

Jeti DUPLEX RC-System

Autor: Peter Kaminski

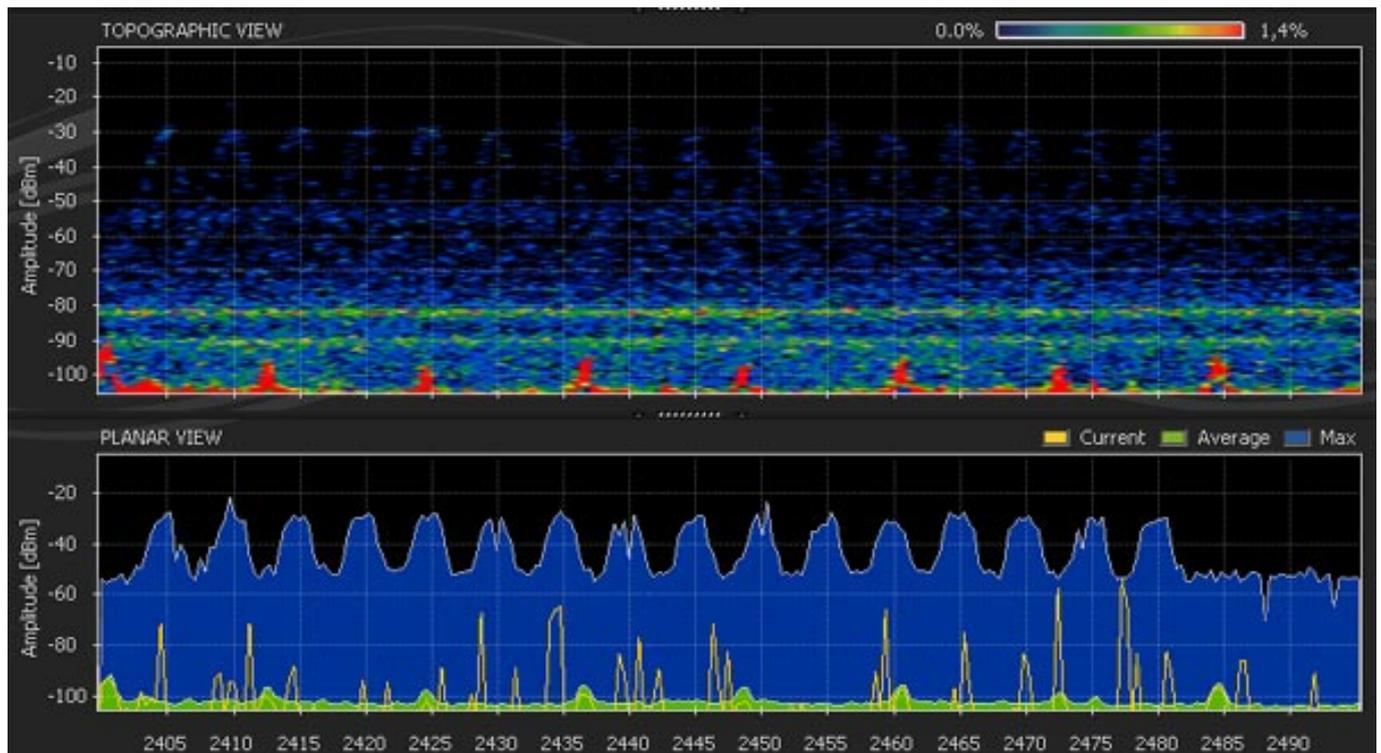
Fotos: Peter Kaminski u. Joachim Schuster

Zunächst wird man sich vielleicht die Frage stellen, warum ein Portal für den Elektroimpeller-Modellflug sich mit einer Funkfernsteuerung beschäftigt. Die Antwort ist leicht gegeben: das DUPLEX RC-System des tschechischen Herstellers Jeti bietet speziell für den Elektroflug viele nützliche Features und deshalb lohnt sich ein Blick auf das System ohne Frage.

