



LiFePo4 und LiMnPo

Moderne Zellen zur Empfängerstromversorgung

Teure Modelle, unzählige Stunden liebevoller Aufbau-Arbeit und persönliches Herzblut kennt jeder Modellbauer. Umso ärgerlicher, wenn die Empfängerstromversorgung einen Schwachpunkt im System bildet, der letztlich zum Absturz oder gar Verlust des Modells führt. Auch sind die Ladeeigenschaften und die Eigensicherheit heute wesentliche Merkmale, die bei der Wahl der richtigen Energiequelle für den Empfänger eine Rolle spielen.

Die Akku-Entwicklungen der letzten Jahre haben im Modellbaubereich viele neue Energiespender auf den Markt gebracht; nicht nur für Elektro-Antriebe. So sind insbesondere Zellen wie die Typen APR18650 und AR26650 der Firma A123-Systems für die Empfängerstromversorgung in die Aufmerksamkeit der Modellbau-Piloten gerückt, weshalb es sich anbietet, diese für den Einsatz als Empfängerstromversorgung genauer zu betrachten.

Wie viel Spannung darf es sein

Da heute bereits sehr viele Empfänger herstellenseitig für den Betrieb mit 4-5 Nixx-Zellen

geeignet sind, ergibt sich somit eine zulässige Spannung von $\max. 5 \times 1,5 \text{ V} = 7,5 \text{ V}$. Neuere 2,4-GHz-Typen kommen sogar mit 4,0-8,5 V Versorgung klar, wie z.B. der Futaba R-6004FF. Auch die Servos werden immer weiter für höhere Spannungen ausgelegt, wie z.B. die Savox Brushless oder auch einige von Hitec, die für 6-8,4 V ausgelegt sind – es ist nur eine Frage der Zeit, bis der Markt dem Modellbauer hier eine große Auswahl an entsprechender Hardware bieten wird.

Da unter anderem die Schnellladefähigkeit und Eigensicherheit mit als Kriterium betrachtet werden, wurden neben den A123-Zellen

der Firma First Connect auch die auch 2200 mAh LiMnPo-Zellen von Ha-Di in den Test mit einbezogen.

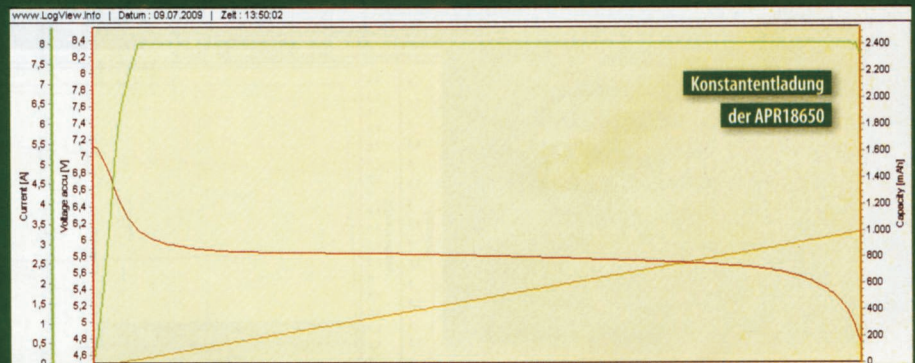
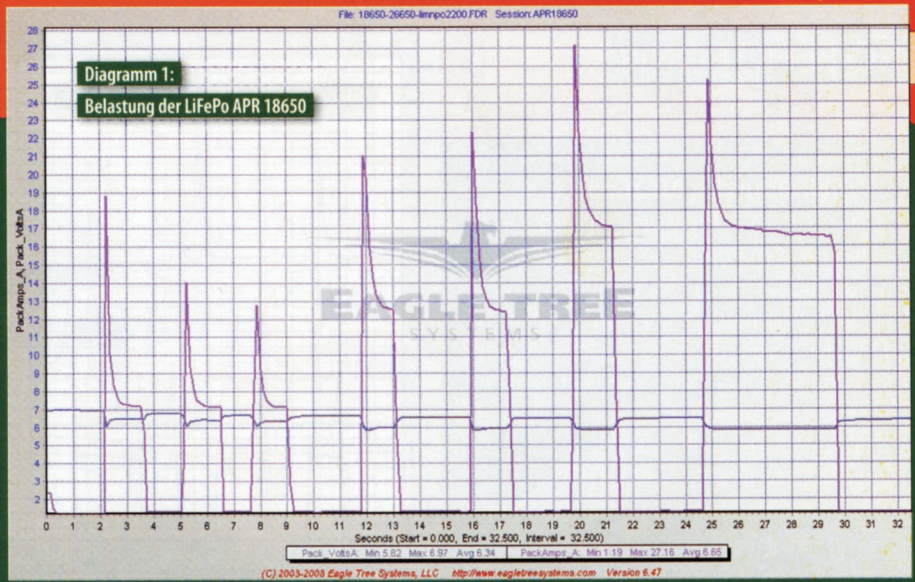
Ein wichtiges Kriterium ist der niedrige Innenwiderstand der Stromversorgung, der beim Einsatz vieler Digitalservos in Verbindung mit 2,4-GHz-Anlagen sehr wichtig ist, insbesondere bei gleichzeitig anlaufenden, vermischten Servos.

