



Multicopter



- Warum fliegt ein Multicopter?
- Akkus und Ladegeräte
- Fernsteuerung
- Bau eines Quadrocopters
- Flugschule
- Der kleinste Kameracopter der Welt?
- Aufbau eines einfachen Videocopters
- Der Multicopter im professionellen Einsatz
- Rechtliches
- Testberichte



**INTER
MODELLBAU**
DORTMUND
Messe für Modellbau und Modellsport
10. - 14. April 2013
www.intermodellbau.de

experTEC

**Das Expertenforum für
aktive Modellflieger**



erstmals vom

12. - 14. April 2013

parallel zur **INTERMODELLBAU**

www.messe-expertec.de

Ihr CopterShop

www.trade4me.de

Immer die
aktuellsten
Neuheiten
verfügbar



Walkera QR Infra X RTF

Walkera hat in den InfraX das erste Mal Ultraschall- und Infrarotsensoren integriert. Diese sorgen dafür, dass der InfraX die Flughöhe beibehält und möglichst nirgends anstößt.



Im engen Kontakt mit Walkera: Axel Dobewall (2.v.l.) und Michael Brendemühl (3.v.l.) von trade4me

Zwei starke Partner: Walkera und Trade4me

1. Fachkundige Beratung, volles Lieferprogramm, schneller Versand und beste Preise
2. Alle Top-Neuheiten der Hersteller umgehend bei uns ab Lager Hannover verfügbar
3. Enger Erfahrungsaustausch mit den Herstellern – unser feedback fließt in die Serienproduktion ein!
4. Wir liefern ausschließlich Originalware und Originalersatzteile direkt vom Hersteller



TRADE4ME.DE

Inhalt

- **Vorwort** 6
- Stephan zu Hohenlohe
- TECHNIK. Wie funktioniert ein Copter** 8
- **Alles über Akkus und Ladegeräte für Copter** 12
- **Sender**
Ohne Fernsteuerung geht es nicht 18



• Der ideale Einstieg in die Copterfliegerei »Blade mQX« von Horizon Hobby	22
• Flugschule Aller Anfang ist schwer	28
• Wilde Hummel »Quadflyer 330 X« von Graupner	30
• Peter Erang Vier ist mehr oder wo ist vorne? »Dymond LOX 580 Quadrocopter« von Staufenbiel	38
• Stephan zu Hohenlohe Der Kameracopter für den semi-professionellen Einsatz	42
• Oh, wie süß! »QG 550« von Revell	50
• Carsten Heintze Das fliegende Auge Ein Oktocopter als professioneller Kameraträger	52
• Dr. jur. Walter Felling Grenzenlos fliegen – oder doch nicht?	60
• Stephan zu Hohenlohe Aufsitzen, bitte Manntragender Copter	62
• Neun Fragen an den Experten Rainer Hacker zum Thema	64

Vorwort



Stephan zu Hohenlohe

Die Idee ist so bestechend wie einfach ... Man nehme vier starke Motoren, montiere sie an vier Ausleger, und schon hat man einen Senkrechtstarter. Die Vorteile gegenüber einem Hubschrauber liegen auf der Hand. Aufwendige und damit auch störanfällige Taumelscheiben entfallen, ebenso die Heckdrift und damit die Notwendigkeit eines Heckrotors. Da die jeweils gegenüberliegenden Rotoren in die gleiche Richtung drehen und somit benachbarte Rotoren unterschiedliche Drehrichtungen haben, lässt sich ein Quadrocopter nur durch Drehzahländerung der einzelnen Motoren in jede beliebige Richtung steuern.

Der Name des Fluggeräts stammt von dem lateinischen Wort Quadrum für Viereck. Die Erweiterung auf weitere Motorenpaare sorgt ab einer bestimmten Anzahl von Motoren für eine Ausfallsicherheit, da der Ausfall eines Antriebs durch andere Motoren kompensiert werden kann. Je nach Anzahl der Motoren handelt es sich dann um Hexa- oder Oktacopter, mit sechs oder acht Rotoren. Im Allgemeinen spricht man auch von Multicoptern.

In der manntragenen Fliegerei haben Multicopters kaum eine Rolle gespielt. Experimente aus der Anfangszeit der Helikopter verschwanden mit der Erfindung der Taumelscheibe in der Versenkung. 1958 wurde der Curtiss-Wright-»Flug-Jeep« vorgestellt, ein sehr einfach gehal-

tes Fluggerät mit vier Rotoren, welches wohl nicht über das Prototypenstadium hinausgekommen ist.

Aktuell wird mit dem Projekt »E-Volo« ein manntragender, elektrisch betriebener Multicopter entwickelt. Die unbemannte Fliegerei ist da schon weiter. Mit dem Einzug der bürstenlosen Elektromotoren und den passenden Reglern in die Modellflugszene war ein erster Schritt gemacht. Der zweite Schritt war die Entwicklung von leistungsstarken Lithium-Polymer-Akkus, kurz LiPos genannt. Was nun noch fehlte, war die Sensorik, um den Quadrocopter eigenständig schweben zu lassen. Wurden im Modellflug zunächst mechanische Kreiselsysteme zur Flugstabilisierung, insbesondere bei Modellhelikoptern, eingesetzt, kommen hier mittlerweile Piezo- oder SSM-Sensoren zum Einsatz. Genau diese Sensoren werden auch bei Quadrocoptern eingesetzt. Anders als beim Modellhubschrauber, bei dem das Heck mittels Sensor überwacht und ausgesteuert wird, überwachen beim Multicopter gleich drei Sensoren die Lage im Raum. Die Daten dieser Sensoren werden durch Mikrocontroller ausgewertet und in Steuerimpulse umgewandelt. Findige Modellbauer haben entscheidend zur Entwicklung der Multicopter beigetragen. Eine bekannte Steuereinheit für Selbstbaucopter basiert auf den Sensoren der Spielkonsole Nintendo Wii. Mithilfe von Software können die Flugeigenschaften dieser Multicopter jeder Konfiguration angepasst werden.

Der Quadrocopter im Modellflugbereich ist zunächst mal eine tolle Bereicherung unseres Hobbys. Mit ein wenig Übung kann ein solches Fluggerät nicht nur perfekt im Schwebeflug gehalten werden, im nächsten Augenblick kann es rasant im Tiefflug über die Piste gejagt werden, geübte Piloten fliegen sogar Rollen und Loopings mit den Senkrechtstartern. Auf der anderen Seite kann durch den Einsatz von GPS-Sensoren und barometrischen Höhensensoren das Flugobjekt auch in einer fixen Position an den Himmel „genagelt“ werden. Hier geht die Entwicklung in den Bereich „UAV“ (unmanned aerial vehicle, auch unbemanntes Flugobjekt oder Drohne genannt). Im professionellen Bereich werden Multicopters zur Luftbildfotografie, für Überwachungsaufgaben oder auch zur Gasmessung bei Großbränden verwendet.

In diesem Heft geht es um praxistaugliche Multicopters für Modellpiloten, wie sie der Handel inzwischen in großer Zahl anbietet. Modelle, die auch ohne PC aus der Schachtel heraus flugtauglich sind.

TM



www.goblin-helicopter.eu
www.heli-shop.com

online shop / direkt Beratung

Service Hotline

Mo. bis Fr. von
 9:00 - 12:00 und
 15:00 - 18:00 Uhr

TOP NEWS

Unsere beste GPS
 Steuerung mit dem
 Komfort von GAUI.
 NEU: Jetzt auch für
 HEXA + OCTO
 verfügbar!



MID size HEXA für
 alle Anwendungs-
 gebiete

CRANE III**CRANE II****Sonderlösungen**

100% flugfertig
 mit GPS und Auto Landing

Professional OCTO**Art.Nr.: HEP0501**

Voll CFK / GFK Profi OCTO
 mit hoher Nutzlast für alle
 anspruchsvollen Anwendungen

heli-shop.com
 alles rund um den Multicopter**MCC plus****Art.Nr.: MCC06**

Der preiswerte Einsteiger mit weitem
 Einsatzspektrum - extrem einfach zu
 bedienen!

**Photo
Ship HD****Art.Nr.: HEP09001**

Kompakte Mini Drohne mit hoher Nutzlast,
 GPS Steuerung und enormen Potential.

Video Downlinksysteme
 von IFRON (25mW)

heli-shop.com +43 5288 64887

Technik

Wie funktioniert ein Copter

Stephan zu Hohenlohe

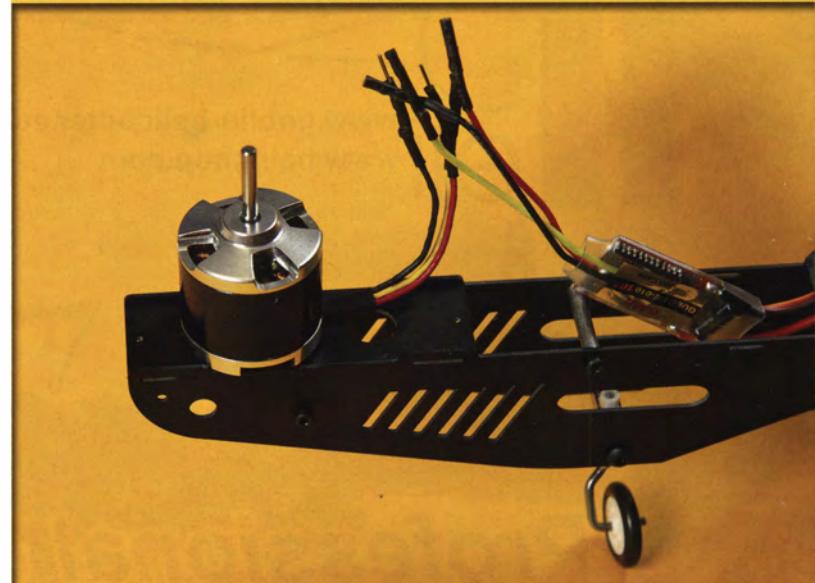
Im Vergleich zu einem Modellheli- kopter ist der Quadrocopter ein recht simples Gebilde. Wir schauen uns das Gerät einmal von außen nach innen an.

An jedem Ausleger des Quadrocopters finden wir einen Motor. Bis auf wenige Ausnahmen werden hier bürstenlose Außenläufer verwendet. Diese Elektromotoren sind Drehstrommotoren. Ursprünglich stammt diese Art von Motor aus der Computertechnologie. In CD-Rom-Laufwerken wurden drehmomentstarke Motoren mit geringer Drehzahl benötigt.

Dazu ließ man eine Glocke mit Magneten um die innenliegenden, das Magnetfeld erzeugenden Spulen herumkreisen. Findige Modellbauer bauten aus diesen Laufwerken die ersten preiswerten Außenläufermotoren. Der Vorteil ist ein hohes Drehmoment, mit dem sich relativ grobe Luftschauben ohne Getriebe direkt antreiben lassen. Außerdem sind diese Motoren leichter und stärker als die bis dahin verwendeten Bürstenmotoren. Heute werden nach diesem Prinzip Motoren aller Leistungsklassen gebaut.

Durch Veränderung der Baugröße, Anzahl der Spulen und Magnete und durch verschiedene Wicklungszahlen lassen sich Drehmoment, maximale Drehzahl und die Leistung variieren. Leider ist damit auch das Angebot an Motoren fast unüberschaubar. Eine der wenigen Vergleichsgrößen ist die spezifische Drehzahl. Sie gibt an, wie viele Umdrehungen pro Minute (min^{-1}) der Motor ohne Last pro Volt dreht. Außerdem geben die Hersteller einen Spannungsbereich und die maximale Dauerleistung an. Diese ergibt sich aus der thermischen Auslegung und den Verlusten des Motors. Da ein Einbau in ein Modell meist die thermische Auslegung verschlechtert, ist dieser Wert mit Vorsicht zu handhaben.

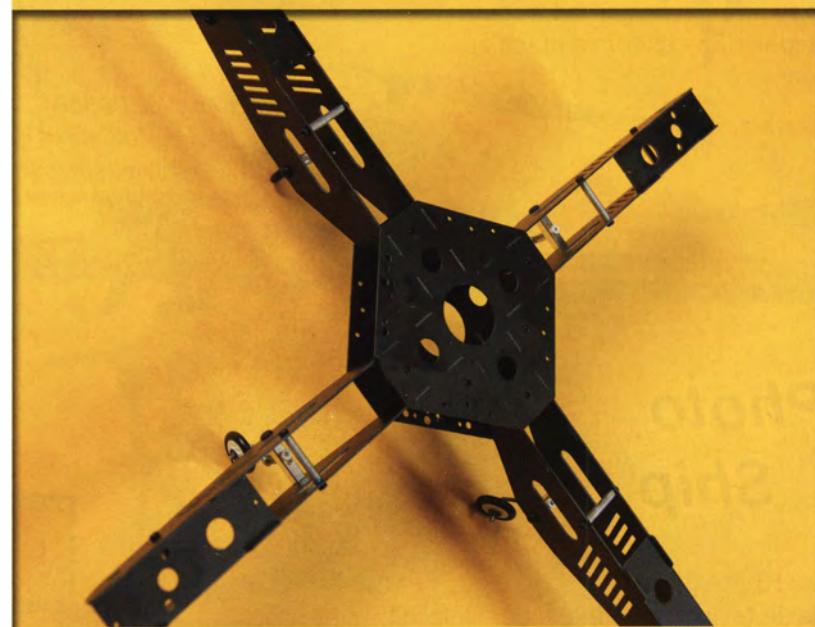
Bürstenlose Motoren besitzen drei Anschlüsse, und damit ein solcher Motor überhaupt laufen kann, wird eine spezielle Elektronik benötigt, die aus dem vorhandenen Gleichstrom des Antriebsakkus den Drehstrom erzeugt. Diese Elektronik wird Drehzahlsteller oder Controller genannt. Oft findet man auch die abgekürzte Bezeichnung Steller oder Regler. Allerdings ist das Wort Regler falsch, da in den meisten Dreh-



Typischer Motor: ein bürstenloser Außenläufer mit passendem Steller



Motor mit Steller verbunden, die Anschlüsse dürfen vertauscht werden, es ändert sich nur die Drehrichtung



Der Rahmen des Graupner-»330X Quadflyer« besteht aus gefrästen Kohlefaserplatten. Die Arme müssen verwindungssteif sein



Propeller mit geringer Steigung. Hier am Beispiel des »Blade mQX«



Fertig konfektionierter Lithium-Polymer-Akku. Der Akku besteht aus drei Einzelzellen, die in Reihe geschaltet sind. Daraus ergibt sich die Nennspannung von 11,1 Volt. Die Kapazität des Akkus beträgt 3200 mA. Der Aufdruck 55 C sagt, dass der Akku mit dem 55-Fachen der Kapazität, in diesem Fall mit bis zu 176 A, belastet werden darf



Empfänger, verbunden mit der Steuereinheit

zahlstellern keine Regelung stattfindet. Neben der eigentlichen Aufgabe, den Motor mit einer vom Gasknöppel vorgegebenen Drehzahl laufen zu lassen, übernehmen viele Steller auch die Versorgung des RC-Systems mit der benötigten Betriebsspannung von ca. 6 Volt. Diese Versorgung wird BEC (Battery Eliminator Circuit) genannt. Dessen Belastbarkeit ist ein wichtiger Parameter für die Auswahl des geeigneten Stellers. Getaktete BECs sind meist leistungsfähiger.

Wichtigste Angabe für einen Steller ist seine Belastbarkeit, welche angibt, welcher Strom geschaltet werden kann. Die Belastbarkeit bestimmt auch die Größe; ein 80-A-Regler ist deutlich größer und schwerer als ein 18-A-Regler. Der Steller hat auf der einen Seite den Anschluss für den Antriebsakkumulator, bestehend aus einem meist roten Pluskabel und dem meist schwarzen Minuskabel. Werden beim Anschluss des Akkus die Pole vertauscht, hat dies meist die Zerstörung des Stellers zur Folge. Auf der anderen Seite befinden sich drei Kabel zum Anschluss des Motors. Diese sind oft gleichfarbig und dürfen in beliebiger Reihenfolge an den Motor angeschlossen werden. Ein Vertauschen von zwei beliebigen der drei Kabel bewirkt eine Änderung der Drehrichtung des Motors. Schlussendlich finden wir am Steller noch ein dreidriges Anschlusskabel, welches mit dem Empfänger oder der Steuerelektronik verbunden wird.

Damit aus der Drehzahl der Motoren Auftrieb erzeugt wird, benötigen wir Luftschauben, auch Propeller genannt. Die Luftschauben für Quadrocopter bestehen meist aus Kunststoff und stammen aus dem Sortiment der Modellflieger. Ein Problem ist, dass zum Betrieb eines Quadrocopters rechts- und linksdrehende Luftschauben benötigt werden. Da im Modellflug die Drehrichtung eines Motors durch Vertauschen der Zuleitung zum Steller gedreht werden kann, gibt es hier kaum Bedarf für linksdrehende Propeller. Erst langsam wird die Auswahl an passenden Luftschauben größer. Kennzahlen der Luftschaube sind Durchmesser und Steigung, in den meisten Fällen werden diese Größen in Zoll angegeben. Die Steigung von einem Zoll bedeutet, dass der Propeller als Schraube bei einer Umdrehung einen Weg von einem Zoll zurücklegen würde. Propeller mit einer im Verhältnis zum Durchmesser hohen Steigung sind für hohe Fluggeschwindigkeiten gemacht und finden oft Verwendung bei schnellen Modellflugzeugen. Propeller mit einer verhältnismäßig geringen Steigung besitzen einen hohen Standschub und werden oft bei langsam fliegenden Modellen verwendet. Diese Propeller werden auch bei den Multicoptern eingesetzt.

Die Motoren des Multicopters sitzen auf dem Rahmen, in Fachkreisen auch Frame genannt. Fast immer ist der Rahmen in Kreuzform aufgebaut, an den Auslegern befinden sich die Motoren, in der Mitte ist eine Plattform montiert, auf der die Steuerung sitzt. Auch der Antriebsakkumulator findet hier Platz. Das Material für den Rahmen ist zweitrangig. Es gibt Frames, die aus Lasergeschnittenen Holzteilen bestehen, andere besitzen Ausleger aus Alu-Vierkant-Rohren. Käufliche

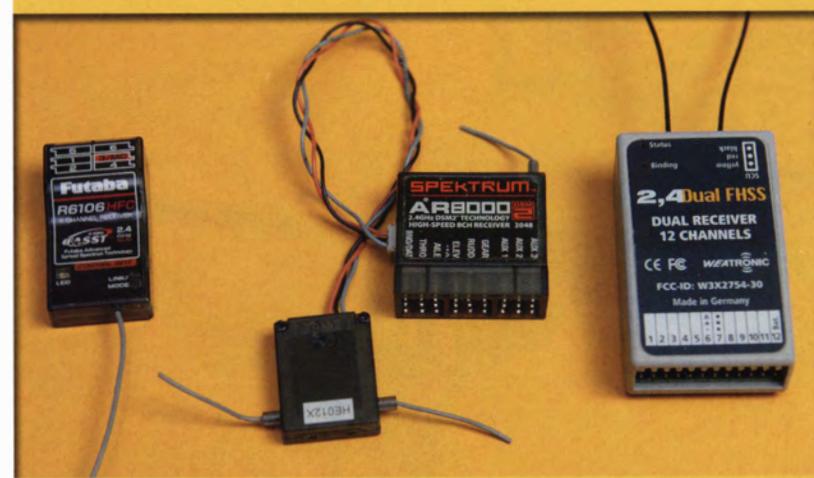
Multicopter haben oft Rahmen aus Kohlefaser-verstärktem Kunststoff. Wichtig ist, dass der Rahmen möglichst verwindungssteif ist. Vibrationen oder Schwingungen im Rahmen können die empfindlichen Lagesensoren stören und so zum Absturz den Copters führen.

