

Empfängerstromversorgung im Lipo-Zeitalter

Dietrich Lausberg, 18.10.2007

Das Thema Stromversorgung der Empfangsanlage in unseren Modellen gewinnt im Zeitalter der Lipos neue Brisanz. Einige liebgewonnene Gewohnheiten und Konfigurationen gehen nämlich nicht mehr oder nicht mehr sicher und gefährden das Modell. Im Gegenzug eröffnen neue Techniken auch neue Möglichkeiten die Empfangsanlage elegant und sicher mit Strom zu versorgen.

Im Einzelnen hat der Modellbauer folgende Möglichkeiten:

1. Der Empfängerakku mit NiCd oder NiMH-Zellen

Der Klassiker aus Verbrennerzeiten ist immer noch aktuell. Standard sind noch immer 4 Zellen. Viele Komponenten vertragen aber auch 5 Zellen, so dass besonders Kunstflug- und Helikopterpiloten gerne auf die höhere Zellzahl gehen, um die Stellgeschwindigkeit der Servos zu erhöhen. Aber Vorsicht: alle Komponenten müssen die gut 6 Volt aus 5 Zellen vertragen.

Verwendet man BEC-Steller, so ist bei den allermeisten Fabrikaten die mittlere rote Ader vom Steller aufzutrennen, da es sonst zu Rückspeisung aus dem Empfängerakku ins BEC kommen kann, was das BEC zerstört und zum Totalausfall der Empfangsanlage führen kann. Ausnahme sind eine Reihe von Kontronik-Stellern, die ausdrücklich Empfängerakkus parallel zum BEC empfehlen.

Der Empfängerakku ist immer auf seinen Ladezustand zu kontrollieren und muß periodisch mit einem Computerlader gepflegt werden, um schleichenden Leistungsverlust oder Memory-Effekte zu erkennen. Bei NiMH-Empfängerakkus ist besondere Vorsicht geboten. Es gibt zahlreiche Berichte, dass diese spontan versagen können. Unzählige Modelle sind wegen ungenügend geladener oder schlecht gepflegter Empfängerakkus schon abgestürzt.

2. Der Empfängerakku mit 2 Lipos

Die moderne Alternative zum klassischen Empfängerakku bietet nicht nur Gewichtsvorteile. Der Lipo lässt sich systembedingt leichter pflegen. Auch ist sein Ladezustand gut an der Zellenspannung zu erkennen, was den Einsatz von Spannungswächtern ermöglicht.

Leider ist die Klemmenspannung von 2 Lipos mit 7,4 Volt nominal zu hoch für unsere Empfangselektronik, vor allem für die Motoren der Servos. Deshalb muß ein Spannungsregler vorgeschaltet werden. Solche Lipo-Konverter sind in guter Qualität u.a. von Webra erhältlich.

3. Stromversorgung aus BECs mit Linearreglern

Diese Art der Stromversorgung hat sich im Elektroflug durchgesetzt. Man nutzt hierbei den Flugakku, den am besten überwachten und gepflegten Akku des Systems, und reduziert mit linearen Spannungsreglern die Akkuspannung auf die Sollspannung der Empfangsanlage, in der Regel 5 Volt.

Dieses Verfahren hat systembedingt 2 Nachteile. Zum ersten kann die Empfangsanlage nun nicht mehr galvanisch getrennt von der Motoranlage aufgebaut werden, was die Gefahr der Induktion von Störungen in die Empfangsanlage birgt. Dieses Problem wird aber in der Regel gut beherrscht. Der zweite Nachteil erwächst aus der Tatsache, dass der Linearregler die überschüssige Spannung des Flugakkus unter dem Stromverbrauch der Empfangsanlage in Wärme umsetzt. Die Fähigkeit der BEC-Schaltungen, Wärme abzuführen ist aber sehr begrenzt, so dass es leicht zu Überhitzung und damit zu kurzzeitigen oder dauerhaften Abschaltungen der Empfängerstromversorgung kommen kann. Das Problem verschärft sich im Sommer durch die hohen Temperaturen auf dem Flugplatz noch zusätzlich.

