dem dazwischenliegenden gelartigen Elektrolyten mit dem isolierenden Separator sind spiralförmig zu einem Bündel aufgewickelt. Dieser Aufbau ähnelt stark dem eines gepolten Elektrolyt-Kondensators. Auf diese Art und Weise lässt sich bei relativ kleinem Zellvolumen eine relativ große aktive Reaktionsfläche unterbringen, die für eine entsprechend hohe Kapazität sorgt.

Ladevorgang

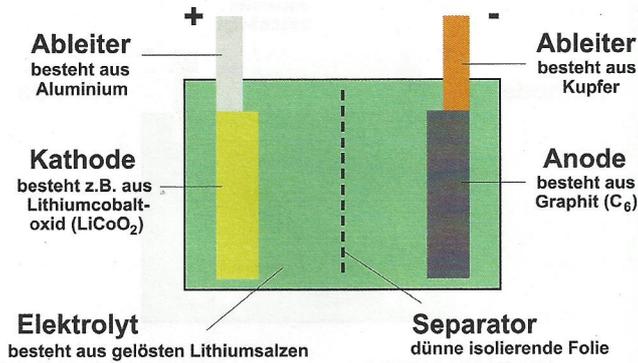
Beim Aufladen einer LiPo-Zelle fließen, angetrieben durch die Spannung des Ladegeräts, Elektronen durch das Ladekabel zur Anode und treten dort ein. Gleichzeitig wandern positiv geladene Lithium-Ionen durch den Elektrolyten zur Anode und werden dort durch Aufnahme der Elektronen neutralisiert, die vom Lader kommen. Die Anode nimmt positive Ionen auf und lagert sie ein. Gleichzeitig entzieht das Ladegerät der Kathode Elektronen. Auf der Kathode werden

dadurch Lithium-Ionen generiert. Die Kathode gibt diese positiven Ionen ab, die unter dem Einfluss der Ladespannung durch den Elektrolyten zur Anode wandern, dort aufgenommen werden und sich neutralisieren. Damit ist der gesamte Ladestromkreis innerhalb und außerhalb der Zelle geschlossen. Den Vorgang gibt in vereinfachter Form die **Abbildung 3** wieder. Die Kathode verliert beim Aufladen dabei Lithium-Material, die Anode hingegen wird mit Lithium gefüllt. Die Zelle ist voll aufgeladen, wenn das Fassungsvermögen der Anode erschöpft ist. Diese Prozesse lassen sich auch durch chemische Formeln belegen, die aber für unsere Belange von untergeordneter Bedeutung sind.

Entladung

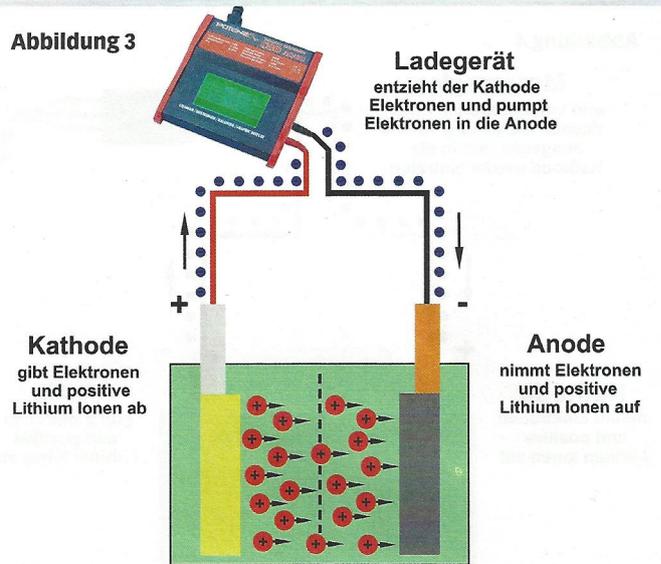
Bei einem Entladevorgang läuft praktisch der umgekehrte Vorgang ab, der vereinfacht in der **Abbildung 4** schematisch dargestellt ist (Seite 40). Es gilt das bekannte Prinzip: Außerhalb der Zelle fließen freie Elektronen durch die Anschlussleitungen und den Verbraucher. Im Inneren fließen positive Lithium-Ionen, die an der Anode entstehen, durch den Elektrolyten, indem ein Lithiumatom ein Elektron abgibt. Diese Elektronen realisieren den externen Stromfluss. Bei der Entladung einer LiPo-Zelle gibt die Anode nach außen Elektronen und intern positive Lithium-Ionen ab. Diese Ionen durchlaufen den Elektrolyten in Richtung Kathode. Dort nehmen sie jene Elektronen auf, die ausgehend von der Anode, über den Verbraucher zur Kathode geflossen sind. Dadurch werden

