

■ DOWNLOADPLAN SWATTER HASE ■ HURRICANE 425 VOM HELI SHOP ■ VORBILD-DOKU CASSUTT  
■ ALLES ÜBER MOTORSTURZ UND SEITENZUG ■ 3D-MINIS VON E-FLITE, KYOSHO UND SCHWEIGHOFER



# Modell AVIATOR

www.modell-aviator.de

TEST & TECHNIK FÜR DEN MODELLFLUG-SPORT

**GLANZLICHT**  
SUPERSTARLIGHT VON  
MG-MODELLBAU



**FAVORITENROLLE**  
SCHWEIGHOFERS  
NEUER F3A-HIT

2,4-GIGAHERTZ VON SCHULZE ELEKTRONIK  
**PERFEKTE WELLE**

**TIGER MEET**  
VOLL-GFK-F-16 VON AIRPAC



Ausgabe 07/10 ■ Juli ■ Deutschland: € 4,30

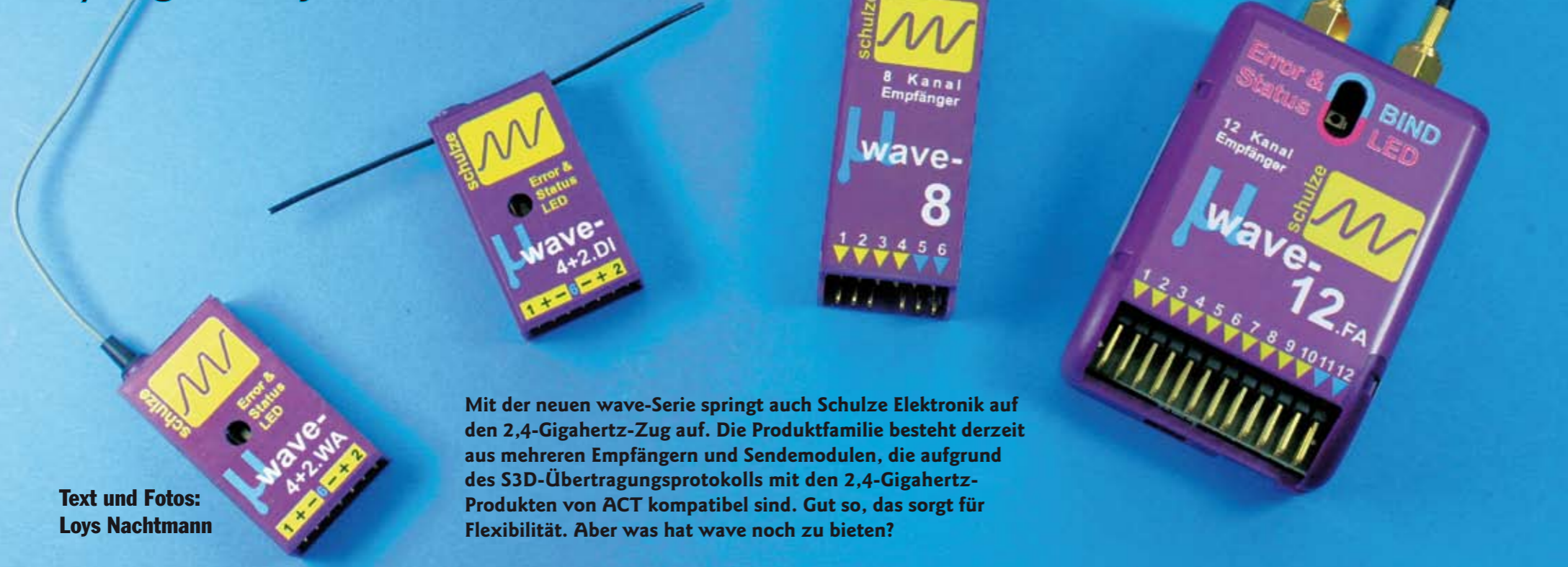
A: € 4,90 CH: 8,40 sfr Benelux: € 5,10 I: € 6,00 DK: 44,00 dkr

wellhausen  
&  
marquardt  
Mediengesellschaft

Der folgende Bericht ist in der  
Ausgabe 07/2010 des Magazins  
Modell AVIATOR erschienen.  
[www.modell-aviator.de](http://www.modell-aviator.de)