Ein riesiger Vorteil ist prinzipiell, dass der Empfang auf 2,4 GHz auf Grund der hohen Sendefrequenz und der digitalen Modulation, gerade für den Elektroimpeller-Flug, deutlich störunanfälliger ist als bei 35 MHz. Dies hängt auch mit der typischen Anordnung der Komponenten Akku, Regler und Motor zusammen. Man kann niemandem mit gutem Gewissen empfehlen auf 35 MHz Impellermodelle zu fliegen. Aber das im Detail auszuführen wäre einen eigenen Beitrag wert.

HF-Technik

Das Jeti System arbeitet nach dem FHSS-Prinzip (Frequency Hopping Spread Spectrum) mit 16 Frequenzen. Der Empfänger muss die genutzten Frequenzen kennen. Hierzu erfolgt ein Binding zwischen Sender und Empfänger, was einmal beim Ersteinsatz durchzuführen ist. Dazu steckt man lediglich in den Sender eine Steckbrücke und wenn das Binding erfolgt ist entfernt man diese Brücke wieder und das war es. Der Frequenzwechsel erfolgt im Bereich von Millisekunden. Die Übertragungsrate entspricht 250 kBit/s. Für die die es genau wissen möchten: die Modulation ist ein DSSS mit QPSK (Phase Shift Keying mit vier Phasenzuständen) - bewährt und robust.



Auf einem HF-Spektrogramm (s. Abbildung oben) lassen sich sehr gut die 16 genutzten Frequenzen erkennen. Gesendet wird mit einer Antenne, empfangen nach dem Diversity-Prinzip mit zwei Antennen, die möglichst in unterschiedlicher Polarisationssebene ausgerichtet werden sollten. Das Verfahren ist sehr sicher und robust gegen Störungen, sowohl was Breitbandstörungen als auch was stationäre Störungen angeht. Durch das schnelle Frequenz-Hopping können mehrere Frequenzen dauerhaft gestört werden ohne dass der Anwender davon etwas feststellen wird.

Das Jeti-System kann bis zu 16 Servokanäle mit einer Auflösung von 15 Bit übertragen, wobei die Begrenzung durch die PPM auf der Seite des eingesetzten Fernsteuersenders gegeben ist. Die minimale Verzögerungszeit beträgt ein Frame - also zwei Millisekunden. Bei Ausfall eines oder mehrerer Übertragungskanäle und ggf. Einsatz der Fehlerkorrektur kann dies im ungünstigsten Fall aber natürlich auch länger sein aber wir reden auch hier lediglich von Millisekunden. Sollte übrigens eine Verbindung einmal komplett abbrechen, so wird die Verbindung mit einem neuen Frequenzsatz wieder aufgebaut.