Abbildung 2



Grundsätzlicher Aufbau eines Lithium-Akkus

Abbildung 3



Schematische Darstellung des Ladevorgangs bei einer LiPo-Zelle

sie zu neutralen Lithium-Atomen, die eingelagert werden. Die Zelle ist komplett entladen, wenn kein Lithium auf der Anode mehr vorhanden ist – es besteht dann kein Potenzialunterschied mehr zwischen den Elektroden.

Schlüsselstelle Elektrolyt

Wenden wir uns nun wieder unserem Problem zu. Wie kann es dazu kommen, dass bei den geschilderten Vorgängen innerhalb der Zelle ein Überdruck entsteht, der die Ummantlung aufbläht? Auf die Antwort kommt man schnell, wenn man sich ganz alltägliche Vorgänge veranschaulicht. Denken wir zum Beispiel an den hohen Druck, der in einem Schnellkochtopf herrscht, wenn in ihm Wasser zum Sieden gebracht

wird. Oder denken wir ganz professionell an eine Dampfturbine, bei der die enorme Kraftentfaltung letztendlich darauf zurückzuführen ist, dass Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand gebracht wird. Das Wasser verkocht, so dass der dabei entstehende gasförmige Dampf ein wesentlich höheres Volumen beansprucht. Wenn das nicht zur Verfügung gestellt wird, erhöht sich der Druck.

Der hauptsächlich für das Aufblähen einer LiPo-Zelle verantwortliche Bestandteil ist der praktisch flüssige Elektrolyt im Inneren der Zelle. Durch Erwärmung siedet der Elektrolyt, dabei werden Bestandteile der gelartigen Paste gasförmig – mit einer daraus resultierenden Raumförderung. Die für das Sieden notwendige Wärme entsteht beim

Stromfluss durch die Lösung. Immer wenn ein elektrischer Strom durch einen Leiter fließt, entstehen Verluste, die in Form von Wärme anfallen. Diese Verluste und damit die Wärme steigen mit dem Quadrat des Stromes an.

Der Elektrolyt ist für den überwiegenden Teil des inneren Widerstands einer Zelle verantwortlich. Die metallische Lithium-Kathode und die aus Graphit bestehende Anode sowie die beiden Ableiter sind relativ niederohmig gegenüber dem Elektrolyten. Dementsprechend entsteht dort auch die meiste Wärme beim Stromdurchfluss. Die voluminösen behäbigen Lithium-Ionen stoßen häufig und heftig mit den restlichen Bestandteilen des Elektrolyten zusammen. Das erzeugt Reibung und Widerstand und daraus resul-

Das KONTRONIK-Stirnrad-Getriebe (KSG) – Die Neuheit im Flächenflug.

