



Dieser Bericht wird zur Verfügung gestellt von

ROTOR

RC-HELIKOPTER bauen & fliegen
DAS MAGAZIN FÜR RC-HELI-PILOTEN

AUSGABE 3/2018

INHALT:

Vorstellung

- 16 SAB Mini Comet
- 28 Graupner mz-12 PRO
- 50 3Digi Flybarless-System
- 56 Uvular-Rumpfverkleidung
- 60 BC-8S Battery-Checker
- 64 Pulsar 3+ Ladegerät
- 70 Doppelstromversorgung für die Horus X12s

Scale

- 34 EC 145 mit T-Rex 600 ESP
- 76 Vom Riesen zu den Zwergen Teil 2: Hans Derschmidt

Praxis

- 46 Workshop: Kufenlandegestell für Scale-Modelle im Eigenbau
- 73 Kleiner Praxistipp Steuerstangen rechts-links selbst fertigen

Unterwegs

- 25 Helfest 2017 in Mexiko
- 74 6. Indoorfliegen Dübendorf



Sie möchten ROTOR regelmäßig, pünktlich und bequem in Ihrem Briefkasten haben? Sie wollen keine Ausgabe mehr versäumen? Dann sollten Sie ROTOR jetzt im Abonnement bestellen.

Es warten tolle Prämien auf Sie!

Besuchen Sie auch unseren Onlineshop und entdecken Sie actionreiche DVDs, informative Bücher und vieles mehr!



Der Pulsar 3+ ist eine Neukonstruktion und baut auf den Pulsar 3 auf – allerdings mit neuen Funktionen und technisch attraktiver denn je. Mittlerweile bringt der P3+ satte 2.500 Watt Ladeleistung, die integrierten 16 Hochleistungsbalancer (für max. 16 Zellen) leisten jetzt bis zu zwei Ampere je Port. Allesamt interessante Werte, die unseren Elektronikexperten Gerd Giese neugierig werden ließen.



Ladegerät der Extraklasse

Pulsar 3+ von pp-rc Modellbau

Allgemein

Der neue Pulsar 3+ ist kein »aufgebohrter« P3, die Technik intern ist eine völlig Neue. Demnach kann ein bestehender Pulsar 3 auch nicht auf einen Pulsar 3+ hochgerüstet werden. Der Pulsar 3+ ist eine Ergänzung des bestehenden Laderprogramms. PP-RC hat die hochgesteckten Ziele zum perfekten Lader noch einmal neu definiert. Das Gehäuse ist glattflächig, sehr robust und aus Aluminium. Ebenso die kratzfeste und Hart-Pulverbeschichtete Lackierung, die im Alltag manchen Knuff verzeiht. Die Pultform ist ideal, da man – ob davor stehend oder sitzend – immer einen guten Blickwinkel auf das Display und den Bedienknopf hat.

Am prägnantesten ist aber die Einknopfbedienung. Mit diesem kombinierten Dreh-/Druckknopf navigiert man derart schnell und sicher durch die Menüs, dass keinerlei Gefühl nach noch mehr Bedienelementen hochkommt. Die Menüs

sind logisch strukturiert, so dass man meint, gleich loslegen zu können. Die englische Menüführung und deren Begriffe sollten keine Hindernisse darstellen, weil Begriffe wie Charge, Discharge, Power, Delta-Peak etc. heute zum Standardrepertoire eines Modellbauers gehören. Dennoch empfehle ich, vorher die ausführliche und toll gegliederte Bedienungsanleitung zu lesen, um die Feinheiten des P3+ zu erkennen.

Der Tast-Digi-Geber erfasst völlig verzögerungsfrei beide Drehrichtungen und bewegt dabei einen Cursor durch die Menüs. Mit der zusätzlichen Druckmöglichkeit (Enter), lässt sich die Funktion gezielt auswählen bzw. ändern. Das geht derart schnell, zielsicher und flüssig von der Hand, dass die Frage aufkommt, warum das keiner schon früher in dieser Konsequenz angeboten hat.

Das mitgelieferte Zubehör ist komplett und beinhaltet auch einen fest montierten Balancer-Adapter (EH- und XH-Stiftleisten). Dem Ladegerät liegt ein Temperaturfühler, eine 8 GB große SD-Speicherkarte, ein USB-Kabel sowie eine sehr umfangreiche, deutschsprachige Bedienungsanleitung bei. Optional lässt sich der P3+ noch mit einem Funkmodul (Bluetooth oder kombiniert BT/WLAN) ausrüsten. Damit wird eine Funk-Verbindung, auch gleichzeitig BT und WLAN, nutzbar zum Smartphone oder PC aufgebaut. Es werden dann die gesamten Lade-/Entladedaten übertragen und auf sechs Seiten zur Anzeige gebracht.