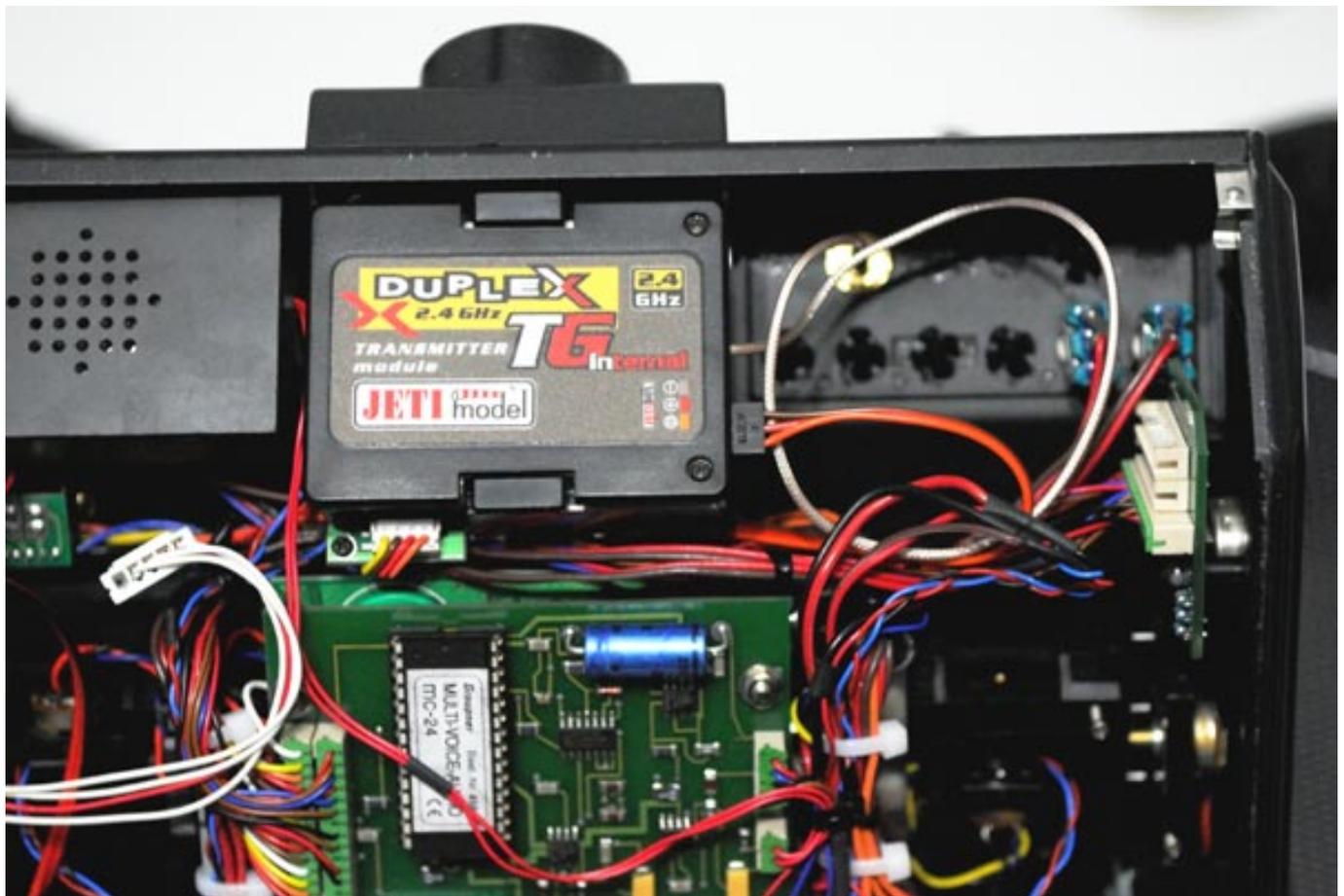
Sendemodule

Da Jeti (noch) nicht über einen eigenen Sender verfügt, wird eine sehr große Anzahl von Sendemodulen für die verschiedensten Hersteller und Modelle angeboten:

- Duplex TF (Futaba u. Hitec, Modul mit integrierter Antenne)
- Duplex TG (Graupner/JR MX-22, X- u. PCM-Serie; Modul mit R-SMA-Buchse)
- Duplex TG_i (Graupner/JR FM-6014 u. MC-Serie; Modul mit HF-Kabel und

- Einbau-R-SMA-Buchse)
- Duplex TGi2 (Graupner/JR MX-22, X- u. PCM-Serie; Modul mit HF-Kabel und Einbau-R-SMA-Buchse)
- Duplex TGs (Graupner/JR MX-24s; Modul mit R-SMA-Buchse)
- Duplex TMe (Multiplex EVO 7, 9 und 12; Modul mit HF-Kabel und Einbau-R-SMA-Buchse)
- Duplex Tmp (Multiplex Profi 3000 und 4000; Modul mit HF-Kabel und Einbau-R-SMA-Buchse)

Des weiteren gibt es mit dem Duplex TU noch ein Universalmodul für alle Fernsteuerungen, die PPM-Modulation unterstützen und Platz für den nachträglichen Einbau haben. Die Module werden zum Teil auch mit Einbausaltern angeboten, mit dem man zwischen 35 MHz und 2,4 GHz umschalten kann.



