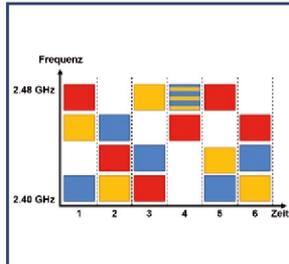
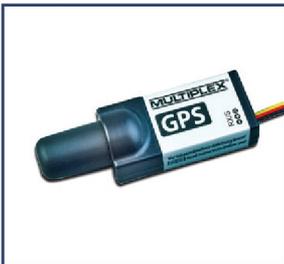




# 2,4-GHz-Fernsteuerungen

## Grundlagen und Praxis



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	10
Über den Autor .....	12
1. Einführung.....	13
1.1 Die Technologien im Wandel der Zeit.....	13
1.1.1 Anfänge der drahtlosen Übertragung .....	13
1.1.2 Erste Berührungspunkte zum Modellbau .....	14
1.1.3 Trägertastung .....	14
1.1.4 Flattersteuerung .....	15
1.1.5 Tonmodulation .....	15
1.1.6 Transistoren .....	16
1.2 Proportional-Fernsteuerungen .....	16
1.2.1 Kreuzknüppel .....	17
1.2.2 Signalcodierung und Modulation.....	17
1.3 Von der MHz-zur GHz-Übertragung.....	18
1.3.1 Frequenztabellen.....	19
1.3.2 Der Weg zur 2,4-GHz-Fernsteuerung.....	19
1.3.3 Erste 2,4-GHz-Fernsteuerungen .....	20
1.3.4 Größter Vorteil der 2,4-GHz-Technologie .....	20
2. Komponenten einer Fernsteuerung .....	21
2.1 Sender.....	22
2.1.1 Handsender .....	22
2.1.2 Pulsender.....	23
2.1.3 Colt-Sender .....	23
2.2 Empfänger .....	24
2.3 Servos.....	25
2.3.1 Analoges Servo.....	25
2.3.2 Digitaler Servo.....	26
2.3.3 Gewicht, Drehmoment und Drehgeschwindigkeit .....	27

2.3.4 Spannung.....	28
2.3.5 Getriebe und Lager .....	28
2.4 Motorregler .....	28
2.5 Energieversorgung .....	29
2.5.1 Senderakku .....	29
2.5.2 Empfängerversorgung mit Battery Eliminator Circuit.....	30
2.5.3 Empfängerversorgung mit Akku .....	31
2.5.4 4,8 V bis 7,4 V als Versorgungsspannung.....	31
2.6 Weitere Peripherie .....	32
2.6.1 Gyro .....	32
2.6.2 Nautik-Modul .....	33
3. Eigenschaften der 2,4-GHz-Fernsteuerungen .....	34
3.1 Drahtlose Übertragung mit elektromagnetischen Wellen.....	34
3.2 Reichweite und sicherer Empfang.....	35
3.2.1 Signalschwund bei sich bewegenden Modellen.....	36
3.3 Fresnel- Zone .....	37
3.3.1 Grundlagen.....	37
3.3.2 Fresnel-Zone im praktischen Modellbau .....	38
3.3.3 Genügend Reserve .....	40
3.4 Funkschatten.....	40
3.4.1 Faustregel Sichtkontakt .....	42
3.5 Luftfeuchtigkeit, Wasser, Materialdurchdringung .....	42
3.5.1 Signalabschwächung bei Feuchtigkeit.....	42
3.5.2 Modell-U-Boote .....	42
3.5.3 Materialdurchdringung.....	42
3.5.4 Erkenntnisse in Kurzform .....	43
4. Antennen und deren optimale Ausrichtung.....	44
4.1 Polarisation .....	45
4.2 Antennendiagramm und Antennengewinn.....	45
4.2.1 Antennendiagramm .....	45
4.2.2 Antennengewinn.....	46
4.3 Stabantenne und ihre Ausrichtung .....	48
4.3.1 Kopfstellung für Modellflugzeuge und -Helikopter .....	48
4.3.2 Senkrechtstellung für Auto- und Schiffsmodelle.....	49
4.3.3 Horizontal ausgerichtete Stabantenne .....	49
4.3.4 Empfängerantenne.....	50
4.3.5 Ein Beispiel für Auto- oder Schiffsmodelle .....	52
4.4 Die Patch-Antenne und ihre Ausrichtung.....	52
4.5 Diversity.....	54
4.5.1 Zwei Antennen als Merkmal .....	54
4.5.2 Empfänger .....	54
4.5.3 Sender.....	56
4.5.4 Einsatz von Diversity-Systemen in 2,4-GHz-Fernsteuerungen .....	57

