

**DIESER BERICHT WIRD ZUR VERFÜGUNG GESTELLT VON**

**WEITERE THEMEN IN DIESER AUSGABE**

Scale Dokumentation  
Heinkel HE 5  
SZD-38 Jantar 1  
BalAd von Schulze

Sie möchten **MFI** unverbindlich testen? Fordern Sie einfach ein kostenloses Probeheft an.

**PROBEHEFT**



Sie möchten **MFI** regelmäßig, pünktlich und bequem in Ihrem Briefkasten haben? Sie wollen keine Ausgabe mehr versäumen? Dann sollten Sie **MFI** jetzt im Abonnement bestellen. Es warten tolle Prämien auf Sie!

**ABONNEMENT**



**Perma-Grit-Schleifklotz**

Das Schleifwerkzeug für Modellbauer und Heimwerker mit Carbid Spezialbeschichtung und zwei unterschiedlichen Körnungen.



**MFI-Cap (gestickt)**

Für jeden Modellsport-Fan ein Muß – unsere Baseball-Caps aus hochwertiger Baumwolle mit aufgesticktem Logo.



**MFI-T-Shirt**

Das T-Shirt für Modellflieger aus 100% Baumwolle, in der Farbe Skyblue mit Logo-Aufdruck MODELLFLUG INTERNATIONAL.

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

**ONLINESHOP**



**Tobias Wagner & Dieter Perkuhn**

Schon mal mit einer Mikrowelle einen Hubschrauber geflogen? Vermutlich nicht, obgleich die in den populären Haushaltsgeräten zum Erwärmen von Speisen verwendete Wellenlänge tatsächlich dieselbe ist, wie wir sie seit neuestem zur Fernsteuerung unserer R/C-Modelle einsetzen. Die Rede ist von der 2,4-GHz-Technik, im heutigen Trend der Kürzel pragmatisch auch als 2G4 bezeichnet. Da gerade in unserer hochtechnisierten Welt die Innovationen nicht mehr

einfach vom Himmel fallen (Sie haben Recht, als Modellbauer sollte man das so nicht formulieren!), profitieren wir in vergleichsweise kleinen Branchen wie dem Modellbau oft von Entwicklungen in anderen Sektoren. Elektronik ist das beste Beispiel dafür, und so stellt sich die Frage, woher die 2,4-GHz-Technologie denn eigentlich stammt?

Bei allem technischen Fortschritt in Bezug auf R/C-Komponenten, eines ist doch seit Jahrzehnten gleich geblieben: Das Prinzip der Datenübertragung vom Fernsteuersender zum Empfänger im Modell. Bislang wur-

den hierfür vorwiegend Frequenzen im Bereich von 27, 35, 40 und 72 MHz in Kombination mit Steckquarzen verwendet, in jüngerer Zeit kamen darüber hinaus Synthesizer-Systeme zum Einsatz; im Folgenden sei dies unter dem Begriff der »35-MHz-Technik« zusammengefasst. Eigentlich funktioniert(e) die Sache sehr gut, aber die Übertragung auf nur einer Frequenz bei vergleichsweise geringer Bandbreite birgt unbestreitbar eine Störanfälligkeit, die schon so mancher bitter erfahren musste. Spätestens dann, wenn man nach einem Failsafe seine Modellteile aus dem Feld pflückt, fragt man sich im Wandel der Gefühle, wo sie denn bleibt, die technische Revolution auch für unsere Fernlenk-Anlagen. Trends kommen und gehen ja immer wieder, und bevor man sein mühsam verdientes Geld in eine zuweilen recht umfangreiche Flottenumrüstung steckt, wüsste man doch ganz gerne, ob es denn nun wirklich Revolution oder nur Hype ist, dem man sich da gerade hingibt.

Die japanische Firma Futaba, die seit einer halben Ewigkeit zu den weltweit führenden Herstellern von Vakuum-Fluoreszenzanzeigen (VFD-Displays) zählt und Spritzguss-Werkzeuge für die Kunststoff-Industrie produziert, hat bald ebenso lange Erfahrung im Bereich der industriellen Fernlenktechnik. Seit rund 15 Jahren entwickelt und vertreibt der innovative Hersteller aus Asien zudem

2,4-GHz-Systeme, unter anderem zur Fernsteuerung von Industriekränen. Da war es also nur eine Frage der Zeit, bis man das profunde Know-how auch auf den Modellbau übertragen würde – das Resultat nennt sich FASST (»Futaba Advanced Spread Spectrum Technology«), ist mittlerweile praxiserprobt und hierzulande wie alle Futaba-Produkte über robbe Modellsport erhältlich. Was dahinter steckt, sehen wir uns in diesem Beitrag im Detail an.

### Die Ursprünge der 2,4-GHz-Technologie

Schon vor mehreren Jahrzehnten wurden neue nachrichtentechnische Verfahren im Auftrag des Militärs entwickelt. Die hauptsächlichsten Schwachpunkte bisheriger Technologien bestanden zum einen in einer vergleichsweise einfachen Abhörbarkeit, und zum zweiten – das ist noch wesentlich gravierender – konnte der Sender mit einfachen Mitteln geortet werden. Dies sollte sich ändern, und fortan begann der Siegeszug der sogenannten »Spread Spectrum«-Technologie. Der Name ist Programm: Die Übertragung wird auf einen wesentlich größeren Bandbreitenbereich aufgespreizt, als dies rein zur Übermittlung der Nutzinformation eigentlich erforderlich wäre.

Diejenige Variante der »Spread Spectrum«-Technik, wie wir sie heute im Modellbau kennen, arbeitet im Frequenzbereich von 2,400 bis 2,4835 GHz, sprich 2.400 MHz. Dieser Bereich ist ein so genanntes ISM-Band; es steht für »industrial, scientific and medical« oder besser verständlich industrielle, wissenschaftliche und medizinische Zwecke zur Verfügung. Die gute Frage lautet nun, weshalb man dann eigentlich nicht

schon vor vielen Jahren auf die Idee gekommen ist, die neue Technik auch im R/C-Bereich zur Fernsteuerung von Modellen einzusetzen?