Zur Anwendung kommt ein Funkmodul der Sendeklasse 1 mit ca. 100 mW (20 dBm) Sendeleistung. Damit sind Entfernungen im Freifeld bis zu 100 m überbrückbar. Anm.: Eine Störung bzw. sonstige Beeinflussung unserer 2,4 GHz-Funkfernsteuerungen konnte ich auch nach ausgiebigen Tests mit Jeti, Fasst und MPX nicht feststellen. Eine vollständige Fernbedienbarkeit ist nicht vorgesehen. Nur ein Prozess, wie z.B. eine Ent- oder eine Ladung, kann dabei fernbedient abgebro-



Pulsar 3+ Startdisplay mit den Auswahl-symbolen für Netzteil oder Batterie.

chen werden. Bisher werden bei BT nur Windows und Android als Betriebssysteme unterstützt; unter WLAN werden sämtliche Betriebssysteme angesprochen.

Bedienung

Das Grafik-Display ist groß und bewusst monochrom gehalten, das garantiert auch bei sonnigem Tageslicht eine höchste Lesbarkeit. Es zeichnet sehr scharf und kontrastreich (Auflösung/Pixel: 240x64) ab. Der Kontrast, die Helligkeit und ein Inverse-Betrieb (dunkler Hintergrund, helle Ziffern) sind individuell anpassbar. Tipp: Ich nutze die Inverse-Darstellung beim Betrieb am Netzteil (NT) und gespeist aus einer Batterie die normale Darstellung. Damit habe ich schon beim Einschalten ein Unterscheidungsmerkmal zwischen einer Batterie- oder Netzteilspannung. Hierfür hat der P3+ zwei getrennt einstellbare Grundeinstellungen. Hintergrund ist, dass nicht alle Netzteile gepulste Ströme (Regel-schwingungen) vertragen – und schon gar nicht eine Energie-Rückspeisung (durch Spannungsüberhöhung eine Zerstörungsgefahr) bei Entladung!

Beim P3+ mit Funkmodul zielt noch eine 2G4-Klappantenne die linke Gehäusesseite. Rückwärtig hat der P3+ nun eine XT90-Buchse zur Einspeisung der Versorgungsspannung erhalten – das macht ihn einfach händelbarer im transportablen Betrieb. Der große und demnach sehr leise laufende Lüfter ist temperaturabhängig drehzahlregelt und saugt von rechts die Frischluft an; die externen Temperaturgrenzen sind im Setup-Menü einstellbar. Achtung: Beim Greifen des P3+ im laufenden Betrieb könnte der »kleine« Finger durch die Lüftungsschlitze den laufenden Propeller berühren und es eventuell zu Verletzungen kommen – hier sollte der Hersteller nacharbeiten und ein Gitter davorsetzen!

Die 8 GB große Karte ist fester Bestandteil des P3+ und bietet bis zu 512 numerisch gekennzeichnete Datensätze. Die Übersicht geht dabei nicht verloren, da die Datensätze zur Identifizierung ein Datum und die Einstellparameter mit der Speicherplatznummer enthalten. Wer möchte, archiviert mittels Menübefehl »Backup« die Daten in einem Ordner (z.B. Backup1, Backup2, ...3). Eine nützliche Funktion stellt die Speichermöglichkeit (mittels Import/Export) der persönlichen P3+ Einstellungen, inklusiv der zwanzig Akku-Speicher und deren Einstellungen dar. Das i-Tüpfelchen ist aber das Verwalten der bis zu zehn P3+ Vorgaben (0 – 9). So gerüstet, stehen einem also zehn »individuelle« P3+ inkl. deren 20 Speicher zu Verfügung. Einfach praktisch, wer das einmal nutzt bzw. sich mit anderen P3+ austauschen möchte.



Links am P3+: SD-Kartenschacht, USB-Schnittstelle sowie SMA-Antennenanschluss.



Lüftereinlass, Temperaturbuchse, verschraubter Balanceradapter sowie XT90-Ausgangsbuchse an der rechten Gehäusewand.



Hinten rechts wurde die XT90-Versorgungsbuchse integriert.

Die integrierte USB-Schnittstelle stellt den Kontakt zum PC sicher. Entweder wird darüber ein Software-Update eingespielt oder einer Datenanalyse mittels der mitgelieferten Software (Pulsar Graph und -Monitor) Tür und Tor geöffnet. Angenehm ist, dass der P3+ die Möglichkeit der

Personalisierung und die Eingabe des aktuellen Datums mit Uhrzeit bietet. Das ist empfehlenswert, da die Speicherdaten dann stets diesen Stempel erhalten.

Programme

Nach dem Einschalten erfolgt direkt die Abfrage »Batterie oder Netzteil«. Die Auswahl ist insofern wichtig, da hier die speziellen Voreinstellungen zum NT oder der Batterie greifen. Tipp: Beim NT (gerade aus einem Stromgenerator versorgt) keine Rückspeisung und mit Vorbehalt gepulste Ströme (bitte dazu die Anleitung des NT bzw. Stromgenerators lesen); im Batterie-Betrieb sollte beides aktiviert werden.