# PERFEKTE WELLE

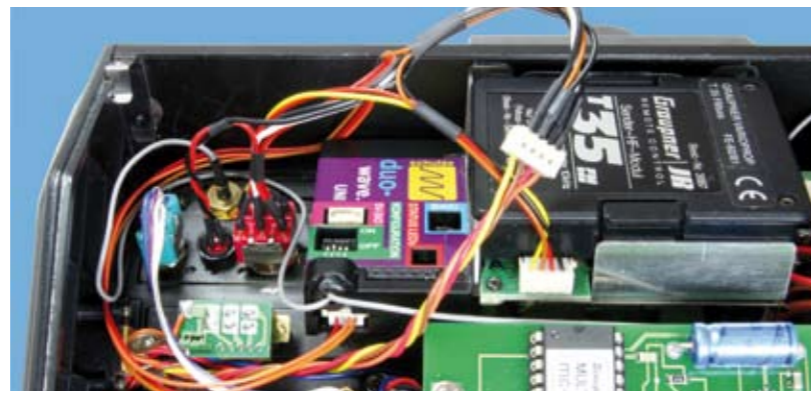
## 2,4-Gigahertz-System von Schulze elektronik



Text und Fotos:  
Loys Nachtmann

Mit der neuen wave-Serie springt auch Schulze Elektronik auf den 2,4-Gigahertz-Zug auf. Die Produktfamilie besteht derzeit aus mehreren Empfängern und Sendemodulen, die aufgrund des S3D-Übertragungsprotokolls mit den 2,4-Gigahertz-Produkten von ACT kompatibel sind. Gut so, das sorgt für Flexibilität. Aber was hat wave noch zu bieten?

Das 2,4-Gigahertz-System (GHz) wave besteht derzeit aus acht verschiedenen Sendemodulen und drei Empfängern in verschiedenen Ausführungen. Sie decken das breite Einsatzspektrum im RC-Modellbau weitgehend ab. Dabei lassen sich wave-Sendemodule bei fast allen derzeit erhältlichen 35-Megahertz-Fernsteuersendern von Graupner/JR, robbe/Futaba und Multiplex nachrüsten. Wer nicht gerade zwei linke Hände hat, kann den vorhandenen Sender leicht selbst auf moderne 2,4-GHz-Technik upgraden: In der Regel muss man nur das 35-Megahertz-Hochfrequenzmodul aus dem Sender nehmen und stattdessen ein passendes Schulze



Wer mit 35 Megahertz und 2,4 Gigahertz fliegen will, sollte das Duo-wave-UNI-Modul und den Sicherheitsschalter S3D-switch-it in den Sender einbauen. Passt in Sender von Graupner/JR, Robbe/Futaba und Multiplex