Nun, heutzutage gibt es in allen Sparten der Technik umfangreiche Regularien – im Bereich der Funkübertragung ist es erwartungsgemäß nicht anders, zudem ist die Gesetzeslage hier einem vergleichsweise schnellen Wandel unterworfen. Aufgrund normativer Beschränkungen sind im 2,4-GHz-Band auf den ersten Blick leider nur relativ geringe Sendeleistungen zugelassen, die lediglich geringe Übertragungreichweiten ermöglichen und damit in erster Linie z. B. für kabellose Mäuse, Keyboards oder andere Fernwirk-Anwendungen taugen. Dementsprechend konzentrierte sich auch die Weiterentwicklung der Technik im Sinne neuer Chips vornehmlich auf diesen Anwendungsbereich, und das brachte die R/C-Technik, wie wir sie kennen, natürlich nicht weiter.

Die Trendwende kam vor wenigen Jahren in den USA, als für die 2G4-Übertragungstechnik höhere Leistungen zulässig wurden. Pionier für den Modellbau war der Amerikaner Paul Beard, der ursprünglich als Entwickler für den kalifornischen Chip-Hersteller Cypress Semiconductor Corp. im Bereich der 2,4-GHz-Technologie für Wireless-Anwendungen tätig war. Privat entwickelte er schon seit Anfang der 90er Jahre elektronisches Zubehör für verschiedene Hersteller und machte sich schließlich mit der Firma Model Avionics (u. a. bekannt für »Throttle Jockey«-Drehzahlregler) selbstständig. Die ersten Berichte zu 2,4 GHz im R/C-Bereich und Pauls »Spektrum«-Sendern reichen bis ins Jahr 2004 zurück und wurden seitdem immer zahlreicher. Die Marke Spektrum

wurde 2005 an die Firma Horizon Hobby verkauft, für die Paul Beard noch heute als Entwickler arbeitet.

In Europa ist das Thema 2,4-GHz-Fernlenktechnik nach wie vor nicht so ganz einfach, denn über die Auslegung der Normen im Hinblick auf die zulässige Übertragungsleistung wird beständig diskutiert. Führende Firmen wie robbe, Graupner, ACT, Weatronic, Multiplex, Jamara und Horizon Hobby Deutschland sowie die Modellflugverbände DMFV und DAeC haben sich jedoch zusammengeschlossen und betreiben sinnvolle Lobbyarbeit, damit der Einsatz von 2G4 für Modellbauzwecke nachhaltig gesichert wird.

### Wie funktioniert die 2,4-GHz-Übertragung?

Im Wesentlichen unterscheidet man im Fernlenkesektor zwei Technologien: Zum einen die von robbe/Futaba eingesetzte »Frequency Hopping Spread Spectrum«-Technik (FHSS; Frequenzsprung-Verfahren), die unter anderem auch für Bluetooth im Computerbereich Verwendung findet, und zum zweiten die als erstes von Spektrum propagierte »Direct Sequence Spread Spectrum«-Technik (DSSS), die unter anderem im WLAN-Bereich eingesetzt wird. Interessant zu wissen ist übrigens, dass Spektrum seine Entwicklungsarbeit ursprünglich mit der FHSS-Technologie begonnen hatte, aufgrund von Schwierigkeiten dann aber später zu DSSS wechselte. Erst Futaba hat FHSS in der heutigen Version für den Modellbau zur Marktreife gebracht.

Aber wie funktioniert das Ganze nun eigentlich? Beiden Techniken gemeinsam ist das bereits erwähnte Grundprinzip, dass die Informationsübertragung auf einen großen Bandbreitenbereich aufgespalten wird. Wurden bei der niederfrequenten 35-MHz-Technik gerade mal 10 kHz (0,010 MHz) benutzt, so erstreckt sich der nutzbare Bereich bei 2,4 GHz über mehr als 80 MHz, also rund das Tausendfache! Im Gegensatz zu 35 MHz wird zudem nicht permanent gesendet (»continuous wave«), sondern der Sender erzeugt vielmehr ein gepulstes Signal. Die Pulsdauer beträgt lediglich zwei Millisekunden (also zwei Tausendstel Sekunden), und darauf folgt eine längere Pause von etlichen Millisekunden. Den Quotienten aus Sendezeit zu Pausenzeit bezeichnet man als »duty cycle« – er liegt generell im Bereich von

## 2,4-GHz-Fernlenksystem von robbe/Futaba

# FASST & THE FURIOUS

## LEISTUNG, FUNKTIONSWEISE UND HINTERGRÜNDE



Bilder: Tobias Wagner, Saskia Oehmichen



◀ ▲ Das 2,4-GHz-Sendermodul wirkt an der FX-40 sehr aufgeräumt – und spätestens auf den zweiten Blick lernt man die gute Zugänglichkeit von außen zu schätzen, die insbesondere dann von großem Vorteil ist, wenn man im 2,4 GHz/35 MHz-Mischbetrieb fliegt. Die Senderantenne sollte idealerweise leicht zur Seite und nach unten abgewinkelt sein, nicht jedoch nach vorn auf das Modell zielen. ▼



◀ Sendervergleich: Einmal FX-40 mit Zubehör im 35-MHz-Betrieb (links), gleich daneben der gleiche Sender umgerüstet auf 2,4 GHz. Das Equipment ist ein klein wenig übersichtlicher geworden, und als großes Plus passt die 2,4-GHz-Version ohne ein Abnehmen der Antenne in den Senderkoffer. Sehr angenehm!