4.6 Praktische Empfangsmessungen .....	57
4.6.1 Empfangsstärke ist nicht unbedingt gleich Empfangsqualität .....	57
4.6.2 Erkenntnisse in Kurzform .....	59
5. Modulations- und Übertragungsarten .....	60
5.1 PPM und PCM.....	61
5.1.1 Puls-Pausen-Modulation (PPM) .....	61
5.1.2 Puls-Code-Modulation (PCM) .....	63
5.1.3 PPM und PCM im Vergleich.....	64
5.2 Hochfrequenz, ASK, FSK und PSK.....	66
5.2.1 ASK, Amplitudenumtastung.....	66
5.2.2 FSK, Frequenzumtastung.....	67
5.2.3 PSK, Phasenumtastung.....	68
5.2.4 Weitere Shift-Keying-Modulationen und Hochfrequenzverstärker .....	68
5.3 Spread-Spectrum-Technik, Spreizbandtechnik.....	69
5.3.1 Bandbreite .....	69
5.3.2 Signaldauer .....	70
5.3.3 Dynamik .....	70
5.3.4 Eigenschaften von Spread-Spectrum-Technik, Spreizbandtechnik .....	71
5.4 Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS .....	72
5.4.1 Technische Umsetzung.....	73
5.4.2 Paralleler Betrieb von mehreren Fernsteuerungen.....	73
5.4.3 Risiken beim parallelen Betrieb mit vielen Fernsteuerungen.....	74
5.4.4 Der Vergleich mit den Flüsterstimmen.....	74
5.5 Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS .....	74
5.6 Kombination von FHSS und DSSS und weitere Begriffe.....	77
5.6.1 Kompatibilität der Systeme .....	77
5.7 Normen und Gesetze zur 2,4-GHz-Technologie.....	77
5.7.1 Die Normen EN 300328 und EN 300440 .....	78
5.7.2 Bereits verkaufte, sich im Betrieb befindende Systeme und die Zulassung .....	79
5.7.3 2,4-GHz-Fernsteuerungen aus anderen Ländern.....	79
5.7.4 Leistungsmessung in dBm.....	79
5.7.5 2,4 GHz forever?.....	80
6. Benutzerschnittstellen und Programmierung.....	81
6.1 Knüppel, Steuerrad, Drehgeber, Schalter und Taster.....	81
6.1.1 Drehgeber.....	82
6.1.2 Schalter und Taster.....	82
6.2 Programmierung .....	82
6.2.1 Eingabetaster und Display .....	83
6.2.2 Akkustische Signale.....	83
6.2.3 Modellspeicher.....	83
6.2.4 Betriebsphasen .....	84
6.2.5 Binding.....	84
6.2.6 PC-Schnittstellen.....	84