Als Beispiel hier der Einbau des TGi-Moduls in eine MC24. Das Modul wird einfach in den Slot anstelle des Graupner-Sendemoduls gesteckt und die Antennenbuchse in ein Schalter-Erweiterungsloch eingebaut. Die Antennenbuchse ist übrigens eine Reverse-SMA-Buchse, wie man sie auch von den WLAN-Routern her kennt.



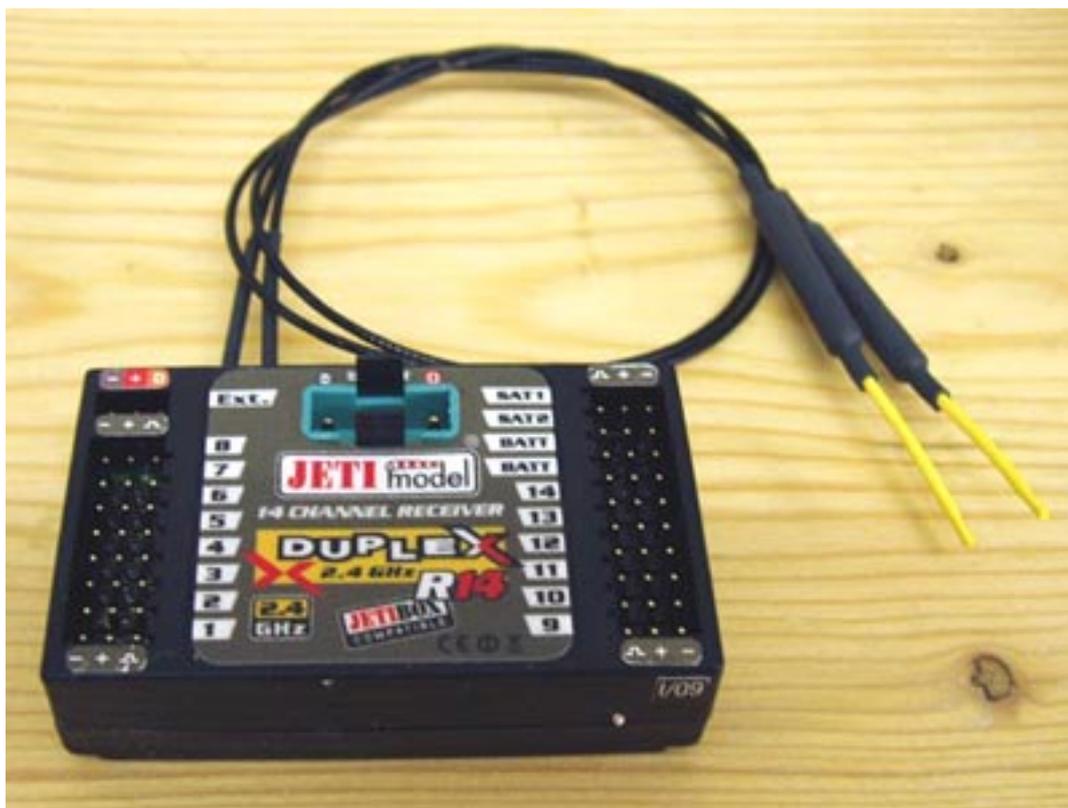
Um Einstellungen vorzunehmen und Telemetriedaten auszulesen, muss eine Jeti Box an den Sender angeschlossen werden. Bei der Graupner MC-24 empfiehlt sich hierfür ein Servokabel vom Sender auf eine 3,5-mm-Stereoklinke zu führen und diese dann in ein Erweiterungsloch einzubauen und mit einem Klinken/Servokabel dann außerhalb des Senders die Verbindung zur Jeti Box herzustellen (s. Foto). Ansonsten muss man in den Sender entweder ein Loch bohren oder die transparente Kunststoffabdeckung auf der Unterseite der MC-24 herauszubrechen um das Kabel herauszuführen und wer möchte das schon seinem Sender antun wollen.