◀ Der R6014FS ist das derzeitige Flaggschiff der FASST-Empfängerflotte. Mit 2.048 Schritten verfügt das System über eine gute Auflösung, und die Übertragungsgeschwindigkeit ist sogar noch ein Stück besser als bei PCM-G3. Wem die 14 Servokanäle zu viel sind, kann problemlos eine kleinere Empfängervariante aus dem robbe-Programm wählen. Man beachte übrigens den speziellen Koaxial-HF-Stecker, mit dem die Antennen auf der Empfängerplatine angebracht sind; mit etwas Geschick kann man im Fall der Fälle selbst die Antennen tauschen. ▼



10 %, sprich der Sender überträgt nur in 10 % seiner Zeit wirklich aktiv Informationen und schweigt die restlichen 90 %, aber eben jeweils im schnellen Wechsel.

Nachdem sich dieser Beitrag hauptsächlich mit robbe/Futabas FASST-System befasst, das auf dem Frequenzsprung-Verfahren beruht, gehen wir im Folgenden primär auf die Funktionsweise dieser interessanten Technik ein.

»Frequency Hopping« bedeutet, dass der Sender die Information nicht nur auf einer einzelnen, festen Frequenz überträgt (wie dies bei 35 MHz der Fall ist), sondern dass er vielmehr 36 verschiedene Frequenzen (»Kanäle«) innerhalb eines großen Bereichs von 72 MHz (0,072 GHz) benutzt. Die exakte Reihenfolge, in der er die Information über diese Frequenzen verstreut, ist der Spreizcode. Jedes FASST-Sendemodul besitzt einen eigenen, unverwechselbaren Code, der dem Empfänger im sogenannten »Linking«-Prozess mitgeteilt wird. In anderen Worten bedeutet dies: Nur dann, wenn ein Empfänger das exakte Frequenzsprung-Muster eines FASST-Moduls und damit (s)eines Senders kennt, kann er dessen Befehlen folgen. Ist dem nicht so, verhält sich der Empfänger »taub«, das heißt, er hat keinen Empfang!

Es ist daher logisch, dass man ohne Weiteres fast beliebig viele Empfänger an ein FASST-Modul binden und auch gleichzeitig in Betrieb haben kann (dies ist dann relevant, wenn Sie zwei Empfänger im gleichen Modell betreiben wollen). Kommuniziert der Empfänger dagegen aktiv mit seinem Sender über einen Rückkanal (so etwa bei Graupners iFS-System der amerikanischen Firma »Xtreme Power Systems«), kann prinzipiell nur ein eigenständiger Empfänger (= nicht Bus-System) gleichzeitig in Betrieb sein.

Sowohl das FHSS- als auch das DSSS-Verfahren sind mittlerweile bestens für den R/C-Bereich entwickelt worden. Da Letzteres im Gegensatz zum Frequenzsprung-Ver-

fahren jedoch auf einer (bzw. zwei) festen Grundfrequenz(en) sendet, ist zum einen die Anzahl der gleichzeitig betreibbaren Sender beschränkt (bei Spektrum auf 40 für Fluganwendungen), und zum zweiten darf aktuell nur mit 10 mW Strahlungsleistung gesendet werden. »Frequency Hopper« wie FASST können dagegen mit 100 mW senden, wodurch die Reichweite tendenziell etwas besser ist als bei aktuellen DSSS-Systemen im R/C-Bereich. Der Unterschied ist allerdings nicht so gravierend, wie man aufgrund der Zahlen vermuten könnte, da Strahlungsleistung nicht das einzige Kriterium für eine gute Reichweite ist.

### Störsicherheit von 2,4-GHz- gegenüber 35-MHz-Technik

Es gibt zwei Hauptvorteile der 2G4- gegenüber der 35-MHz-Technik: höhere Störsicherheit und prinzipiell höhere Übertragungsgeschwindigkeit. Die Störsicherheit bezieht sich zum einen auf Gleichkanal-Störungen (wo sich also zwei Sender mit gleicher Frequenz gegenseitig beeinflussen), zum anderen aber auch auf systembedingte Störquellen wie Knackimpulse oder Motorfunken. Wie kommt dieses enorme Plus an Sicherheit zustande?

Durch das Frequenzsprung-Verfahren gibt es im eigentlichen Sinne keine Gleichkanal-Störungen mehr. Natürlich ist es auch weiterhin denkbar, dass zwei FASST-Sender einmal auf der gleichen Frequenz senden – dies ist jedoch sehr unwahrscheinlich, da ja nicht nur die angesprungene Frequenz zufällig die gleiche sein, sondern auch noch die zwei Millisekunden Sendezeit im Rahmen des »duty cycle« zusammentreffen müssten. Aber selbst wenn dieser unwahrscheinliche Fall eintreten sollte, springen die beiden Sender ja nur wenige tausendstel Sekunden später schon wieder auf unterschiedliche Frequenzen weiter; der kurze Störimpuls wird sich daher in der Praxis nicht wahr-

nehmbar auf das Flugverhalten des Modells auswirken. Ein Frequenz-Management, etwa auf Flugtagen, entfällt daher für den 2G4-Betrieb komplett – das ist ein deutlicher Gewinn an Betriebssicherheit!

Wie sieht es nun bei externen Störungen eines Bereichs des benutzten 2,4-GHz-Bands aus, oder bei Beeinträchtigungen durch Knackimpulse, Drehzahlsteller, Motoren etc.? Auch hier zeigt sich die 2G4-Technik sehr unbeeindruckt: Sofern die Übertragung auf einen genügend großen Frequenzbereich aufgespreizt wurde, sind Störungen eines Teilbands unkritisch, da im verbleibenden Bereich ja nach wie vor vollständig übertragen wird. Bei Funken ist es ähnlich: Diese sind zwar breitbandig, aber ihre Amplitude (Intensität) ist bei niedrigen Frequenzen am höchsten und im Bereich von 2,4 GHz schon zu weit abgeklungen, als dass sie noch groß störenden Einfluss hätten.