Während die A123 (FePo-) Zellen sich durch ihre Spannungslage bereits für den direkten Einsatz ohne weitere Beschaltung anbieten, sollte bei der Verwendung von LiXX-Zellen mit nicht explizit dafür geeigneten Empfängern und Servos unbedingt ein separates BEC / UBEC-System verwendet werden, um die gewünschte Spannung zu erreichen. Die meisten Systeme lassen sich hardwareseitig mittels Steckbrücke (Jumper) auf unterschiedliche Spannungen einstellen, einige Modelle wie das CC-BEC der Firma CastleCreations kann sogar in 0,1-V-Schritten zwischen 4,8 und 9,0 V via USB programmiert werden.

Ergebnisse der APR 18650

Mit Aufschalten der Last sinkt die Spannung von 7,15 V (Leerlauf) auf durchschnittliche 5,9V (-17%) ab. Die Entladekurve verläuft sehr flach, sodass diese Spannung über einen weiten Bereich annähernd konstant bleibt. Erst bei 75% Entladung beginnt ein etwas deutlicherer Spannungsrückgang, bei entnommenen 82% ist die Packspannung auf ca. 5,4 V (-25%) abgesunken. Ab diesem Punkt fällt die Spannung sehr rasch weiter ab, sodass hier für den Betrieb die Entladeschlussgrenze zu setzen ist, zumal an diesem Punkt gut 900 mAh aus dem Pack entnommen wurden – da verbleibt nicht mehr viel Reserve (200 mA). Zur Erhöhung der Kapazität können beliebige Zellen parallel geschaltet werden (2S2P = 2.200 mAh, 2S3P = 3300 mAh usw.), wenn die Einbaumöglichkeit nicht mehr als 20 mm Pack-Höhe zulässt.

Im Impulsdigramm zeigt sich, dass beim Aufschalten des 7-A-Lastimpulses die Spannung auf ca. 6,5 V zurückgeht, der Einschaltimpuls von 19 A zieht die Spannung dabei kurzzeitig auf 6,0 V herunter. Beim Aufschalten von 18-A-Lasten (mit bis zu 26 A Spitzenstrom) sinkt die Spannung nicht unter 5,8 V ab.



Technische Merkmale :

Zunächst gilt es, bei der Wahl des geeigneten Empfängerakkus nach den Einbaumöglichkeiten und dem möglichen tragbaren Gewicht zu schauen. Nicht immer sind die Einbaumaße so gegeben, das jeder Akku untergebracht oder der Schwerpunkt problemlos eingehalten werden kann. Je größer das Modell, umso geringer wird diese Problematik; jedoch bei mittelgroßen Modellen stößt man immer wieder auf Grenzen. Die Testprobanden werfen folgende technischen Daten in die Waagschale :

APR 18650

Technik: Lithium-Nanophosphat (LiFePo4)
Nennspannung: 3,3 V / Zelle
Mittlere Kapazität lt. Hersteller: 1.100 mAh
Gewicht als 2S-Pack fertig konfektioniert: 86 g
Schnellladefähig: ja
Bauform: Zylindrisch
Pack-Maß: 18,5×37×65 mm

AR 26650

Technik: Lithium-Nanophosphat (LiFePo4)
Nennspannung: 3,3 V / Zelle
Mittlere Kapazität lt. Hersteller: 2.300 mAh
Gewicht als 2S-Pack fertig konfektioniert: 154 g
Schnellladefähig: ja
Bauform: Zylindrisch
Pack-Maß: 27×54×65 mm

LiMnPo2200

Technik: Lithium-Mangan-Polymer
Nennspannung: 3,7 V / Zelle
Mittlere Kapazität lt. Hersteller: 2.200 mAh
Gewicht als 2S-Pack fertig konfektioniert: 120 g
Schnellladefähig: ja
Bauform: Prismatisch
Pack-Maß: 16×34×102 mm



Alle drei Zellen auf einen Blick. Größe, Bauform, Leistungsvermögen und Einsatzzweck unterscheiden die drei Typen.