6.2.7 Speicherkarten .....	85
6.2.8 Knopfzellen im Sender.....	85
6.3 Kanalzuordnung.....	86
6.4 Servo -Trimmung, -Umkehr, -Wegverstellung.....	87
6.4.1 Umkehr .....	88
6.4.2 Trimmung.....	89
6.5 Dual Rate, Expo- und weitere Funktionen .....	90
6.5.1 Dual Rate .....	90
6.5.2 Expo-Funktion .....	91
6.5.3 Weitere Funktionen .....	93
6.6 Mischer.....	93
6.6.1 Ein Kanal wirkt auf zwei oder mehr Servos .....	94
6.6.2 Zwei Kanäle wirken auf zwei oder mehr Servos.....	94
6.7 Lehrer-/Schülerbetrieb.....	95
6.7.1 Verbindung der Sender über Lehrer-/Schülerkabel .....	95
6.7.2 Verbindung der Sender über Telemetrie .....	96
6.8 Programmierung eines Mikroprozessors beim Empfänger.....	97
6.9 Fernsteuerungen in der Zukunft.....	97
7. Telemetrie .....	99
7.1 Bidirektionale Kommunikation.....	99
7.1.1 Unabhängige Datenübertragung .....	99
7.1.2 Datenübertragung über den Rückkanal.....	100
7.2 Systemübersicht und Verkabelung.....	100
7.3 Visualisierung bzw. Wahrnehmung der Daten .....	102
7.3.1 Displays .....	102
7.3.2 Off-Line Visualisierung.....	102
7.3.3 Sprachausgabe.....	103
7.3.4 Welche Daten sind sinnvoll? .....	103
7.4 Eingesetzte Sensoren.....	104
7.4.1 Spannungsmessung .....	104
7.4.2 Strommessung .....	104
7.4.3 Temperaturmessung.....	104
7.4.4 Drehzahlmessung.....	105
7.4.5 GPS .....	105
7.4.6 Geschwindigkeitsmessung mittels Staudruck .....	105
7.4.7 Höhenmessung.....	105
7.4.8 Empfangssignal, Empfangsqualität .....	105
8 First Person View, FPV .....	106
8.1 FPV, der Unterschied zur normalen Steuerung .....	106
8.2 Visualisierung.....	107
8.2.1 Offline Visualisierung .....	107
8.2.2 Online Visualisierung .....	108
8.3 Kamera, Videobrille und Datenübertragung.....	109

8.3.1	Übertragungsfrequenz und Leistung .....	110
8.3.2	Kamera.....	112
8.3.3	Speicherung und Visualisierung der Bilddaten.....	112
8.3.4	Steuerung über die Kamera.....	114
8.3.5	Videobrille .....	114
8.4	FPV und Legalität .....	115
8.4.1	Weitere Möglichkeiten, Google Glass, GPS und „read-to-fly“-Systeme .....	116
8.5	Praxisbeispiel zu Telemetrie und FPV .....	116
8.5.1	Flugcontroller .....	116
8.5.2	Multicopter als Octocopter .....	118
8.5.3	Telemetrie .....	118
8.5.4	Bodenstation.....	119
8.5.5	Kamera, Videolink, Videobrille.....	120
8.6	FPV-Racing.....	121
9	Kreiselsysteme .....	123
9.1	Gyro.....	124
9.2	Beschleunigungssensor .....	124
9.3	Kombination der Sensoren zur IMU, Inertial Measurement Unit.....	125
9.4	In den Empfänger integrierte oder separate Kreiselsysteme .....	126
9.4.1	Mehrachsen-Systeme bei Helikoptern.....	127
9.4.2	Mehrachsen-Systeme bei Modellflugzeugen .....	128
9.4.3	Ein Beispiel: Corsair mit AS3X.....	129
9.5	Montage des Kreiselsystems.....	131
9.6	Einstellung der Empfindlichkeit bzw. der Gainwerte .....	132
9.7	Gainwerte, Empfindlichkeit .....	132
9.7.1	Vorzeichen der Gainwerte .....	132
9.7.2	Höhe der Gainwerte und eingesetzte Servos.....	133
10	Einbau und Inbetriebnahme.....	134
10.1	Einbau im Modell und Verlegung von Kabeln.....	134
10.1.1	Flächenmodell .....	134
10.1.2	Antennenmontage vertikal nach oben oder nach unten? .....	135
10.1.3	Innenansicht .....	135
10.1.4	Modellhubschrauber .....	136
10.1.5	Motorisierter Gleitschirm .....	137
10.1.6	Auto- und Schiffsmodell .....	137
10.1.7	Innenmontage der Antennen? .....	138
10.2	Entstörung von Komponenten .....	139
10.2.1	Ferritkern beim BEC-Kabel .....	139
10.2.2	Entstörung von Elektromotoren .....	139
10.3	Reichweitentest .....	
10.3.1	Wenn der Reichweitentest nicht bestanden wird .....	140
11	Literatur .....	141