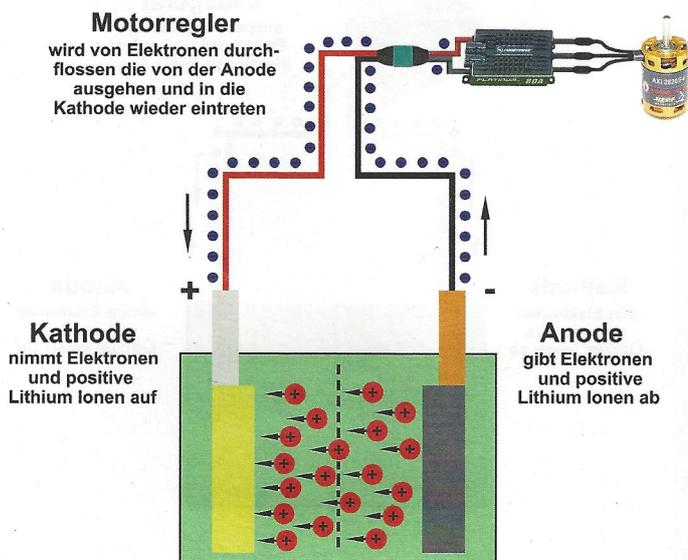
KONTRONIK
DRIVES

Mit dem einzigartigen **KSG** überzeugt ein Elektroantrieb jetzt auch bei **Schleppflugzeugen und großen Scale-Modellen**.

- **Leicht:** Spürbare Gewichtsvorteile
- **Komfortabel:** Sauber, geruchlos und leiser als Verbrenner
- **Stark:** (zusammen mit dem PYRO 850-50)
 - Standschub bis 32 kg
 - 5 kW Dauerleistung
 - 10 kW Spitzenleistung
 - Getriebeuntersetzung 4:1

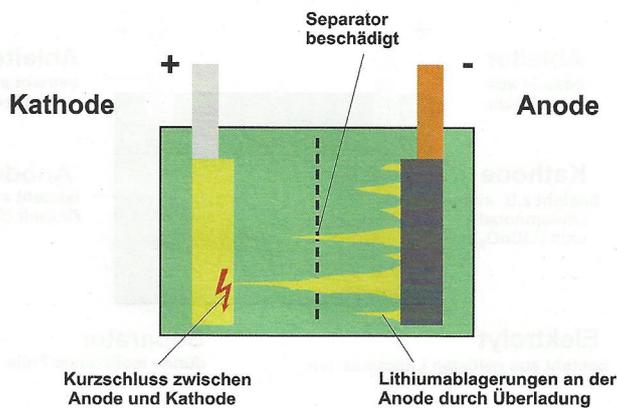


Abbildung 4



Schematische Darstellung der Entladung einer LiPo-Zelle

Abbildung 5



Zustand bei Überladung

tiert Wärme. Den technischen Unterlagen kann man entnehmen, dass bereits bei Temperaturen von knapp über 80 Grad Celsius der Elektrolyt einer LiPo-Zelle zu sieden beginnen kann.

Auch Alkohol ist mit im Spiel

Aber nicht nur der Elektrolyt ist der Übeltäter, auch der Separator ist für die Gasbildung in der Zelle mit verantwortlich. Die dünne, isolierende Folie ist mit einer bestimmten Art von Alkohol getränkt. Unter dem Einfluss von Wärme verdampfen auch Bestandteile des Alkohols. Daraus ergibt sich in der Zelle ein Cocktail aus verschiedenen Gasen, von dem nichts Gutes ausgehen kann. Jedenfalls steigt der Innendruck und die Zelle bläht sich auf.

Der Vorgang kann ganz punktuell im Elektrolyten beziehungsweise im Separator ablaufen. Erschwerend dabei ist, dass sich die Zerstörung der Strukturen immer weiter fortsetzt. So steigt zum Beispiel an der Stelle der Widerstand, wo der Elektrolyt etwas ausgegast ist. Dort entsteht dann auch besonders viel Wärme beim Stromdurchfluss. Die Folge: Die Fehlstelle vergrößert sich, die Gasentstehung schreitet fort, die Zelle bläht sich weiter auf.