Da moderne Modellflugzeuge und Helikopter immer höhere Leistungsanforderungen an die Spannungsversorgung stellen und somit Ströme bis hin zu 20 A keine Seltenheit sind, wurden die Test-Akkus zum einen auf ihr Entladeverhalten bei konstanter Last (im Testaufbau 8 A Dauerstrom) sowie auf das Verhalten bei Impulslasten von 7,0 A sowie

12,5 A und 18 A (bei LiFePo) bzw. 9,0 A sowie 14,0 A und 20,0 A (bei LiMnPo, aufgrund der höheren Spannung) getestet.

Entladung – wann wird es kritisch?

Bei der Entladung mit konstanter Last wurde angenommen, dass die Zellen einem durchschnittlichen Energiebedarf von 8 A ausgesetzt werden. Dieser wurde bewusst so hoch angesetzt, da er dem Entladungsverhalten bei hohen Impulslasten näher kommt, als eine Entladung mit konstant niedrigem Strom; auch wenn die mittlere Stromaufnahme in den meisten Modellen mittlerer Baugröße unter diesem Wert liegen dürfte, da die Servos nicht über die gesamte Flugdauer mit Volllast arbeiten müssen, aber z.B. bei Kunstflug sehr hohe Stromspitzen auftreten können.

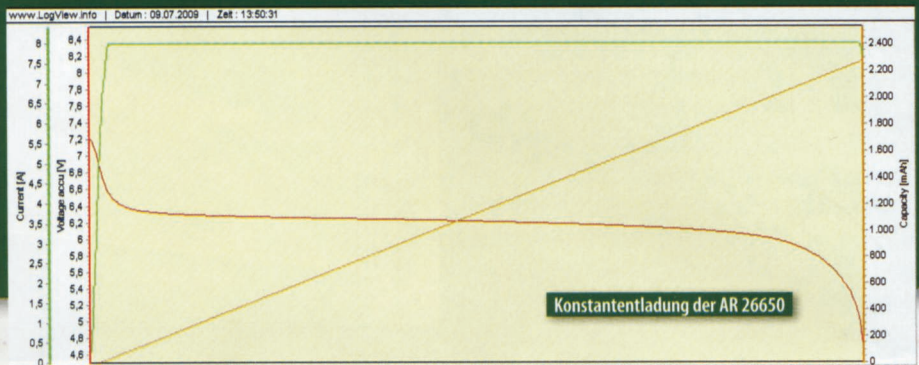
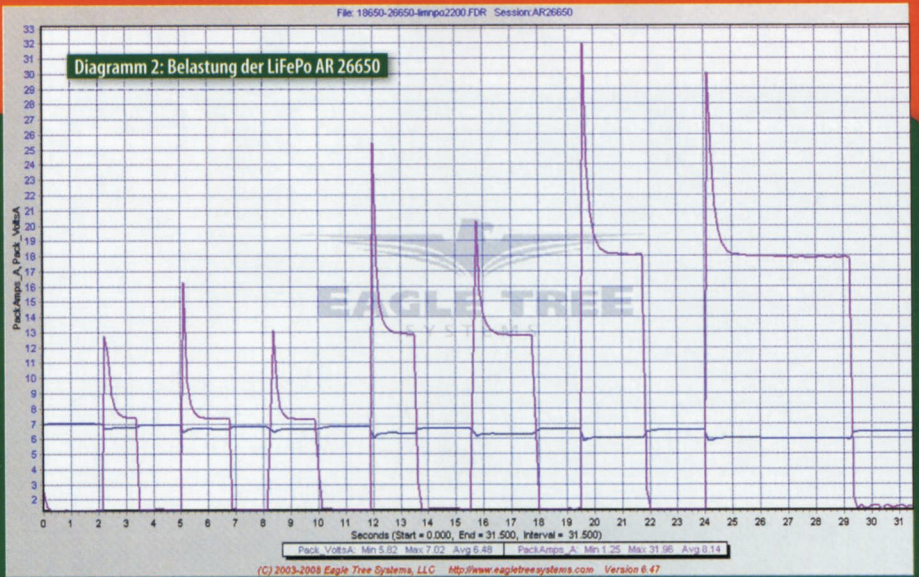
Impulsverhalten – was ist daran wichtig?