Unter der Plattform in der Mitte des Quadrocopters sitzt meist der Akku. Dieser ist mit einem Klettband gesichert. Heute werden ausschließlich Lithium-Polymer-Akkus, kurz LiPos, verwendet. Neben den Parametern wie Leerlaufspannung und Kapazität gibt es eine weitere Kennzahl. Mit der Bezeichnung C wird angegeben, mit welchem Strom ich den Akku belasten kann. Ein LiPo, der die Bezeichnung 2000 mAh, 20 C, aufgedruckt hat, kann mit 2000 x 20, also mit 40 000 mA, gleich 40 A, belastet werden.

Wenn jeder der Quadrocopter-Motoren bei Höchstdrehzahl 10 A zieht, kommt dieser Akku bereits an seine Grenze. Der Akku wird kurz vor dem Fliegen mit den Zuleitungen der Regler verbunden. Diese sind aus diesem Grund zusammengefasst. Nach dem Fliegen wird der Akku umgehend ausgesteckt. Dies hat zwei Gründe. Zum einen ist das System mit eingestecktem Akku „scharf“. Eine unkontrollierte Bewegung am Sender, und der Quadrocopter hängt bestenfalls unter der Decke. Zum anderen ziehen die Regler auch bei stehenden Motoren minimal Strom. So kann der Akku über Nacht entladen werden. Ein tiefentladener LiPo ist ein Fall für den Sondermüll, er lässt sich nicht mehr aufladen.

Auf der Plattform des Multicopters sitzt der Empfänger. Der Empfänger empfängt die Steuersignale des Senders. Seit einigen Jahren werden ferngesteuerte Modellflugzeuge, Heli-kopter und auch Multicopter im 2,4-GHz-Band geflogen. Einen solchen Empfänger erkennt man an den meist paarweise montierten kurzen Antennen. Im 2,4-GHz-Band gibt es keine Frequenzüberschneidungen, die Anlage sucht sich die passende Frequenz selbst, dadurch ist die Anlage weitgehend vor Störungen sicher. Der einzige Nachteil ist, dass Fernsteuersender und Empfänger nur von ein und demselben Hersteller zusammenpassen. Man spricht bei Sender und Empfänger auch von der „RC-Anlage“ (RC = Radio Control). Bei den RC-Anlagen wird jede übertragene Funktion als „Kanal“ bezeichnet. Beim Quadrocopter ist die erste Funktion das Kippen nach rechts und links. Diese Funktion wird auch als „Roll“ bezeichnet. Dann kommt das Kippen nach vorne und hinten, in der Fachsprache „Nick“. Das Drehen des Quadrocopters um die Hochachse wird mit „Gier“ oder „Jaw“ bezeichnet und ist die dritte Funktion.

Die vierte Steuerfunktion ist das Steigen und Sinken, man spricht auch von „Pitch“. Mit diesen vier Funktionen oder Kanälen kann ein Multicopter bereits geflogen werden. Oft kommt noch ein weiterer Kanal für die Empfindlichkeit der Sensoren dazu. Der Empfänger bietet für jeden Kanal einen eigenen Ausgang an. Beim Modellflugzeug werden an diese Ausgänge die Servos angeschlossen. Anders beim Multicopter. Hier werden die Ausgänge des Empfängers an die Eingänge der Steuerelektronik geschaltet. In



Verschiedene Empfänger im 2,4-GHz-Band. Die Empfänger können nur mit dem passenden Sender betrieben werden



Fernsteuerung Spektrum DX6i. Dieser Computersender ist mit seinen sechs Kanälen zum Steuern eines Multicopters geeignet. Für Zusatzfunktionen wie eine Kamerasteuerung fehlen allerdings freie Kanäle. Auch Telemetrie kennt dieses Einsteiger-System nicht



High-End-Fernsteuersender mit der Möglichkeit, bis zu 16 Kanäle zu übertragen. Das HoTT-System der Fa. Graupner ist außerdem telemetriefähig



»Blade mQX« in der „+“-Konfiguration. Zur besseren Erkennbarkeit, wo nun vorne ist, ist der vordere Propeller weiß. Der »Blade« ist wie die meisten anderen Quadrocopter ...



... auch in der „X“-Konfiguration zu fliegen. Die Änderungen finden in der Software statt. Hier wurde auch ein Propeller gewechselt, damit der Pilot weiß, wo vorne ist

Die Steuereinheit ist das Herz des Multicopters. Drei Lagesensoren überwachen Drehimpulse auf der Hochachse, der Querachse und der Längsachse. Ein Mikroprozessor wertet die Daten aus und gibt Signale an die Steller der Motoren, um die Drehung auszugleichen. Gleichzeitig erhält diese Einheit die Signale des Fernsteuerempfängers. Auch diese Signale werden in Befehle für die Steller umgesetzt, denn die bei der durch den Piloten gewollten Richtungsänderung entstehenden Impulse der Lagesensoren müssen ausgeblendet werden. Höherwertige Steuereinheiten können via GPS die Lage im Raum selbstständig halten oder sogar vorher definierte Punkte anfliegen. Barometrische Sensoren, die den Luftdruck messen, helfen der Steuereinheit, die exakte Höhe zu halten. Mit der Montage der Steuereinheit auf den Rahmen erhält das vorher symmetrische Gebilde eine Richtungsdefinition. Durch die Einbaurichtung wird festgelegt, wo beim Copter vorne ist. Dabei gibt es beim Quadrocopter schon zwei Möglichkeiten. Wenn einer der Motoren genau nach vorne zeigt, spricht man von der „+“-Konfiguration. Wenn die Plattform um 45 Grad gedreht ist und somit zwei Motoren vorne und zwei Motoren hinten sind, spricht man von der „X“-Konfiguration. Beide Konfigurationen haben Vor- und Nachteile, die aber in der Praxis kaum auffallen.

Zum Starten wird der Quadrocopter auf eine möglichst ebene Fläche gestellt. Mit dem Pitchknüppel erhöht nun der Pilot die Drehzahl der Rotoren. Die meisten Copter heben ab, wenn der Pitchknüppel der Fernsteuerung etwa in Mittelstellung ist. Nun beginnt die Lagestabilisierung zu arbeiten. Diese kann je nach Copterart und Einstellung den Multicopter extrem stabil halten oder aber nur eine Grundstabilität herstellen. In diesem Fall muss der Pilot kleinere Bewegungen erkennen und aussteuern. Das Schweben mit einem solchen Multicopter ist mit dem Schweben eines Modellhelikopters vergleichbar. Zum Steigen wird der Pitchknüppel weiter nach vorne geschoben, zum Sinken etwas nach hinten gezogen. Wenn der Pilot nun den Nickknüppel nach vorne schiebt, kippt der Copter nach vorne, gleichzeitig beginnt er, Vorwärtsfahrt aufzunehmen. Je nach Steuereinheit bleibt der Copter beim Loslassen des Nickknüppels in dieser Lage, oder er kippt zurück in die Normalfluglage und geht in den Schwebeflug über. Auf jeden Fall kann der Vorwärtsflug durch Ziehen des Nickknüppels beendet werden. Durch das Ziehen des Nickknüppels kann der Quadrocopter auch in Rückwärtsfahrt gebracht werden. Ähnlich verhält es sich mit dem Rollknüppel. Rollknüppel nach links bewirkt ein Kippen des Quadrocopters nach links mit Fahrtaufnahme. Rollknüppel nach rechts beendet den Seitwärtsflug. Mit dem Gier- oder Jawknüppel kann der Copter gedreht werden. Beim Quadrocopter werden zwei gegenüberliegende Motoren gebremst, damit das Drehmoment der höher drehenden Motoren den Copter dreht. Damit der Quadrocopter die Höhe behält, erhöht die Steuereinheit die Drehzahl dieser Motoren. So kann der Multicopter wie ein Helikopter in jede Richtung bewegt werden.

den meisten Fällen geschieht dies eins zu eins, das heißt, jeder Ausgang eines Kanals wird mit einem Kabel an den Eingang der Steuerelektronik geschaltet. Seltener erfolgt die Zusammenschaltung mit einem einzigen Kabel als sogenanntes Summensignal. Beim Summensignal wird ein spezieller Empfänger benötigt.

Alles über Akkus und Ladegeräte für Copter

Stephan zu Hohenlohe, Milan Lulic

Neben Motoren, Reglern und Steuerboards ist der Antriebsakku ein wichtiger Baustein zum Copterfliegen.

Die heute verwendeten Akkus sind aber nicht ganz problemlos.

Lithium-Akkus

Im Gegensatz zu den früher im Modellbau verwendeten Nickel-Cadmium- oder Nickel-Metall-Hydrid-Akkus sind die heute verwendeten Akkus auf Lithium-Basis leichter, stärker und sie kennen auch keinen Memoryeffekt. Im Modellbau werden hauptsächlich drei Typen Lithium-Zellen verwendet: LiFe-Zellen, auch als A123-Zellen bekannt, Lilo-Zellen und die meistverwendeten LiPo-Zellen. Während die LiFe-Zellen eine Nennspannung von 3,3 Volt bzw. eine Ladeschluss-Spannung von 3,65 Volt haben, haben die LiPo-Zellen (wie auch viele heutige Lilo-Zellen) eine Nennspannung von 3,7 Volt bzw. eine Ladeschluss-Spannung von 4,2 Volt. Die LiFe-Zellen werden als Rund- und Flachzellen hergestellt, während die LiPo-Zellen hauptsächlich als Flachzellen angeboten werden. Diese Flachzellen haben keinen Stahlmantel, sie sind in einer Art Kunststoffhülle eingeschweißt. Bei unseren Coptern werden ausschließlich Lithium-Polymerzellen, kurz LiPo-Zellen oder LiPos, eingesetzt.

LiPo-Zellen sind sehr anfällig gegen Tiefentladung und Überladung. Die LiPo-Zelle soll nicht unter ca. 3,3 Volt (bei hoher Belastung) bzw. nicht unter 3,5 bis 3,6 Volt (bei niedriger Belastung) entladen werden. Beim Laden darf die Einzelzelle nicht über 4,2 V geladen werden. Um in einem Akkupack mit mehreren Zellen die Überladung einer Zelle zu vermeiden, besitzt ein solcher Akkupack zusätzlich zu den Anschlusskabeln auch ein spezielles Überwachungskabel, welches Balancerkabel genannt wird. Werden die Zellen an einem Ladegerät ohne angeschlossenes Balancerkabel geladen, kann es passieren, dass eine oder mehrere Zellen die Ladeschluss-Spannung von 4,2 Volt überschreiten. Leider baut sich bei einer Spannung von 4,3 Volt oder höher ein erhöhter Innendruck auf, die Zelle bläht sich auf und kann sogar im Extremfall explodieren und brennen. Zumdest wird sie geschädigt. Um das zu verhindern, laden wir unsere LiPo-Akkus

nur mit geeigneten Ladegeräten, und das Balancerkabel ist beim jedem Ladevorgang am Balanceranschluss des Ladegeräts angeschlossen. Den Rest erledigt unser Lader. Um eine Tiefentladung zu verhindern, hilft nur eines: frühzeitig landen. Allerdings gibt es auch hier „Helferlein“, die uns warnen, wenn dem Copter die Energie ausgehen sollte. Das Einfachste ist eine Stoppuhr.

LiPo-Packs haben eine einheitliche Kennzeichnung, die uns alle wichtigen Daten mitteilt. Wir haben beispielsweise einen LiPo-Akku mit Aufdruck (Etikett): 2200 mAh-3s/11,1 V/25 C. Aufgeschlüsselt heißt dies Folgendes:

Der LiPo-Akku kann, wenn vollgeladen, theoretisch eine Stunde lang einen Strom von 2200 mA (2,2 A) liefern. 3s sagt uns die Zellenzahl und Art der Verschaltung (3 Zellen seriell), also $3 \times 3,7 \text{ V} = 11,1 \text{ V}$. Sind 5 Zellen seriell (in Reihe) geschaltet, dann trägt der Akku eine 5s-Bezeichnung. Steht auf dem Etikett 5s2p, dann sind zwei (2) gleiche 5s-Akkus parallel geschaltet.

Der Buchstabe C steht für die Kapazität (englisch = Capacity) des Akkus. Hat unser Akku zum Beispiel eine Kapazität von 2200 mAh, dann sind $2200 = 1 \text{ C}$. Die 25 C sagen uns, wie hoch wir unseren Akku beladen dürfen. In unserem Beispiel kann unser Akku mit maximal dem 25-Fachen der Akkukapazität, also 55 A, belastet werden. Wird für unseren 2200-mAh-Akku ein Ladestrom von 1 C empfohlen, dann wählen wir bei unserem Ladegerät einen Ladestrom von 2,2 Ampere (= 2200 mA).

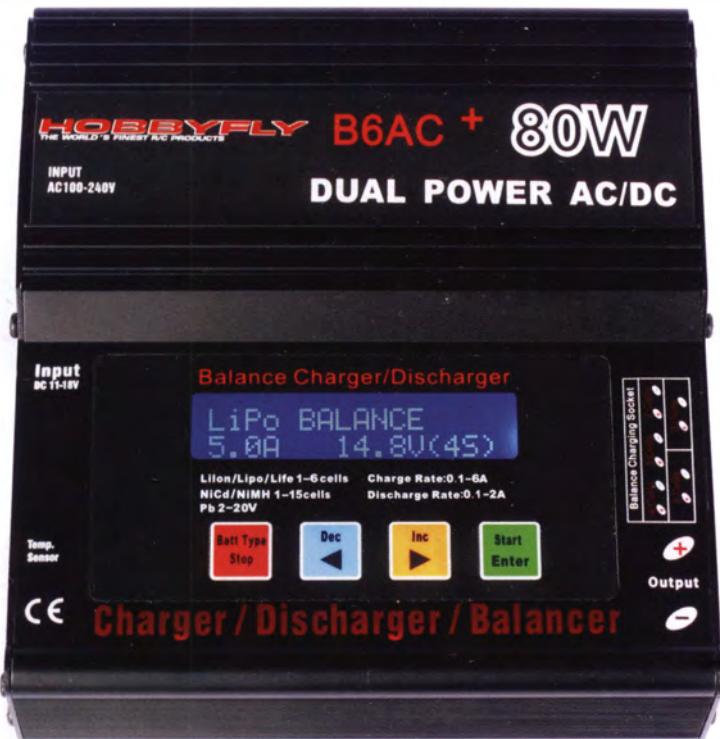
Ladegeräte

Um Li-Akkus laden zu können, benötigt man ein entsprechendes Ladegerät. Alle Ladegeräte haben ihre physikalischen Grenzen, und die äußern sich in maximaler Ladeleistung. Darum ist es ratsam, sich nicht nur von „Ampereangaben“ blenden zu lassen, sondern auch zu beachten, wie hoch die gesamte Ladeleistung des Geräts ist. So kann jeder dann entscheiden, ob das betreffende Ladegerät für alle seine Bedürfnisse geeignet ist.

Schnell können wir uns ausrechnen, welchen Ladestrom unser Lader da noch zur Verfügung stellen kann: $I = P / U$ (Strom = Leistung / Spannung). Da $P = U \cdot I$, erhält man $I = P / U$.



Supermate-DC-6-Lader



B6AC-Plus-Lader



schulze-next-14-350-Lader

Ein Beispiel: 50 Watt (maximale Ladeleistung) : 21 Volt (Ladeschluss-Spannung von 5s-LiPo-Zellen) ergibt maximal 2,4 Ampere (Ladestrom). Also einen 2200-5s-LiPo-Akku können wir leicht mit 1 C (2,2 Ampere) laden, während ein 3300-5s-LiPo-Akku nur noch mit ca. 0,7 C geladen werden kann. In unserem Beispiel wird klar, warum es ratsam ist, beim Kauf eines neuen Ladegeräts eine Nummer größer zu wählen.

Die meisten Lader im Modellbau sind mobile Ladegeräte. Zur Spannungsversorgung ist eine 12-Volt-Autobatterie oder ein Netzgerät notwendig. Eine Variante sind die sogenannten Duo-Power-Lader mit integriertem Schaltnetzteil, welche dann an 12 Volt und 220 Volt betrieben werden können. Für Vielflieger mit vielen Akkus gibt es Duo-, Triple- oder sogar

Quadro-Lader. Das sind Ladegeräte mit zwei, drei oder sogar vier autarken und gleichwertigen Ladeausgängen. Da sich in einem Quadro-Lader in einem relativ kleinen Gehäuse vier eigenständige Ladezweige (Ladegeräte) befinden, ist die Leistung dieser Geräte oft gering. Die meisten Quadro-Lader haben pro Ladezweig eine maximale Leistung von 5 Ampere bzw. 50 Watt.

Einzelladegeräte in der Leistungsklasse von 5 Ampere/50 Watt findet man im Fachhandel schon für 40,- Euro, einen Duo-Power-Lader gibt es für unter 60,- Euro. Zwei preisgünstige Ladegeräte, stellvertretend für ähnliche Lader in ihrer Leistungs- und Preisklasse, werden wir vorstellen: Supermate DC-6 und B6AC Plus von HobbyFly.

Der Supermate DC-6 ist ein kleines Ladegerät im unteren Preissegment in der 5 Ampere/50 Watt-Klasse mit 6-Zellen-Balancer, Temperatursensor- und USB-Anschluss. Der Lader stellt vier Lade/Entlade-Programme zur Verfügung: Lithium, NiMH, NiCd und Blei. Im NiCd/NiMH-Modus können 1 bis 15 Zellen, im Blei-Modus 1 bis 10 Zellen und im Lithium-Modus 1 bis 6 Zellen geladen und entladen werden. Für Lithium-Akkus stellt der Lader folgende Programme bereit: Charge, Balance, Fast Charge, Storage und Discharge. Der Supermate-DC6-Lader besitzt einen Speicher, in welchem bis zu 5 Akku-Datensätze gespeichert und jederzeit aufgerufen werden können. Um alle Lade- und Entlade-Vorgänge an einem PC genau aufzuzeichnen, bietet der Lader einen USB-Port an. Dazu werden ein USB-Adapter mit entsprechendem Treiber und die LogView-Software benötigt, welche sich auf der Homepage von LogView findet (www.logview.info).

Der Supermate DC-6 ist ein kleiner Lader mit integriertem Balancer für kleine bis mittlere LiPo-Zellen und sehr einfach in der Bedienung. Der Ladenpreis von unter 40,- Euro ist sehr angemessen.

Der Hobbyfly B6AC Plus ist ein weiteres Ladegerät im unteren Preissegment mit maximal 6 Ampere/80 Watt. Das Gerät wird mit integriertem Universal-Schaltnetzteil, 6-Zellen-Balancer und einem Temperatursensor-Anschluss geliefert. Der Funktionsumfang entspricht dem oben vorgestellten DC-6-Lader. Der B6AC-Plus-Lader ist mit seinen Lade/Entlade-Programmen für NiCd/NiMH-, Blei- und Lithium-Akkus und seiner einfachen Bedienung, dem LC-Display, dem integrierten Schaltnetzteil und dem Balancer für 6s-Li-Akkus eine sehr interessante Alternative.