Gefahrenpotenzial Überladung

Absolut gefährlich für eine LiPo-Zelle ist eine Überladung, die im extremen Fall zum Brand, ja sogar zur Explosion der Zelle führen kann. Eine LiPo-Zelle gilt als voll aufgeladen, wenn in der Grafitstruktur der Anode sämtliche Einlagerungsmöglichkeiten für

Lithium erschöpft sind. Der Potenzialunterschied zwischen Anode und Kathode ist dann am höchsten, die Ladeschlussspannung ist erreicht. Ihr absoluter Wert liegt bei den herkömmlichen Zellen bei 4,22 Volt. Dieser Wert darf in keinsten Weise überschritten werden. Anzumerken ist, dass bei den neueren Hochvolt-LiPos die Grenze bei 4,35 Volt liegt.

Was passiert aber, wenn nach Erreichen der Ladeschlussspannung weiterhin Ladestrom fließt? Man kann es sich vereinfacht wie folgt vorstellen: Wenn die Aufnahmekapazität der Anode erschöpft ist, aber noch weiter Ladestrom fließt, neutralisieren sich die Lithium-Ionen weiterhin an der Anode, indem sie Elektronen aufnehmen, die vom Ladegerät geliefert werden. Aber sie lagern sich dann außen auf der Anode ab. Wo sollen sie auch anders hin, die Anode ist voll! Aus diesem Grund wird zur Vorbeugung bei LiPo-Zellen die Anode immer etwas größer ausgelegt als die Kathode.

Diese Ablagerungen bilden sich nicht gleichmäßig auf der Oberfläche aus, sie bilden Stalagmiten, spitze Erhebungen, wie sie in einer Tropfsteinhöhle vom Boden nach oben wachsen. Diese Ablagerungen, die sich nicht wieder komplett abbauen, haben viele negative Auswirkungen. Zum einen entziehen sie dem Elektrolyt das für einen niederohmigen Ionenfluss benötigte Lithium. Weiterhin können die Ablagerungen den Separator zerstören. Die **Abbildung 5** zeigt schematisch den Zustand einer überladenen Zelle. Bei starker, lang andauernder Überladung kann es sogar zum Kurzschluss der

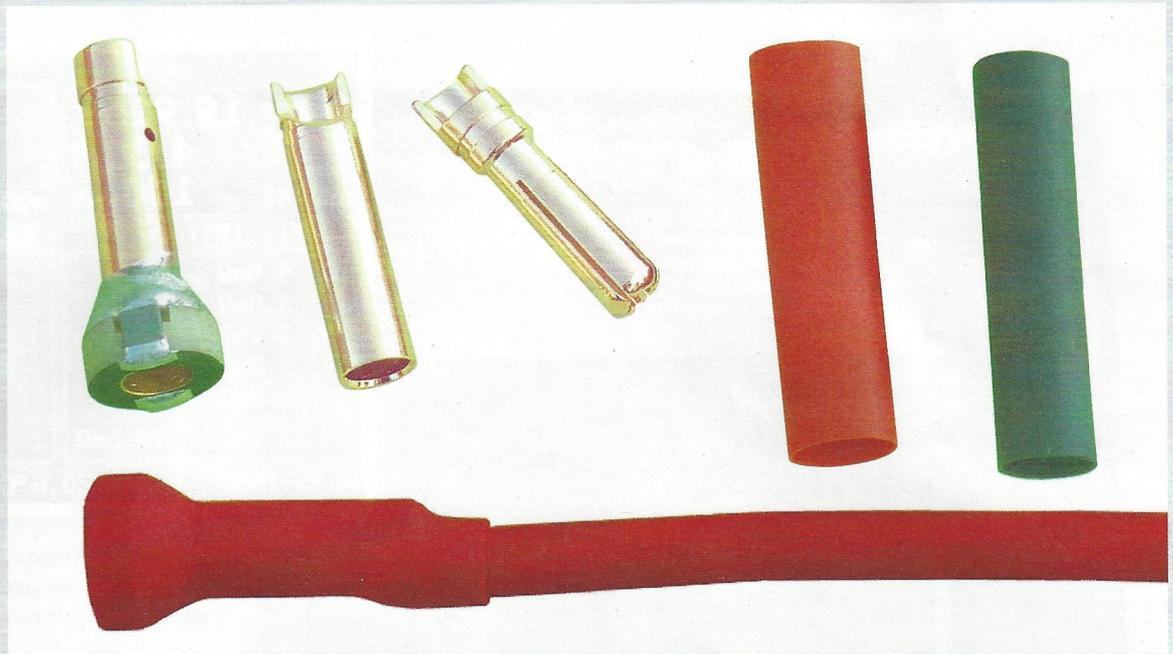
Elektroden kommen. Daraus resultieren die befürchteten LiPo-Brände. Durch die massive Wärmeentwicklung beim Kurzschluss einer solch voll aufgeladenen Zelle verdampft der Elektrolyt schlagartig. Es entsteht ein enormer Innendruck, die Zelle explodiert und das Lithium verbrennt sehr effektiv.