Per Digi-Geber sind Strom und Kapazität sofort veränderbar, der Akkutyp bzw. die dazugehörigen Modi (Laden/Entladen/Zyklen) stehen im Menü »Mode & Akku« zur Verfügung. Hierfür nur den Digi-Geber eine Sekunde lang drücken und fünf Menüpunkte liegen offen. Wer schon so weit ist, sollte nach und nach die zwanzig Speicher mit den persönlichen Vorlieben programmieren. Das geht schnell und erleichtert später den Alltag enorm. Anmerkung: Zur besseren Übersicht sind die einzelnen Menüpunkte abglichtet und lassen die logische Vielfalt erahnen. Spätestens nach dieser Einsichtnahme kommt man zur Erkenntnis: »...stimmt, ist ja alles ganz logisch!«.

Es bringt keine neuen Erkenntnisse hier auf eine normale Li-Po-Ladung/-Entladung einzugehen, der P3+ beherrscht dies perfekt. Der P3+ bietet mehr und darauf legt der Autor wert, mal



Das Zubehör mit der Bedienungsanleitung, dem externen Temperaturfühler, einer 8 GB-SD-Karte, einem XT-90-Adapter, der Hochstromzuleitung mit soliden Klemmen, einem USB-Kabel sowie der Antenne (nur bei BT und/oder BT-WLAN).

ren (Condit)-Programm wird der Akku erst geladen, dann entladen und anschließend bis zur Lagerspannung fertig zum Lagern vorbereitet. Natürlich sind die gesamten Spannungsgrenzen, die Ströme und die Lagerspannung getrennt einstellbar. Wer wissen möchte, wie fit der Akku noch ist, kann sich u.a. die Daten (Ah/Wh im Wechsel) im Daten-Menü (Memory) anzeigen lassen. Das ist z.B. der perfekte »Wintercheck« vor dem Einlagern der LiX-Packs!

Das Zweite ist die »Fast-Ladung« und wird von fast allen Ladegeräten unterstützt. Aber, deren Geheimnis dahinter: Die verkürzen am Ladeschluss einfach die CV-Phase (Spannung konstant, Ladestrom wird reduziert) und melden den Akku früher als vollgeladen. Das ist primitiv und nicht nur »Augenwischerei«, es hat einige Nachteile, wie z.B. den des Kapazitätsverzichts und einer stetig abnehmenden Balanciergenauigkeit (das wird oft unterschätzt). Der P3+ bezeichnet die Fast-Ladung zu Recht. Ein spezieller Ladealgorithmus verkürzt nicht einfach die CV-Phase, die gibt es nicht mehr! Er generiert zum Zeitpunkt der »normalen CV-Phase« solange zeitlich abgestimmte Ladeimpulse, bis in einer definierten Leerlaufphase die Sollspannung (beim LiPo exakt 4,2 V/Z) eine bestimmte Zeit gehalten wird.

Das ist technisch sehr aufwendig und setzt genaueste Hardware voraus! Aber der Erfolg gibt den P3+ Machern Recht, denn es garantiert volle LiPos (um 98%) bei merklicher Ladezeitverkürzung. Dies kann je nach Akkutyp und -zustand um die 20% (in der Praxis auch höher) gegenüber einer Normalladung eines anderen Standard-Ladegeräts ausmachen, ohne dass die Balanciergenauigkeit darunter leidet (wichtig)!

Wer noch einen obendrauf setzen möchte, aktiviert zusätzlich den »Reflex-Modus« (sehr kurze Entladeimpulse) dazu.

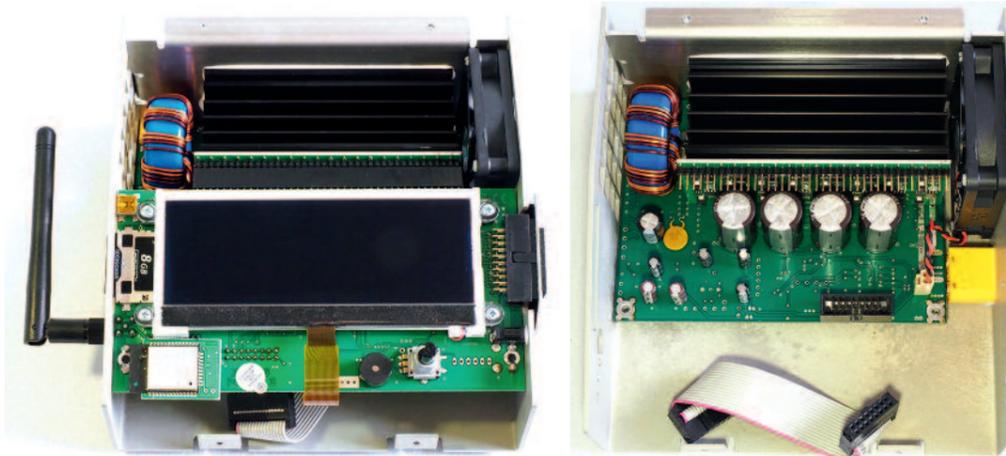
Spannungsnormalität an und führt (z.B. beim LiPo) ab 3,3 V/Zelle (Z) die Ladung normal weiter. Wer das nicht benötigt, überspringt diese Vorgänge. Dazu nur den Digi-Geber kurz drücken und der Normalstrom liegt sofort an (Anm.: im Zyklen-/entladen dient das zusätzlich einer Pause der Zyklen).