Dafür ist die Streckendämpfung bei 2,4 GHz gerade bei Feuchte und in Bodennähe stärker ausgeprägt als bei 35 MHz – oder einfacher ausgedrückt: Die Signalstärke nimmt hier mit zunehmender Distanz zum Sender schneller ab. Problematisch könnte dies beispielsweise für F3B-Segler sein, da sie sehr weiträumig zur Landung ansetzen; allerdings sind uns bis dato keine Schwierigkeiten aus der Praxis bekannt geworden.

Etwas anders sieht es bei der Abschattung durch Hindernisse aus: Je höher die Übertragungsfrequenz, also je lichtähnlicher die Funkwellen werden (sichtbares Licht hat 600 THz = 600.000 GHz), desto stärker ist prinzipiell die Beeinträchtigung durch Objekte wie Häuser oder Baumreihen. Sofern Sie aber nicht gerade Loopings um eine große Brücke fliegen (wie HeliGraphix das schon mehrfach demonstriert hat), spielt es für die Praxis in der Regel keine große Rolle.

Ist die 2G4-Übertragungstechnik also generell »unstörbar«? Nein, manipulierbar ist al-

les. Aber sie stellt dennoch einen Quantensprung in Sachen Betriebssicherheit dar – dies wurde nicht zuletzt im Rahmen der »World Scenic Flights« eindrucksvoll belegt, wo robbe/Futabas FASST-System in mehr als 30 Ländern weltweit in den unmöglichsten Umgebungen und Situationen störungsfrei zum Einsatz kam: Von Schnee und Nebel in Kanada über 100 % Luftfeuchte in Panama bis hin zur chilenischen Wüste. Eine umfassendere Leistungsdemonstration kann man sich kaum wünschen!

### Übertragungsgeschwindigkeit von 2,4-GHz- gegenüber 35-MHz-Technik

Ein viel diskutiertes Thema, zumal geschätzte zwei Drittel der Piloten behaupten, hier merkbare Unterschiede zu spüren. Allerdings nur dann, wenn irgendjemand vorher durch physikalische Messungen eine theoretische Merkbarkeit belegt hat, und auch nur solange, bis man den Betroffenen einen durch Blindtest abgesicherten Praxis-Versuch vorschlägt. Nichtsdestotrotz, 2G4 ist prinzipiell die bislang schnellste aller Übertragungsarten, weil hier die größte Bandbreite zur Verfügung steht. Bei 35 MHz reicht selbige nicht aus, um alle Sender-Daten gleichzeitig zu übermitteln; stattdessen müssen die Informationen sequentiell, sprich als kleiner »Nachrichten-Zug« vom Sender zum Empfänger geschickt werden. Im Gegensatz zur 35-MHz-PPM-Modulation, wo alle Steuerkanäle einer nach dem anderen übertragen werden, kam bei PCM als Sicherheitsmaßnahme noch eine Prüfsumme

hinzu – die Berechnung an sich hat nicht allzu viel Zeit in Anspruch genommen, aber der kleine Nachrichtenzug bekam dadurch einen weiteren Waggon angehängt, wodurch die Übertragung abermals ein klein wenig länger dauerte.

Futabas PCM-G3 im Jahre 2005 nutzte schließlich einen Trick, um bei unverändertem Kanalabstand im 35-MHz-Band mehr Informationen gleichzeitig transferieren zu können. Aber erst durch die 2,4-GHz-Spread Spectrum-Technologie könnte wirklich die gesamte Senderinformation zu Knüppel- und Schalterstellungen faktisch gleichzeitig und damit in Echtzeit an den Empfänger übermittelt werden.

Nach unserer Information werden bei FASST aktuell dennoch die Kanäle 1–4, 5–8 und 9–12 als sequentielle Gruppen übertragen; in der Praxis spielt das allerdings keine Rolle, da die Reaktionszeit des Menschen endlich ist und zunehmend andere Parameter wie Servogeschwindigkeit, Spannungsversorgung, Mechanik etc. das Gesamtsystem Flugmodell limitieren. Wie der Name schon andeutet: FASST ist richtig schnell.

### Rund ums Thema Antenne und »Diversity«

Antennen-Diversity bedeutet, dass ein Empfangssystem über mehr als eine Antenne verfügt, die nicht miteinander in Wechselwirkung stehen; man sagt, die Antennen seien nicht korreliert. Wenn also eine Antenne – aus welchen Gründen auch immer – keinen oder nur mäßigen Empfang hat, so ist eine

der Zusatzantennen dadurch nicht automatisch auch beeinträchtigt, und der Empfänger kann gegebenenfalls verzögerungsfrei auf diese Antenne umschalten. Damit nun zwei Antennen wirklich unkorreliert sind, müssen sie mindestens eine Wellenlänge Abstand voneinander haben. Bei 2,4 GHz sind dies 12,5 cm, bei 35 MHz theoretisch 8,5 Meter! Letzteres ist in der Modellflug-Praxis sicherlich nicht zu realisieren – allerdings muss man fairerweise anmerken, dass die Ausrichtung der Empfängerantenne relativ zur Senderantenne ebenfalls eine signifikante Rolle spielt. Daher bringen auch nicht vollständig unkorrelierte, aber eben verschieden ausgerichtete Antennen einen Empfangsvorteil im Sinne einer Diversity. Das ist der Grund, weshalb in jeder Anleitung darauf hingewiesen wird, dass die 2G4-Empfängerantennen möglichst 90 Grad zueinander ausgerichtet werden sollten.