### 1.2.1 Kreuzknüppel

Dazu wurde bei der Fernsteuerung eine neue Art der Benutzerschnittstelle, nämlich der so genannte Kreuzknüppel nach Bild 3 eingeführt. Dieser wird auch heute noch in derselben Form eingesetzt und prägt immer noch das Erscheinungsbild der Sender. Dabei werden mit einem kardanisch aufgehängten Knüppel zwei Funktionen realisiert.

Die genaue Position des Knüppels kann dabei auf verschiedene Arten erfasst werden. Oftmals wird dazu ein Potentiometer nach Bild 4 eingesetzt.

Die eine Extremposition wird mit dem Minuspol der Batterie verbunden. Der Ground oder die Masse des ganzen Senders wird oftmals auch auf den Minuspol gelegt. Die andere Extremposition wird an eine stabilisierte Spannung gelegt, welche meistens etwas tiefer liegt als der Pluspol der Batterie. Dazwischen ist ein Widerstandsbelag aufgetragen. Der zwischen den beiden Extrempositionen liegende Abgriff ist mechanisch mit dem Knüppel gekoppelt und liefert eine Spannung, welche zwischen dem Ground und der stabilisierten Spannung an der anderen Extremposition liegt. Es werden heute auch andere Arten zur Positionserfassung eingesetzt. Encoder messen optische Pulse bei der Bewegung des Knüppels oder Hall-Sensoren erfassen die Position aufgrund der Gesetze des Magnetismus. Diese beiden Varianten arbeiten berührungslos und benötigen keinen mechanischen Abgriff wie das Potentiometer. Allen ist aber gemeinsam, dass die Senderelektronik am Ende über eine Information der Knüppelposition verfügt. Selbstverständlich werden pro Kreuzknüppel jeweils zwei solcher Sensoren benötigt.

### 1.2.2 Signalcodierung und Modulation

Damit die Information über die Knüppelposition zum Empfänger übermittelt werden kann, muss diese noch in eine spezielle Form gebracht werden. Während die ersten Proportional-Fern-

Bild 3: Kreuzknüppel.

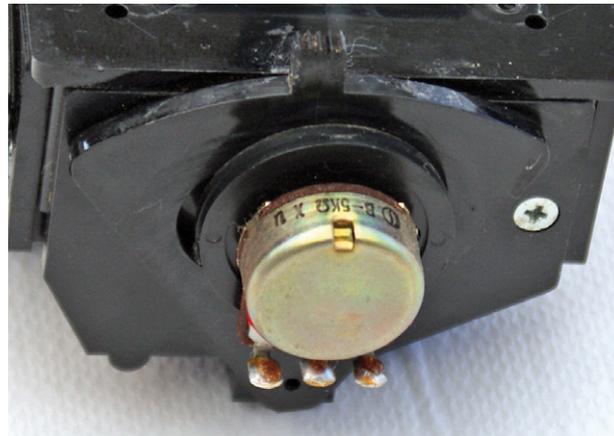
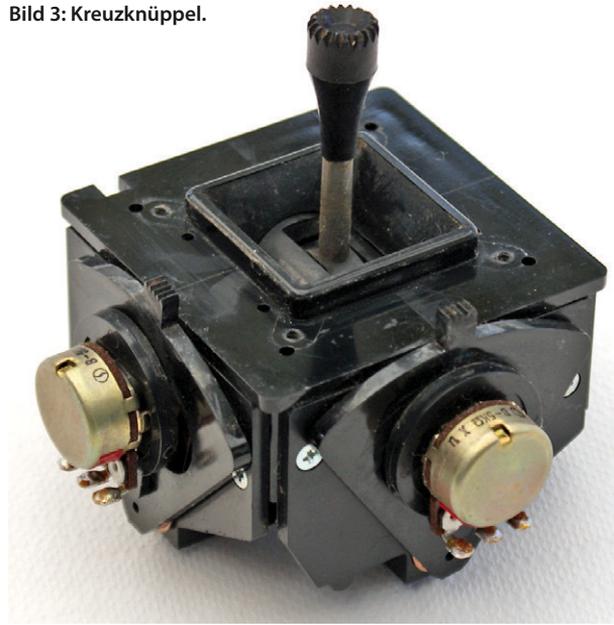