### Technische Daten

	Sendemodul Duo-wave.GRA-D <sup>1)</sup>	Sendemodul Duo-wave.UNI <sup>1)</sup>	Empfänger µwave 4+2 <sup>2)</sup>	Empfänger µwave 8 <sup>3)</sup>	Empfänger µwave 12 <sup>4)</sup>
Preis	259,- Euro	259,- Euro	64,90 Euro	149,- Euro	229,- Euro
Kanalzahl	12	12	6	8	12
Spannungsbereich	4-13 V	4-13 V	4-9 V	4-9 V	4-9 V
Empfohlene Stromversorgung	6-8 NiMH/ 2 LiXx	6-8 NiMH/ 2 LiXx	4-6 NiMH/ 2 LiXx	4-6 NiMH/ 2 LiXx	4-6 NiMH/ 2 LiXx
Abmessungen	64 x 49 x 22 mm	58 x 33 x 11 mm	39 x 21 x 9 mm	53 x 21 x 13,5 mm	68 x 45 x 23 mm
Gewicht	40 g	17 g	6,5 g	14 g	38 g
Impulsbreite	0,8-2,3 ms	0,8-2,3 ms	0,8-2,2 ms	0,8-2,2 ms	0,8-2,2 ms
Framerate Empfänger			18 ms/14,26 ms	18 ms/14,26 ms	18 ms/14,26 ms
Sendeleistung	20 dBm	20 dBm	4 dBm	4 dBm	4 dBm
Empfänger-Empfindlichkeit	-97 dBm	-97 dBm	-97 dBm	-97 dBm	-97 dBm

<sup>1)</sup> erweiterbar auf 16 Kanäle  
<sup>2)</sup> wahlweise mit einer Dipol- oder einer Wurfantenne  
<sup>3)</sup> zwei Wurfantennen  
<sup>4)</sup> wahlweise zwei Wurfantennen, zwei R-SMA-Antennen oder zwei Koax-R-SMA-Antennen

2,4-GHz-Sendemodul implantieren. Modellpiloten, die mit Elektronik nichts am Hut haben, können ihren Fernsteuersender zum Schulze-Service einschicken und dort gegen einen geringen Aufpreis umrüsten lassen.

Momentan bietet Schulze 2,4-Gigahertz-Empfänger mit sechs, acht und zwölf Servoanschlüssen, die wahlweise mit fest installierten oder schraubbaren Antennen ausgestattet sind. Zwar fällt die Empfängerpalette im Vergleich zu anderen Herstellern noch etwas klein aus. Aber Schulze-Empfänger sind leicht und sehr kompakt gebaut und können deshalb vom Parkflyer bis hin zum Hochleistungssegler, Elektro-Hotliner und 3D-Kunstflugmodell gleichermaßen eingesetzt werden.

### Uno und Duo

Die wave-Serie von Schulze ist ein modernes 2,4-GHz-Sende-/Empfangssystem, das bei der Übertragung der Steuerbefehle die Spread-Spectrum-Modulation und Frequenz-Hopping (FHSS) verwendet. Die Sendemodule gibt es in zwei Ausführungen – sie heißen Uno-wave und Duo-wave. Wie der Name bereits vermuten lässt, ist Uno-wave mit einem einzigen Sendeteil und einer Sendeanenne ausgerüstet, hingegen enthalten die Duo-wave-Sendemodule zwei separate Hochfrequenzteile, die mit zwei Sendeanennen gleichzeitig funken.

Wie Reichweiten-Messungen ergaben, bietet die Übertragung der Steuerbefehle mit zwei separaten Sendeteilen und zwei Sendeanennen enorme Sicherheitsvorteile gegenüber Fernsteueranlagen, die mit nur einer einzigen Sendeanenne funken. Da sich die beiden Antennen im



Nach Entfernen der durchsichtigen Abdeckung in der MC-24-Bodenplatte können die beiden 2,4-Gigahertz Antennen direkt an den Buchsen des Sendemoduls angeschlossen werden. Den Plexiglas-Antennenträger gibt es bei Schulze Elektronik als Zubehör

Sender und die beiden Empfangsantennen im Flugzeug jeweils im 90-Grad-Winkel zueinander ausrichten lassen, besteht immer eine optimale Funkverbindung, denn die Sende- und Empfangsantennen zielen während des Flugs nicht aufeinander. Sollte eine der beiden Funkstrecken aufgrund von Störungen einmal zusammenbrechen, so ist dank doppelter Sender- und Empfänger-Diversity noch eine weitere vollwertige Funkstrecke vorhanden.