Bei der Betrachtung des Impulsverhaltens wird die Reaktion des Spannungsverhaltens in Abhängigkeit des Lastimpulses betrachtet. Bricht die Spannung sehr stark ein, ändern sich automatisch die Stellzeiten der Servos – sie arbeiten langsamer. Ferner können in ungünstigen Fällen starke Spannungsschwankungen bei Impulsspitzen zu Störsignalen führen, die unerwünschte Nebeneffekte verursachen können.

Ergebnisse der AR 26650

Die AR 26650 zeigt einen ähnlich flachen Entladungsverlauf wie die APR 18650. Auch hier bricht mit Aufschalten der 8-A-Last die Spannung ein, jedoch lediglich auf durchschnittlich 6,35 V (-12%); bedingt durch die höhere Kapazität und den geringeren Innenwiderstand der Zelle. Die AR 26650 zeigt sich auch über einen weiteren Bereich stabiler als die APR 18650, hier wird es erst bei ca. 2.100 mA entnommener Ladung Zeit, die Entladung einzustellen. Bei 2.250 mA werden 4,8 V Packspannung unterschritten und der Akku ist leistungslos (entladen).

Im Impulsdiagramm bestätigt sich der Vorteil der Zelle gegenüber der kleineren Schwester. Die Spannungseinbrüche bleiben insgesamt flacher. Selbst bei 32-A-Peaks bricht sie nicht unter 5,9 V ein, bei 18 A sogar nur auf 6,0 V, was mehr Reserve für leistungshungrige Servomotoren bedeutet.



Welche Zelle für welchen Zweck

Aus den Ergebnissen der Versuchsanordnung ergibt sich, dass die APR18650 für Anwendungen prädestiniert ist, wo nur wenig Platz zur Verfügung steht und kein Anspruch auf stundenlange Stromversorgung besteht – knappe 1.000 mAh nutzbare Kapazität für zwei kleine Zellen sind nun mal nicht besonders viel. Man tut in jeden Fall gut daran, nach einem ersten Einsatz über eine fest definierte Zeit die nachladbare Ladungsmenge zu ermitteln, um die mögliche theoretische Einsatzzeit festlegen zu können. Ideal ist für eine Empfängerstromver-

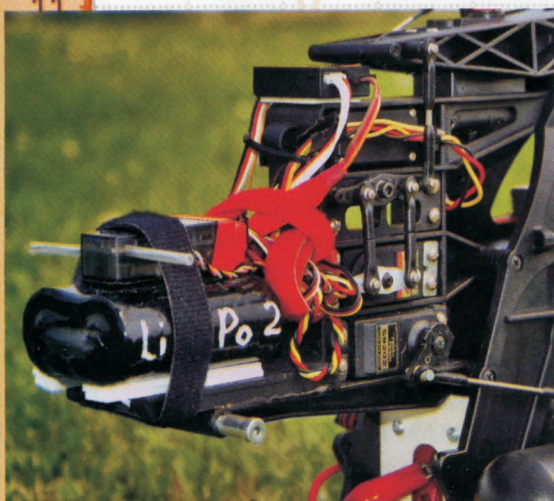
sorgung immer eine Spannungsüberwachung, was bei Platzmangel jedoch nicht immer umzusetzen ist.

Wer den Platz zur Verfügung hat und mit dem Gewicht von 154 g für den konfektionierten Pack der A123-2300 (AR26650) keine Schwerpunktprobleme bekommt, ist damit merklich besser dran. Das „Leistungsgewicht“ ist bereits durch die maximale Nutzungskapazität besser als bei der APR18650, allerdings zum Preis des etwas unförmigen Packs.