Bild 4: Potentiometer beim Kreuzknüppel.

steuerungen noch nicht über einen bestimmten Standard diesbezüglich verfügten, setzte sich etwas später eine variable Pulslänge zwischen 1 ms und 2 ms nach Bild 5 durch.

Ein 1 ms bzw. 2 ms langes Signal bedeutet, dass sich der Knüppel in der einen oder anderen Extremposition befindet. Somit bedeutet das auch, dass sich die Servos auf der Modell-

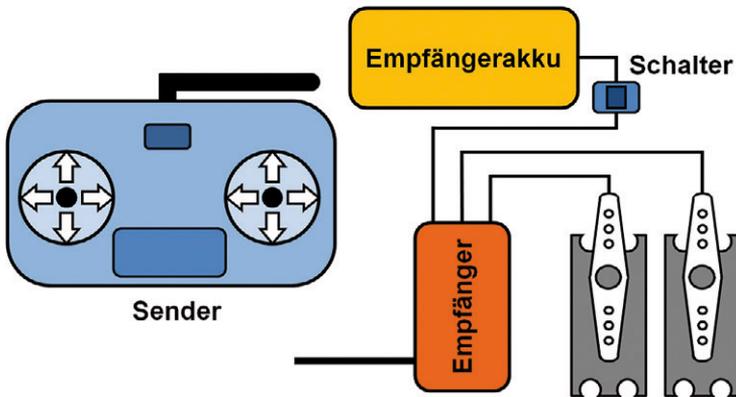


Bild 7:  
Schematische  
Darstellung einer  
kompletten Fern-  
steueranlage.

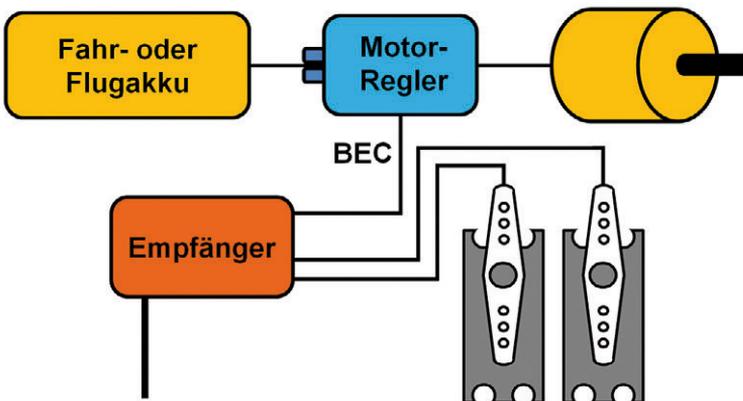


Bild 8:  
Schematische  
Darstellung einer  
Empfangsanlage,  
welche über den  
Fahr- oder Flugakku  
versorgt wird.

gen, wird ein solcher Akku benötigt. Oftmals werden die Modelle jedoch von einem Elektromotor angetrieben. Dann wird der Empfänger meistens über den Motorregler direkt vom Fahr- oder Flugakku versorgt und ein separater Empfängerakku entfällt. Eine solche Konfiguration zeigt das Bild 8 schematisch.

Ein seit dem Anbeginn der Fernsteuerungstechnik unverzichtbares Element ist der Servo. Er wird oft auch Rudermaschine genannt und sorgt dafür, dass die von der Fernsteuerung kommenden Signale im Modell auch für die entsprechenden Aktionen sorgen. Heute gibt es eine Vielzahl von weiteren Peripheriegeräten. Im entsprechenden Unterkapitel soll eine kleine Auswahl gezeigt werden.