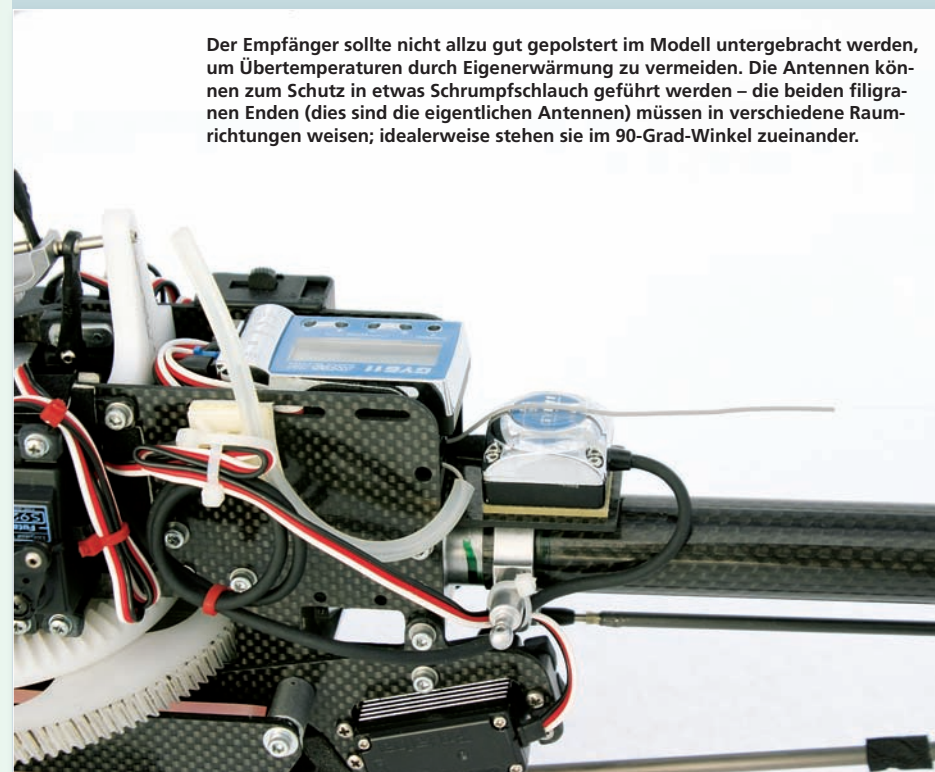
Wenn bei einem 2G4-Empfänger die filigrane Antennenspitze abbricht, kann man dann einfach das Koaxialkabel weiter abisolieren? Ja, das ist prinzipiell möglich. Allzu einfach ist die Sache in der Praxis allerdings nicht, da der äußere, abschirmende Teil des Antennenkabels ja ein Drahtgeflecht ist und man beim Abisolieren den Innenleiter, sprich die eigentliche Antenne, nicht beschädigen darf. Am Ende muss der Innenleiter jedenfalls wieder knapp über 3 cm freiliegen, das entspricht einem Viertel der Wellenlänge von 12,5 cm.

Als kleiner Tipp: Führt man die Antenne bzw. mindestens das besonders empfindliche Endteil in einem Stückchen Spritschlauch, dann ist sie effektiv vor Beschädigungen geschützt.

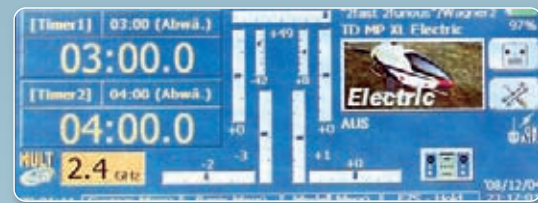
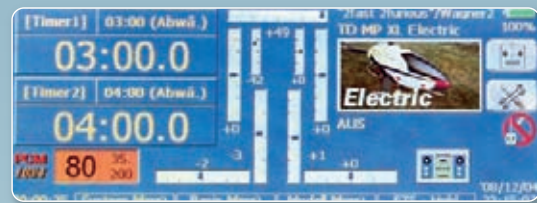
Viele Modellbauer fragen sich weiterhin, weshalb man nicht einfach eine 2,4-GHz-Antenne in die Halterung der alten 35-MHz-Antenne stecken und das vom 2,4-GHz-Modul kommende HF-Kabel wie bisher üblich an den Antennenfuß löten kann. Leider ist dies tatsächlich nicht möglich, da es an der Übergangsstelle zu Reflektionen kommen würde. Die volle Leistung würde damit nie in die Antenne gelangen, die Sendeleistung daher reduziert. Wie jedes Funksystem, muss auch 2G4 richtig angepasst, sprich die einzelnen Komponenten aufeinander abgestimmt sein.

### Was passiert bei gleichzeitigem Betrieb von vielen 2,4-GHz-Sendern?

Im Hause robbe ist man dieser Frage in Form eines Praxistests mit 38 Sendern nachgegangen, und von Flugtagen sind ähnliche Situationen bekannt – Probleme sind in beiden Fällen nicht beobachtet worden. Die



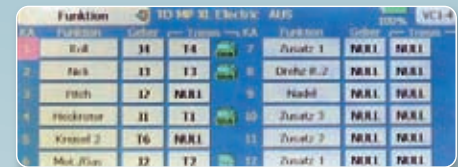
Der Empfänger sollte nicht allzu gut gepolstert im Modell untergebracht werden, um Übertemperaturen durch Eigenerwärmung zu vermeiden. Die Antennen können zum Schutz in etwas Schrumpfschlauch geführt werden – die beiden filigranen Enden (dies sind die eigentlichen Antennen) müssen in verschiedene Raumrichtungen weisen; idealerweise stehen sie im 90-Grad-Winkel zueinander.



Nach dem Umbau der FX-40 auf 2,4-GHz-Betrieb muss ein Software-Update durchgeführt werden (Screenshots). Führt man den Sender im Anschluss hoch, so passt zunächst die im Modellspeicher hinterlegte 35-MHz-Frequenz nicht zum 2,4-GHz-Modul; die entsprechende Warnmeldung ist zu quittieren,



und man kann als Nächstes wählen, ob man die Reihenfolge der Servostecker am Empfänger auf eine für FASST optimierte Belegung ändern möchte. Es folgen noch Abfragen zum FASST-Modus und zum Land, in dem man sich befindet (Hintergrund ist die dort zulässige Bandbreite), und das war's auch schon. Nach einem Reichweitentest heißt es dann »Start frei!«



FHSS- und DSSS-Technik beeinträchtigen sich übrigens gegenseitig nicht negativ. 2G4-Sender – so auch FASST-Systeme – prüfen beim Einschalten die Belegung des 2,4-GHz-Bands; ist es ausgelastet, so schaltet der Sender gar nicht erst ein.