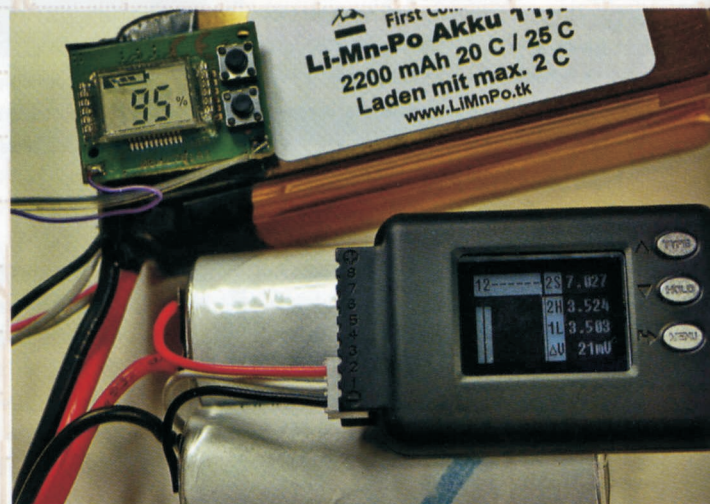
Bei Platzproblemen und wo trotz hoher Kapazität niedriges Gewicht gefragt ist, spie-

len die LiMnPo-Zellen ihre Vorteile aus. Das kompakte Format und die gute Nutzkapazität, gepaart mit hoher Eigensicherheit, machen sie zu einer Alternative, die ebenfalls interessant ist. Jedoch dürfte die hohe Spannung bei den meisten derzeit im Einsatz befindlichen Empfängern kritisch sein, sodass man derzeit um den Einsatz eines BEC-/ UBEC-Systems bei diesen Zellen nicht umherkommt.

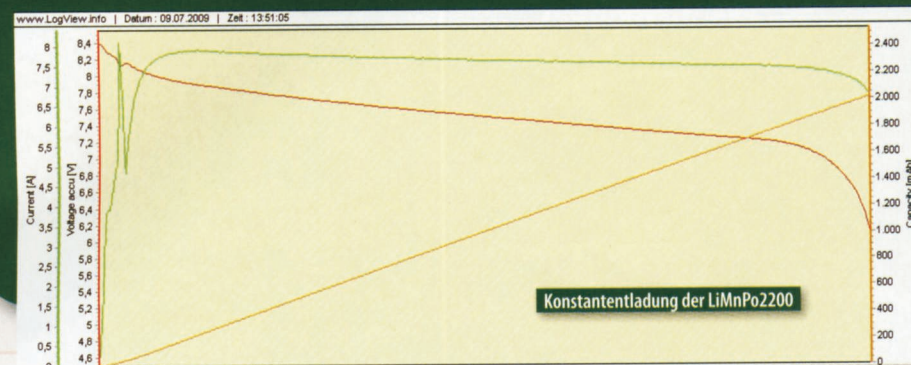
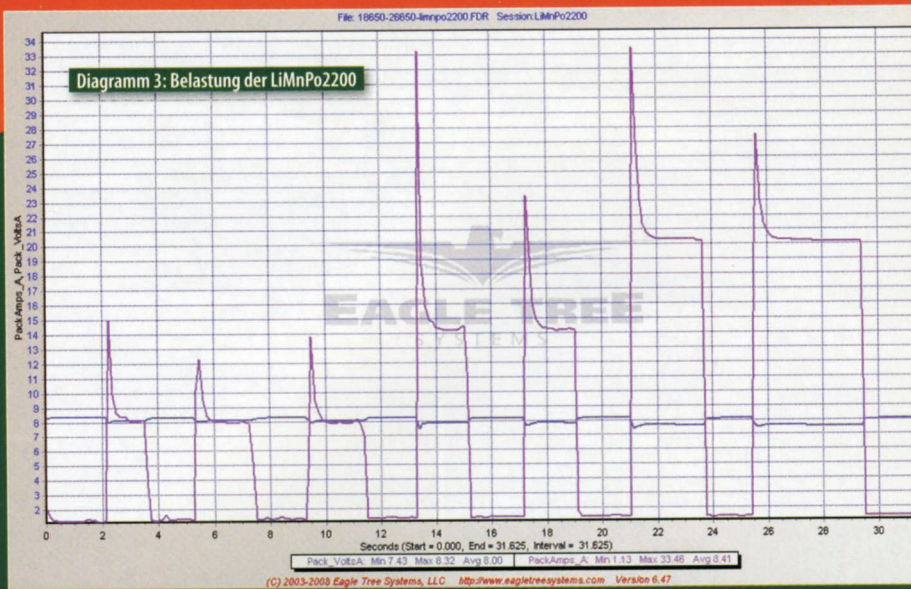
Die FePo-Zellen hingegen eignen sich aufgrund ihrer typbedingt niedrigeren Spannungslage auch für den Einsatz ohne BEC / UBEC-System zur direkten Empfängerstrom-



Beispiel der Empfängerstromversorgung mit einem LiMnPo2200 im Heli Raptor 50 SE.