Ein professionelles Ladegerät der gehobenen Mittelklasse (made in Germany) ist der next-14-350 aus der schulze-nextGeneration-II-Lader-Serie. Der next-14-350-Lader ist ein Gerät mit einer maximalen Ladeleistung von 350 Watt und eingebautem Balancer für insgesamt 14 (2 x 7) Lithium-Zellen. Das Gerät hat zwei identische und autarke Lade-/Entladeausgänge. Jeder Ladeausgang kann einen maximalen Ladestrom von 7 Ampere bei einer Ladeleistung von 175 Watt (bei 12 Volt) bzw. 200 Watt (bei 24 Volt Eingangsspannung) liefern. Der Lader bietet noch ein sehr interessantes und nützliches Feature:

Beide Ladeausgänge können intern auf den Ladeausgang 1 geschaltet werden, dann hat man einen leistungsstarken Lader mit 14 Ampere Ladestrom bzw. 350 Watt Ladeleistung. Dazu ein Balancer für bis zu maximal 14 Li-Zellen. Und nicht nur das, der Ausgang 2 kann, dessen unerachtet, noch zum Entladen benutzt werden.

Der Lader stellt eine Vielzahl von Nickel-, Blei- und Lithium-Akku-Programmen zur Verfügung. Für beide Ausgänge kann eine Menge von Parametern eingestellt werden: Akkutyp-Auswahl, Programm-Auswahl, Lade/Entlade-Stromwahl, Voll-Abschaltung (3 Stufen) und Abschaltverzögerung bei NiCd/NiMH-Akkus, Lager-Modus (ja/nein), Zellenzahlwahl und C-Raten-Multiplikator bei Lithium-Akkus, maximale Lademenge (Limiter), maximale Ladezeit, Temperatur-Abstaltung, Diode (Sender mit Schutzdiode) und Refresh-Impulse (Reflex-Ladung).

Sofort nach Einsticken des Balancerkabels eines LiPo-Akkus können die einzelnen Zellenspannungen und Differenzen abgelesen werden (LiPo-Checker-Funktion!).

Der Lader stellt für die eigenen, abzuspeichernden Konfigurationen 60 (!) Speicherplätze zur Verfügung, die wahlweise von Akku 1 oder Akku 2 aus betrieben werden können.

Die Bedienung des next-14-350-Laders ist dank des großen, hintergrundbeleuchteten Grafikdisplays (mit gleichzeitiger Übersicht von bis zu 13 Parametern) und sehr gut definierten und in drei Gruppen angeordneten Tasten intuitiv und selbsterklärend. In der 49 DIN-A5-Seiten starken Bedienungsanleitung ist das alles sehr ausführlich beschrieben.

Li-Akkus laden

Nun sind Sie glücklicher Besitzer eines Ladegeräts und wollen endlich Ihre Li-Akkus laden. Meistens wird in der beiliegenden Bedienungsanleitung zum Ladegerät auch über Ladung und Pflege von Li-Akkus sehr ausführlich geschrieben. Li-Akkus laden ist, vorausgesetzt, man hat intakte Zellen und ein zuverlässiges Ladegerät mit integriertem Balancer, genauso einfach wie die Ladung von NiCd/NiMH-Akkus. Jedoch ist eine höhere Aufmerksamkeit und auf die Dauer auch eine sorgfältigere Pflege notwendig.

Die meisten Anbieter von Li-Akkus empfehlen, ihre Akkus mit 1 C Laderate zu laden. Zuerst muss in jedem Fall der Akkutyp, die Zellenzahl oder die Nennspannung der Akkus und anschließend der Ladestrom von 1 C gewählt werden. Mit Betätigung des Startknopfs am Lader wird nun der Akku vollautomatisch aufgeladen.

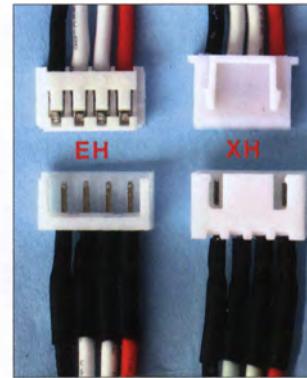
Der Ladevorgang wird abgebrochen, wenn die Ladeschluss-Spannung 4,2 Volt pro Zelle erreicht hat und als Ladestrom in den meisten Fällen nur noch 10% des vorgewählten Stroms fließt. Das ist auch der Grund, weswegen der Ladeprozess bei einem leeren Akku mit 1 C Laderate mehr als eine Stunde dauert. Aufgrund der hohen Energiedichte der Lithium-Polymer-Akkus wird dringend geraten, diese beim Lagern, Laden und Transport in spezielle Brandschutztaschen zu stecken, die der Fachhandel bereithält.



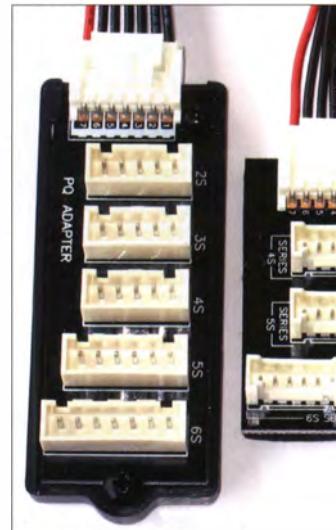
LiPo-SAFE von Staufenbiel, feuerfester Aufbewahrungssack für LiPo-Akkus, gut auch für die sichere Aufbewahrung während des Ladevorgangs



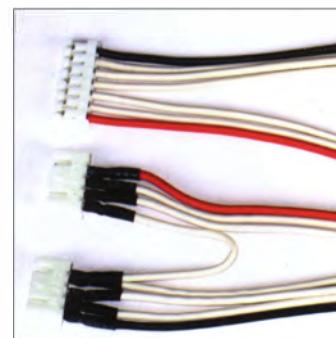
Brandhemmende LiPo-Schutztaschen von Lindinger zur sicheren Aufbewahrung (auch während des Ladevorgangs) und zum Transport von LiPo-Akkus (in 4 verschiedenen Größen erhältlich)



Vier Stecksysteme (von links):



robbe-Equalizer-Adapterboards für Akkus mit PQ-,



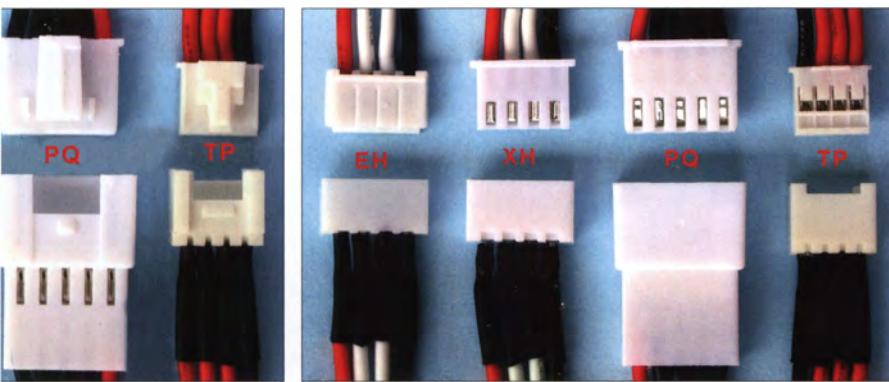
robbe-Equalizer-Adaptkabel für 2 x 3s-EH- (oben) und 2 x 3s-XH- Stecksystem

Balancer-Stecksysteme

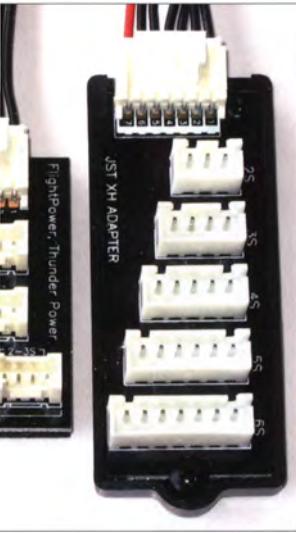
Nun hat man sich den lang ersehnten Wunsch erfüllt und ein neues, modernes und leistungsfähiges Ladegerät mit integriertem Balancer erworben. Leider stellt man jetzt fest, dass die LiPo-Akkus nicht direkt an die Balancer-Anschlüsse passen. Dies liegt daran, dass sich die Hersteller von Akkus und Ladegeräten nicht auf ein einheitliches Steckersystem geeinigt haben.

Am Markt haben sich vier Stecksysteme durchgesetzt. Das sind: EH-, XH-, PQ- und TP-Stecksysteme. In den Bildern 1 und 2 sind EH-, XH-, PQ- und TP-Stecksysteme abgebildet. Die beiden oberen Reihen zeigen die Kabel mit Buchsen, wie sie bei 3s- bzw. 4s-(PQ)-LiPo-Akkus vorkommen.

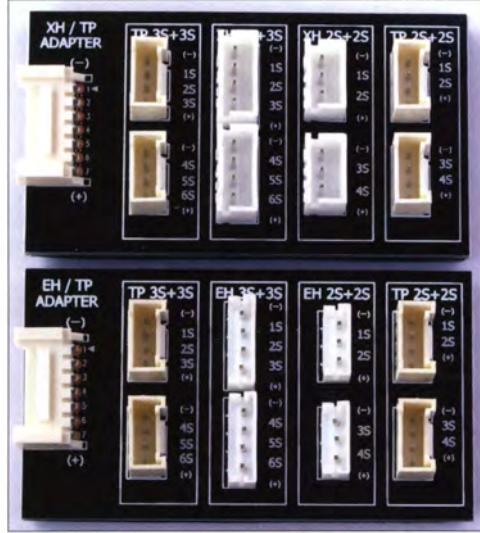
EH ist sicherlich das meistverwendete Stecksystem am deutschen Markt. Viele bekannte Firmen wie Graupner, robbe, Kokam, SLS, Staufen-



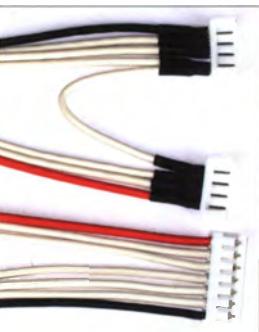
EH, XH, PQ und TP/FP von oben und von unten gesehen



TP/FP- und XH-Stecksystem



Graupner-Balanceradapter TP/EH (oben) und XH/TP (unten) für 2 x 2 bis 3 Zellen



biel u. a. liefern ihre LiPo-Akkus mit diesem Stecksystem.

Mit dem XH-Stecksystem sind die meisten LiPo-Akkus aus chinesischer Produktion ausgestattet, so zum Beispiel die von Align, Dualsky, Turnigy, E-flite, Kyosho u. a. Mit PQ-Stecksystem (PolyQuest) kommen die LiPo-Akkus von PolyQuest wie auch die Jamara- und Hyperion-Akkus.

Während die drei oben erwähnten Stecksysteme ein Rastermaß von 2,54 mm haben, hat das TP-Stecksystem ein solches von 2 mm. Dieses Stecksystem haben zum Beispiel die LiPos von Hacker und Multiplex.

Bei den meisten Ladegeräten wird heute auch ein Balanceradapter-Board mitgeliefert – oder es kann als Zubehör erworben werden. Auch verschiedene Balanceradapter-Kabel werden angeboten.

Die Firma LipoPower Ltd. (www.lipopower.de) hat eine große Auswahl an Balancer-, Adapter- und Verteilerkabeln in ihrem Programm. Alle Balancer- und Adapterkabel sind mit Silikonlitzen ausgestattet. Bei der unter Modellbauern seit Jahren bekannten Firma Nessel (www.nessel-elektronik.de) werden wir bestimmt fündig, wenn es um diverse Kabel, Stecker und besonders um Balancerkabel, Balancerkabel-Verlängerungen und Balancer-Adapterkabel (teils auch in Silikon-Ausführung) geht.

Battery-Checker

Die Battery-Checker, auch als LiPo-Checker, Battery Guard, Li-Voltmonitor oder anders bezeichnet, werden von verschiedenen Firmen angeboten. Es sind kleine Messgeräte, welche die Spannung des Lithium-Akkus bzw. jeder einzelnen Zelle anzeigen. Bei Lithium-Akkus kann aufgrund der



Battery-Checker: v.o.n.u.:

Der MTTEC-BD6-Voltage-Monitor ist ein kleines Gerät, welches fortlaufend die Einzelzellen-Spannung und die Gesamtspannung des LiPo-Akkus auf einer hellen, vierstelligen 7-Segment-LED anzeigt. Er hat eine UNI-7-polige Steckleiste, demzufolge können LiPo-Akkus mit EH- und XH-Stecksystem direkt angeschlossen werden. Der Voltage-Monitor ist verpolssicher. Der MTTEC-BD6-Voltage-Monitor ist ein kleines, 9 g leichtes und preisgünstiges Gerät, er kann für 7,95 Euro im Fachhandel erstanden werden.

Auch der BM6-Li-Voltmonitor zeigt die Gesamtspannung des Li-Akkus und fortlaufend die Einzelzellen-Spannung. Zusätzlich wird die maximale Spannungsdifferenz zwischen den Zellen angezeigt. Außerdem kann ein Alarm programmiert werden (einstellbar von 2,0 bis 4,0 Volt). Unterschreitet eine Zelle die eingestellte Schwellenspannung, wird durch akustisches Signal gewarnt. Battery Guard, Smart Guard 2 und Smart Guard haben das gleiche Design und die drei breiten Tasten. Aber schon ein Blick auf die Platinen offenbart drei verschiedene Aufbauten. Auch in der Software gibt es Unterschiede. Nur beim Battery Guard kann der Warnton bei Unterspannung eingestellt werden (extra für LiFe, LiPo und NiCd/NiMH), Smart Guard 2 stellt einen kleinen Balancer zur Verfügung (Entladestrom pro Balancer ca. 60 mA), und der Capacity Controller zeigt nur den momentanen Zustand (Spannung und Kapazität) der Zellen und macht keine weitere Messungen.

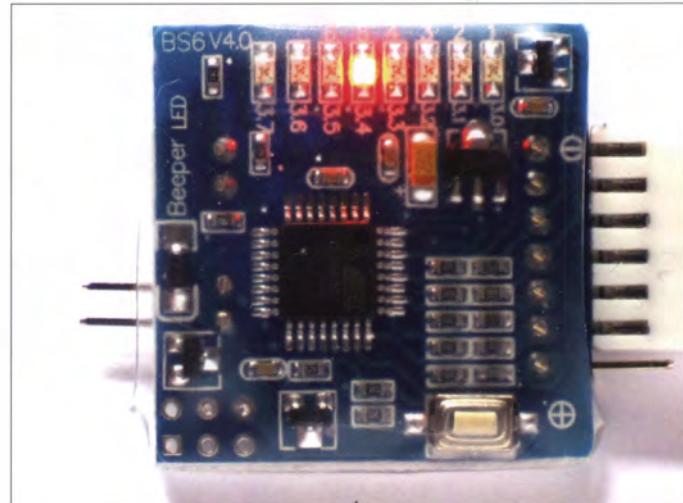


LiPolar LS mit aufsteckbarem Signalgeber. Bezug: www.freakware.com

Leerlauf-Zellenspannung, im Gegensatz zu anderen Akkusystemen, eine relativ genaue Aussage über den aktuellen Lademengen-Inhalt gemacht werden, was eine Realisierung der Schaltung recht einfach macht. Die momentane Kapazität wird dann über LC-Display auf einem steigenden Balkendiagramm und prozentual angezeigt. Es gibt zwei Gründe für die Anschaffung eines solchen Helferleins. Zum einen kann die Flugzeit des Copters ausgelotet werden, um in jedem Fall mit Energiereserve zu landen. Wenn die Messung des Akkus nach einem fünfminütigen Flug ergibt, dass der Akku noch 70% seiner Kapazität hat, kann man seinen Flugtimer sicher auf 10 Minuten stellen, ohne dass der Akku tiefentladen wird. Wer schon mal mit fast leerem Akku gestartet ist, wird zukünftig mit dem Checker prüfen, ob er wirklich den vollen Akku erwischt hat oder aus Versehen den leeren vom Flug davor wieder eingesetzt hat. Irren ist menschlich. In jedem Fall wird so ein kleiner Checker sicherlich in jedem Flugkoffer und Hobbyraum noch seinen Platz finden.

LiPo-Tiefentladeschutz-Schaltungen

Wie weiter oben erwähnt, mag es der LiPo-Akku gar nicht, wenn er zu tief entladen wird. Die Fol-



LiPo-Wächter BS6. Bezug: Fachhandel bzw. www.mans-toy.de oder www.stefansliposhop.de



LiPo-Wächter BS12. Bezug: Fachhandel bzw. www.mans-toy.de oder www.stefansliposhop.de

gen einer Tiefentladung sind zwar nicht so gefährlich wie das Überladen, allerdings wird der Akku durch eine Tiefentladung dauerhaft geschädigt und kann entsorgt werden. Am Modellbaumarkt werden kleine Schutzschaltungen, LiPo-Saver genannt, angeboten. Erreicht bei einem LiPo-Tiefentladeschutz eine Zelle die vorgegebene Entlade-Spannungsgrenze, wird der Steuerimpuls zum Controller der Motoren zurückgeregelt, um die eingestellte Mindestspannung zu erhalten. Bei schwächer werdendem Akku wird dann der Motor bis zum Stillstand gedrosselt. Dies ist ein gutes Feature für Modellflugzeuge, leider für unsere Quadrocopter weniger geeignet.

Für Multicopter und Helis gibt es aber auch die passiven LiPo-Saver. Diese Geräte sind für Multicopter besser geeignet, da sie beim Erreichen des eingestellten Grenzspannungsbereichs nicht etwa den Motorstrom drosseln oder sogar unterbrechen, sondern optisch und akustisch eine Warnmeldung ausgeben.

Anzeige

STEIN ELEKTRONIK

THE MULTIROTOR SPECIALISTS

Coptersysteme für Privatkunden und gewerbliche Anwendungen.
Auch nach dem Kauf qualifizierte Beratung und Support.
Wir sind DJI Distributor und Hersteller von Rahmensystemen.

Webseite: www.stein-modellbau.com
Email: info@stein-elektronik.de
Tel. 02461-8825, Fax 02461-345623

T14 SG

Nr. F8075M1 (Mode 1) Nr. F8075 (Mode 2)

All in One

Futaba-Qualität und Telemetrie



robbe
Futaba 2.4GHz
FASSTest
Extended System Telemetry

2.4GHz SFHSS FASST 14 KANAL SENDER

UVP: 589,00 €

robbe
Futaba



robbe
Modellsport

BLUE ARROW nano LOOP

Nr. S2531

UVP: 159,00 €



RF
2.4 GHz



Watch out for the
BLUE ARROW
nano Loop
TRAILER
YouTube™

www.robbe.com

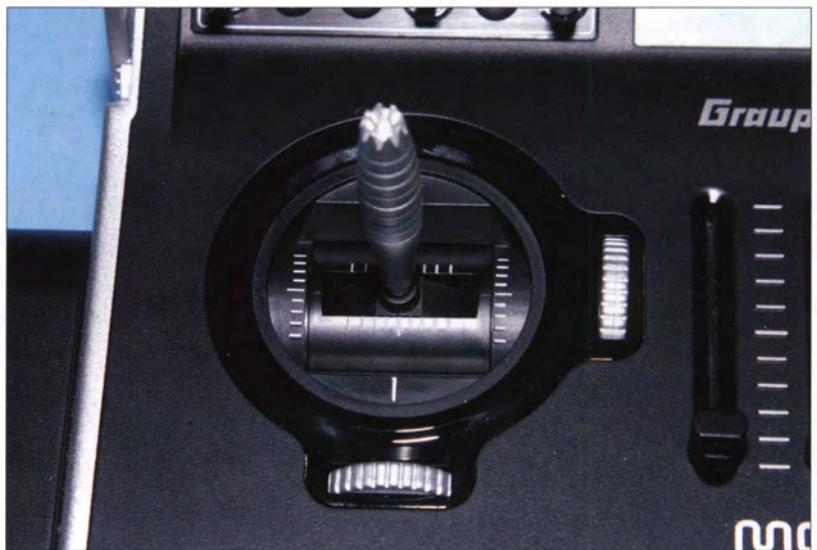
Sender

Ohne Fernsteuerung geht es nicht

Die gute Nachricht ist, dass ein Multicopter auch mit einem relativ einfachen Fernsteuersender geflogen werden kann. Üblicherweise hat ein solcher Sender zwei Steuerknüppel. Neben Schaltern und Gebern sind sie für die wichtigen Steuerfunktionen gedacht, die permanent bedient werden.