## 2.1 Sender

### 2.1.1 Handsender

Der in Bild 9 dargestellte Sender ist ein so genannter Handsender. Dieser ist unter allen Senderarten sicherlich am meisten verbreitet. Wie der Name es bereits verrät, wird der Sender auf beiden Seiten mit je einer Hand umfasst. Oftmals steuern die Piloten nur mit den beiden Daumen, welche jeweils auf die Oberseiten der Knüppel gelegt sind.

Eine andere Art der Steuerung ist, die Knüppel zwischen Daumen und Zeigefinger der Hände zu nehmen und den Sender nur mit den Handflächen einzuklemmen. Der Autor zieht diese Steuerungsart vor, da sie aus sei-

# 3. Eigenschaften der 2,4-GHz-Fernsteuerungen

In diesem Kapitel werden zuerst einige Grundlagen der drahtlosen Datenübertragung erarbeitet. Diese sind wichtig für das Verständnis der nächsten Kapitel 4, ‚Antennen und deren optimale Ausrichtung‘ sowie Kapitel 5, ‚Modulations- und Übertragungsarten‘. Dabei werden zuerst elektromagnetische Wellen und deren grundsätzlichen Eigenschaften bezüglich der Reichweite behandelt. Die Reichweite ist alleine jedoch nicht sehr aussagekräftig, weil in der Praxis andere Dinge, wie die Nähe der Antennen zum Boden, Hindernisse, feuchte Luft oder die Bewegung des Modells selbst den sicheren Empfang ebenfalls beeinflussen. Um das Kapitel nicht zu trocken und theoretisch erscheinen zu lassen, werden nur ganz grundlegende For-

meln verwendet. Außerdem werden sie immer mit konkreten Beispielen mit 2,4-GHz-Fernsteuerungen oder auch im Vergleich zu den MHz-Fernsteuerungen angewendet.

## 3.1 Drahtlose Übertragung mit elektromagnetischen Wellen

Eine elektromagnetische Welle, welche die Grundlage jeglicher drahtloser Übertragung von Steuerbefehlen darstellt, besteht eigentlich aus zwei Wellen. Wie es der Name schon erahnen lässt, ist sowohl ein elektrisches als auch ein magnetisches Feld beteiligt. Ein elektrisches Feld hat die Einheit ‚Volt pro Meter‘. Wenn solche Felder mit der Frequenz die Polarität wechseln,

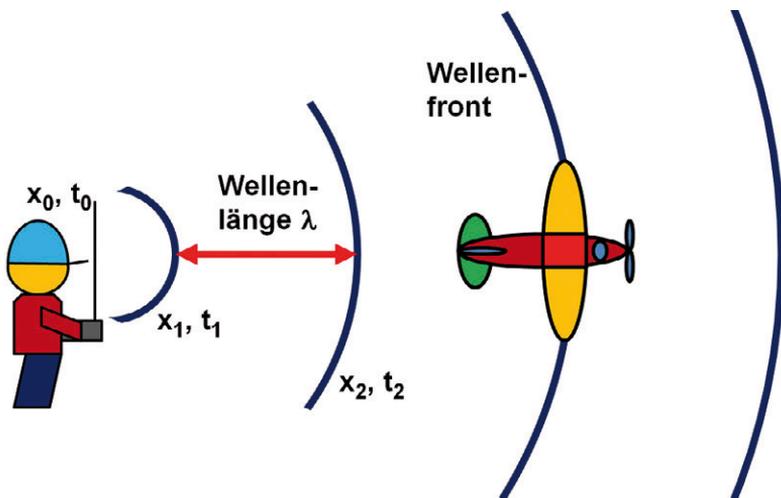


Bild 18:  
Ausbreitung von  
elektromagnetischen  
Wellen.

Senderantennen sollte eine der Empfängerantennen demnach ebenfalls horizontal aus dem Modell herausragen.