Philosophierend fragt man sich, was in der heute zwar unwahrscheinlichen, zukünftig aber dennoch möglichen Situation passieren würde, wenn der Elektrosmog weiter zunimmt und das 2,4-GHz-Band durch alle möglichen Gerätschaften überbevölkert wird. Abstürzen wird deshalb vermutlich niemand, im Extremfall könnte die Steuerung träger bzw. ruckeliger werden; das System an sich würde aber weiterhin funktionieren, so dass man immerhin sicher landen könnte. Aber wie gesagt, das liegt in weiter Ferne und wird mit etwas Glück so nie eintreten.

### Umrüstung der FX-40 auf FASST

Um das 2,4-GHz-HF-Modul TM-14 (UVP: 199 Euro) in der FX-40 einsetzen zu können, ist das Umrüstkit F1959040 (UVP: 69,95 Euro) erforderlich. Letzteres besteht aus einer neuen Senderrückwand mit Aussparung für das Modul sowie einer neuen Modul-Halteplatte. Der Umbau selbst ist in der Anleitung gut beschrieben und geht innerhalb weniger Minuten problemlos von der Hand. Denken Sie übrigens daran, dass alle Sender und Module auch weiterhin regionscodiert sind, das heißt, ein aus Übersee importiertes TM-14 wird in Ihrer europäischen Anlage nicht funktionieren!

Bevor die FX-40 jedoch mit dem neuen Modul in Betrieb genommen werden kann, ist zunächst die Installation der aktuellen Betriebssoftware erforderlich: Benötigt wird

mindestens die Version 1.3.1, besser noch die aktuellere 1.3.2 vom November 2008; sie steht grundsätzlich kostenfrei im Robbe-Support-Center im Internet zum Download bereit. Die Update-Prozedur ist einfach und ebenfalls schnell erledigt. Führt man im Anschluss bei eingesetztem 2G4-Modul den Sender hoch, so erhält man zunächst eine Warnmeldung, dass das Modul nicht zu der im Modellspeicher hinterlegten Frequenz passt (die ja bislang 35 MHz war). Man bestätigt die Meldung und gelangt sodann zur nächsten Frage, ob man denn die aktuelle Steckerbelegung am Empfänger beibehalten oder ob man zu der für FASST optimierten Belegung wechseln möchte. In aller Regel wird man sich hier für die neue Reihenfolge entscheiden, da man zum Einbau eines FASST-Empfängers ohnehin alle Servokabel aus dem bisherigen 35-MHz-Empfänger ziehen muss. Hintergrund der Frage ist wie gesagt, dass die Kanäle bei FASST in Vierer-Blöcken übertragen werden, und durch Gruppierung der Taumelscheiben- und Heckfunktion (Kanäle 1 – 4) ist beispielsweise beim Modellhubschrauber eine optimale Abstimmung gegeben.

Was die FASST-Modulation selbst betrifft, so hat man die Wahl zwischen FASST MULTI und FASST 7CH. Ersteres stellt wie schon bei PCM-G3 12 Proportional- und zwei Schaltkanäle zur Verfügung, während letzteres die abgespeckte 7-Kanalvariante darstellt. Vorteil ist, dass die Empfänger bei 7CH deutlich kleiner und unglaublich leicht sind; kleiner Nachteil ist, dass die Kanalreihenfolge für einen optimalen Betrieb schon wieder anders ist und man bei Wechseln daher erneut umstecken müsste (siehe Tabelle). Der vermutlich wichtigste Unterschied ist aber, dass bei 7CH nur für Kanal 3 (Motor) die Fallsafe-

Funktion zur Verfügung steht, während bei MULTI wie gewohnt eine separate Programmierung für alle Kanäle möglich ist. Im Übrigen beträgt die Auflösung des Systems im Multikanalmodus 2.048 Schritte (also gleich gut wie bei PCM-G3) und respektable 1.200 Schritte im 7-Kanalmodus. Eine sinnvolle Wahl, da noch mehr Servoschritte (bezogen auf den gesamten Servoweg) in der Praxis ohnehin nicht aufzulösen sind – weder vom Servo, noch vom Piloten.

Die Wahlmöglichkeit erstreckt sich ferner auf »FRANCE« gegenüber »GENERAL«. Dies bedeutet aber lediglich, dass FASST die Übertragung nicht auf 36 Kanäle im gesamten 2,4-GHz-Band aufspreizt, sondern auf 22 Kanäle im Bereich zwischen 2,400 und 2,454 GHz begrenzt. Wie die Bezeichnung schon nahe legt, ist die Verwendung dieses Features in Frankreich zwingend vorgeschrieben, gleiches gilt für Österreich, Belgien, Italien, Spanien, Luxemburg und Russland.

### Wichtige Tipps zum Empfänger-Einbau

Beim Einbau von FASST-Empfängern sollte man bedenken, dass die integrierte Hochleistungs-Elektronik zu merklicher Eigenerwärmung führt. Wie bei 35-MHz-Empfängern liegt die offiziell zulässige Betriebstemperatur der verwendeten Bauteile bei –15 bis +55°C; in der Praxis ergeben sich aber meist bis deutlich über 60°C keine Probleme. Wickelt man nun jedoch in bester Absicht seinen FASST-Empfänger (bzw. allgemein 2,4-GHz-Empfänger, ganz gleich von welchem Hersteller) zur Vibrationsdämpfung in Schaumgummi ein, so kann die Eigenerwärmung in Kombination mit schlechter Luftzirkulation, hohen Tem-

peraturen unter Kabinenhauben, Lagerung des Modells im heißen Auto usw. in manchen Fällen tatsächlich kritisch werden, was einen Ausfall zur Folge hätte.