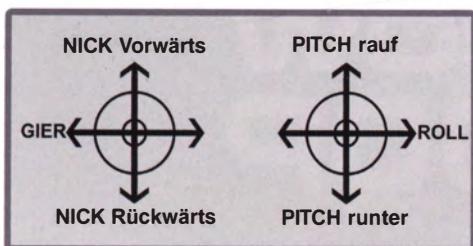
Stephan zu Hohenlohe

Da die Steuerknüppel in beide Richtungen – also kreuzförmig – bewegt werden können, nennt man sie Kreuzknüppel. Bei einem Multicopter werden damit typischerweise Pitch, also Steigen und Sinken, Roll, also das Kippen um die Längsachse, Nick, das Kippen um die Querachse, und die Drehung des Copters, auch gieren genannt, bedient. Man spricht bei den einzelnen Steuerfunktionen auch von Kanälen. Allgemein wird jede der oben genannten Funktionen als ein Kanal gesehen, nur Graupner bezeichnet jede Funktion als eigenen Kanal, weil

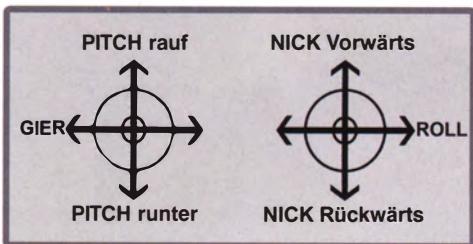


Kreuzknüppel mit den dazugehörigen Trimmrädern

MODE 1



MODE 2



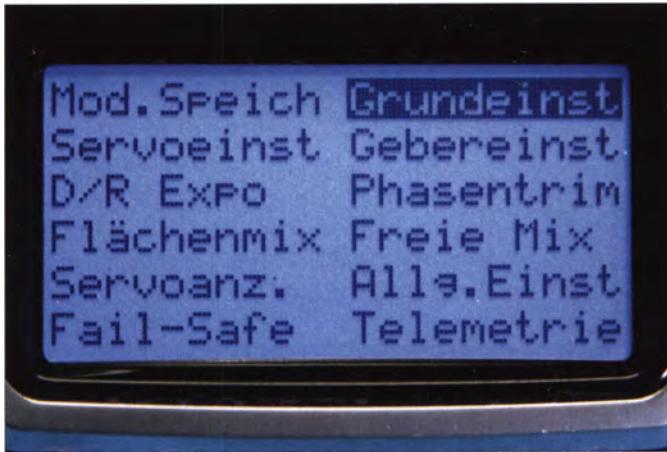
Die zwei wichtigsten Steuermodi sind Mode 1 und Mode 2. Mode 3 ist ein gespiegelter Mode 2, und Mode 4 ist ein gespiegelter Mode 1. Nicht alle Sender beherrschen Mode 3 und 4. Und einige Sender können nicht umgebaut werden

ein Servo ja nach zwei Richtungen laufen kann!? Ein 6-Kanal-Sender wird so zum 12-Kanal-Sender.

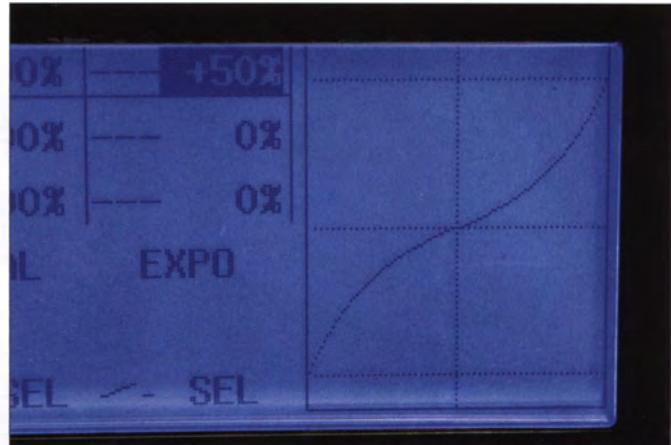
Der Pitchknüppel ist nicht selbstneutralisierend, alle anderen Knüppel springen nach dem Loslassen in die Neutralposition, auch Mittelstellung genannt.

Je nachdem, auf welcher Seite die Pitchfunktion ist und welche andere Funktion, Gier oder Roll, auf demselben Knüppel liegt, ergeben sich vier Steuermodi. Bei einigen Sendern muss man sich bereits beim Kauf entscheiden, ob man die Pitchfunktion auf dem rechten oder auf dem linken Steuerknüppel haben möchte, andere Sender können umgebaut werden.

Bei einfachen Sendern wird ein Steuerknüppelausschlag am Sender proportional in eine entsprechende Servostellung beim Empfänger umgesetzt. Im Fall des Multicopters wird anstelle des Servos das Signal in die Steuerelektronik geleitet. Neben den Knüppeln finden wir kleine Hebel, um das Modell zu trimmen. Das wird dann unkomfortabel, wenn dasselbe Sender bei mehreren Modellen eingesetzt wird. Verschiedene Modelle müssen unterschiedlich getrimmt werden, oft muss auch die Wirkrichtung der Funktionen umgepolzt werden. Besser ist es, wenn für jedes Modell diese und auch weitere Parameter gespeichert werden können. Sender, die das können, werden als Computersender bezeichnet. Diese Sender haben eine interne Elektronik, die über ein Display verschiedene Einstellungen ermöglicht. Heute bieten moderne Sender nicht nur die Möglichkeit, verschiedene Modelle abzuspeichern, hinzu kommen auch Stoppuhren, um die Motorlaufzeit zu messen, Mischprogramme, um Steuerfunktionen zu mischen und weitere Helferlein. Für Modellflugpiloten sind ganze Flugzeugtypen vorprogrammiert. Die wichtigsten Funktionen für Multicopter sind:



Typisches Eingangsmenü eines einfachen Computersenders (MX12-Graupner)



Fernsteuersender der Oberklasse zeigen die Expo-Funktion sogar graphisch an. Hier wurde auf die Rollfunktion ein Wert von 50% gelegt



Über den Rückkanal eines 2,4-GHz-Systems können verschiedene Sensoren ausgewertet werden. Im Beispiel hat der Antriebsakkumulator eine Spannung von 8,3 V, der Copter verbraucht zurzeit 2,8 A, und aus dem Antriebsakkumulator wurden bereits 1010 mAh entnommen (Telemetrie: Graupner HoTT, Electric Air Modul)



Weitere Sensoren werten die Höhe aus. Der Copter schwebt zurzeit auf 18 m und sinkt mit einer Rate von 0,1 m/s (Telemetrie: Graupner HoTT, Vario Modul)

Reverse: Diese Funktion dreht die Wirkrichtung des Kanals um. In der Anleitung der Steuerelektronik des Copters wird diese Einstellung für diverse Sendertypen vorgegeben.

Dualrate: Mit einem Schalter werden zwei unterschiedliche Maximalausschläge einzelner Funktionen umgeschaltet. Bei Multicoptern ist die Funktion hilfreich, da ein Copter beim schnellen Geradeausflug empfindlicher reagiert als im Schwebeflug. Ohne Dualrate führt das dazu, dass der Pilot bei hoher Fluggeschwindigkeit nur mit minimalen Knüppelausschlägen steuern kann. Die Umschaltung des Steuerwegs von z. B. 100% auf 80% erlaubt es in diesem Fall, etwas feinfühliger zu steuern.

Expo: Entweder mit einem Schalter zuschaltbar oder fix programmiert wird die Steuercharakteristik einer Funktion geändert. Ohne Expo ist der Knüppelweg linear mit dem Ausgang am Empfänger verknüpft, 30% Knüppelausschlag bewirken auch 30% Steuerweg am Empfänger. Die Expo-Funktion kann das Ausgangssignal in einer Exponentialkurve zur Bewegung des Knüppels verlaufen lassen. Zwar sind Mittelstellung und Endausschlag des Knüppels immer auch Mittelstellung und Endausschlag am Empfängerausgang, die Expo-Funktion beeinflusst jedoch, was zum Beispiel bei 50% Knüppelausschlag am Empfängerausgang passiert. Ein schnell fliegender Copter reagiert wesentlich empfindlicher auf denselben Knüppelausschlag als ein Copter im Schwebeflug. Man braucht zwar den vollen Ruderausschlag, um das Modell bei böigem Wind schweben zu lassen, im Normalflug hingegen kommt man mit wesentlich geringeren Knüppelausschlägen aus. Mittels Expo werden nun Knüppel- und Empfängerausgang so verbunden, dass beispielsweise 50% des Knüppelaus-

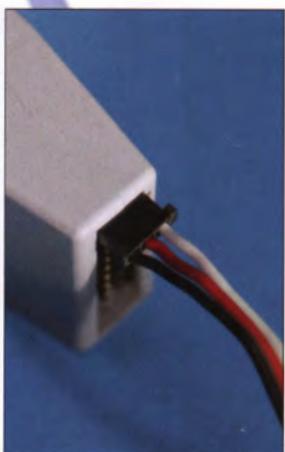
schlags nur 25% Rollfunktion steuern, während die anderen 50% am Knüppel die restlichen 75% am Ausgang bewirken. Die genauen Werte sind abhängig vom Modell, daher ist die Expo-Funktion für jeden Kanal getrennt einstellbar und wird im Modellspeicher abgelegt.

Viele Sender bieten heute auch die Möglichkeit, Flugphasen anzulegen. Diese Flugphasen sind im Flug umschaltbar. Je nach Anforderung besitzt jede Flugphase ihre eigene Trimmung. Auch die Werte für Expo und Dualrate sind unterschiedlich. So können beispielsweise je eine Flugphase für das Schweben und eine für den Rundflug programmiert werden.

Während früher Modellflugzeuge fast ausschließlich im dafür reservierten 35-MHz-Band geflogen wurden, spielt dieses Frequenzband heute keine große Rolle mehr. Moderne Fernsteuerungen senden im 2,4-GHz-Band. Die verfügbare Bandbreite in diesem Band ist erheblich größer, was erlaubt, erheblich mehr Daten zwischen Sender und Modell zu übertragen. Da die verwendeten Sende- und Empfangsbausteine aus der Datenkommunikationstechnik stammen, ist die Verbindung typischerweise bidirektional,



Steckerleiste an einem 2,4-GHz-Empfänger. Dieser hat 12 Kanäle



Servos und Steller haben einheitliche Stecker, diese passen in jedes Empfangssystem. Die Belegung des Anschlusskabels: Weiß: Signal. Rot: Plus. Schwarz: Minus. Oft wird auch Orange für das Signal und Braun für den Minuspol verwendet

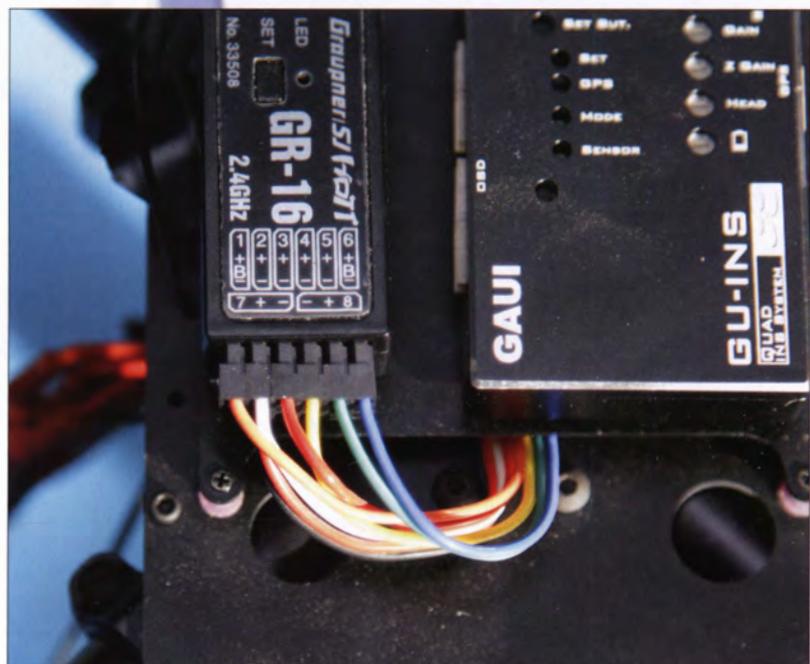
gleichen Herstellers kompatibel. Der Empfänger sollte vibrationsgeschützt im Copter befestigt werden, darf aber keinesfalls in Schaumstoff eingewickelt werden, da er sonst überhitzen kann. Meist besitzen die 2,4-GHz-Empfänger zwei kurze Antennenstummel. Diese sollten im Winkel von 90 Grad im Modell befestigt werden. Die Verlegung in Kohlefaser- oder Metallrohren ist tabu, da diese Rohre das Funkignal abschatten.

Der Empfänger besitzt entsprechend der Anzahl an Kanälen einzelne Ausgänge, die an jeden Kanal gekoppelt sind. Die Ausgänge haben drei Pins. Zwei dienen der Stromversorgung der angeschlossenen Servos. An diesen Pins liegt im Betrieb dauerhaft eine Spannung von ca. 5 V an. Der dritte Pin ist die Signalleitung. Da die Steuerelektronik eines Copters über die Steller der Motoren mit Spannung versorgt wird, werden oft nur die Signalleitungen des Empfängers zu der Steuerelektronik geschaltet.

also auch geeignet, um Daten vom Modell zum Sender zu übertragen.

Diese Telemetrie genannte Funktion erlaubt im einfachsten Fall, die Stärke des Funksignals am Empfänger auf dem Display des Senders abzulesen. Ein mit entsprechenden Mess-Sensoren ausgestatteter Multicopter kann Werte wie aktuellen Stromverbrauch, verbrauchte Akku-kapazität, aber auch Höhe und GPS-Position an den Sender weiterleiten. Diese Werte werden dann im Display angezeigt und oftmals auch auf einer Speicherkarte mitgeschrieben. Am Sender können Tonsignale beispielsweise vor einem leeren Antriebsakkumulator warnen. Das HoTT-System der Firma Graupner, aber auch Systeme anderer Firmen, bietet zudem eine Sprachausgabe, damit der Pilot beim Steuern nicht auf das Display des Senders schauen muss.

Gegenstück des Senders ist der Empfänger. Im Gegensatz zu Empfängern im 35-MHz-Band sind 2,4-GHz-Empfänger nur zu Sendern des



Empfänger auf dem Quadrocopter. Die Kanäle 1 bis 4 dienen der Steuerung des Copters. Mit dem 5. Kanal wird die Empfindlichkeit des Systems eingestellt. Der 6. Kanal sagt dem Quadrocopter, dass er zu der Startstelle zurückkommen soll



Kamerahalter mit Servoverstellung. Das Servo wird in einenfreien Kanal des Empfängers gesteckt und kann so mit einem Drehregler am Sender bewegt werden

Für die Steuerung eines Multicopters werden nur fünf Kanäle benötigt, daher bleiben Kanäle für weitere Funktionen übrig. Sei es, dass mittels Servos, auch Rudermaschinen genannt, eine Kamera bewegt wird, sei es, dass der Copter mit Licht ausgestattet wird. Im letzten Fall ist darauf zu achten, dass die Lichter keinesfalls direkt an den Empfänger gesteckt werden sollten. Die Ströme, die die LED benötigen, können für die Empfängerplatine zu hoch werden. Für die Beleuchtung bietet die Modellbauindustrie entsprechendes Zubehör an, oft kann sie direkt aus dem Antriebsakkumulator gespeist werden.

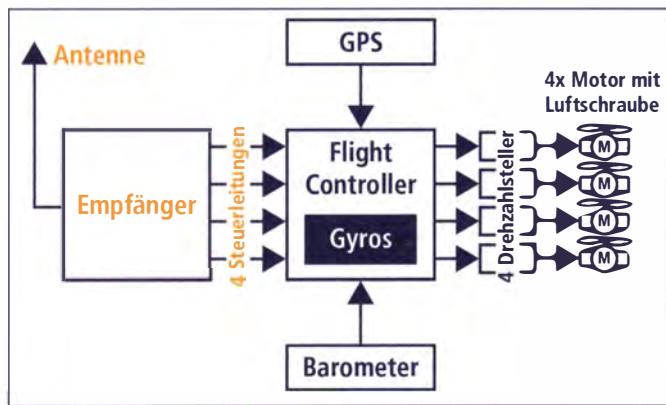
Der Summenkanal – was ist das ?

Von Prof. Dr. Anselm Fabig

Während ferngesteuerte Flugmodelle oder Boote üblicherweise mit Hilfe von Servos, also mechanischen Stellgliedern gesteuert werden, die direkt auf die Ruder und Klappen wirken, steuert man Multicopter direkt über die Veränderung der Drehzahl der einzelnen Motoren.

Da ein Mensch aber mit der Drehzahlverstellung aller Motoren völlig überfordert wäre, ist zwischen Steuerbefehlseingabe und Motorsteuerung noch ein Fluglageregler geschaltet. Dieser stabilisiert auf der einen Seite die Fluglage des Multicopters mit Hilfe von Gyros, GPS, evtl. einem Kompaß und einem Barometer und erlaubt auf der anderen Seite die Eingabe von Steuerungswünschen des Piloten.

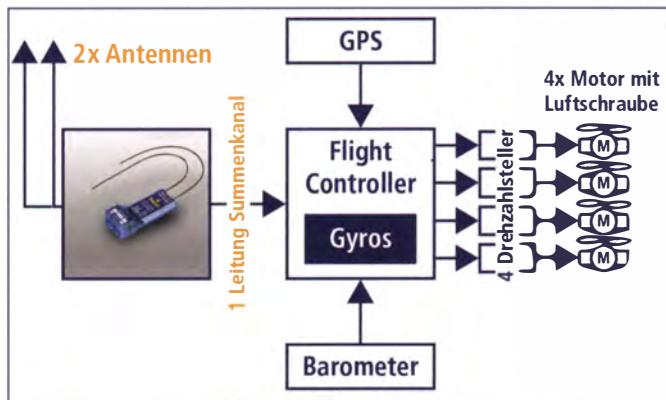
Dieser Fluglageregler muß mit dem Fernsteuerempfänger verbunden werden. In der Vergangenheit hätte man dies mit z.B. vier Kanälen, also vier Steuerleitungen gemacht.



Herkömmliche Empfängerverdrahtung

Dementsprechend wurde mit jeder Leitung nur eine Information übertragen.