Drei besondere Programme, die ich u.a. auch gerne zum kurzen Check der LiPo-Zellen nutze, möchte ich hier näher erörtern: Im Konditionie-

TECHNISCHE DATEN

Pulstar 3+	
Akkutypen	Ni-Cd, Ni-MH, Pb, LiIon, LiFe, LiPo, LiHV
Eingangsspannung	12 V (10 – 16 V); 24 V (20 – 32 V); 36 V (27 – 48 V); 48 V (40 – 60 V) Autobatterie. Empfohlen ab 70 Ah oder stabilisiertes Netzgerät 48 V 1.500 W
Ladespannung	0,5 – 58,8 V
Ladestrom	100 mA – 40 A (2.500 W)
Entladestrom	100 mA – 40 A (500/1000/1600/2.500 W) mit Energierückspeisung, oder 100 mA – 40 A (100 W) ohne Energierückspeisung (am Netzteil)
Eigenstromaufnahme	50 – 70 mA
Temperaturmessung	0 – 99 °C
Spannungsmessung	0,1 – 65 V
Strommessung	0,1 – 40 A
Max. Balancierleistung	100 W
Max. Ausgleichsstrom pro Zelle	0,50 A; 1,0 A; 2,0 A
Min. Ausgleichsstrom pro Zelle	25 mA; 50 mA; 100 mA
Zellenzahl (Balancer)	2 bis 16
Balanciergenauigkeit	bis zu 3 mV (0,003 V)
Maße (BxTxH)	155 x 160 x 75 mm
Gewicht	ca. 1.085 g
Preis	ab € 779,-
Hersteller	www.elprog.com.pl
Bezug	pp-rc Modellbau, www.pp-rc.de, shop@pp-rc.de

»das Besondere« zu durchleuchten! Schonende und effiziente LiX-Ladung lässt sich dabei wie folgt definieren: Ein »Softstart« fährt die Stromrampe innerhalb einer Minute in fünf Stufen bis zum eingestellten Strom hoch. Die normale LiPo-Ladung ist nach 1/10 des Ladestroms beendet. Tiefentladene LiX-Akkus hebt der P3 mit 1/5 des eingestellten Ladestroms wieder zur



Der Blick ins Innere offenbart feinste Industrietechnik. Das Bedienpanel und der DC-DC-Wandler befinden sich auf zwei getrennten Platinen.

Spannungsnormalität an und führt (z.B. beim LiPo) ab 3,3 V/Zelle (Z) die Ladung normal weiter. Wer das nicht benötigt, überspringt diese Vorgänge. Dazu nur den Digi-Geber kurz drücken und der Normalstrom liegt sofort an (Anm.: im Zyklen-/entladen dient das zusätzlich einer Pause der Zyklen).

Drei besondere Programme, die ich u.a. auch gerne zum kurzen Check der LiPo-Zellen nutze, möchte ich hier näher erörtern: Im Konditionie-



Auf dem Android-Handy/Tablet werden mittels Funk sechs Seiten Informationen übertragen.



Displaydarstellung zum Laden (Charge). Ein helles Display zeigt bei mir an, wenn der P3+ aus einer Batterie gespeist wird (Inverse-Einstellung).



Für mich ein sehr wichtiger Menüpunkt. Zum Konditionieren (Condit) gehört ein Zyklus: Laden/Entladen/Lagern mit frei einstellbaren Parametern.



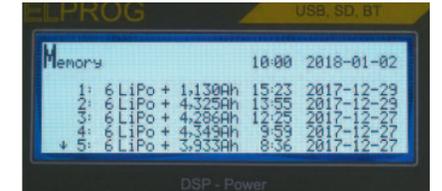
Die Grundeinstellungen (Setup) des P3+ sind umfangreich. Die Spannungs- und Leistungsgrenzen werden u.a. hier definiert.



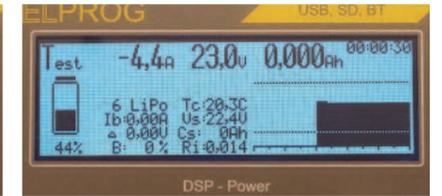
Die Möglichkeiten der Speicherkartenverwaltung mit der Personalisierung.



Darstellung des Innenwiderstands eines LiPo-Akkupacks und dessen Einzelzellen beim Laden. Hier ein neuer 6s/5.100 mA/70C mit seitlichen Hochstromableitern.