### Intelligentes Hopping

Schulze Uno-wave-Sendemodule mit einem Sendeteil wechseln 70 mal pro Sekunde die Frequenz – und zwar über insgesamt 78 verschiedene Frequenzen. Duo-wave-Module mit zwei Sendeteilen hüpfen hingegen gleichzeitig 140 mal pro Sekunde. Auch hier wird wieder über 78 verschiedene Frequenzen gehoppt, wobei aber gleiche Kanäle zeitlich versetzt zueinander gesendet werden – äußerst intelligent gemacht. Mit zwei gleichzeitig betriebenen Funkstrecken zum Flugmodell bietet Schulze Duo-wave erhöhte Sicherheit durch Redundanz. Zudem ist durch das Hoppen auf zwei verschiedenen Sendefrequenzen die Wahrscheinlichkeit äußerst gering, dass es zu Kollisionen zwischen den beiden Sendeteilen im Duo-wave-Modul oder gar anderen Fernsteuersendern in der Umgebung kommt.

Dieser hohe Sicherheitsvorteil gab den Ausschlag, das Duo-wave-Sendemodul in eine MC-24 Black-Edition einzubauen und zusammen mit den beiden Empfängern µwave-8 und µwave-12 in großen und wertvollen Hochleistungsmodellen zu testen. Es handelt sich um eine Yak-55 SP von Composite-ARF mit 3 Meter Spannweite und 150-er Boxermotor (siehe Bericht in Modell AVIATOR 5/2010) sowie einen Blue Brazil von Blue Airlines in Voll-CFK-Bauweise mit 5 Meter Spannweite, befeuert von einem 2,6-Kilowatt-Elektroantrieb mit zehn LiPo-Zellen.



Schade, dass die Antennenstecker des Duo-wave.GRA-D nicht ins Carbon-Competition-Senderpult der MC-24 passen

### Reichweite

Schulze µwave-Empfänger gibt es mit einem oder zwei separaten Empfangsteilen. Mini-Receiver wie der µwave 4+2 haben nur ein Empfangsteil mit einer Antenne und sind für den Short-Range-Bereich konzipiert. Es können Entfernungen zwischen 300 bis 500 Meter Distanz überbrückt werden. Deshalb sind Slowflyer und Schaumwaffeln das typische Einsatzgebiet des µwave 4+2.

Die beiden Full-Range-Empfänger µwave-8 und µwave-12 sind mit zwei kompletten Empfangsteilen und zwei Antennen für optimalen Diversity-Empfang ausgelegt –



Exzellente Reichweite  
Robuste  
Funkverbindung  
Frühwarnsystem durch  
akustischen Alarm  
Upgrade-fähig  
Exzellentes Handbuch

Gedrosselter Rückkanal  
(Noch) keine  
Telemetriesensoren



sie verwenden also keine simple preisgünstige Antennenumschaltung auf ein gemeinsames Empfangsteil. Dank dieses hohen Hardware-Aufwands stellt sich bei gleichzeitigem Empfang auf zwei Antennen exzellenter Diversity-Empfang ein. Sollte die Funkverbindung dennoch einmal total abreißen, kann der Empfänger seinen Sender innerhalb weniger Zehntelsekunden wiederfinden, ohne dass der Pilot davon etwas merkt.

### Polarisierung

Im so genannten Sendeantennen-Switch-Modus werden die Steuerbefehle des Piloten mit wechselnder Polarisierung abgestrahlt. Die beiden unterschiedlichen Frequenzen werden dadurch in zwei Polarisierungsebenen ausgesendet. Dadurch verdoppelt sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine der Polarisierungsebenen stets optimal zu den jeweiligen Empfangsantennen ausgerichtet ist.