Um Kabel zu sparen und den Verdrahtungsaufwand zu vereinfachen, wurde der sogenannte Summenkanal eingeführt.



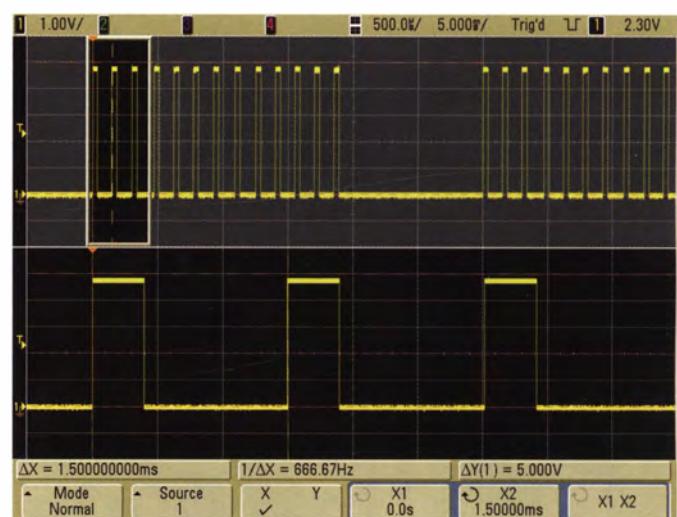
Der Summenkanal spart Leitungen

Beim Summenkanal handelt es sich um eine serielle Übertragung der Steuerbefehle des Piloten zwischen dem Empfänger und dem Fluglageregler mit nur einer Leitung. Die einzelnen Kanäle werden hierbei seriell, also zeitlich nacheinander oder im sogenannten Zeitmultiplex übertragen.

Der Vorteil liegt vor allem im reduzierten Verdrahtungsaufwand und damit in der Reduktion möglicher Übergänge und damit Fehlerquellen.

„Um Kabel zu sparen und den Verdrahtungsaufwand zu vereinfachen, wurde der sogenannte Summenkanal eingeführt.“

Es haben sich für den Summenkanal zwei verschiedene Kanalzahlen durchgesetzt: 8 oder 12 Kanäle.



Das Bild zeigt in der oberen Hälfte das Oszillosgramm des Summenkanals und in der unteren Bildhälfte die gezoomten ersten drei Impulse

Ein weiterer Vorteil ist auch, daß z.B. kleine Empfänger mit nur 5 oder 6 Servoausgängen, die einen Summenkanal unterstützen (Beispiel Tiny 5 oder Clever 6 von weatronic®), über ihren Summenkanalausgang doch 8 oder 12 Kanäle bedienen können.

Inzwischen hat sich ein „Standard“ für das Timing und die Pegel durchgesetzt. Die folgenden Bilder zeigen dies anhand eines weatronic® Empfängers. Es gilt, daß ein Kanal (z.B. Vorwärts – Stillstand – Rückwärts) in Form von drei Impulslängen übertragen wird (1,0 ms – 1,5 ms – 2,0 ms).

Ein Impuls beginnt immer mit einer steigenden Flanke, also einem Pegelwechsel von „0“ nach „1“, bzw. von 0 Volt nach 5 Volt und endet mit der nächsten steigenden Flanke. Auf diese Weise kann man sehr einfach viele Kanäle nacheinander übertragen. Der Empfänger der Information muß nur mitzählen. Eine längere Pause kennzeichnet den Neubeginn und der Zähler startet von vorn.

Anzumerken ist noch, daß es sich trotz Digitaltechnik beim Summenkanal immer noch um ein pseudodigitales Signal handelt. Es hat zwar „digital“ zwei Pegel, jedoch steckt die Steuerinformation in der analog übertragenen Zeit zwischen zwei Flanken. Erst der S-Bus oder der weatronic® W-Bus werden dies in Zukunft ändern.

Stephan zu Hohenlohe

Der ideale Einstieg in die Copterfliegerei

»Blade mQX« von Horizon Hobby

Wenn die Entscheidung, einen Quadrocopter anzuschaffen, schwerfällt, sei es wegen der Kosten, sei es wegen der mangelnden Flugerfahrung, gibt es doch eine Lösung. Diese finden wir bei Horizon Hobby, die den Modellsportmarkt immer wieder mit Innovationen aufmischen.

Zum Straßenpreis von knapp 150,- Euro bekommt der Kunde mit dem »Blade mQX« einen fertig aufgebauten Quadrocopter inklusive Akku, Ladegerät, Ersatzrotoren und einem einfachen Sender. Da wirklich alles zum Fliegen benötigte Material im Set enthalten ist, wird dieses auch als RTF, Ready To Fly, bezeichnet. Für etwa 30,- Euro weniger gibt es das Set auch ohne Sender, dann wird allerdings eine eigene Spektrum-Fernsteuerung benötigt. Der Betrieb mit anderen Fernsteuerungen ist nur mit deren Umbau auf die Spektrum-Übertragungstechnik möglich. Ein solcher Umbau ist auch nur bei hochwertigen Sendern möglich, bei denen das HF-Modul getauscht werden kann. Das Set

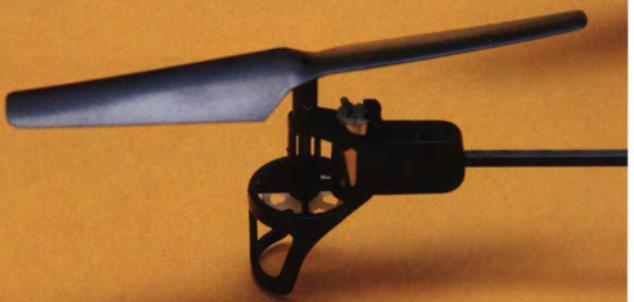
ohne Sender wird, da es an eine vorhandene Fernsteuerung gebunden wird, bei Horizon Hobby unter „BnF“, Bind and Fly, geführt.

Beworben wird der »Blade mQX« als der weltweit erste Quadrocopter mit dem innovativen AS3X-Stabilisierungssystem. Das AS3X soll für eine außerordentlich hohe Stabilität sorgen und im Outdooreinsatz bei Wind den Flug glätten, während der Pilot sich auf den Flugweg konzentriert. Dabei soll auch Kunstflug mit Loopings, Spins und Pirouetten möglich sein. Der Quadrocopter soll „fluggetestet“ beim Kunden ankommen.

Der »Blade mQX« wird in einem stabilen Pappkoffer mit Leichtschaum-Formteilen geliefert. Der Koffer kann so auch zur Aufbewahrung und zum Transport genutzt werden. Neben dem Copter finden wir den zum Fliegen benötigten Antriebsakkku und das passende Ladegerät mit einem Steckernetzteil. Dazu kommt ein Tütchen mit Ersatzpropellern und einem kleinen Schraubendreher zum Wechseln der Propeller. Die RTF-Version enthält auch einen Fernsteuersender mit passenden Batterien.



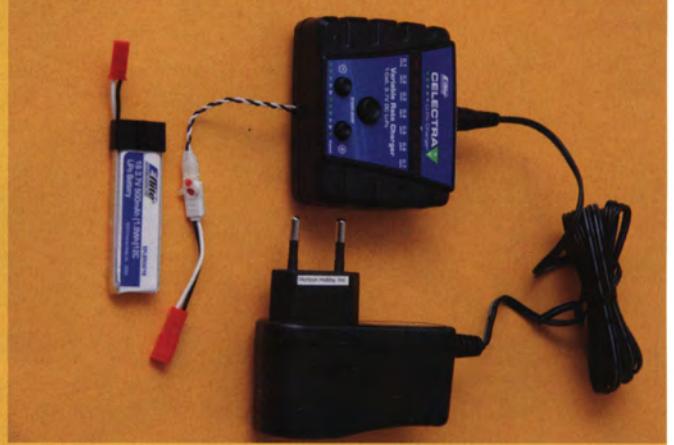
Das Herz des »mQX«: die Platine mit dem AS3X-Stabilisierungssystem



Einer von vier Armen mit Motor



Der Motor liefert seine Kraft über ein Getriebe auf eine Carbon-Welle, auf der wiederum der Propeller als Rotor sitzt



Alles komplett: Das Ladegerät mit Steckernetzteil ist im Lieferumfang enthalten, genauso wie der Antriebsakkus



So wird der »mQX« ausgeliefert. Bei der X-Konfiguration sind die beiden vorderen Rotoren weiß



Kleiner Umbau: Die + -Konfiguration ist weniger kunstflugtauglich

Der Copter selbst besteht aus einem Kunststoffträger, auf dem die Steuerplatine sitzt. Am Träger sind vier Carbon-Ausleger befestigt, die je einen Motorträger halten. Der Motorträger hält neben dem konventionellen Bürstenmotor auch ein einstufiges Untersetzungsgetriebe. Auf der Carbonwelle des Getriebes ist dann der passende Propeller montiert. Da ein Quadrocopter zwei rechts- und zwei linksdrehende Motoren besitzt, sind diese beim »Blade« mit unterschiedlichen Kabelanschlüssen versehen. Die rechtsdrehenden sind mit schwarz/weißen Kabeln versehen, an die linksdrehenden sind rot/blau Kabel angelötet. Das hilft bei späteren Wartungs- oder Reparaturarbeiten, auch weil die Motoren mit Miniatursteckern an der Hauptplatine angeschlossen sind. Abgedeckt wird die Hauptplatine durch eine futuristische Lexan-Haube.

Der Copter wird in der sogenannten X-Konfiguration ausgeliefert. Beim Geradeausfliegen sind zwei Propeller vorne und zwei hinten. Damit man die Ausrichtung des »mQX« gut erkennt, sind die vorderen beiden Propeller



In diesem Test wurde mit einem separaten Sender geflogen: eine Spektrum DX6i



So klein ist er, der »Blade mQX«

weiß, die hinteren schwarz. Der Blade kann auch in +-Konfiguration geflogen werden, dann ist ein Propeller vorne, einer hinten. Die Umstellung erfolgt mithilfe der Fernsteuerung, damit die Lageerkennung weiter funktioniert, liegt dem Set ein schwarzer Propeller zum Austausch gegen den weißen bei.

Die Haube kann um 45 Grad verdreht montiert werden. Der Akku besteht aus einer LiPo-Zelle und hat eine Kapazität von 500 mA. Unter dem Copter ist eine Halterung, in die der Akku zum Fliegen eingeschoben wird, zum Starten müssen Stecker und Buchse zusammengesteckt werden. Doch zunächst muss der Akku aufgeladen werden.

Das beigelegte Ladegerät besteht aus dem eigentlichen Lader und dem passenden Stecker-Netzteil. Das Ladegerät selbst besitzt zwei Einstellknöpfe für den Ladestrom und einen Knopf zum Starten des Ladevorgangs. Eine Reihe mit LEDs zeigt die eingestellte Ladestromstärke an. Die Anleitung empfiehlt das Laden mit 0,7 A, das ist auch die höchste Stufe das Ladegeräts. Nach dem Anstecken des Akkus wird der Startknopf

gedrückt. Die LED beginnt zu blinken und zeigt so den Ladevorgang an. Nach spätestens 30 Minuten ist der Akku dann voll geladen.

Die Käufer eines RTF-Sets können nun zum ersten Flug starten, wir haben das BnF-Set und müssen den Blade zunächst an den vorhandenen Sender binden. Dieser Vorgang wird nur einmal durchgeführt. Jeder Sender im 2,4-GHz-Band sendet einen unverwechselbaren Code. Beim Binden wird der Empfangseinheit dieser Code mitgeteilt. So können viele RC-Modelle im 2,4-GHz-Band gleichzeitig in nächster Nähe zueinander bewegt werden. Der Sender des RTF-Sets ist bereits mit dem »mQX« gebunden. In unserem Fall wählen wir bei unserem Spektrum-Sender DX6i einen freien Speicherplatz und wählen als Modelltyp das Flugzeug. Als Namen geben wir »mQX« ein. Anschließend wird der Sender ausgeschaltet. Nun verbinden wir den Flugakku mit dem »Blade mQX«. Nach fünf Sekunden beginnt auf der Platine eine blaue LED zu blinken. Jetzt bringen wir den Pitchknüppel in die niedrigste Position, „Motor aus“. Mit betätigtem „Trainer“-Schalter wird nun der Sender eingeschaltet. Nach wenigen Sekunden können wir den Schalter loslassen, die LED auf der Platine leuchtet nun dauerhaft. Das Binden war erfolgreich.

Dann wird zunächst der Akku vom Copter getrennt und anschließend der Sender ausgeschaltet.

Vor jedem Flug erfolgt das automatische „smartbinding“: Der Sender muss mindestens fünf Sekunden eingeschaltet sein, bevor der Akku des »Blade mQX« eingesetzt wird. In dieser Zeit sucht sich der Sender zwei freie Frequenzen im 2,4-GHz-Band. Sollte der »Blade« zu schnell eingeschaltet werden, kann die Platine in den Binde-Modus schalten und ein Fliegen ist nicht möglich. In diesem Fall muss der Akku nochmals ab- und



Hat was von einem unbekannten Insekt

Technische Daten

Rotor-Durchmesser	140 mm
Länge	292 mm
Gewicht	75 g
Akku	1s, 3,7 V, 500-mAh-LiPo
Ladegerät	E-flite Celectra 1s-LiPo-Ladegerät mit variabler Stromrate
Onboard-Elektronik	Flybarless 4-in-1-Empfänger/Regler/Mischer/ AS3X-Einheit Fernsteuerung MLP4DSM-4-Kanal-DSM2- Fernsteuerung (nur bei RTF)



Jetzt geht's loooohoosss ... mQX beim Beschleunigen

wieder angesteckt werden. Innerhalb von zwei Sekunden nach dem Anstecken muss der Copter nun auf eine ebene Fläche gestellt werden, damit die Neutrallage erkannt und kalibriert wird. Die blau leuchtende LED zeigt die Flugbereitschaft an.

Durch langsames Nach-vorne-Schieben des Pitchknüppels laufen die Motoren an. Zunächst sollte man noch nicht abheben, sondern die Funktionen prüfen: Wenn der Nickknüppel nach vorne geschoben wird, soll der Quadrocopter sich leicht nach vorne neigen. Wenn der Rollknüppel nach rechts steuert, soll auch der »Blade« nach rechts kippen. Dies ist die einzige Möglichkeit der Funktionskontrolle. Bitte nehmen sie den Copter nicht mit laufenden Rotoren in die Hand, das AS3X-System versucht, den Copter in jeder Lage zu stabilisieren. Das kann zu schnellem Hochfahren der Rotoren führen und der Copter windet sich aus der Hand.

Wenn die Funktion geprüft ist, darf der »Blade mQX« dann erstmals in die Luft. Der Pilot sollte wissen, dass der Quadrocopter keine Positionsstabilisierung, sondern nur eine Lagestabilisierung hat. Somit steht das Modell bei Windstille oder in größeren Räumen perfekt in der Luft. Bei Wind wird er jedoch vom Startpunkt versetzt, wenn der Pilot nicht gegensteuert.

Der Einsteiger kann sich nun an das Schweben gewöhnen. Der Copter reagiert sehr direkt auf Steuereingaben, neutralisiert sich aber sofort, wenn die Knüppel losgelassen werden. In unserem Test habe ich die Steuerung des »Blade mQX« einem in fliegerischen Dingen vollkommen unerfahrenen Bekannten übergeben. Nach wenigen Minuten Schweben startete dieser bereits zu seinem ersten Rundflug. Das einzige Problem dabei war, dass der Quadrocopter aufgrund seiner Größe in einer Entfernung von mehr als 15 Metern kaum noch erkennbar ist. Da der Bekannte die Lage nicht mehr sah, hat er schlagartig den Pitchknüppel zurückgezogen. Ich hätte ihm wahrscheinlich erklären sollen, dass ein Copter mit stehenden Rotoren nicht segelt ... Beim Absturz spielt der »Blade mQX« sein geringes Gewicht von 75 Gramm aus. Es ist tatsächlich nichts passiert. Ein ideales Modell für den Einsteiger, wenn man beachtet, draußen bei wenig Wind zu fliegen.

Aber auch der erfahrene Pilot wird mit dem kleinen Copter seinen Spaß haben. Wir haben den Kleinen bis Windstärke 3 geflogen, tatsächlich



„bügelt“ das AS3X-System die meisten Böen aus. In der Computer-Fernsteuerung wurden die „Ruderausschläge“ auf 120% erhöht. Nun kann der Copter fast wie ein Modellheli bewegt werden. Schnelle, tiefe Vorbeiflüge: kein Problem. Hochgezogene Fahrtkurven, auch Bumerangkurven genannt: Hui, das macht Spaß. Dann folgt der Kunstflug: In Sicherheitshöhe wird der Rollknüppel voll auf eine Seite gelegt, wenn der Copter sich auf den Rücken gelegt hat, wird der Pitchknüppel fast ganz zurückgezogen, um dann, wenn der Copter wieder richtigrum liegt, wieder nach vorne geschoben zu werden. Prima, das war der erste Flip. Geht noch mehr? Klar! Wir geben voll Pitch und halten den Gierknüppel auf einer Seite fest. Das nennt man Pirouette. Zum Schluss ziehen wir in voller Fahrt langsam am Nickknüppel, reduzieren Pitch, wenn der „Blade“ auf dem Rücken liegt und geben erneut Pitch, wenn der Copter wieder in Normalfluglage ist. Das war ein Looping, oder enger geflogen, ein Überschlag. Klingt einfach? Ist es aber nicht. Der „Blade mQX“ ist aber der ideale Trainer für Kunstflug mit einem Quadrocopter, da er zum einen genügend Leistung bereitstellt und zum anderen bei Abstürzen wenig Schäden davonträgt. Da wir es mit einem Markenprodukt zu tun haben, findet man eventuell benötigte Ersatzteile bei jedem Modellbauhändler. Unser Tipp: Ein Satz Rotoren in Reserve kann ein Wochenende retten.

Im Test wurde nun die Zeit gemessen, bis der Akku leer war. Nach etwas mehr als 12 Minuten war es so weit, ohne Ankündigung blieb ein Rotor stehen, was unweigerlich das Ende des Flugs

bedeutet. In der Praxis sollte nach spätestens 10 Minuten gelandet werden, der LiPo-Akku hat eine deutlich längere Lebensdauer, wenn er nicht ständig an seine Kapazitätsgrenze entladen wird.

Probehalber wurde der „Blade“ von der X-Konfiguration in die +Konfiguration gebracht. Dazu wird die Haube um 45 Grad gedreht. Dann wird der Copter erneut gebunden, allerdings wird während des Bindens der Gierknüppel nach rechts gehalten. Möchte man zurück in die X-Konfiguration, wird wieder gebunden, allerdings mit Gierknüppel nach links.

Im Schwebeflug ist der „Blade mQX“ nun subjektiv ein wenig agiler. Der Versuch, Kunstflug zu machen, endete allerdings in der hohen Wiese. Der Copter dreht im Flip nicht schnell genug vom Rücken in die Normalfluglage. Auf weitere Versuche wurde verzichtet und zur X-Konfiguration zurückgekehrt.

Fazit

Der „Blade mQX“ ist ein ideales Modell, um in die Copterfliegerei reinzuschnuppern. Das Modell kann und macht alles, was auch ein großer Copter kann. In der Hand des erfahrenen Modellflug- oder Modellhelipiloten wird der „mQX“ zum ultimativen Spaßgerät, welches durch seine Größe eigentlich immer dabei sein kann. Ob im größeren Wohnzimmer, in der Turnhalle oder draußen, der „Blade mQX“ macht überall Spaß.