Die letzten acht Ereignisse im Überblick. Im Wechsel zeigt der P3+ die Kapazität (in Ah) oder die Energie (in Wh) an.

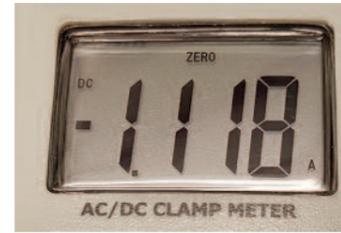


Ein »Test-Zyklus« zum exakten Bestimmen des Innenwiderstands. Dieser Vorgang dauert 30 Sekunden und wird übersichtlich auf drei Seiten dargestellt (hier nur die erste Seite).

Versuchsreihen bestätigten, dass bei unseren Akkus (LiPo und LiFe), die mit mindestens 2C und aktiviertem Fast/Reflex-Modus geladen wurden (Vorort lade ich nur so) einen Akku zeigen, als wenn er immer leicht vorgewärmt wäre. Viele sage dazu: Der Akku hat mehr Druck! Zudem sank der DC-Ri (höhere Spannungslage unter Last) merklich ab, bei annähernd gleicher Nutzkapazität! Deshalb klar die Empfehlung von mir: Wenn es schneller gehen soll, mindestens 2C (max.: 4C)-Laderate bei aktiviertem Fast/Reflex-Modus!

Im Lagermodus (Storage) lassen sich nicht nur die Spannungen innerhalb eines praktikablen Fensters vorgeben. Auch die Balanceraktivität ist frei wählbar. Das wäre immer dann zu empfehlen, wenn ein längeres Lagern nötig ist, wie z.B. beim Überwintern von LiX-Zellen. Der Autor empfiehlt 10 bis 15% Lagerkapazität beim LiPo (3,72 V/Z bis 3,74 V/Z).

Die dritte herausragende Möglichkeit ist die Erfassung des Innenwiderstands des gesamten Packs und der Einzelzellen. Anmerkung: Ist der Widerstand beim Akku hoch, kann er mit weniger Strom belastet werden als beim gleichen Akku mit niedrigerem Innenwiderstand. Steigt er über die Zyklen stetig an, erkennt man die zunehmende Alterung; spätestens beim doppelten Innenwiderstand der Einzelzellen sollte man über einen Austausch nachdenken. Das Ganze hat einen Haken: Für verlässliche Werte muss die Messung entsprechend aufwendig gestaltet sein. Das ist beim P3+ wegen der umfangreichen Messmethode gegeben. In dem speziellen Messprogramm (Test) werden die Einzelwerte der Zellen und der Gesamtwiderstand nach ca. 30 Sekunden durch gepulste, unterschiedlich hohe Prüfströme ermittelt und sehr übersichtlich dargestellt.



Real fließender Balancerstrom in der Vorgabe mit 2 A (1 A). Konstant hoch und unabhängig von der Spannungshöhe der jeweiligen Einzelzellen.

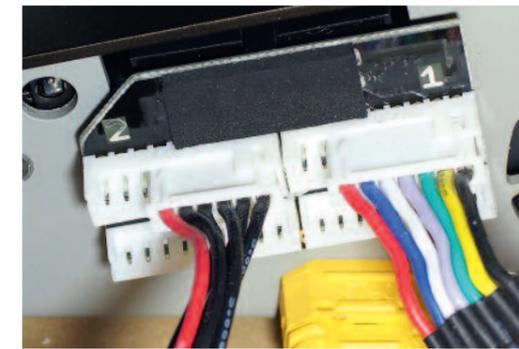
Eine Messstromeinstellung (dem Akku angepassten Prüfstrom) von 1C (z.B.: 4.100 mAh = 4,1A => 1C [h⁻¹]) und bei ca. 50% Ladetiefe (ca. 3,85 V/Z und Raumtemperatur) ist dabei sinnvoll und liefert die bisher verlässlichsten und vergleichbarsten Innenwiderstandswerte zum Akku, die ich kenne. Die Messdaten werden auch auf die SD-Karte abgespeichert. Wer Akkus mittels Zyklenprogramm mit dem Laden/Entladen (Dis-Ch. oder umgekehrt und bis zu 99) austesten möchte, kommt voll auf seine Kosten. Gerade der bis zu 40A hohe Entladestrom, bei max. 2.500 W (bei Rückspeisung, ohne max. 100 W), wäre dazu prädestiniert. Die Spannungsgrenzen sind praxisgerecht einstellbar.