Es ist daher sinnvoll, den Empfänger mit Klebepunkten »aufgeständert« (Füßchen!) zu befestigen, so dass eine Wärmeabfuhr gewährleistet ist – und keine Sorge, im Gegensatz zur 35-MHz-Technik kommt man bei 2G4 ohne Keramikfilter aus, so dass die Empfänger deutlich vibrationsunempfindlicher geworden sind und mit schwächerer Polsterung problemlos zurecht kommen. In diesem Zusammenhang ist auch auf den Einsatz von zwei LiPos als Empfängerstromversorgung zu verzichten und ein Spannungsregler mit Begrenzung auf max. 6 Volt zu benutzen. Abschließend noch ein Tipp: Falls Sie ein Elektromodell mit fünf oder mehr LiPo-Zellen antreiben und den Empfänger über das BEC-System des Controllers mit Strom versorgen, dann kann der Einsatz eines Entstör-

filters (z.B. robbe F1413) sinnvoll sein; spätestens ein schlechtes Ergebnis beim Reichweitentest wäre ein Indikator dafür.

Thema Antennenverlegung: Der aktive und für den Empfang des Sendersignals relevante Teil der Antenne ist das 3 cm lange, filigrane Endstück. Im Hinblick auf optimale Diversity sind beide Antennen daher so zu befestigen, dass die Enden möglichst weit voneinander entfernt sind und zudem nicht in die gleiche Raumrichtung zeigen; ideal wäre ein 90-Grad-Winkel dazwischen. Wichtig ist zudem, die Endstücke nicht abzuwinkeln und von leitenden Materialien wie Metall oder Carbon mindestens 2 cm entfernt zu halten (Letzteres gilt nicht für den abgeschirmten Koaxialteil der Kabel). Bei Rümpfen aus solchen Materialien müssen die Antennen zudem beidseitig aus dem Modell herausgeführt werden. Da die beiden Standard-Antennen hierfür in der Regel nicht ausreichen, bietet robbe unter der Bestellnummer F0959400 40 cm langen Ersatz an, den man mit etwas Geschick selbst installieren kann.

Nach abgeschlossenem Einbau und Verdrahtung schaltet man schließlich Sender und Empfänger ein. In der Regel wird die Empfänger-LED nun grün blinken; dies bedeutet, es wird zwar ein Signal erkannt, jedoch fühlt sich der Empfänger nicht zum abstrahlenden Modul gehörig. Hält man den »Easy Link«-Taster für gut zwei Sekunden gedrückt, so

Keine verschiedenen Frequenzbänder mehr, keine Kanalwahl mehr, und dadurch weitgehend störlicher: Die 2,4-GHz-Technik, hier in der nach dem FHSS-Prinzip arbeitenden Variante von robbe/Futaba namens FASST (Mitte).



stimmen sich beide Geräte aufeinander ab, sprich der Empfänger bekommt die individuelle Signatur des Moduls mitgeteilt, also genau einen von 130 Millionen möglichen Spreizcodes. Fortan werden ausschließlich Befehle dieses Senders befolgt – bestätigt wird das durch die nunmehr stetig grün leuchtende Empfänger-LED. Sollte der Linking-Prozess übrigens nicht auf Anhieb klapfen, dann bringen Sie die beiden Geräte auf weniger als einen Meter Abstand zusammen und versuchen Sie es erneut.

Abschließend ein wichtiger Hinweis, bevor es in die Praxiserprobung geht: Die Spannung der Servoimpulse am Ausgang von FASST-Empfängern beträgt aus technischen Gründen nur mehr 2,7 V, nicht mehr wie früher üblich 3,0 V. In einzelnen Fällen können daher unter anderem Probleme mit Akkuweichen und manchen Hitec-Digitalservos auftreten. Bitte erkundigen Sie sich in solche Fällen vor dem Einsatz beim jeweiligen Hersteller, ob die Funktion zweifelsfrei gewährleistet ist.

### FASST im praktischen Flugbetrieb

Vor der ersten Inbetriebnahme eines neuen Systems ist grundsätzlich ein Reichweitentest durchzuführen. Da es bei 2G4 keine Antenne zum Einschleichen oder Abnehmen mehr gibt, wird für den Test vorübergehend die Sendeleistung reduziert. Anders als z.B. beim FASST HF-Modul TM-7 (F1957) für Sender wie FF-9 und FC-28 wird dies beim TM-14-Modul allerdings nicht mehr durch Drücken eines Tasters am Modul bewerkstelligt (da musste man ohnehin ein halber Gummi-Mensch sein, um den Knopf zu drücken und gleichzeitig zu steuern), sondern per Software. Die Funktion lässt sich zur Sicherheit nur dann anwählen, wenn der Sender zuvor ohne Abstrahlung eingeschaltet wurde; nach ihrer Aktivierung hat man primär 90 Sekunden Zeit, den Test durchzuführen. Man sollte sich dabei 30 bis 50 Meter ohne Beeinträchtigung der Steuerung vom Modell entfernen können.

Wie macht sich FASST nun in der Praxis? Um es kurz zu machen: Fast schon langweilig gut! Das System ist absolut unkompliziert, man muss sich beim Einschalten um keine Kanalabsprachen kümmern, und im Flug gibt es keinerlei Störungen oder Aussetzer. Was will man mehr? Ansprechverhalten und Feinfähigkeit der Steuerung in Kombination mit der FX-40 sind bestens, und innerhalb von Sekunden ist man mehr mit seinem Modell beschäftigt, als sich noch über die Technik den Kopf zu zerbrechen. Erst nach der Lan-

### TECHNISCHE DATEN

2,4-GHZ-MODUL TM-14 (F1959)	
Frequenzband	2,400 – 2,4835 GHz
Alternatives Frequenzband	2,400 – 2,4540 GHz
Übertragungssystem	FHSS
Benutzte Frequenzen (Kanäle)	36 (bzw. 22)
Kanalraster	2,048 MHz
Stromversorgung	7,4 V
Stromaufnahme	200 mA
Sendeleistung	ca. 90 mW (EIRP)
unverb. Preisempfehlung	199 Euro