Um den aktuellen „Füllstand“ der Zellen im Blick zu haben, ist die Anschaffung des LAM5 von ELV oder Cell-Log8S von Junsi empfehlenswert.



Ergebnisse der LiMnPo2200

Genau wie bei Lithium-Polymer-Zellen (LiPo) liegt bei der LiMnPo-Zelle die Nominalspannung bei 3,7V, die Ladeschlussspannung bei 4,2V. Der Spannungsverlauf ist auf den ersten Blick nicht so flach wie bei den LiFePo4-Zellen, was aber daran liegt, dass die Spannungsstabilität insgesamt besser ist und die Spannungslage bei 8 A Laststrom anfangs nur von 8,4 V auf 7,95 V zurückgeht (-5%) und während der Entladung bis ca. 2.000 mA bis auf 7,1 V (-16%) abfällt. Auf Impulslasten reagieren die Zellen sehr schnell, insbesondere auch auf den Spannungsabstand bei Lastfreischaltung, d.h. der Akku steigt in seiner Spannung schneller wieder an. Die 9- und 15-A-Peaks lassen den Pack nur sehr kurz auf 8,1 V einbrechen, die Spannung bricht bei 20 A Last mit 33 A Peak von 8,4 V nur auf 7,5 V ein – typisch für Vertreter dieser Zelltechnik-Kategorie.

Versorgung. Wer sicher gehen will, kann durch den Einsatz einer Leistungsdiode in der Versorgungsleitung zur „Last“ die Spannung um 0,7 V reduzieren (typischer Spannungsabfall einer Si.-Diode). Allerdings sollte man auf keine herkömmliche Gleichrichterdiode wie die 1N400x-Serie zurückgreifen, sondern auf Schottky-Leistungsdioden wie die SB1290, die Ströme bis 20 A problemlos bewältigen können und im Gegensatz zu den meisten Schottky-Dioden über eine Vorwärtsspannung (=Spannungsabfall) von 0,75 V anstatt 0,4 V verfügt.

Was man wissen sollte

Für den Einsatz im Modell empfiehlt sich bei solchen Packs auf jeden Fall eine Doppel-Konfektionierung. Neben der Versorgungsleitung mit JR/Futaba-Stecker zum Empfänger empfiehlt es sich, eine zusätzliche „Lade-Leitung“ mit min. 2x1,5 mm² silikonisierter Feinlitze anzubringen. Dann stehen auch dem Schnell-Laden auf dem Flugfeld im Bedarfsfall keine Leitungsverluste im Wege, und das eventuell umständliche Umstecken von Steckverbindungen entfällt. Schließlich will man den Vorteil der Eigensicherheit auch dafür nutzen, dass

der Akku „auf die Schnelle“ im Modell geladen werden kann, ohne das man einen Brand oder ähnliches riskiert. In jedem Fall sollte auch dabei Sorgfalt walten und die Wahl auf verpolungssichere Steckverbindungen fallen.

Für alle Probanden gilt: Kapazitäten lassen sich durch entsprechende parallele Verschaltung mehrerer Zellen leicht realisieren, letztendlich begrenzen nur die bereits eingangs genannten Punkte (Abmessungen, Schwerpunkt usw.) die endgültige Ausführung des Energie-Spenders – und wo genug Platz ist, sollte eine Akkuüberwachung keinesfalls fehlen. Gerade die bei allen Akkutypen sehr stabile Spannungslage lässt nur durch einen Ruder-Check keinen Anschluss auf die mögliche Restkapazität zu. Empfehlenswert sind hier Hilfsmittel wie der Cell-Log 8S von Junsi oder einfache Module wie der LAM5 von ELV, um den aktuellen „Füllstand“ im Blick zu behalten. Mehr zu diesem Thema können Sie in der Heli4fun Ausgabe 5-09 lesen.

Bezug: Fachhandel, z.B. Parkflieger

Belastungskurven der drei Zellentypen im direkten Vergleich. Hier lässt sich das Leistungsvermögen gut ablesen.