Selbst wenn es nur zu geringfügigen Überladungen kommt, die sich aber ständig wiederholen, nimmt eine LiPo-Zelle Schaden. Durch den schleichenden Vorgang dünnt der Elektrolyt immer mehr aus und die aktive Oberfläche der Anode verringert sich. Das alles trägt zur Vergrößerung des Innenwiderstands bei, weshalb beim Entladen mehr Wärme mit den geschilderten Folgen entsteht. Wer immer randvolle Zellen haben will, geht über kurz oder lang automatisch das Risiko von aufgeblähten Zellen ein. Bekanntermaßen macht Kleinvieh auch Mist oder wie man auch sagt: Steter Tropfen höhlt den Stein.

Verhaltensregeln

Nun wissen wir, warum LiPo-Zellen thermisch empfindlich sind und kennen auch die groben Wirkungszusammenhänge dafür, dass die Zellen rund werden. Aber warum verhalten sich baugleiche Akkus bei exakt identischer Behandlung manchmal so unterschiedlich? Der Grund dafür: Es genügen winzige Verunreinigungen, ganz geringe Einschlüsse im Elektrolyten oder minimale Fehlstellen im Separator, um die geschilderten Effekte beschleunigt hervorzurufen. Obwohl die Produktion in Reinräumen erfolgt, können Verunreinigungen

Solche Antiblitz-Schaltungen können vor impulsartiger Überlastung eines Akkus schützen



vorkommen, denn die Ansprüche bei der Herstellung können aus Kostengründen nicht denen in der Raumfahrttechnik entsprechen. Aber man soll die Schuld bekanntermaßen nicht immer bei anderen suchen, denn vor allem eine sorgfältige Behandlung durch den Nutzer dankt der Akku mit einer langen Standzeit.

Das ist allerdings leichter gesagt als getan. Zum einen kann man die Temperatur im Inneren der Zelle gar nicht erfassen. Bereits bei einem außen gut handwarmen Akku können innen Grenztemperaturen überschritten sein. Vor allem aber sind die Akkuangaben oftmals sehr optimistisch. Ein Akku mit 5.000 mAh und einer Entladerate von 40C kann theoretisch mit 200 Ampere belastet werden. Die Betonung liegt dabei auf „theo-

retisch“. Als Erstes stellt sich die Frage nach der realen Kapazität, denn die Angaben sind oftmals ostasiatische Amperestunden, die sich von den europäischen unterscheiden. Wer da sichergehen will, sollte seinem Akku ein Paar Lade- und Entladezyklen an einem LiPo-Lader gönnen und die dabei gewonnenen Werte für die Berechnung der maximal zu entnehmenden Kapazität heranziehen. Auch was die Angabe der Entladerate angeht, sollte man Vorsicht walten lassen und einen entsprechenden Sicherheitsfaktor berücksichtigen.