Neben den Lithium-Akkus unterstützt der P3+ noch Pb, NiCd, NiMh oder NiZn mit den Lade- und Pflegemöglichkeiten (spezielles Formieren, Regenerieren, Reflex und Inflex vorhanden). Die Inflex-Vollererkennung ist besonders schonend und für nicht hochstromfähige NiX-Zellen empfehlenswert (z.B. NiMh: Enelooop u.v.m.). Die Spannungsgrenzen sind typgerecht (z.B. NiMh = min. 1,0 V/Z) angepasst und variierbar. Der Refleximpuls ist sehr gut ausgeprägt und zeigt auffrischende Wirkung, wie der Autor bei Versuchen mit NiMh-Zellen feststellen konnte. Leider lassen sich NiX-Zellen, die mit einem Diodenschutz versehen wurden (meist im Sender integriert als Kurzschlusschutz), nicht am P3+ laden.

Die Frage kommt unwillkürlich hoch, wer sich einen neuen Powerlader anschaffen möchte. Um das zu verdeutlichen, muss ich leicht ins Technische abtauchen, da hier die größten Wurzeln des Preises verankert sind. Ich versuche mich hier so »untechnisch« wie möglich auszudrücken, damit viele Leser diesen Abschnitt umsetzen können.

Klärendes zum Technischen – und was macht den Pulsar 3+ so einzigartig?

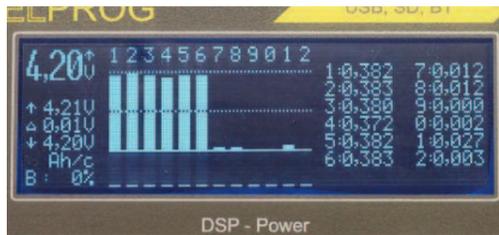
Zu nennen ist erst einmal das sehr robuste Metallgehäuse, was auch mal eine robustere Gangart gegenüber den Kunst-



Ein Novum in der Balancer-Anschlusstechnik (siehe Text zu den Balancern). So werden zwei LiPo-Packs (rechts ein 6s, links ein 5s-Pack) angeschlossen.



Oben: Darstellung des Innenwiderstands der seriell verschalteten LiPo-Akkus beim Laden, bestehend aus 6s (1 bis 6) und 5s (7 bis 11).



Die 6s-Packs sind unterschiedlich alt (ein Jahr auseinander). Der P3 hat sie zügig in Gleichstand gebracht. Beim Akku 1 (Z1 bis 6) zeigten die Balancer volle Action bis zum Gleichstand. Hierfür war eine Enladekapazität über die Balancer von ca. 380 mAh nötig.

stoffgehäusen aushält. Dann ist dieses Ladegerät zu 100% eine private Eigenentwicklung eines polnischen Ingenieurteams und wird dort gefertigt; die Geräte werden in Deutschland von PP-RC Modellbau vertrieben. Hier handelt es sich also um keine fernöstliche gefertigte Ware, die einem Massenmarkt angeboten wird.

Die technische Auslegung der Leistungsdaten sind so gewählt, dass sie garantiert zu 100% in einem gestuften Spannungsfenster eingehalten werden (siehe Tabelle techn. Daten; vier Leistungsstufen: 500/1.000/1.600/2.500 W). Das ist für den User kalkulierbarer, weil eben keine variable Abhängigkeit der Leistungsdaten von der Eingangsspannung besteht. Hierzu ein Beispiel: Der P3+ garantiert bei z.B. 24V-Eingangsspannung (Spannungsfenster zwischen: 18 – 31 V) eine Ladeleistung von konstant 1.000 W. Ein anderer »realer« Lader (vergleichbarer Ladeleistung) täte dann bis zu 300 W (oder höher) schwanken.

Der P3+ wird von zwei schnellen (das ist meines Wissens einzig) Mikroprozessoren gesteuert. Die arbeiten so zusammen, dass sich der eine (DSP; Signalprozessor) nur in Echtzeit um den DC-DC-Wandler kümmert und der andere die Aufgaben der Bedienung und Schnittstellen übernimmt. Dann werkelt im P3+ ein spezieller DC-DC-Wandler. In der Technik spricht man von Vollsynchro und vierfach getaktetem Wandler. Die Vorteile sind dabei ein erhöhter Wirkungsgrad (gemessen bis zu 96%) und dadurch eine geringere Wärmeentwicklung, weil sich mindestens zwei Leistungstransistoren (Power-FET) einen Stromtakt aufteilen sowie natürlich dessen deutlich schnelleren Regelzeiten (dazu später mehr). Dann eine feiner gestufte, genauere Stromreglung und ein breiterer Spannungsbereich. Der Eingangsspannungsbereich erstreckt sich beim P3+ von 9 bis 55V und die Ausgangsspannung (Ladespannung) bis zu 60 V. Wohlgermerkt, die 60 V entsprechen dann 14s-LiPo-Zellen (58,8 V) bei vollen 2.500 W.

Einige werden einen »Cross-over-Effekt« kennen – viele Lader sind davon betroffen. Wenn die Ausgangsspannung sich der Ladespannung nähert, muss der DC-DC-Wandler von step-down (Spannung heruntertransformieren) zu step-up (Spannung herauftransformieren) umschalten. Das führt meist zu heftigen Regelschwingungen, die sich kurzzeitig in starken Stromspitzen (ripple) austoben. Ab und an wirft so ein Lader dann eine Fehlermeldung aus oder ein Netzteil quittiert einfach den Dienst wegen kurzzeitiger Überlast. All das ist dem P3+ völlig fremd!