2,4-GHZ-EMPFÄNGER R6014FS (F0959)	
Servoausgänge	14, davon 12 proportional, 2 Schaltkanäle
Auflösung	2.048 Schritte
Abmessungen	52,5x37,5x16 mm
Antennen	2 Stück, je ca. 12,5 cm lang
Gewicht	21 Gramm
Stromversorgung	4,8–6,0 V (4–5 Zellen NiMH)
Stromaufnahme	ca. 70 mA
Frequenzband	2,400–2,4835 GHz
Alternatives Frequenzband	2,400–2,4540 GHz
Übertragungssystem	FHSS
Frequenzen (Kanäle)	36 (bzw. 22)
Kanalraster	2,048 MHz
unverb. Preisempfehlung	209 Euro

### ÜBERSICHT STECKERBELEGUNG ROBBE/FUTABA-EMPFANGSSYSTEME

Empfänger-Ausgang	PCM-1024	PCM-G3	FASST MULTI (14 Kanäle)	FASST 7CH (7 Kanäle)
1	Roll	Motor	Roll	Roll
2	Nick	Heck	Nick	Nick
3	Motor	Gyro	Pitch	Motor
4	Heck	Roll	Heck	Pitch
5	Gyro	Nick	Gyro	Gyro
6	Pitch	Pitch	Motor	Heck

dung fällt einem dann wieder ein: Ah, stimmt, eigentlich war das ein Testflug!

Wie sieht es mit einem Mix-Betrieb von 2,4 GHz und 35 MHz aus? Problemlos, da die Modulation wie eh und je im jeweiligen Modellspeicher hinterlegt ist. Dank der guten Zugänglichkeit des Moduls auf der Sender-Rückseite ist ein Wechsel (bitte nur im ausgeschalteten Zustand durchführen!) jederzeit möglich. Danach einfach Sender einschalten, Modell auswählen, und fertig. Ein weiteres Plus bei 2G4 ist, dass der Sender samt eingesetztem Modul perfekt in den FX-40-Koffer passt; es entfällt also ein Abnehmen und Verstauen der Antenne, auch Beschädigungen derselben sind passé. Übrigens wird empfohlen, bei 2G4-Betrieb nicht die originale 35-MHz-Antenne installiert zu lassen.

### Aufbruch in ein neues Zeitalter

Das unkomplizierte Handling und die deutlich gesteigerte Betriebssicherheit werden

die 2,4-GHz-Technik in Zukunft zur bevorzugten Fernlenk-Technik avancieren lassen. Da ist es nur konsequent, dass renommierte Hersteller für ihre Sender entsprechende Umrüstmöglichkeiten anbieten – so auch im Falle der FX-40, wo das Upgrade denkbar einfach vonstatten geht. Gleiches gilt auch für den Betrieb, sofern man sich an die paar sinnvollen, zuvor beschriebenen Regeln zum Empfängereinbau hält. Die Zuverlässigkeit des Systems ist dann beispielhaft und wurde im Rahmen der »World Scenic Flights«-Mission in über 30 Ländern der Welt unter verschiedensten Bedingungen eindrucksvoll belegt. Da ein Mix-Betrieb von 2,4-GHz- und 35-MHz-Technik problemlos möglich ist, kann man seine Modell-Flotte schrittweise umrüsten. Summa summarum ein sinnvolles Feature, bei dem die Investition fraglos lohnt.

Bevor wir uns mit so viel Lob verabschieden, werfen wir noch einen interessanten Blick in die Kristallkugel. Denn bekanntlich ist nichts für die Ewigkeit gemacht, so gut es auch

sein mag. Was also könnte in ferner Zukunft kommen, wenn das 2,4-GHz-Band tatsächlich einmal überbevölkert sein sollte? Das nächste ISM-Band liegt bei 5,7 GHz – und wer weiß, vielleicht stehen wir in 20 Jahren mit Datenhelm und -handschuh auf dem Flugfeld und lenken unsere Modelle per Gedankenkraft auf dieser Frequenz.

Wie dem auch immer sein mag, wir sind sicher: robbe/Futaba wird auch hier an vorderster Front mit dabei sein. Bis dahin aber erst einmal viel Spaß beim super-schnellen Frequenzwechseln mit FASST!

MFI

## DIE AUTOREN

Dieter Perkuhn und Tobias Wagner



Dieter Perkuhn ist unseren Lesern als Elektronik-Experte bekannt; er ist von Anfang an bei MFI dabei (und das sind nun über 30 Jahre), und wir schätzen seine sachkundigen Beiträge. – Tobias Wagner ist seit Jahren als Autor unserer Schwesterzeitschrift ROTOR aktiv und hat vor allem durch seine spektakulären 3D-Aktivitäten auf sich aufmerksam gemacht. Mit seiner Aktion »World Scenic Flights« startete er das weltweit wohl größte Projekt in der Geschichte des Modellflugsports, das ihn in 72 Tagen mit dem RC-Hubschrauber um die ganze Welt führte. ROTOR hatte seinen mehrteiligen Bericht über diesen Event in den Jahren 2007/2008 veröffentlicht, mit spektakulären Bildern von Flugeinsätzen an Orten wie der Chinesischen Mauer, Ayers Rock in Australien, den Niagarafällen, Stonehenge oder den Pyramiden in Ägypten. Sein Heli war mit dem FASST-System ausgerüstet, so dass er diesbezüglich über einen reichen Erfahrungsschatz verfügt. Eindrücke dieser Reise findet man unter [www.heligraphix.de](http://www.heligraphix.de) im Internet.

**Tobias Wagner bereist mit seinem Heli die ganze Welt und flog an Plätzen, die normalerweise für Modellflieger tabu sind – mit dem 2,4-GHz-FASST-System. Dieter Perkuhn ist unser Experte in Sachen Elektronik schlechthin und eine nicht wegzudenkende Größe im Team der MFI-Autoren.**