Empfänger

Auch bei den Empfängern gibt es eine einmalige Vielfalt, die alle Bedürfnisse abdeckt vom kleinsten Impellermodell bis hin zu EDF-konvertierte Großmodelle. So gibt es z. B. den vom Miniatur-Vierkanal-Empfänger R4 (38 x 20 x 8 mm, 5 g), über den R5, R6, R7, R8, R10, R12 und R14 bis hin zum 18-Kanal-Empfänger R18 (62 x 38 x 16 mm, 30 g). Also alles was das Modellfliegerherz begehrt. Ein schier unglaubliches Angebot.



Der R6 und R8 haben die gleiche Bauweise (Foto oben ein DUPLEX R8-Empfänger) und die Pfostenleiste für die JR-Servostecker stehen an der Seite den Empfängers zur Verfügung. Auf der gegenüberliegenden Seite befindet sich noch der Anschluss für den Telemetriesensor, bzw. die Binding-Steckbrücke.



Bei den größeren Empfänger, wie der R10, R12, R14 und R18, sind die Steckleisten für die Servostecker nach oben in zwei Reihen angeordnet (Foto oben ein DUPLEX R14-Empfänger). Diese Empfänger erlauben auch den Anschluss von bis zu zwei Satellitenempfänger. Der R14 und der R18 hat darüber hinaus auch eine eingebaute Buchse für den Anschluss einer Empfängerstromversorgung.

Anzumerken ist, dass die kleineren Empfänger gegenüber den großen, eine um bis zu acht Dezibel geringere Empfindlichkeit haben. Dies wirkt sich aber in der Praxis kaum aus, denn entscheidend ist der Störabstand und da auf dem 2,4 GHz ISM-Band jede Menge Betrieb von anderen Devices festzustellen ist, ist die Empfindlichkeit nicht das Maß der Dinge sondern Intermodulationsfestigkeit ist hier u. a. gefragt.

Sensoren

Und nun zum nächsten Punkt, der besonders für Elektroflieger wichtig ist: die Sensorik. Hier hat Jeti in der relativ kurzen Zeit eine riesen Palette von Sensoren im Programm. Die Daten der Sensoren werden in Echtzeit von einem Sender im Empfänger an das mit einem Empfänger ausgestattete Sendermodul übertragen. Daher dürfte wohl auch der Produktname DUPLEX abgeleitet sein. Die Sendeleistung des Rückkanal ist bei den Empfängern R6 und größer gleich der des Hauptkanals (also 20 dBm). Lediglich beim R4 ist diese geringer (6 dBm).

Es lässt sich an die Empfänger ein Sensor direkt anschließen. Wenn mehrere Sensoren zum Einsatz kommen sollen, dann werden diese an ein Expander angeschlossen, der wiederum mit dem Sensoreingang des Empfänger verbunden wird. Mit dem Expander E4 lassen sich so vier Sensoren an einen Empfänger betreiben.



Es werden von Jeti z. Z. folgende Sensoren angeboten:

- Bordspannung (MU 3)
- Einzelspannungen von LiPo-Zellen (MUI 6s)
- Spannung/Strom (MUI 30, MUI 50, MUI 75, MUI 150, MUI 200)
- Drehzahl von Brushless-Motoren (MRPM-AC)
- Temperatur (MT 125, MT 300)
- Höhenmessung über Luftdruck (MVario)

- Höhe, Geschwindigkeit und Position über GPS (MGPS)