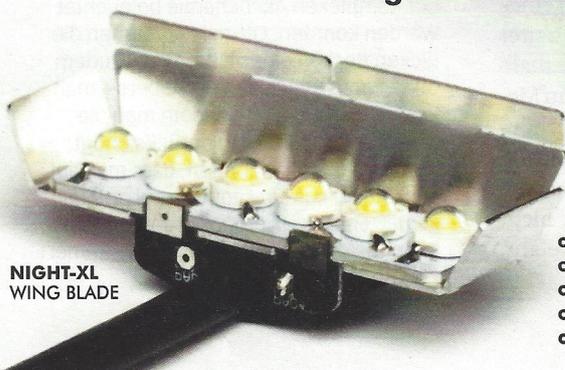
Antiblitz verwenden

Von besonderer Wichtigkeit ist der Einsatz eines absolut genauen und sicheren Lithium-Ladegerätes mit einem LiPo-Ladepro-

gramm, damit es unter keinen Umständen zu einer Überladung der Zellen kommen kann. Dabei ist man nicht schlecht beraten, wenn man nicht die absolute Obergrenze der Ladeschlussspannung bei der Programmierung einstellt, soweit der Lader dies überhaupt zulässt. Eine weitere Vorsichtsmaßnahme, die einfach zu realisieren ist, sollte man ebenfalls immer ergreifen: Es empfiehlt sich nach Möglichkeit, immer eine Antiblitz-Schaltung zu verwenden. Das schützt nicht nur die Kontakte, sondern vermeidet auch die sehr hohen Stromspitzen beim Einschalten des Reglers. Das schlagartige Aufladen der Kondensatoren eines Motor-Controllers ist nämlich einem Kurzschluss nicht unähnlich, wenngleich der hohe Strom nur für einen kurzen Moment fließt. Aber auch im-

uniLIGHT NIGHT Blades

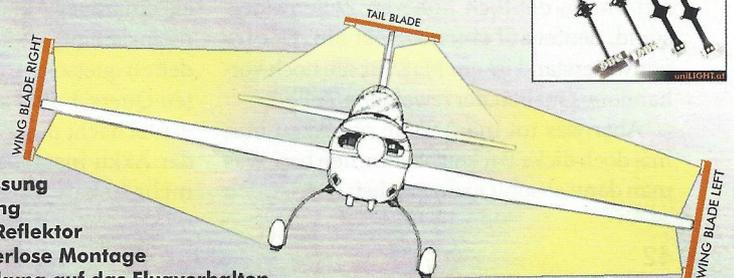
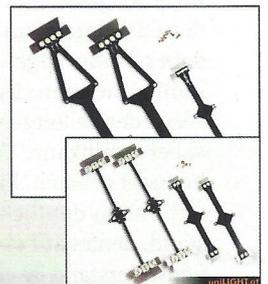
indirekte Beleuchtung die Lösung für den Nachtflug!



- o Kompakte Abmessung
- o Maximaler Leistung
- o Optimierte Kühl-Reflektor
- o Kabel- und steckerlose Montage
- o Geringste Auswirkung auf das Flugverhalten

Größe XS bis ca. 1m, für Styropor, Indoor,...
 Größe S bis ca. 1.5m, für kleinere Funflyer...
 Größe M bis ca. 2m, für Trainer,...
 Größe L bis ca. 2.5, CFK Version
 Größe XL bis ca. 3m, CFK Version für Giants

mehr Information auf www.unilight.at





① 01-Charge 4.3A		② No Bat. Connected	
LiPo5s CHARGE	19.915V	0.000V	
0.CC	4.30A	0.00A	
m01:42	100mAh	m00:00	
Cells IR Info		Cells	
1	4.0mΩ	6	
2	3.8mΩ	7	
3	3.7mΩ	8	
4	3.8mΩ	9	
5	3.8mΩ	10	
S _F	19.1mΩ	L _R	73.6mΩ
S _V		ΔU	
DC 15.193V 6.2A 20.6°C			

Die Werte der Innenwiderstände der einzelnen Zellen lassen Rückschlüsse auf den Zustand der Zellen zu

Absolut empfehlenswert ist der Einsatz eines hochwertigen Ladegerätes

pulsartige Belastungen können eine Zelle beeinträchtigen.