Zusätzlich lassen sich zwei beliebige S3D-Empfänger (wie bei ACT) mit einem DSL-Kabel zu einem Empfängerverbund kombinieren. Vereint man so beispielsweise einen  $\mu$ wave-8- und  $\mu$ wave-12-Empfänger, gelangt man aufgrund der vier Hochfrequenzteile zu Vierfach-Empfänger-Diversity und erhält obendrein bis zu 20 Servoanschlüsse. Bei zwei Empfängern mit vier verschiedenen ausgerichteten Antennen kann man selbst in einer äußerst widrigen Funkumgebung davon ausgehen, dass die Steuerbefehle des Piloten bei den Servos im Flugmodell ankommen.

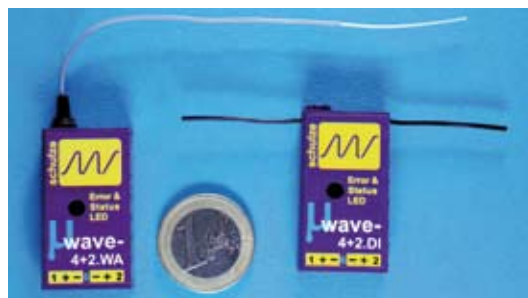
### Chips

Der zentrale Schaltkreis in allen Schulze Sendemodulen und in den 2,4-GHz-Empfängern ist der Transceiver CYRF6936 von Cypress. Bei diesem Low-Power-Chip sind ein Empfänger und ein Sender auf einem einzigen Siliziumplättchen vereint – beide arbeiten im 2,4-GHz-Band. Transceiver ist ein Kunstwort, das die beiden Begriffe Transmitter (Sender) und Receiver (Empfänger) kombiniert. Wer es genau wissen will, kann die entsprechenden Datenblätter von der Webseite [www.cypress.com](http://www.cypress.com) herunterladen.

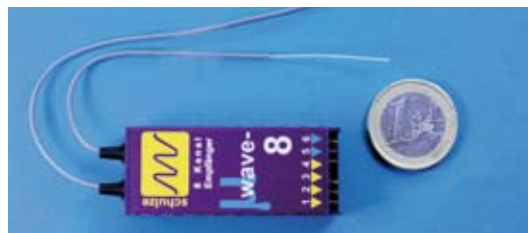
### Bezug

Schulze Elektronik  
Prenzlauer Weg 6  
64331 Weiterstadt-Braunshardt  
Telefon: 061 50/130 65  
Fax: 061 50/13 06 99  
E-Mail:  
[verkauf@schulze-elektronik-gmbh.de](mailto:verkauf@schulze-elektronik-gmbh.de)  
Internet:  
[www.schulze-elektronik-gmbh.de](http://www.schulze-elektronik-gmbh.de)

Um die Bindetaste im MC-24-Pultgehäuse zu montieren, ist ein Schalter-Loch von 6,5 auf 7 Millimeter aufzubohren



Die Mikro-Empfänger  $\mu$ wave 4+2 gibt es wahlweise mit einer Dipol- oder Wurfantenne. Beide haben eine eingeschränkte Reichweite von etwa 500 Meter



Der Full-Range-Empfänger  $\mu$ wave -8 bietet acht Servo-Steckplätze, ist mit zwei Antennen ausgestattet und funktioniert bis an die Sichtgrenze einwandfrei

Der CYRF6936 wurde nicht speziell für 2,4-GHz-Fernsteueranlagen konzipiert, stattdessen findet man diesen bekannten Schaltkreis in vielen industriellen Fertigungsstraßen, Funknetzen, Roboteranwendungen und WLAN-Rootern. Der Leistungspegel des Senders und die Empfindlichkeit des Empfängers in diesem Schaltkreis reichen zwar für Slowflyer und Schaumwaffeln aus, nicht jedoch für große Flugmodelle oder Turbinenjets. Deshalb kommt der Booster-Verstärker CC2591 von Texas Instruments zum Einsatz, der die Empfindlichkeit des Empfängers und den Leistungspegel des Senders erhöht. Durch diese Maßnahme ist es möglich, dass man selbst XXL-Flugmodelle und Turbinenjets bis weit hinaus über die Sichtgrenze sicher steuern kann.