Darüber hinaus lässt sich das BEC-Empfängerstromversorgungsmodul JETI MaxBEC-2D von Jeti ebenfalls an den Sensoreingang anschließen, um die Stromversorgung überwachen zu können. Man darf gespannt sein, wann denn die Jeti-Regler mit einer integrierten Spannung/Strom und Drehzahlsensorik ausgestattet werden. Das dürfte sicherlich einer der nächsten Schritte von Jeti sein. Die Spannungs/Stromsensoren sind übrigens bei Jeti mit Hall-Sensoren realisiert. Vorteil ist, dass der Innenwiderstand nicht durch das Einschleifen vergrößert wird, verbunden mit dem Nachteil einer etwas geringeren Genauigkeit.

Wer Wert auf das Loggen sämtlicher Parameter legt, der kann auch das Logging-System UniLog von SM Modellbau einsetzen, welches kompatibel zum Jeti DUPLEX ist. Vorteil des Systems ist eine noch höhere Genauigkeit, Anschluss von mehr Sensoren, Geschwindigkeitsmessung über echtes Staurohr und eben Aufzeichnung der Daten On-Board bei gleichzeitiger Echtzeitübertragung zum Sendemodul. Wir haben auch dieses System für Sie ausführlich getestet:

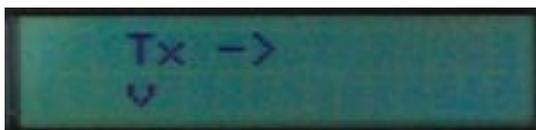
[\[Test UniLog von SM Modellbautechnik\]](#)

Jeti Box

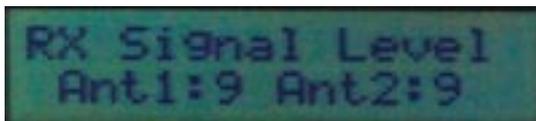
Alle Einstellungen und das Auslesen der Telemetriedaten erfolgt ja über die Jeti Box, die ursprünglich für die Konfiguration der Regler von Jeti gedacht war. Die Jeti Box selber ist eigentlich nichts anderes als ein Terminal mit einem LC-Display (ohne Hintergrundbeleuchtung) mit 2 x 16 Zeichen. Der Aufbau der Menüs etc. erfolgt vom angeschlossenen Device - in diesem Fall eines der Jeti DUPLEX Sendemodule. Die Jeti Box interpretiert die Anweisungen des Devices und die Eingaben des Anwenders lediglich und sorgt für die Darstellung der Parameter auf dem Display und teilt die Anwendereingaben dem Device mit. Die Bedienung der Menüs und Änderung von Parametern erfolgt über die vier Cursor-Folientasten auf der Jeti Box. Alle Eingaben sind sofort aktiv und müssen nicht bestätigt werden.



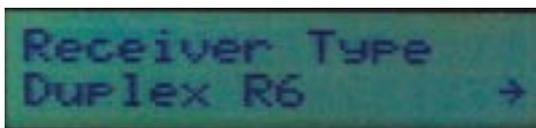
Die Einstellungen, die man mit der Jeti Box vornehmen kann, besonders für den Empfänger, sind sehr komplex. Um einen kleinen Überblick über die Funktionalität zu geben, hier einmal einige wichtige Menüs der Jeti Box, in Zusammenhang mit dem Jeti DUPLEX:



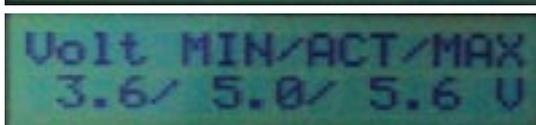
Nach dem Einschalten werden drei Hauptmenüs angeboten und zwar je ein Menü für den Sender (TX), den Empfänger (RX) und den angeschlossenen Sensoren (MX).