Um dies etwas zu illustrieren, soll Bild 27 noch auf eine andere Art dargestellt werden. Das Bild zeigt eine optimal ausgerichtete Sender- und Empfängerantenne in vertikaler Richtung. Stellt man sich vor, dass der Sender ein Lichtpunkt ist, dann hat dieser Lichtpunkt so eine optimale Projektion auf die gesamte Länge der Empfängerantenne, siehe Bild 33.

Diese Darstellung ist zwar etwas vereinfacht, sie gibt die wahren Verhältnisse jedoch ziemlich gut wieder. Wenn jetzt die Empfängerantenne gegenüber der Senderantenne etwas verdreht wird, wie es Bild 34 zeigt, dann wird die Projektionsfläche kleiner, auch das Empfangssignal wird so etwas schwächer.

Wenn die Empfängerantenne nicht in diese Richtung, sondern bildlich gesprochen ins Blatt hinein beziehungsweise aus dem Blatt heraus gedreht würde, würde das Empfangssignal wegen der dann unterschiedlichen Polarisierung ebenfalls abgeschwächt. Bild 35 zeigt den Extremfall mit zueinander senkrecht stehenden Antennen.

Hier ist gar keine Projektionsfläche vorhanden und deshalb gibt es eigentlich auch kein Empfangssignal. Hier zeigen sich jedoch schon die Grenzen dieser vereinfachten Darstellung. Wie in Kapitel 4.6 ‚Praktische Empfangsmessungen‘ noch gezeigt wird, ist bei dieser Antennenstellung trotzdem ein Empfangssignal vorhanden. Die Senderantenne strahlt ja eben nicht nur in die eingezeichnete Richtung ab, sondern nach dem Antennendiagramm in Bild 28 auch etwas schwächer in die anderen Richtungen. So gibt es hier auch elektromagnetische Wellen, welche auf dem Boden auftreffen und von diesem reflektiert beim Empfänger eintreffen. In der Praxis hat man deshalb oft auch so noch einen Empfang. Trotzdem sollte man es vermeiden, dass die Antennen zueinander senkrecht stehen.

Bild 36 zeigt denselben Fall wie Bild 35. Die Empfängerantenne weist dasselbe Antennendiagramm auf wie die Senderantenne. Wenn sie optimal auf den Sender ausgerichtet ist wie hier, kann man sich auch auf ihr einen Lichtpunkt vorstellen. Wenn dieser dann auf der schlecht ausgerichteten Senderantenne keine Projektionsfläche hat, ist das Empfangssignal ebenfalls

Bild 35:  
Sender- und Empfängerantenne stehen zueinander senkrecht.



Bild 36:  
Auch hier stehen die Sender- und Empfängerantenne senkrecht zueinander.



# 8 First Person View, FPV

First Person View, abgekürzt FPV, heißt übersetzt etwa „Sicht aus der Ich-Perspektive“. Fliegt oder fährt man in einem Schiff, Flug- oder Fahrzeug, dann bewegt man sich mit diesem mit und sitzt auch mittendrin im Geschehen. Man spürt das mit allen Sinnen. Man spürt beispielsweise die Beschleunigung und das Bremsen und man hört auch die entsprechenden Motorgeräusche. Der Mensch nimmt seine Umgebung aber auch in sehr hohem Masse visuell wahr. Und so ist auch die Steuerung von Flug-, Fahrzeugen oder Booten sehr stark von seinen visuellen Fähigkeiten geprägt. Vergleicht man den Anteil von spüren von Beschleunigungen und Bremsen, hören von Motorgeräuschen und der visuellen Wahrnehmung, so stellt man fest, dass letztere bei weitem überwiegt. Man kann sich im Extremfall sogar vorstellen, all die Boote, Flug- und Fahrzeuge nur mit der visuellen Wahrnehmung alleine zu steuern.