Es ist daher zwingend, dass der Pilot sich bereits bei der Konzeption der Empfangsanlage vergewissert, dass das BEC nicht überfordert ist. Dazu ist folgendes Vorgehen empfehlenswert:

- Bestimmung der Spannung des Flugakkus

$$\text{Spannung} = \text{Zellenzahl} * \text{Nennspannung}$$

- Bestimmung des Spannungsabfalles im BEC

$$\text{Spannungsabfall} = \text{Spannung} - 5 \text{ Volt}$$

Das BEC muß schließlich die Spannung der Empfangsanlage auf 5 Volt herabsetzen. Und an dieser Stelle erkennt man auch den deutlichen Unterschied des Übergangs auf 3-zellige Lipos in der Praxis.

Zellentyp	Zellenzahl	Spannung [Volt]	Spannungsabfall [Volt]
NiCd/ NiMH	6	7,2	2,2
NiCd/ NiMH	7	8,4	3,4
NiCd/ NiMH	8	9,6	4,6
NiCd/ NiMH	10	12,0	7
Lipo	2	7,4	2,4
Lipo	3	11,1	6,1

Häufig ersetzt man 8 Zellen NiCd/ NiMH durch 3 Lipos, was zu einer Erhöhung der Spannungslage des Flugakkus um 16%, aber zu einer Erhöhung des Spannungsabfalls am BEC um 33% führt.

- Errechnen des mittleren Stromverbrauchs der Empfangsanlage

$$\text{Mittlerer Stromverbrauch} = \text{Zahl der Servos} * 0,25 \text{ Ampere (Digital 0,5 A)}$$

Die Stromverbräuche von Servos schwanken in einem weiten Bereich. Leider geben die Hersteller dazu keine Daten heraus. Darüberhinaus steigt der Servostrom stark an, wenn die Anlenkungen schwergängig sind oder hohe Ruderkräfte aufgebracht werden müssen, weil beispielsweise das Servo gegen einen Anschlag läuft. Glücklicherweise arbeiten nicht alle Servos permanent. Für analoge Servos hat sich in der Praxis ein Rechenwert von 0,25 Ampère bewährt. Digitalservos benötigen weit höhere Ströme. Hier sollte man besser nachmessen oder zumindest mit dem doppelten Strom rechnen.

- Errechnen der Verlustleistung des BEC

Verlustleistung = mittlerer Stromverbrauch * Spannungsabfall

Damit kann man sich nun der Beurteilung der Leistungsfähigkeit seines BEC zuwenden. Angegeben ist mindestens immer die Strombelastbarkeit in Ampere. Diese liegt bei 1, 2, 3 oder 4 Ampere. Die Abstufung in 1 Ampereschritten ist kein Zufall da praktisch alle Hersteller den Schaltkreis L4941B nutzen. Dabei handelt es sich um einen 1 Ampere Linearregler mit nur 0,5 Volt Mindestspannungsabfall (sog. Low-drop Regler). Dieser Schaltkreis lässt sich problemlos parallelschalten, auch wenn die Hersteller das nicht spezifizieren, zumindest wenn man Exemplare aus derselben Fertigungscharge benutzt. Die Strombelastbarkeit addiert sich dann. Solange der Flugakku noch mehr als 5,5 Volt Spannung aufweist ist dieser Baustein in der Lage, geregelte 5 Volt zu liefern. Leider kann der Regler auch bei gutem Platinendesign nicht mehr als 2 Watt Verlustleistung pro Regler sicher abführen, da in der Regel kein Kühlkörper eingebaut wird. Und daraus ergibt sich die

Zulässige Verlustleistung = Zahl der Linearregler im BEC (1 A Bausteine) * 2 Watt

Beispieltabelle

	BEC Belastbarkeit	Zahl der Linearregler	Zulässige Verlustleistung
Slowflyregler, z.B. Slim-5, Slim-10 o.ä.	1 A	1	2 Watt
Slim-18, Slim-20, Slim-26	2 A	2	4 Watt
Slim 40	3 A	3	6 Watt
Brushless 8 A, z.B. Sinus-8	2 A	2	4 Watt
Brushless 18 A, z.B. Sinus 18, Sinus-25	2 A	2	4 Watt

Und daraus ergibt sich: an 6 Zellen oder 2 Lipos geht in der Praxis alles. Für ein paar andere praktisch relevante Kombinationen zeigt die Tabelle die Grenzen auf