Professional Multicopter Equipment

- Motoren
- Propeller
- Controller
- Akkus

www.hacker-motor.com

EMCOTEC

MADE IN GERMANY
Kompetenz in Elektronik seit 1988.

Egal, wie viele Propeller sie haben.
Das Zubehör gibt's bei uns.

Doppelstromversorgungen & LiPo-Regler
Sicherheitsschalter für Elektroantriebe | Sende-
anlagen von Robbe & Jeti | Ladetechnik & Akkus
Servos | Beleuchtung | und vieles mehr...

<http://multicopter.emcotec.de>

High End Elektromotoren
PLETTENBERG

Der Antrieb für Ihren
Multicopter

speziell an Ihren Multicopter
angepasst

effizient sparsam laufruhig

Erfolge mit den Antrieben...

MADE IN GERMANY

Plettenberg Elektromotoren • Rostocker Str. 30 • D - 34225 Baunatal
www.plettenberg-motoren.com • info@plettenberg-motoren.com
Tel: +49 (0) 56 01 / 97 96 0 * Fax: +49 (0) 56 01 / 97 96 11

BEIER-Electronic
Winterbacher Str. 52/4
73614 Schorndorf - Weiler
www.beier-electronic.de

Universal Sound- und Funktions-
module made in Germany

USM-RC-2

CADMICOPTER®

WWW.CADMICOPTER.DE
QUADROCOPTERSYSTEME

MikroKopter
OktokopterXL
Flugfertig in wenigen Minuten

Unsere bewährte Technik, jetzt auch als flugfertiges
Modell für Ihren professionellen Einsatz.

Funktionen : GPS gest. Navigation,
Telemetrie mit Sprachansage, Live Video Bild.
Weitere Informationen : www.hisystems.de

Und für Einsteiger :
Das Quadro XL Basisset
für günstige 999€
(inkl. MwSt.)

www.hisystems.de

Flugschule

Aller Anfang ist schwer



Stephan zu Hohenlohe

ctrl+alt+f (CTRL-ALT-F for singleframingwriting), (CTRL-ALT-R to start)

Modellflieger oder gar RC-Heli-Piloten finden das Steuern eines Quadrocopters einfach. Doch wenn man das erste Mal eine Fernsteuerung in der Hand hat, ist aller Anfang schwer.

Im Internet findet man die abenteuerlichsten Methoden, den Multicopter erstmals fliegen zu lassen. Da werden die Copter an Wäschleinen im Keller aufgehängt oder am Boden festgebunden. All diese Dinge sind nicht nur wirkungslos, sie sind vor allem auch gefährlich. Ich möchte nicht daneben stehen, wenn vier Kreissägen an der Leine durch den Keller wirbeln.

Ich möchte hier ein paar Schritte zeigen, wie man auch als vollkommen Ungeübter mit seinem Copter möglichst schadensfrei in die Luft kommt.

Schritt 1: der Flugsimulator

Die heutigen Flugsimulatoren bilden die Flugdynamik von Modellflugzeugen und Helikoptern perfekt nach. Dazu kommt, dass sie dank fotografischer Bilder viel Spaß machen und so den Spieltrieb wecken. Die Programme werden mit einer Vielzahl von vorinstallierten Modellen geliefert, oft können weitere Modelle aus dem Internet nachgeladen werden. Ein kleiner Nachteil: Für die wenigsten Simulatoren gibt es virtuelle Multicopter. Dennoch können die Programme beim Erlernen des Steuerns helfen. Allerdings kann ein solcher Simulator nur dann schulen, wenn auch eine Fernsteuerung zum Steuern verwendet wird. Bei den meisten Programmen kann man den eigenen Sender mit einem speziellen Schnittstellenkabel via USB mit dem Rechner verbinden.

Beginnen Sie mit einem Trainerflugzeug. Es hilft Ihnen, sich an Ruderausschläge und Modellreaktionen zu gewöhnen. Neben dem Starten

und Landen sollten Sie sich kleine Flugaufgaben, wie das Fliegen von Achten, stellen. Versuchen sie anschließend, einen Helikopter im Simulator zu fliegen. Sie werden sehen, es ist gar nicht so einfach, ein solches Modell auf einer Stelle schweben zu lassen. Wenn dies gelingt, lassen Sie den Heli im Rechner an verschiedene Punkte fliegen. Ein Tipp: Üben sie in kleinen Einheiten am Rechner, täglich eine Stunde bringt Ihnen mehr als ein ganzer Sonntag vorm PC.

Schritt 2: Heckschweben

Nun geht es in die freie Natur. Sicherlich sind Sie nervös vor dem ersten Start, das geht allen angehenden Piloten so. Beachten sie ein paar Regeln vor dem Start. Auch wenn es noch so sehr in den Fingern juckt, warten Sie einen windstillen Tag ab. Oft schlält der Wind auch in den Abendstunden ein. Nehmen Sie jemanden mit, der bereits fliegen kann und Ihnen hilft. Nichts ist schlimmer als in Zugzwang zu kommen, weil die mitgereisten Zuschauer ja was sehen wollen. Brechen Sie Vorbereitungen ab, wenn etwas nicht richtig funktioniert.

Zum ersten Start positionieren Sie den Copter in ca. 3 m Entfernung vor sich. Das Heck des Copters zeigt auf Sie. Der Sender ist eingeschaltet und der Pitchknüppel hinten. Der Akku des Copters ist voll geladen und angesetzt. Nun schieben Sie den Pitchknüppel gerade so weit nach vorne, dass die Rotoren laufen. Es folgt der letzte Check vor dem Abheben. Schieben Sie den Nickknüppel vorsichtig nach vorne. Der Copter sollte hinten leicht abheben. Wenn er nichts macht, erhöhen Sie mit dem Pitchknüppel die Drehzahl der Motoren minimal. Danach kippen Sie den Rollknüppel nach links. Der Copter sollte nun rechts ein wenig abheben. Dieser letzte Test dient dazu zu prüfen, ob alles richtigerum funktioniert.

Bevor Sie nun erstmalig abheben, sollten Sie wissen, dass der Copter in Bodennähe am unruhigsten schwebt. Dies liegt an den Verwirbelungen, die der Abwind in Bodennähe erzeugt. Bereits in einem Meter Höhe ist davon nichts mehr zu merken.

Schieben Sie den Pitchknüppel also langsam nach vorne und lassen Sie den Copter auf etwa einen Meter Höhe steigen. Ziehen Sie den Knüppel wieder zurück und lassen Sie den Copter wieder sinken. Wenn Sie den Copter wieder auf den Boden bringen, kann es passieren, dass er sich leicht nach vorne neigt. Dies ist normal und kann durch leichtes Anheben des Nickknüppels korrigiert werden.



pel ganz wenig zurück, bis der Copter wieder zu Boden sinkt. Sobald das Gerät den Boden berührt, ziehen Sie den Pitchknüppel ganz zurück. Die Motoren stehen, das war der erste Hüpfer. Machen Sie weitere Hüpfer, so lernen Sie, welcher Ausschlag am Pitchknüppel zum Steigen und Fallen benötigt wird. Wahrscheinlich wird Ihr Copter bei diesen Hüpfen in eine Richtung abdriften. Sie können dies mit den Trimmhebeln der Steuerung ausgleichen. Driftet der Copter nach links, trimmen Sie ein wenig nach rechts. Es kann auch sein, dass der Copter sich beim Abheben leicht dreht. In diesem Fall trimmen Sie die Gierfunktion. Nun sollten Sie die Zeit zwischen Abheben und Landen ausdehnen. Versuchen Sie, Ihren Copter auf der Stelle zu halten. Achten Sie immer darauf, dass das Heck zu Ihnen zeigt. In dieser Position ist das Steuern sehr einfach. Schweben Sie dann ein wenig nach vorne und wieder zurück. Schweben Sie zur Seite und wieder zurück. Fliegen Sie mit dem Copter ein Quadrat ab, immer mit dem Heck in Ihre Richtung. Diese Art zu schweben, das Heckschweben, muss in Fleisch und Blut übergehen. Es ist zukünftig die Rettung Ihres Fluggeräts. Wann immer Sie in Probleme kommen, steigen Sie mit dem Copter auf Sicherheitshöhe und drehen Sie das Heck in Ihre Richtung. Damit holen Sie den Copter aus kritischen Situationen zurück.

Schritt 3: Seiten- und Nasenschweben

Drehen Sie nun während des Schwebens die Nase des Copters um 90 Grad zur Seite. Nun wird das Steuern wesentlich komplizierter. Es hilft am Anfang, sich mit dem Oberkörper ein wenig in die Flugrichtung des Copters zu drehen. Üben Sie das Seitenschweben zu beiden Seiten, fliegen Sie auch hier verschiedene Punkte an. Denken Sie daran, wenn etwas nicht funktioniert, drehen Sie das Heck in Ihre Richtung und holen Sie den Copter zurück. Erst wenn Sie das Seitenschweben perfekt beherrschen, sollten Sie das Nasenschweben üben. Dazu wird der Copter aus dem Heckschweben um 180 Grad gedreht. Roll- und Nickfunktion sind nun verkehrt. Auch in dieser Position sollten Sie später in der Lage sein, jeden Punkt anzufliegen.

Schritt 4: Rundflug

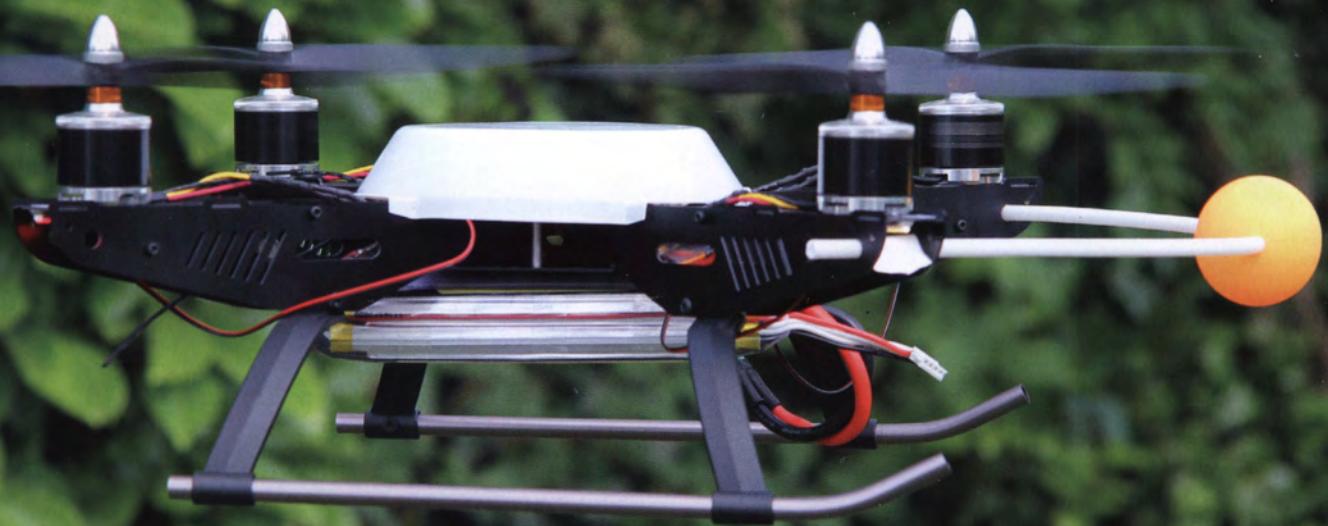
Wenn Sie Ihren Copter richtig schweben können, ist der Rundflug kein Problem mehr. Schweben Sie zunächst verschiedene Figuren wie Kreise und Achten. Mit der Gierfunktion drehen Sie den Copter jeweils in Flugrichtung.

Absolut fotorealistische Bilder liefern die Flugsimulatoren der Aerofly-Reihe von Ikarus

Je mehr sie dabei den Nickknüppel nach vorne bewegen, desto schneller wird das Fluggerät. Zum Bremsen ziehen Sie den Knüppel nach hinten. Beachten Sie dabei immer die Flughöhe. Später können Sie beim Kurvenfliegen die Rollfunktion hinzunehmen, damit der Copter keine Höhe verliert, muss dann in den Kurven auch der Nickknüppel gezogen werden. Je öfter Sie fliegen, umso einfacher funktioniert das Zusammenspiel der einzelnen Funktionen.

Zehn Tipps für den Copterpiloten

- Fliegen Sie am Anfang nur bei leichtem oder gar keinem Wind!
- Suchen Sie sich ein Feld oder eine Wiese mit viel Platz!
- Vermeiden Sie am Anfang Zuschauer!
- Üben Sie das Heckschweben bis zur Perfektion!
- Halten Sie immer Abstand vom Copter!
- Fliegen Sie niemals über andere Leute!
- Ziehen Sie bei Problemen den Pitchknüppel nicht schlagartig zurück! Wenn die Motoren stehen, ist das Gerät unsteuerbar. Segeln kann ein Copter nicht.
- Lassen Sie nach Abstürzen den Kopf nicht hängen, es geht oft weniger kaputt, als man denkt! Die meisten Abstürze passieren, wenn der Pilot der Meinung ist, er kann „es“. Übermut ist oft der Grund.
- Starten Sie nur mit voll geladenen Akkus!
- Verzichten Sie auf einen Start, wenn irgend etwas am Copter nicht stimmt, etwas vibriert oder Geräusche macht!



Stephan zu Hohenlohe

Wilde Hummel

»Quadflyer 330X« von Graupner

Der »Quadflyer 330X« von Graupner sollte mein persönlicher Einstieg in die Welt der Multicopter werden.

Im Katalog der Firma Graupner wird das Modell für Einsteiger und Fortgeschrittene empfohlen. Der Montagesatz enthält, bis auf Fernsteuerung und Antriebsakkus, alle benötigten Komponenten. Eine vorhandene Fernsteuerung Graupner HoTT MX16 mit einem GR16-Acht-Kanal-Empfänger und mehrere LiPo-Akkus mit drei Zellen und jeweils 3200 mAh Kapazität ergänzen meine Ausrüstung.

Der relativ kleine Karton lässt es schon erahnen, da passt kein fertiges Fluggerät rein. Dennoch war die Überraschung groß, dass ganz zuoberst ein Beutel mit jeder Menge gefräster Kohlefaser-Platten lag. Im Karton finden wir vier bürstenlose Motoren mit der Bezeichnung GUEC GM-410, laut Beschreibung drehen sie im Leerlauf 960 Umdrehungen pro Volt. Dazu gibt es die passenden Regler mit einer maximalen

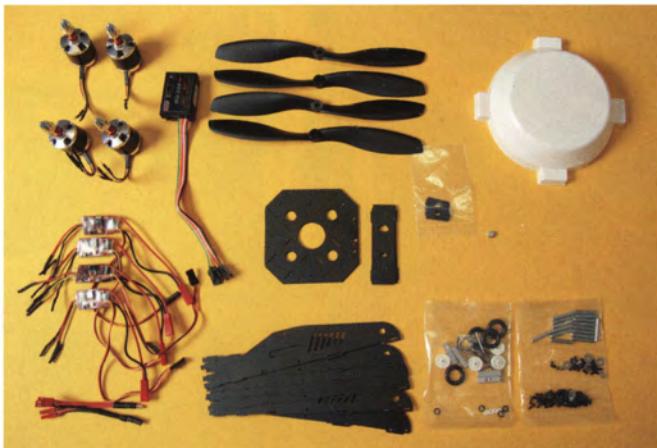
Belastung von 10 A und ein spezielles Anschlusskabel. Die Antriebsstränge werden mit vier Propellern mit 8 Zoll Durchmesser vervollständigt. Jeweils zwei Propeller sind links- beziehungsweise rechtslaufend. Zur besseren Unterscheidung sind sie mit „A“ und „B“ gekennzeichnet. Ein weiteres Tütchen im Montagesatz enthält das Fahrwerk mit den kleinen Rädchen. In einer separaten Schachtel finden wir die Steuereinheit mit dem Kabelsatz.

Die aus ABS-Kunststoff gezogene Haube und ein orangener Tischtennisball mit einem ABS-Rohr machen den Bausatz komplett. Die beiliegende Anleitung ist in Englisch verfasst. Leider fehlt der Hinweis, dass eine sehr gut gemachte deutsche Anleitung auf der Website der Firma Graupner zum Download bereitsteht.

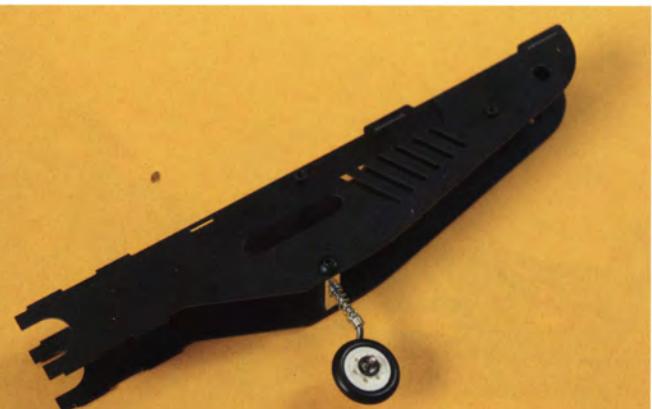
Zusammenbau

Für den Zusammenbau sollte man sich einen Satz Inbus-Schraubendreher, eine Spizzzange, ein Fläschchen dünnflüssigen Sekundenkleber wie Mammut 250 mit passendem Aktivatorspray, Schraubensicherungslack, Loctite 234, und ein paar kleine Kabelbinder bereitlegen.

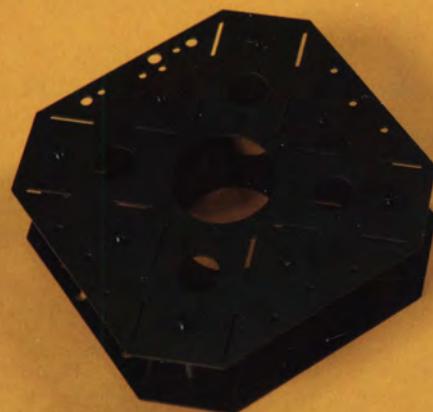
Der Aufbau beginnt mit der Montage der vier kleinen Fahrwerke, die über eine Feder zur Stoßdämpfung verfügen. Damit die Fahrwerksrähte beim Abheben nicht herausfallen, werden sie mit einem Kunststoffring gesichert. Auch wenn die Anleitung nicht darauf hinweist, dieser Kunststoffring muss mit Sekundenkleber gesichert werden, ich habe anfänglich beim Fliegen mehrfach ein Fahrwerk verloren. Es folgt der Zusammenbau der Ausleger. Diese bestehen aus sauber gefrästen Kohlefaserplatten mit einer



Komplett bis auf Fernsteuerung und Akku, ein wenig zum Basteln ist auch dabei



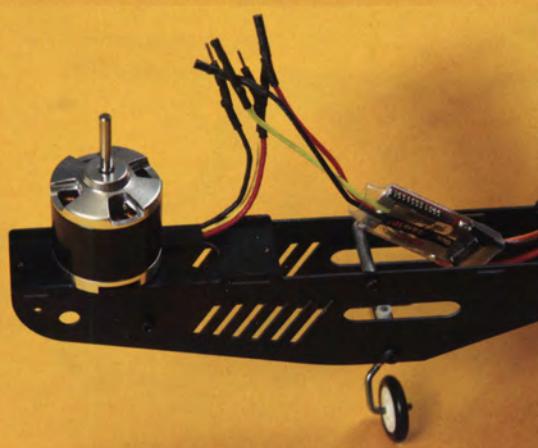
Dauert keine 5 Minuten: der Bau des ersten Auslegers



Das Chassis trägt später die Elektronik, die Ausleger ...