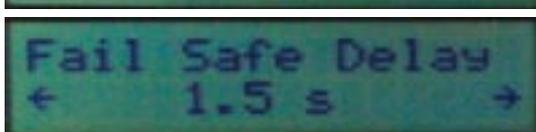
Über das TX-Menü lässt sich die Empfangsfeldstärke beider Empfangskanäle ermitteln und man kann auch einen Reichweitentest mit reduzierter Leistung einleiten.



Nach dem Wechsel zum RX-Menü wird als erstes der Empfängertyp angezeigt.

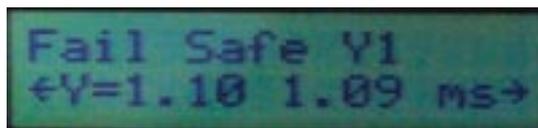


Die Werte der Empfängerspannungsversorgung können ebenfalls im RX-Menü abgerufen werden.

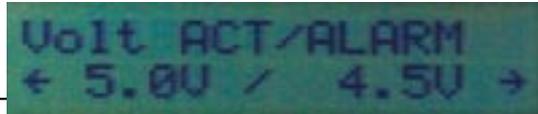


Es lässt sich auch ein Fail Save aktivieren, wobei der Anwender eine Fail-Save-Aktivierungszeit vorgeben kann.

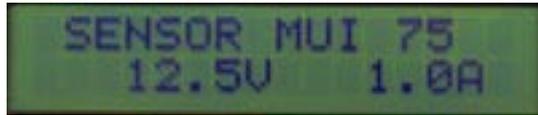
Welchen Wert bei einem Fail Save ausgegeben



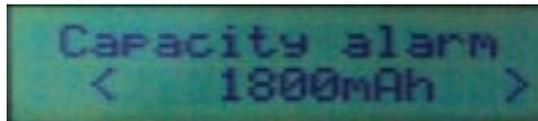
werden soll lässt sich für alle Servokanäle einstellen. Dabei wird auch der aktuelle Wert (links) angegeben.



Der Wert, bei dem ein Alarm für eine zu niedrige Empfängerspannung ausgelöst wird, lässt sich einstellen.



Beim Wechseln zum MX-Menü werden die aktuellen Sensoren angezeigt. Nach der Auswahl eines Sensors werden direkt dessen Daten ausgegeben.



Einer der wichtigsten Funktionen für den Elektroflug ist, dass die entnommene Akkukapazität ermittelt und angezeigt wird und das zudem eine Warnschwelle vorgegeben werden kann. Es lassen sich aber viele weitere Warnschwellen einstellen.

Praxis

Zunächst einmal zur Zuverlässigkeit im praktischen Betrieb. Das System ist als absolut zuverlässig zu bezeichnen. Wir haben mehrere Sendemodule mit einem ganzen Dutzend von Empfängern und Modellen über eine längere Zeit im Einsatz gehabt und das ohne eine einzige Störung. Erstauslich ist hierbei, dass selbst bei Fliegen an der Sichtgrenze nicht ein einziges mal eine Reichweitenwarnung erfolgte. Sowohl die Jeti-Sensoren, als auch der UniLog von SM Modelltechnik arbeitete ebenfalls absolut zuverlässig im System. Bemerkenswert ist auch eine simulierte Störung durch Ausschalten des Senders, schon nach ca. einer viertel Sekunde haben sich Sender und Empfänger nach einem Reboot wieder verbunden.

Einige Anmerkungen noch zum Reichweitentest. Entgegen der Anleitung des Jeti Systems sollte man bei aktiviertem Range Test mindestens 50 Meter Abstand einnehmen und dann sollte auch bei Abschattung durch den Körper noch eine einwandfreie Bedienung des Modells möglich sein. Wenn dies gegeben ist, dann können Sie beruhigt in die Luft gehen - bzw. besser ihr Modell.