Die Aufbereitung der Servo-Impulse in den  $\mu$ wave-Empfängern erledigen die populären ATmega-RISC-Prozessoren von Atmel. Schulze ist also bei der Entwicklung seines Systems pragmatisch vorgegangen. Hier kommt bewährte Industrie- und Consumer-Elektronik zum Einsatz, die seit Jahren tadellos funktioniert. Der Vollständigkeit sei abschließend erwähnt, dass auch Jeti in seinem 2,4-GHz-Duplexsystem den CC2591 von Texas Instruments als Booster-Verstärker und Atmel ATmega-Prozessoren als Impuls-Decoder verwendet (siehe **Modell AVIATOR** 3/2010).

### Alles offen

Für RC-Piloten, die weiterhin im 35-Megahertz- und 2,4-GHz-Band fliegen wollen, hat Schulze den Sicherheitsschalter S3D-switch-it entwickelt. Mit ihm kann man komfortabel zwischen beiden Frequenzbändern umschalten. Da S3D-switch-it bereits vorkonfektioniert ist, sind keine Lötarbeiten erforderlich – einfacher geht's nicht. Ältere, hochwertige 35-Megahertz-Empfänger, die noch tadellos funktionieren, muss man also nicht bei eBay zum Schleuderpreis verramschen.

### Rückkanal

Hardwaremäßig haben alle  $\mu$ wave-Empfänger einen Rückkanal zum Fernsteuersender. Die Empfänger  $\mu$ wave-8 und  $\mu$ wave-12 könnten laut Datenblatt der Chip-Hersteller



**Beim High-End-Empfänger  $\mu$ wave-12 können RC-Piloten zwischen insgesamt sieben verschiedenen Antennenformen wählen. Hier der  $\mu$ wave-12.FA mit schraubbaren Antennen**

theoretisch mit 20 dBm auf der Retour-Stecke funken, sind aber laut Schulze derzeit auf 4 dBm (siehe Tabelle) gedrosselt. Deshalb reicht die Rückverbindung nur etwa 20 bis 50 Meter weit.

Der Rückkanal ist zwingend notwendig für den Datenaustausch bei der Binde-Prozedur zwischen Sender und Empfänger und hat derzeit folgende Sonderfunktion: Sollte der Empfängerakku einmal während des Flugs in die Knie gehen, wird ein Unterspannungsalarm ausgelöst, den die LED und der Piezo-Summer im Sendemodul signalisieren, sobald der Rückkanal bei geringer Entfernung zum Sender empfangen wird. Demnächst soll jedoch der Rückkanal für Telemetrie ähnlich wie bei Jeti Duplex zugänglich werden.

### Vorbildlich

Wie auch die 2,4-GHz-Sendemodule anderer Hersteller, so verwenden die Schulze Uno-wave- und Duo-wave-Module den PPM-Impulstrom als Eingangssignal. Die Impulsbreiten der Knüppel und Geber im Sender werden mit einer Genauigkeit von jeweils 4.096 Schritten (12 Bit) aufgelöst, was für den praktischen Einsatz mehr als ausreicht. Zukunftssicher ist das 2,4-GHz-Wave-System allemal, denn Firmware-Updates kann man von der Schulze Homepage herunterladen und selber in den Flashspeicher der Empfänger kopieren.

Bekanntlich funktionieren so manche Servos und Kreisel-Systeme nicht mehr zuverlässig, wenn sie mit 2,4-GHz-Empfängern verbunden werden. Schuld daran sind die zu geringen Servo-Impulshöhen. Lagen zu 35-Megahertz-Zeiten noch Impulse mit 5 bis 6 Volt an den Servo-Steckern an, so geben manche 2,4-GHz-Empfänger nur etwa 3 bis 3,6 Volt ab. Schulze hat dieses eklatante Problem erkannt und die Empfänger  $\mu$ wave-8 und  $\mu$ wave-12 so konstruiert, dass sie 5-Volt-Servo-Impulse generieren.