... werden eingesteckt und verklebt



Der Motor wurde mit dem Ausleger verschraubt, der dazugehörige Regler kann nun angeschlossen werden



Wichtig bei allen Schraubverbindungen Metall/Metall: die Schraubensicherung

Dicke von gerade mal 1,4 mm. Die Träger werden zunächst mit M3-Schrauben und Alubuchsen zusammengeschraubt, die Kohlefaserseile greifen dabei durch eine Verzahnung ineinander. Die Verbindung der Kohlefaserplatten wird zusätzlich mit dünnflüssigem Sekundenkleber verstärkt. Durch die Kapillarwirkung zieht der Sekundenkleber in die Spalte der Verzahnung. Damit der Klebstoff nicht wieder herausläuft, sprüht man ein wenig Aktivator auf die Klebestelle, der Kleber härtet sofort aus.

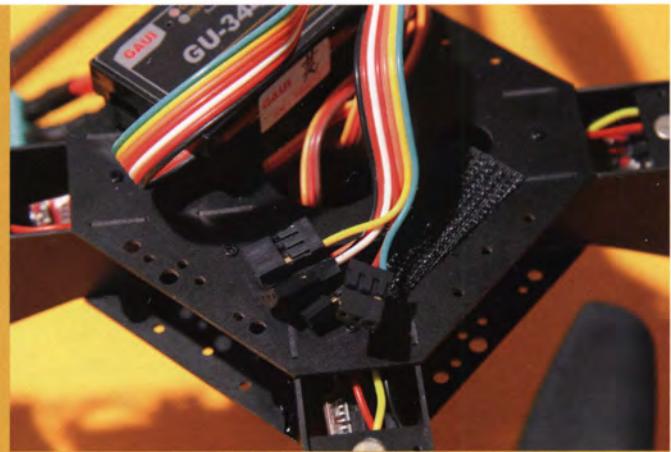
Wenn alle vier Ausleger fertig auf dem Tisch liegen, wird das Chassis aufgebaut. Dieses wird später Empfänger, Steuereinheit und Akku tragen. Es besteht aus zwei parallel liegenden Kohlefaserplatten, die mit Aludistanzhülsen auf Abstand gehalten werden. Die Ausleger werden beim

Zusammenschrauben zwischen die Platten geklemmt. Auch hier wird später Sekundenkleber in die Verbindung geträufelt. Als Nächstes werden die Motorregler montiert. Dabei werden die dreipoligen Stecker für den RC-Anschluss oben aus dem Chassis, die rot/schwarzen Anschlusskabel unten aus dem Chassis geführt, und die Motoren werden mit den passenden Schrauben an die Träger geschraubt.

Aus Sicherheitsgründen müssen die Schrauben mit Loctite gesichert werden. Es wäre doch



So wird der Regler an Motor 1 und 3 verschaltet, bei Motor 2 und 4 werden zwei beliebige Adern vertauscht



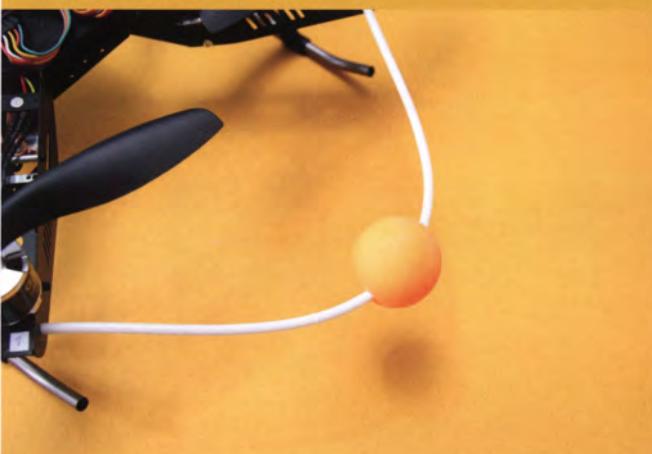
Der Kabelbaum der Steuereinheit wird gemäß Anleitung mit dem Empfänger verbunden



Je nach Fernsteuerung sind die Kanäle und damit die Steckplätze unterschiedlich belegt



Die Propeller sollten besonders sorgfältig montiert werden. Schraubensicherung ist Pflicht



Hilft bei der Lageerkennung: Vorne ist, wo die orangene Nase ist



Bild von unten, hier sitzt der Antriebsakkumulator, befestigt mit Klettband, zum Fliegen ...

schade, wenn sich im Flug ein Motor lösen würde. Zur Sicherung wird ein winziger Tropfen des Sicherungslack auf das Gewinde der Schraube gegeben. Ich mache mir meist einen größeren Tropfen Loctite auf ein Brettchen und dippe die Schraube vor dem Einschrauben in diesen Tropfen. Von alleine löst sich eine so gesicherte Schraube nicht mehr, mit normalem Werkzeug ist eine Demontage aber jederzeit möglich.

Bevor nun die Regler mit den Motoren verbunden werden, bekommt der Copter seine

Flugrichtung zugewiesen. Bis jetzt steht ein vollkommen symmetrisches Gerät auf dem Montagetisch. Nun müssen die Ausleger, von oben gesehen, im Uhrzeigersinn durchnummieriert werden. Damit beim weiteren Zusammenbau keine Verwirrung entsteht, habe ich sie mit kleinen Aufklebern markiert. Später zeigen die Arme 1 und 4 in Flugrichtung nach vorne. Die Motoren der Arme 1 und 3 werden nun farbgleich mit den Reglern verbunden. Also gelb an gelb, rot an rot und schwarz an schwarz. Bei den Motoren der Arme 2 und 4 werden zwei Adern vertauscht. Also gelb an rot, rot an gelb und schwarz an schwarz. Hierdurch wird die Drehrichtung der Motoren geändert. Die stromzuführenden Kabel der Regler werden an der Unterseite des Copters mit einem Adapter zusammengefasst.



... muss dieser unbedingt zusätzlich gesichert werden. Unsere Empfehlung gibt es im Webshop des Neckar-Verlags

Jetzt kann auf der Oberseite des Chassis die Steuereinheit montiert werden. Dazu liegen der Einheit sehr weiche, selbstklebende Schaumgumipads bei, die die Steuerung von Vibrationen freihalten sollen. Auf der Steuereinheit ist ein dicker roter Pfeil aufgedruckt. Dieser muss in Flugrichtung, in unserem Fall in Richtung der Arme 1 und 4, zeigen. Die Reglerkabel werden in der Reihenfolge von 1 bis 4 gemäß der Beschriftung der Ausleger angeklemmt. Sollte hier ein Fehler passieren, ist der Copter nicht flugfähig. Der Kabelstrang auf der anderen Seite der Steuereinheit wird zum Empfänger geführt.

Nun ist die Anleitung der verwendeten Fernsteuerung gefragt. Wir benötigen zum Steuern des Copters fünf Kanäle: Pitch, Roll, Nick, Gier und

Empfindlichkeit des Systems. Je nach Fabrikat gibt die Fernsteuerung diese Kanäle in unterschiedlicher Reihenfolge aus. Angelehnt an ein Flugmodell werden die Kanäle oft als Querruder/Aileron, Höhenruder/Elevator, Gas/Pitch und Seite/Rudder bezeichnet.

Beim verwendeten HoTT-System ist Pitch auf Kanal 1. Roll entspricht Aileron und ist auf Kanal 2, Nick entspricht Elevator und ist auf Kanal 3. Die Gierfunktion liegt auf Kanal 4, Rudder und die Empfindlichkeit liegen auf Kanal 5. Bei robbe/Futaba-Steuerungen ist die Reihenfolge 1. Roll, 2. Nick, 3. Pitch, 4. Gier. Auch hier wird die Empfindlichkeit auf Kanal 5 gelegt. Die Steuereinheit des X330 hat ein dreiadriges Kabel, welches an den Rollkanal des Empfängers angeschlossen wird. Die weiteren Kabel sind einadrig und unterscheiden sich in der Farbe. Rot kommt auf Nick, Orange auf Pitch, Gelb auf Heck und Grün auf die Empfindlichkeit. Im Übrigen ist der fünfte Kanal nicht unbedingt notwendig. Sollte die verwendete Steuerung nur vier Kanäle bereitstellen, kann die Empfindlichkeit auch an der Steuereinheit des Copters umgestellt werden. In diesem Fall bleibt der grüne Stecker unbelegt.

Der Empfänger wird mit doppelseitigem Klebeband auf das Chassis neben die Steuereinheit geklebt. Nun sollen laut Anleitung die Propeller samt Mitnehmern montiert werden. Ich habe zunächst nur die Mitnehmer montiert, um aus



Sicherheitsgründen den ersten Funktionstest noch ohne Propeller auszuführen. Die Propellermitsnehmer werden auf die Motorwelle aufgeschoben. Diese Welle ist an einer Seite abgeflacht. Genau an dieser Stelle liegt eine Bohrung im Mitsnehmer, durch die eine kleine Inbusschraube gedreht wird. Auch diese Schraube wird mit Sicherungslack eingesetzt. Bevor nun die Propeller draufkommen, kann der Copter erstmals getestet werden. Dazu müssen die vier Regler kalibriert werden. Der Sender wird eingeschaltet und der Pitchknüppel auf „Steigen“ ganz nach vorne geschoben. Nun wird der Antriebsakku mit dem Copter verbunden. Die Regler melden sich nach kurzer Zeit mit fünf „Piep“-Tönen. Sofort wird der Pitchknüppel in die Position „Fallen“ nach hinten gezogen. Die Regler antworten mit dreimal „piepen“. Der Akku wird von den Reglern getrennt, die Kalibrierung wird nur einmal durchgeführt. Sollte dies nicht funktionieren, muss der Gaskanal umgepolzt werden. Wie das geht, steht in der Anleitung der Fernsteuerung.

Nach der Kalibrierung folgt der erste Test: Die Steuerung wird eingeschaltet, Pitchknüppel nach hinten. Der Akku wird mit dem 330X verbunden. Die Regler melden erst einen Ton, kurz darauf nochmals drei Töne, der Copter ist bereit. Nun schieben wir ganz langsam den Pitchknüppel nach vorne. Alle Motoren sollten gleichzeitig anlaufen. Sollte ein Motor nicht anlaufen, haben wir einen Fehler in der Verkabelung. Wir lassen die Motoren mit ganz geringer Drehzahl laufen und überprüfen die Drehrichtung. Motor 1 und 3 laufen entgegen dem Uhrzeigersinn. Motor 2 und 4 laufen im Uhrzeigersinn. Wenn die Motoren falsch drehen, liegt der Fehler in den drei Leitungen vom jeweiligen Regler zum Motor.

Nun bewegen wir den Rollknüppel ein wenig nach links: Die Motoren der Arme 1 und 2 laufen ein wenig schneller, bei Roll nach rechts laufen die Motoren 3 und 4 schneller. Wenn die Motoren der falschen Seite hochlaufen, muss die Rollfunktion am Sender umgepolzt werden. Sollten die vorderen oder hinteren Motoren hochlaufen, besteht ein Fehler in der Kanalbelegung des Empfängers. Der nächste Test folgt mit dem Nickknüppel, bei Nick nach vorne sollen die beiden hinteren Motoren, 2 und 3, höher drehen. Wenn die vorderen Motoren hochdrehen, muss der Nickkanal umgepolzt werden.

Die Tabelle zeigt, wie die Kanäle bei verschiedenen Systemen gepolt werden müssen:

	Graupner	Futaba	Spektrum
Aile	Nor.	Nor.	Rev.
Elev	Nor.	Nor.	Rev.
Pitch	Rev.	Rev.	Nor.
Rudd	Nor.	Nor.	Rev.
Nor. = Normal		Rev. = Umpolen	

Nun könnten die Propeller montiert werden. Die Motoren 1 und 3 erhalten die Propeller mit der Bezeichnung A, die beiden anderen die Propeller mit der Bezeichnung B. Die Hutmuttern sind unbedingt mit Schraubensicherung aufzusetzen, da der Verlust eines Propellers im Flug zum sofortigen Absturz führt. Als letzte Arbeit wird die orangefarbene Tischtennisball-Nase montiert, diese ist eine wichtige Hilfe im Flug, um die Richtung des Copters zu erkennen.

Bevor es nun zum ersten Flug geht, müssen wir uns mit der Einstellung der Empfindlichkeit befassen. Die Steuereinheit gibt zwei Modi vor. Zum einen den Mode „hovern“, also „schweben“. In diesem Mode fliegt der „Quadflyer“ sehr stabil, die Sensoren sorgen dafür, dass der Copter nach Abweichungen wieder in die Normalfluglage zurückdreht. Dieser Mode ist dem Einsteiger dringend zu empfehlen. Der Mode „cruise“ wird mit „Rundflug“ übersetzt. In diesem

Technische Daten

Durchmesser	330 mm, über die Motorwellen gemessen
Gewicht	780 g, mit 3200-mAh-Akku
Motor	960 kV Brushless (4 x im Bausatz enthalten)
Regler	10 A ESC (4 x im Bausatz enthalten)
Elektronik	GU 344 (im Bausatz enthalten)
Sender	Gaupner MX16 HoTT
Empfänger	Graupner GR16 HoTT
Akku	LemonRC 3200, Pichler Modellbau
Landegestell	GAU-210911, MHM-Modellbau

Mode wird der Copter sehr agil, die Empfindlichkeit ist wesentlich höher. Einmal in den Vorwärtsflug gebracht, bleibt er in dieser Neigung.

Zum Umschalten der Modi gibt es zwei Möglichkeiten: Zum einen kann an der Steuereinheit mit dem Poti A umgeschaltet werden. Dazu muss der Pfeil auf die 11-Uhr-Position gedreht werden. Die LED auf der Steuereinheit zeigt „Grün“ für den Hover-Mode an. Wenn das Poti auf 2 Uhr gedreht wird, ist der Copter im Cruise-Modus, die LED zeigt „Rot“. Einfacher ist es mit Kanal 5. Dieser sollte bei der Fernsteuerung mit einem Schalter betätigt werden. Dabei ist der „Ruderausschlag“ zunächst in beide Seiten auf 50% zu begrenzen. Mit diesem Wert kann später der Copter noch justiert werden. Auch hier zeigt die LED „Grün“ für hovern und „Rot“ für cruise an. Wenn Kanal 5 mit dem Empfänger verbunden ist, ist das Poti A außer Funktion.

Fliegen

Der erste Flug erfolgte bei Windstille. Gestartet wurde im Hover-Mode. Der Copter wurde mit seiner orangefarbenen Nase nach vorne ausgerichtet. Zunächst wurde vorsichtig die Drehzahl der Rotoren erhöht. Kurz vor dem Abheben erfolgt der letzte Funktionstest: Nickknüppel leicht nach vorne, der »Quadflyer 330X« neigt sich brav vorwärts. Gleiches beim Rollknüppel: Knüppel nach rechts, der Copter kippt leicht nach rechts. Letzter Test mit dem Gierknüppel: Gierknüppel nach rechts: Der »330X« will in Uhrzeigerrichtung drehen. Nochmaliges Ausrichten auf dem Boden, dann geht es los.

Mit dem Pitchknüppel wird der Copter relativ schnell auf einen Meter Höhe abgehoben. Vom Helifliegen weiß ich, dass die Verwirbelungen in Bodennähe größer sind und ein sauberes Schweben verhindern. Der Graupner-»Quadflyer 330X« schwebte jedoch ohne viele Korrekturen vor mir. Beim vorsichtigen Betätigen des Nickknüppels flog er leicht vorwärts, um nach dem Loslassen des Knüppels wieder in das stationäre Schweben überzugehen. Gleiches passierte beim Betätigen des Rollknüppels, der Copter neigt sich leicht, nimmt Fahrt auf und stoppt nach dem Loslassen. Mit dem Gierknüppel lässt



sich sauber drehen, die orange Nase hilft, den »Quadflyer« wieder in die richtige Richtung zu drehen. Schnell wurden verschiedene Punkte angeflogen, auch Achten und Kreise gehören zum Testprogramm.

Im Schwebemodus funktioniert das am besten, wenn man mit der Gierfunktion die Richtung steuert und mit dem Nickknüppel die Geschwindigkeit kontrolliert. Die Landung erfolgt bei Fuß, dazu wird im Schweben einfach der Pitchknüppel langsam zurückgezogen. Der Timer meiner Steuerung meldet sich nach 10 Minuten, Messungen ergaben, dass der Akku dann zu ca. 70% entladen ist.

Zur Probe wurde der Ausschlagwert auf Kanal 5 ein wenig verändert. Bei weniger als 40% wurde der Copter sehr schwammig und ließ sich nur mit vielen Korrekturen schweben, bei 70% wurde er überstabil und begann leicht zu schaukeln, ein Zeichen, dass sich die Regelkreise zur Stabilisierung aufschwingen. Mein Sender steht nun wieder bei 50%, damit lässt sich der Quadflyer sehr angenehm schweben.

Die nächsten Flüge erfolgten bei Wind. Im Schwebemodus hat der »Quadflyer« das Bestreben, immer in der Waage zu bleiben. Da es keinen Positionierungsmodus gibt, wird er dadurch vom Wind einfach „weggeblasen“. Der Pilot muss also ständig gegensteuern, um den Copter auf Position zu halten. Das geht bis Windstärke 2 noch ganz gut, darüber macht

es nicht wirklich Spaß, auch weil der Wind oft in Böen kommt und der Copter zum Spielball des Windes wird. Das ist der Punkt, wo ich in den Modus cruise geschaltet habe. Der »Quadflyer« ist kaum wiederzuerkennen. Die Tendenz, sich immer wieder in Neutralposition zu drehen, ist abgeschaltet. Wenn ich mit dem Nickknüppel eine Neigung nach vorne einstelle, bleibt der Copter in dieser Neigung, bis ich den Knüppel wieder ziehe. Dies entspricht den Flugeigenschaften eines Modellhelikopters. Nun wird der »Quadflyer« ganz anders geflogen: 45 Grad nach vorne geneigt und den Pitchknüppel fast an den Anschlag gedrückt, schießt der »330X« mit hoher Geschwindigkeit davon, Kurven werden nun mit Roll und Gier geflogen. Dabei macht dem Copter der Wind überhaupt nichts mehr aus. Tiefe und tiefste Vorbeiflüge machen mir am meisten Spaß. Als langjähriger Helipilot muss ich mich nur auf das andere Aussehen konzentrieren. Das Augenmerk liegt auf der orangen Nase des Fluggeräts, der einzigen Orientierungshilfe. Das Geräusch der vier Rotoren und die Wendigkeit bei durchaus hohen Geschwindigkeiten haben mich öfters an eine wilde Hummel erinnert.

Licht und Schatten

Leider hat es keine drei Flüge gebraucht, und ein Fahrwerksbein hatte sich verabschiedet, die Lösung mit dem Kunststoffring würde der Tech-

niker mit „suboptimal“ bezeichnen. Auch wenn ich den Ring immer wieder gefunden habe, machte der weiche Draht des Fahrwerks Probleme, da er sich bei härterem Aufsetzen verbog. „Tante Google“ half bei der Lösung des Problems. Im Zubehör gibt es ein schönes Landegestell, vermutlich ursprünglich zu einem Modellheli gehörend. Das Landegestell wurde mit vier Schrauben anstelle der Fahrwerksbeine eingeschraubt, seitdem gibt es keine Probleme mehr.