Normal ist vor Ort, sich eine »Lade-Zapfstelle« zu teilen. Meist bestehen diese Zapfstellen aus zusammengeschalteten Blei-Batterien (Pb 12V/24V). Hier kommt es zwangsläufig zu erhöh-

Einmal habe ich es gewagt, die Power annähernd auszuzehren, in dem ich zweimal 6s-5.000 mAh LiPos mit 40A geladen habe (nicht zum Nachahmen empfohlen!).

ten Spannungsschwankungen, wenn sich einer mit dem Ladegerät an- oder abklemmt. Diese erzeugten Spannungssprünge sind nicht unerheblich und schwanken im Normalfall um die $\pm 0,3V$ (meist höher). Hört sich wenig an, aber der Ladestrom schwankt dann synchron dazu bis zu $\pm 50\%$ (d.h.: aus 5A Ladestrom wird eben 7,5A – oder umgekehrt dann 2,5A). Deshalb meist mein Rat: Diese Lader haben ein »Alleinstellungsmerkmal« an einer Pb-Batterie! Das Übel liegt

in dessen trägen Wandlerregelzeiten und langsamerem Prozessor (eben nur einer). Sie können diese Schwankungen erst nach ca. 0,5 Sekunden (s), teilweise bis zu 1,5s, ausregeln. Davon ist beim P3+ nichts feststellbar – dessen Regelzeiten liegen weit unter 0,1s und demnach ist er zu 100% massentauglich.

Dann die Präzession (Abgleich) der realen Spannung und Strom. Haben viele Lader bei der Spannung weniger Schwierigkeiten und sind genau, liegen so einige beim Ladestrom gerne mal daneben. Wir sprechen hier von bis zu 5% Stromtoleranz (teilw. auch höher). Das merkt der User daran, dass solche Geräte nach einer Ladung deutliche Abweichungen zwischen der Ladekapazität und der gebrauchten Kapazität anzeigen. Kann man so hinnehmen, aber verlässliche Daten sehen anders aus. Beim P3+ ist die gesamte Kalibrierung auf einem sehr hohen Niveau und hat durchgängig Referenzcharakter (nachgemessen)!

Der P3+ verfolgt die Philosophie eines gepulsten Ladestromes. Studien weisen diesem Verfahren positive Eigenschaften betreffs der Zyklusfestigkeit und Belastbarkeit aus (gesunkener Innenwiderstand der LiX-Akkus). Um das zu erreichen, muss der Schaltungsaufwand beim DC-DC-Wandler hoch sein, damit er keine »eigenen« Stromschwingungen beim schlagartigen Ein-/Aussschalten des Ladestromes erzeugt. Dafür wird ein schneller und sehr präzise arbeitender DC-DC-Wandler benötigt, denn, das soll ja auch noch bei 2.500 W einwandfrei funktionieren! Nachteil: Nicht jedes Netzteil verträgt diese »krassen« Impulslasten. Deshalb lässt sich diese Option beim P3+ auch deaktivieren.

Wer kennt das nicht: Der Ansteckfunken beim Anlegen der Versorgungsspannung zum Ladegerät und ab 24V wird es richtig heftig. Beim P3+ herrscht fast Stille, er hat einen Antiblitz mit integriert. Hohe Ladeleistungen benötigen in letzter Konsequenz sehr genaue und effiziente Balancerstufen damit die Ladezeit nicht unnötig länger dauert. Der P3+ hat dazu 16 Balancer-Ports die bis zu 2A realen Ausgleichsstrom mobilisieren können. Dazu ist dieser Ausgleichsstrom nicht im Verhältnis ca. 50:50 (ein/aus) gepulst (wie sonst üblich), sondern liegt kontinuierlich an und wird nur zur Kontrolle in einem Bruchteil von Sekunden kurz unterbrochen. Damit steht gegenüber der 50:50 Variante die fast doppelte Balancerleistung bei gleichen Balancerströmen zur Verfügung; die Ports des P3+ leisten insgesamt bis zu 100W Balancerleistung.

Normal werden zum Balancen die Einzelzellen der Akkus über Schalltransistoren und Widerstände entladen. Die Widerstände haben den Nachteil, dass die Ausgleichströme dann spannungsabhängig sind. Beim P3+ ist das nicht der Fall, da er 16



Auszug aus der Pulsar-Graph-Software des P3+: Kurvenverläufe, sämtliche Einzelinformationen per Data-Fenster und ein Beispiel zur benötigten Balancerkapazität zum Angleichen der Einzelzellen.

elektronische DC-Lasten integriert hat die immer stromkonstant – also spannungsunabhängig – arbeiten!