Im Grunde genommen macht man ja auch genau das, wenn man ein Modell fernsteuert. Stellt man sich als Beispiel einmal ein motorloses ferngesteuertes Segelboot oder Segelflugzeug vor, dann hört und spürt man es nicht. Man ist so eigentlich vollständig auf den visuellen Kontakt mit dem System angewiesen und führt auch die ganze Steuerung so durch.

## 8.1 FPV, der Unterschied zur normalen Steuerung

Auch die Simulationsprogramme im Modellflug arbeiten so. Der Pilot erfasst sein Modell visuell

am Bildschirm und hört über die Lautsprecher auch den Motorsound. Seine Fernsteuerung ist mit einer Schnittstelle mit dem PC verbunden. So kann er die vom Programm bereitgestellten Flugmodelle ziemlich realitätsnah steuern. Flugsimulatoren, welche zu Ausbildungs- und Übungszwecken für die Piloten von Flugzeugen eingesetzt werden, funktionieren freilich etwas anders. Der Pilot steigt dazu in ein Simulations-Cockpit, welches aber im Vergleich zum realen Cockpit am Boden verankert ist. Sonst ist es aber in jeder Hinsicht einem realen Cockpit nachempfunden. Es hat dieselben Armaturen und es hat dieselben Bedienungsmöglichkeiten. Außerdem ist es beweglich montiert und neigt sich bei Beschleunigungs- und Bremsmanövern entsprechend. Und anstelle der Frontscheiben sind hochauflösende Computerbildschirme eingebaut. Der zentrale Computer des Simulators berechnet nun bei allen Flugmanövern, wie sich das reale System verhalten würde und führt auch die Bildschirmgrafiken entsprechend nach. Der Pilot sieht auf den Bildschirmen genau dasselbe, was er auch beim Blick aus einem realen Cockpit sehen würde. Außerdem wird auch die Neigung berechnet und umgesetzt, sodass der Pilot das Cockpit mit allen Sinnen wahrnimmt.

Sowohl in der Realität als auch in der Simulation gibt es einen entscheidenden Unterschied zwischen der Art, wie man Modelle fernsteuert, und derjenigen, wie man richtige Schiffsmodelle sowie Flug- und Fahrzeuge steuert. Die ferngesteuerten Modelle nimmt man sozusagen von außen wahr. Man sieht sie aus der Zuschauer-

# 10 Einbau und Inbetriebnahme

Es wurden in diesem Buch viele Überlegungen nach der richtigen Lage der Antenne, über Diversity, sowie über den sicheren Empfang angestellt. Dieses Kapitel zeigt für alle Modellbausparten noch je ein ausgewähltes Beispiel für den Einbau. Zu einer korrekten Inbetriebnahme gehört neben der Entstörung der Komponenten ein Reichweitentest.

## 10.1 Einbau im Modell und Verlegung von Kabeln

Selbstverständlich können die wenigen Beispiele in diesem Kapitel nicht allen existierenden Modellen gerecht werden. Die Standardfälle werden jedoch abgedeckt und es wird gezeigt, wie Antennen und Komponenten möglichst stör-sicher verlegt und angeordnet werden können.

### 10.1.1 Flächenmodell

Beim Flugmodell „Chubby Lady“ handelt es sich um ein Fast-Fertigmodell. Insbesondere müssen alle RC Komponenten noch selbstständig eingebaut werden. Es wird ganz klassisch über ein Seiten- und Höhenruder gesteuert. Außerdem versorgt der Brushless-Regler den Empfänger über den Flugakku mit Energie. Eine schematische Darstellung der Energieversorgung mit BEC wurde in Bild 8 dargestellt. Wie in Kapitel 4.5 in einem Merksatz besprochen, sollten bei Flugmodellen Diversity-Empfänger eingesetzt werden. In Bild 119 ist zu sehen, dass die beiden Antennen des Empfängers mit einem ebenfalls in Kapitel 4.5 besprochenen Winkel von 90° zueinander stehen. Sie stehen auf einer Länge von einigen Zentimetern vom Modell ab. In einigen Bedienungsanleitungen

Bild 119: Diversity-Antennen bei einem Flugmodell