Gleiche Zellenwiderstände

Zur Überprüfung der Zellen sollte man in regelmäßigen Abständen den Innenwiderstand ermitteln. Dazu setzt man im besten Fall ein Ladegerät ein, das den Widerstand getrennt für alle Zellen beim Laden separat ermittelt. Grundsätzlich ist es gut, wenn der Innenwiderstand möglichst kleine Werte annimmt. Der Innenwiderstand einer LiPo-Zelle hängt aber direkt mit der Kapazität und der Entladerate zusammen. Es lassen sich daher keine allgemeingültigen absoluten Zahlen nennen. Daher ist es wichtig, die Werte der Zellen zu vergleichen. Sollten sich dabei signifikante Unterschiede ergeben, ist Vorsicht geboten. Ein Ausreißer nach oben, mit einem deutlich höheren Zellenwiderstand, deutet auf einen Defekt hin. Der Innenwiderstand ist ein Maß für die noch vorhandene Qualität der jeweiligen Zelle.

Aber was tut man, wenn ein Akku nun mal doch dicke Backen bekommen hat? Was man dann absolut nicht machen darf ist, den

Überdruck entweichen zu lassen und in den Akku hineinzustecken. Das bedeutet den sofortigen Tod des Akkus, der zudem noch mit einem Brand einhergehen kann. Wenn Lithium freigesetzt wird, reagiert das sofort mit der Luftfeuchtigkeit und verbrennt explosionsartig. Davon können erhebliche Gefahren für Personen und Sachschäden ausgehen.

Niemals quetschen

Ein einmal aufgeblähter Akku gehört unbedingt ordnungsgemäß entsorgt. Die dazu entsprechenden Hinweise findet man im Beipackzettel des Herstellers beziehungsweise Importeurs. Das Risiko eines noch viel größeren Schadens ist viel zu hoch. Der Absturz eines Modells oder gar der Brand eines Akkus kommt in der Regel wesentlich teurer als ein neuer Akku. Versuchen Sie deshalb niemals, einen aufgeblähten Akku in ein Modell zu quetschen, wenn er wegen des erhöhten Querschnitts nicht mehr problemlos in den Schacht passt. Durch das Aufblähen ist der Akku instabiler geworden, er ist nicht mehr so hart. Es besteht die große Gefahr,

dass die Elektroden nicht mehr so sicher auf Abstand gehalten werden, dadurch kann es zu einem Kurzschluss kommen. Man mag es sich nicht vorstellen, was passiert, wenn ein Akku beim Hineindrücken in ein Modell explodiert.

Karl-Heinz Keufner

Fazit

Es bleibt zu hoffen, dass die obigen Abhandlungen dazu beigetragen haben, das Verständnis um die Zusammenhänge beim Aufblähen von LiPo-Zellen zu verbessern. Auch wenn mit dem Anspruch, allgemeinverständlich zu bleiben, nicht alle Facetten der komplexen Akkuchemie beleuchtet werden konnten. Oftmals entstehen die dicken Backen eines LiPo-Akkus zudem ohne Verschulden des Betreibers – man kann aber vorbeugen, indem man die aufgezeigten Hinweise berücksichtigt. Ganz besonders wichtig ist, dass man aufgeblähte Akkus konsequent und ordnungsgemäß entsorgt. Apropos ordnungsgemäß: Behandeln Sie Ihre LiPos pfleglich, immer!