Wer LiX-Akkus seriell zum Laden/Entladen verschalten möchte hat ein Problem. Dazu gibt es Hilfen wie die Balancer-Boards. Darauf müssen dann die richtigen Stiftreihen so angeordnet sein, dass man garantiert immer den letzten Balancerkontakt (Plus, letzte Zelle) zum ersten des zweiten Akkus (Minus, erste Zelle) koppelt. Wer hier einen Fehler macht zerstört so einiges und riskiert einen heftigen Kurzschluss ... anders der P3+. Dessen Balancer-Ports sind elektrisch so konstruiert, dass die in zweimal acht Ports gesplittet sind. Hier muss lediglich sichergestellt sein, dass der erste Akku (Minusanschluss zum Ladekabel) in Port 1 (minusbündig) steckt und der zweite Akku (Plusanschluss des Ladekabels) in Port 2 (auch hier minusbündig) unabhängig von der Zellenanzahl! Wer hier etwas vertauscht erntet lediglich eine Fehlermeldung. Diese Vereinfachung ist einzig unter den Ladegeräten und stellt ein erhebliches Sicherheitsplus dar.

Die Summe aller Balancer-Features zeigt sich in der Praxis beim LiX-Laden: Man hat keine Sorgenkinder bzw. Zicken mehr und zum Ladeschluss perfekt bis auf 0,004 V (ermittelt) ausgeglichene Zellen. Dabei arbeiten die Balancermodule mit gestuften Entladeströmen (0 bis 100%, in 10% Schritten) innerhalb des voreingestellten max. Balancerstromes (maximal: 0,5/1A oder 2A, Menü: Parameters). Ein ausgeklügelter Algorithmus, in Abhängigkeit der Zellenspannung (trichterförmig), der Spannungsdifferenz und einer vorherberechneten Geschwindigkeitsänderung (immer bezogen auf die mittlere Zellenspannung), bestimmt dann den notwendigen Balancerstrom. Der kann je nach

Bedarf bis zu zehnfach abgestuft sein, innerhalb des eingestellten Maximalstromes! Dieses Prinzip arbeitet einfach perfekt und ich kenne keinen ausgeklügelteren Algorithmus als diesen!

Der Clou dieser Aktivitäten, die Spannungsdifferenzen und die entkommene Kapazität sind auf dem P3+ Display oder per App auf dem Smartphone abrufbar. Das gleiche zählt auch bei Innenwiderständen entweder jeder Einzelzelle oder dem gesamten Pack.

Mein Resümee

Es fällt schwer, beim Pulsar 3+ nicht ins Schwärmen zu geraten, sei es aufgrund der hohen Ladeleistung, der technisch perfekt ausgelegten DC-DC-Wandler, einer intuitiven Bedienung und Menüführung oder die Balancerports, die Bestwerte setzen in Sachen Präzision und Geschwindigkeit. Dieser Pulsar erweist sich im Modellbau durch und durch als Profi-Werkzeug erster Güte und stellt eine Wertsteigerung für unser Hobby dar. Wer bereit ist die knapp 800 Euro für Ladetechnik zu investieren, bekommt genau das, was er erwartet: Das zurzeit beste Ladegerät am Markt, auch in Bezug auf die lange Pflege der Geräte aus dem Haus PP-RC Modellbau. Denn dadurch, hat sich die Investition auch übermorgen noch gelohnt.

XciteRC®

FPV-RACE-COPTER UND DROHNEN



ab 799,- €

Klappbar • 4K UHD-Kamera • 3-Seiten Hinderniserkennung • GPS und optische Positionsbestimmung • Active Track Gestensteuerung • Waypoints

Walkera VITUS FPV Portable #15001000 - Ready-to-Fly
#15001050 - Combo mit Zusatzakku und Koffer

Walkera VITUS Starlight FPV #15001060 - RTF
#15001070 - Combo



ab 179,99 €

112 mm

Racing direkt aus der Box • FPV-Kamera mit 5.8 GHz Videosender • Carbon-Chassis • 8 Min. Flugzeit • RTF-Set mit Fernsteuerung

Walkera Rodeo 110 FPV-Racing #15004160 - RTB
#15004100 - Ready-to-Fly
#15004150 - mit Videobrille



ab 175,- €

129 mm

Klein und leicht • Brushless-Motoren • 5.8 GHz FPV-Liveübertragung • 10 Min. Flugzeit • Sender mit 4.3" FPV-Monitor

Hubsan X4 Jet Race-Copter #15030900 - RTB
#15030950 - RTF



ab 849,- €

Der neue ultraportable DJI Quadrocopter Mavic Air mit 4K UHD-Kamera und 3-Achsen Gimbal ist ein Wunderwerk der Technik und des Designs. Er wurde gebaut, um überall dorthin zu gelangen, wo das Abenteuer Sie hinführt.

Händleranfragen erwünscht!
Hotline: +49 7161-40-799-0