	Akku	Servos maximal	Anmerkung	Typischer Einsatz
Indoor BEC 1A	3 Zellen Lipo	1 Servo!!		Slowflyer
Indoor BEC 2A	3 Zellen Lipo	3 Servos	Aber nur, weil es in der Halle nicht über 30 Grad warm ist	Indoor-Kunstflug Indoor Heli
Outdoor BEC 2A	8 Zellen NiCd	4 Servos	knapp, Vorsicht im Hochsommer	Klassische Elektroflieger
Outdoor BEC 2A	10 Zellen NiCd	2 Servos!!		
Outdoor BEC 3A	10 Zellen NiCd	4 Servos	knapp, Vorsicht im Hochsommer	
Outdoor BEC 4A	12 Zellen NiCd	4 Servos	knapp, Vorsicht im Hochsommer	Thermik Sport Christoph
Outdoor BEC 2A	3 Zellen Lipo	2 Servos!!		Vorsicht Falle bei Umrüstung auf Lipos
Outdoor BEC 3A	3 Zellen Lipo	4 Servos		Universalkonfiguration
Outdoor BEC 4A	3 Zellen Lipo	5 Servos		

Besonders gefährlich ist die Umrüstung klassischer 8-Zellenflieger und -helis auf 3-zellige Lipos. Wenn das BEC nur 2 Ampere leistet, was früher die Regel war, z.B. Schulze slim-26 für Speed 600-Motoren mit und ohne Getriebe, dann sinkt die Zahl der zulässigen Servos von 4 auf gerade mal 2 und der Flieger wird mit hoher Wahrscheinlichkeit abstürzen.

BEC mit mehr als 3 Lipos ist wegen der extrem hohen Verlustleistungen nicht mehr sinnvoll.

Aus dieser Falle kann man sich befreien, wenn man ein stärkeres BEC benutzt, eventuell auch ein externes mit erhöhter Belastbarkeit, wie es viel Helipiloten einsetzen, oder man geht zum Schalt-BEC über.

4. Stromversorgung aus BECs mit Schaltreglern (switching-BEC)

Die Technologie der Schaltregler kommt aus der PC-Technik, wo man die erforderlichen Leistungen anders nicht mehr wirtschaftlich darstellen könnte. Moderne Motherboards und CPUs brauchen auf den Niederspannungsschienen 3,3 V und 1,5 V einige 10 Ampere. Schaltregler versorgen mit getaktetem Strom eine Spule, aus der sich dann ein Kondensator speist. Eine trickreiche und sehr schnelle Elektronik steuert das Ganze so, dass die Spannung am Kondensator immer konstant bleibt, in unserem Fall in der Regel 5 Volt, manchmal auch umstellbar auf 5,5 oder 6 Volt. Die Schaltfrequenzen liegen bei einigen 100 kHz. Die beim Schalten in den Leistungstransistoren anfallende Verlustleistung ist sehr gering. Wir kennen das von unseren Flugstellern, die mit ähnlichen Bauteilen arbeiten.

Schaltregler hatten in der Anfangszeit einen schlechten Ruf, da sie bei mangelhafter Auslegung des Konstrukteurs unangenehme Störungen in der Empfangsanlage verursachen konnten. Noch immer gibt es beispielsweise bei Conrad einen Billig-Lipoadapter, der einen Schaltregler enthält, der auf 150 kHz arbeitet und massive Empfangsstörungen verursacht (Einstrahlung der 3. Oberwelle der Schaltfrequenz in die Zwischenfrequenz der Superhet-Empfänger von 455 kHz über die Versorgungsspannungsleitungen). Mittlerweile sind allerdings zahlreiche Lieferanten in der Lage, einwandfrei funktionierende Schalt-BECs zu liefern, z.B. Kontronik und ACT. Auch integrieren immer mehr Hersteller von Flugstellern Schalt-BECs in ihre Steller, z.B. Kontronik (Jazz-Serie), Hacker (Pro SBEC-Serie), Jeti (Spin-Serie) und andere. Es ist zu erwarten, dass sich diese Technologie durchsetzen wird, da sie ohne weiteres BEC-Betrieb bis zu 5 oder 6 Zellen Lipos erlaubt.

Mit dem Texas Instruments-Schaltkreis 78SR105, erhältlich u.a. bei Conrad, kann sich der löterfahrene Anwender leicht ein externes BEC mit bis zu 3 A Spitzenbelastbarkeit ausreichend für 6 Servos und 7-Zellen-Lipos aufbauen. Damit kann man sich die Umrüstung auf die immer noch recht teuren Schalt-BEC-Steller ersparen.