### Bilanz

**Noch schöpft das Schulze wave-System nicht alle seine Möglichkeiten aus: Der Rückkanal erzielt nur Reichweiten zwischen 20 bis 50 Meter, weil die wave-Empfänger mit reduzierter Leistung senden. Auch fehlen ein GPS-Variometer und Telemetriesensoren. Schulze Elektronik will hier aber bald nachlegen. Wie die Reichweitenmessungen zeigen, kann wave große Entfernungen bis über die Sichtgrenze hinaus überbrücken. RC-Piloten, die auf Telemetrie-Sensoren warten können, erhalten mit der wave-Familie ein modernes 2,4-GHz-Fernsteuersystem.**



**Das Duo-wave.UNI-Modul und der Sicherheitsschalter S3D-switch-it passen problemlos in die meisten Fernsteueranlagen von Graupner/JR, robbe/Futaba und Multiplex**

### Verbrauchswerte

In der Praxis verbraucht das Duo-wave-Sendemodul etwa 100 Milliampere. Das Uno-wave-Modul hingegen begnügt sich mit 55 Milliampere – gemessen bei einer modulinternen Versorgungsspannung von 6 Volt. Die Sendemodule Duo-wave.GRA-D und Duo-wave.UNI haben im Spannungsbereich zwischen 4 und 13 Volt tadellos funktioniert. Sie können mit 4 bis 8 NiMH- oder zwei bis drei Lithium-Zellen betrieben werden. Die Empfänger  $\mu$ wave-4+2,  $\mu$ wave-8 und  $\mu$ wave-12 arbeiten im angegebenen Spannungsbereich zwischen 4 und 9 Volt, also bei vier bis fünf NiMH- oder zwei LiPo-Zellen prima.

Beim Temperaturtest konnte die wave-Produktfamilie überzeugen. Von -14 bis +77 Grad Celsius funktionierten Sendemodule und Empfänger einwandfrei.

### Grenzerfahrungen

Je niedriger ein Flugmodell fliegt, desto schlechter und schwieriger sind die Empfangsbedingungen. Der Reichweitentest wurde daher mit Hilfe einer Vorrichtung durchgeführt, bei dem sich die Empfänger und daran angeschlossene Servos in etwa 5 Meter Höhe befinden. Als Testsender diente eine Graupner MC-24 Black-Edition mit eingebautem Schulze Sendermodul Duo-wave.GRA-D. Der Fernsteuerer ist einen Meter über den Boden positioniert. Im Sendermenü wird das Servotestprogramm gestartet, sodass alle am Empfänger angeschlossenen Rudermaschinen ständig im Drei-Sekunden-Takt von einer Extremposition in die andere fahren. Da die fünf hochauflösenden DS 841 I-Digitalservos im Dummy-Flieger selbst kleinste Aussetzer an der Reichweitengrenze durch unregelmäßige Laufgeräusche und Drehkreuzbewegungen signalisieren, lässt sich schnell herausfinden, wo die Empfangsgrenze des jeweiligen Empfängers liegt.

Bei den Reichweitenmessungen können die wave-Empfänger immer direkt die Senderantenne sehen, Hindernisse liegen nicht dazwischen. Mit einem Outdoor-GPS-Empfänger wird die Entfernung zum Sender gemessen. Da die hier getesteten Sendemodule und wave-Empfänger mit Sender- und Empfänger-Diversity arbeiten, ist die Empfangsqualität an der Reichweitengrenze weitgehend unabhängig von der momentanen Fluglage des Modells. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit den Empfängern wave-8 und wave-12 vergleichbare Reichweiten erzielbar sind wie bei Jeti, Spektrum und Futaba.