Wir haben am Anfang viel mit dem System experimentiert und daraus resultieren ein Tip: verwenden Sie die Originalantenne und verlängern Sie das Antennenkabel nicht. Die Reverse-SMA-Kabel haben so ihre Tücken und mit der Antenne und dem Kabel was Jeti liefert, funktioniert das System einwandfrei. Es kann sonst, wie bei unserem Test mit einem Verlängerungskabel passiert, zu Problemen kommen, die sich auf Grund der Systemrobustheit erst in Grenzsituationen zeigen. Also alles so benutzen wie es aus dem Karton kommt. Auch der Einsatz anderer Antennen bringt definitiv keine Vorteile.

Ein Hinweis noch bezüglich der Fail-Save-Programmierung. Bei den kleineren Empfängern, wie z. B. R6 und R8, lässt sich Fail Save nur für alle Servokanäle gleichzeitig aktivieren. Nur die großen Empfänger, wie z. B. der R14 und R18, bieten eine individuelle Fail-Save-Aktivierung. Häufig möchte man ja nur z. B. den

Servokanal 1 mit einem Fail Save versehen, damit der Motor im Falle des Falles ausgeschaltet wird und das geht eben nur bei den großen Empfängern. Das sollte man bei der Empfängerwahl mit berücksichtigen.

Ein Manko ist die Bedienung durch die Jeti Box. Wenn man erstmalig die Bedienungshinweise und die entsprechenden Diagramme sieht, dann kann das einem schon nachdenklich stimmen. Die Komplexität ist gewaltig und die Menüführung mit lediglich vier Tasten zum Teil eine Herausforderung an die menschliche Intelligenz. Nach einer längeren Eingewöhnungsphase geht dann aber auch alles ohne Anleitung. Man muss hier auch noch dazu sagen, dass die Parameter für den Empfänger extrem vielschichtig sind. Man kann fast alles tun, was man auch in den Mischern des Senders machen kann. Ob das sinnvoll ist, sei dahin gestellt. Um diese Funktionalität aber voll ausnutzen zu können, wäre allerdings eine Jeti Box mit USB-Schnittstelle und entsprechender PC-Software hilfreich. Aber bei dem Tempo das Jeti bei der Entwicklung des DUPLEX-Systems an den Tag gelegt hat, ist man vor Überraschungen ja nie sicher. Mal sehen was die Tschechen sich da noch so alles ausdenken.

Ein weiterer Punkt der anzumerken ist, sind die akustischen Alarmer. Man sollte sich da auf die Programmierung eines Alarms, sinnvollerweise der entnommenen Akkukapazität, beschränken denn ansonsten kann die Jeti Box schnell zur Pip-Show werden. Viele Warnungen werden akustisch als Morsecode ausgegeben. Aber selbst wenn man des Morsens kundig ist, hilft einem das meistens nicht weiter, denn die Assoziation zwischen gemorstem Buchstaben und Warn/Fehlercode ist alles andere als selbsterklärend. Mit ein Grund dafür, dass alle Anwender sehnsüchtig auf eine funktionelle erweiterte Jeti Box 2 warten.

Fazit

Bei den vielen Vorteilen die das Jeti DUPLEX RC-System bietet, nimmt man die Beschränkungen bezüglich der Jeti Box noch gerne in Kauf denn das ist ein kleines und zudem akzeptables Übel. Man weiss gar nicht, wo man anfangen soll: für fast alle Sender gibt es einsetzbare Sendermodule, die Anzahl der angebotenen Empfänger ist riesig, die Möglichkeiten was Telemetrie angehen ebenfalls und zudem bietet das System eine sehr hohe Zuverlässigkeit. Natürlich haben wir dabei das System auch mit anderen 2,4 GHz-Systemen verglichen. Als Fazit kann man zusammenfassend dem DUPLEX-System das Prädikat "absolut empfehlenswert" verleihen. Zudem ist das Preis/Leistungsverhältnis der einzelnen Komponenten außerordentlich gut. Jeti DUPLEX bietet mehr Funktionalität als zum Teil deutlich teurere Systeme bei vergleichbarer Zuverlässigkeit.

www.jetimodel.cz