Fazit

Zum Straßenpreis von unter 350,- Euro bekommt man einen Quadrocopter, der zwei Fluggeräte in einem vereinigt. Durch die Flugmodus-Umschaltung erhält der Einsteiger einen sehr stabil fliegenden Quadrocopter, der bei Windstille oder gar in einer größeren Halle ideal zum Üben geeignet ist. Der fortgeschrittene Pilot kann im Cruise-Mode herrlich „rumballern“, die erreichten Geschwindigkeiten sind absolute Spitze. Mich hat vor allem die Unempfindlichkeit bei Wind begeistert.

Die Möglichkeit, bis zu 500 g Ballast mitzunehmen, erlaubt auch die Montage einer Onboard-Kamera. Das untaugliche Fahrwerk ist von meiner Seite der einzige Kritikpunkt, das lässt sich jedoch ohne Probleme durch ein Zubehörteil für 12,- Euro ersetzen.



High Tech für den Modellbau

Verantwortliche Piloten und Modellbauer entscheiden sich für weatronic®:

- **Zwei redundante Sende- und Empfangssysteme – doppelt zuverlässig**
- **Nutzung von 80 Kanälen für noch mehr Sicherheit**
- **Datenaufzeichnung – ein MUSS in der Großfliegerei u.a. für die Optimierung Ihrer Flugeinstellungen**
- **Jeder weatronic® Empfänger ist voll telemetriefähig für mehr Möglichkeiten**
- **Modellbau – so individuell wie Sie**

Die meistverkauften Empfänger Smart 8, Clever 6 und Tiny 5 verfügen alle über einen Summenkanal.

Vier ist mehr oder wo ist vorne



Peter Erang

»Dymond LQX 580 Quadrocopter« von Modellbau Staufenbiel

Nach den positiven Erfahrungen mit dem »Dymond E-Copter« von Staufenbiel, einem Modellhelikopter, der neben günstigen Anschaffungskosten auch durch zuverlässige Praxis-tauglichkeit glänzen konnte, habe ich mich auf der Modelhobby-Website über den »Dymond LQX 580«-Quadrocopter informiert. Mit 499,- Euro ist der finanzielle Aufwand höher als beim 450er-Dymond-Helikopter. Im Vergleich zum Wettbewerb, wo ein Quadrocopter dieser Größe auch schon mal das Doppelte kosten kann, ist der »LQX 580« aber eine der preisgünstigsten Möglichkeiten, in die Welt eines mit 3s-LiPo betriebenen Quadrocopters einzusteigen.

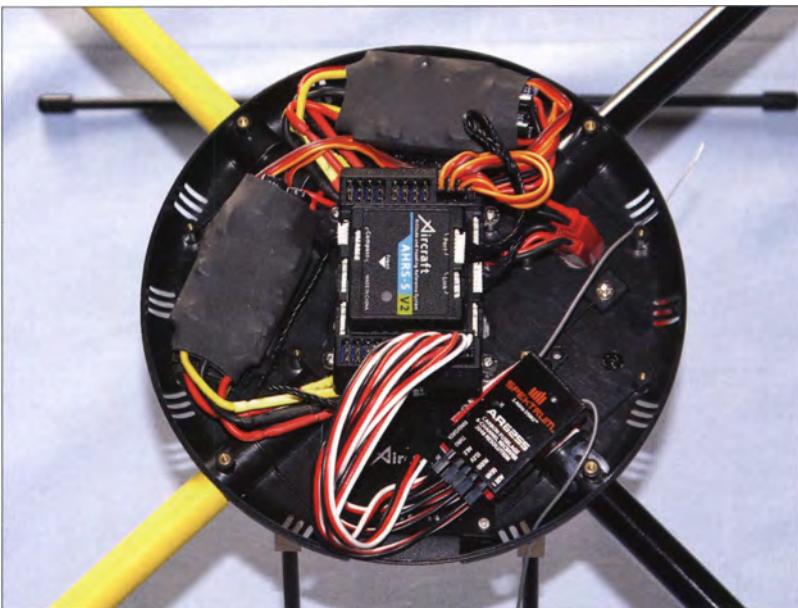
Beim Öffnen der Verpackung fällt gleich auf, dass der »LQX 580« weitestgehend vormontiert ist. Es muss lediglich das ebenfalls schon teilmontierte Kufenlandegestell zusammengesteckt und mittels vier M3-Stoppmuttern an die Zentraleinheit geschraubt werden. Als Luxus liegt dem Bausatz sogar ein dafür passender Steckschlüssel-Schraubendreher bei. Um den Empfänger einbauen zu können, muss man den mit vier M2-Schrauben befestigten Gehäusedeckel demontieren. Staufenbiel hat eine deutschsprachige Anleitung beigelegt, wir finden aber auch noch eine Schwarzweiß-Kopie des englisch/chinesischen Originals. Daraus wird ersichtlich, an welchen Steckplätzen, je nach verwendetem Fernsteuersystem, die Stecker

der Kanäle eingesteckt werden müssen. Ich verwende die Spektrum DX8 mit einem AR6255-DSMX-Empfänger. Dieser findet seinen Platz auf einer dafür vorgesehenen Fläche und wird mittels doppelseitigen Klebebands befestigt.

Hat man den Deckel geöffnet, kann man sich gleich die Technik anschauen. Diese ist denkbar unspektakulär, denn das Know-how liegt in der Blackbox. Die Elektronikeinheit stammt von XAircraft. Es handelt sich um die Zentraleinheit FC1212-P im Zusammenspiel mit dem Sensorsystem AHRS-S V2. Beide Geräte können per ebenfalls im Bausatz beiliegendem USB-Kabel parametriert oder mit neuer Firmware upgedatet werden. Die dafür erforderliche Software für Windows (XAircraft Center) kann man kostenlos von der XAircraft-Website herunterladen (englisch). Der Flugmodus lässt sich von selbststabilisierend auf agil über den Steuerkanal 5 umschalten. Man benötigt also mindestens einen 5-Kanal-Empfänger. Die 12 beim Flight Controller (FC1212-P) bedeutet, dass die Zentraleinheit noch 7 weitere Funktionen (bspw. eine Kamera neigen oder schwenken) bedienen kann, sie werden aber beim »LQX 580« von Staufenbiel nicht verwendet.



So vormontiert wird der Dymond-Quadrocopter geliefert. Zusätzlich sind noch Sender, Empfänger und Flugakku erforderlich



Das Herz des LQX 580, zur Montage des Empfängers (rechts unten) muss der Deckel abgenommen werden. So sieht man auch gleich die Technik im Innern, in der Mitte die Steuereinheit, links und oben je zwei Regler

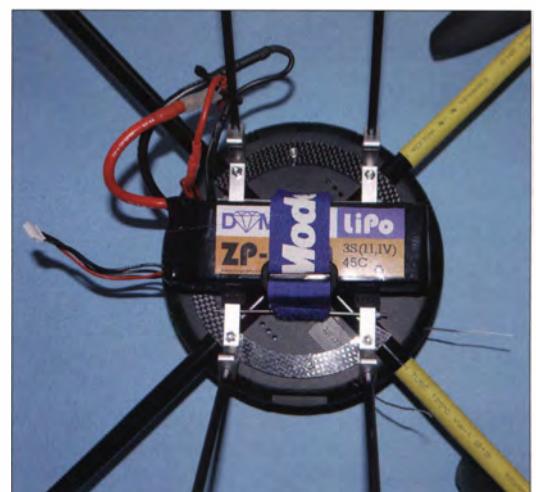
Die Zentraleinheit sitzt im Zentrum des Gehäuses, die Ansteuerung der vier Motoren erfolgt wie üblich über vier separate Regler. Die Kunststoffpropeller verfügen über einen Messing-Gewindeeinsatz, sodass diese auf die Motorwellen, die ebenfalls als Gewinde ausgeführt sind, aufgeschraubt werden. Man muss hier etwas aufpassen und darf die Propeller nur unter leichtem Anzug an den motorseitigen Anschlag schrauben.

Damit der Propeller sicher hält, wird er mit einem kleinen Gewindestück, das einem kleinen Spinner gleicht, gekontert. Ich hatte zu Beginn einen der Propeller etwas zu fest auf den Motor gedreht. Das Resultat war ein minimal schwergängiger Motor, was sich aber gleich in einem unschönen Regel- und somit wackeligem Flugverhalten äußerte.

Zu beachten ist auch, dass es je zwei Motoren mit unterschiedlicher Drehrichtung gibt. Es gilt also, die links- und rechtsdrehenden Propeller auf die dazu passenden Motoren zu montieren. Das ist aber anhand von Skizzen aus der Bauanleitung klar ersichtlich. Jetzt ist der Quadrocopter komplett. Für die Befestigung des Flugakkus, der quasi unten angehängt wird, empfiehlt es sich, an den Kufenprofilen selbstklebende



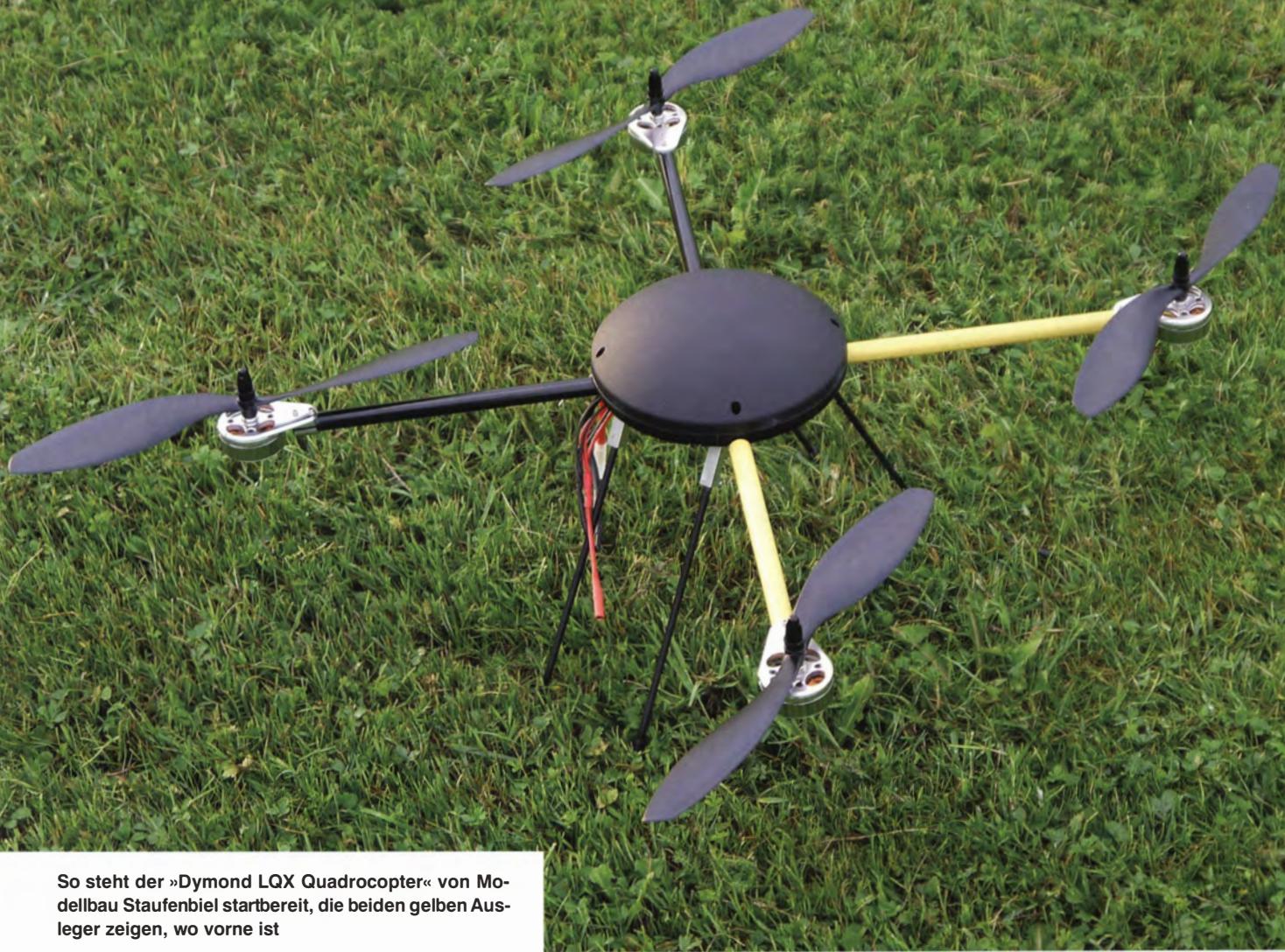
Der Motor: Das Motorgehäuse ist aus Aluminium und so gestaltet, dass dieses direkt am Auslegerrohr befestigt werden kann, das ist alles vormontiert, lediglich die Propeller müssen noch auf die Gewindewelle geschraubt und mit kleinen Spinnern gekontert werden



Der Akku wird von unten am Landegestell befestigt, hierfür wird Klettband eingesetzt

Klettbandstreifen anzubringen. Der Akku, der mittels Klettbandschleife gehalten wird, kann so nicht verrutschen. Mit einem 3s-LiPo-Akku mit 3600 mAh (ebenfalls aus dem Programm von Staufenbiel) ergibt sich ein Abfluggewicht von 1305 g. Das ist annähernd der Wert, der auch als maximale Zuladung möglich sein soll (Herstellerangabe 1250 g).

Die Flugeigenschaften sind problemlos. Das System des »LQX 580« funktioniert auf Anhieb einwandfrei. Langsam Gas geben, der Quadrocopter hebt ab und schwebt auf der Stelle. Beim Betätigen der Gierfunktion korrigiert die Elektronik präzise die Horizontallage. Ich habe nach dem Erstflug lediglich im Fernsteuersender etwas Expo auf Roll und Nick eingestellt. Am Anfang neigt man dazu, bei Richtungsänderungen zu übersteuern. Das Hauptproblem ist der Pilot, bzw. dessen Fähigkeit zur Erkennung der Fluglage. Also ist es ganz wichtig, am Anfang nicht zu weit wegzufliegen. Die einzige Möglichkeit zu erkennen, wo vorne und hinten ist, gibt es durch die beiden gelben Ausleger, wo es gelb ist, da ist vorne. Speziell bei diffusen Lichtverhältnissen kann man einfach mal steuern, damit die Lage sich ändert und man darauf reagieren kann. Das



So steht der »Dymond LQX Quadrocopter« von Modellbau Staufenbiel startbereit, die beiden gelben Ausleger zeigen, wo vorne ist

Foto mit Kamera, die Halterung ist selbstgebaut, hiermit sind HD-Videos möglich, wer Fotos auslösen möchte, muss noch ein Servo für die Betätigung integrieren





Technische Daten

Achsenabstand	580 mm
Maximaler Durchmesser	885 mm
Höhe	Ca. 245 mm
Gewicht	1305 g inkl. Akku
Maximale Zuladung	Nach Hersteller 1250 g, 1080 g getestet
RC	Spektrum DX 8 mit AR-6255-Empfänger
Akku	3s-LiPo Dymond ZP 3600 mAh 45 C

Foto mit Gewicht, 1-kg-Wasserflasche, durch die Zusatzmasse und den dadurch erreichten tieferen Schwerpunkt fliegt der »LQX« noch eigenstabiler

Schöne am »LQX 580«-Quadrocopter bzw. dessen Elektronik ist, dass er sich automatisch nivelliert, wenn man den Knüppel loslässt. Das ändert natürlich nichts daran, dass man dann erkennen muss, in welche Richtung man weiterfliegen möchte.

Auch bei etwas böigen Windverhältnissen fliegt der »LQX 580« stabil. Es ist dann aber deutlich zu hören, wie sehr die Elektronik gegensteuern muss. Das äußert sich in ständigem Quietschen der Regler und Drehzahlwechsel der Motoren.

Am schönsten ist es, bei Windstille zu fliegen, dann steht der Quadrocopter wie angenagelt, und dann lassen sich bei montierter Kamera auch imposante Videos aufnehmen.

Im Soloflug, also ohne Zusatzballast, reicht der Akku für mehr als 10 min Flugzeit. Dann sind von den 3600 mAh ca. 2800 mAh verbraucht. Eine Messung der Stromaufnahme mit Datenlogger ergab im Schwebeflug 12 A und bei Vollbeschleunigung ca. 47 A. Die Leistungsfähigkeit ist beeindruckend, bei Vollgas beschleunigt der »LQX 580« von Staufenbiel wie vom Gummi abgeschossen. Der Datenlogger zeigt hierbei eine Steigrate von 11 m/s an, das bedeutet bereits nach ca. 4 Sekunden ist man an der Sichtgrenze. Um das Flugverhalten bei Zuladung zu testen, wurde kurzerhand eine 1-Liter-Mineralwasserflasche angehängt (1080 g). Das bewältigt der Quadrocopter von Staufenbiel problemlos. Der »LQX 580« fliegt mit dieser Zusatzmasse, auch aufgrund des dadurch tieferen Schwerpunkts, sogar stabiler, und er reagiert deutlich träger auf Steuerimpulse.

Das kommt natürlich Flugaufnahmen zugute, die dann von der Kamera besser stabilisiert werden. Man kann also beispielweise eine Digitalkamera mit 200er-Teleobjektiv (bspw. Panasonic Lumix G2, die ca. 900 g wiegt) anhängen. Die Vergleichsmessung mit Zusatzgewicht mittels Datenlogger ergab nun schon knapp 30 A im Schwebeflug, wodurch man mit deutlich reduzierten Flugzeiten rechnen muss. Die Stromaufnahme bei Vollgas bleibt gleich. Auch eine 100-g-Kompaktkamera, in meinem Fall eine Nikon Coolpix S3100, die HD-Filme ermöglicht, liefert interessante Einblicke aus

der Vogelperspektive. Die dafür erforderlichen Halterungen muss man aber in Eigenregie erstellen.

Erfahrungsgemäß ist es wichtig, beim Start langsam Gas zu geben, um der Steuereinheit die Lageregelung zu ermöglichen. Gleiches gilt auch für die Landung. Hier ist es ebenfalls wichtig, langsam das Gas herauszunehmen, sonst kippt der bereits am Boden stehende Quadrocopter doch noch um.

In Summe macht es aber riesig Spaß, mit dem »LQX 580« von Modellbau Staufenbiel seine Runden zu fliegen oder Luftaufnahmen des Flugplatzgeschehens aufzuzeichnen. Mit jedem Flug gewinnt man auch mehr Sicherheit, die Fluglage zu erkennen und sicherer zu steuern. Für den Rundflug ist es von Vorteil, wenn man schon Erfahrung mit dem Steuern von Helikoptern hat, denn eine Kurve fliegt sich mit dem Quadrocopter nur, wenn man gleichzeitig auch die Hochachse (wie beim Heck des Helis) mitsteuert.

Fazit

Der »DYMOND LQX 580«-Quadrocopter von Modellbau Staufenbiel ist ein perfekter Einstieg in die Welt der Quadrocopter. Wie von Staufenbiel gewohnt, ist alles „mundgerecht“ vorbereitet, sodass sich schnell Flugspaß einstellt.

Der »LQX 580« ist enorm leistungsstark und bietet so die Möglichkeit, auch als Träger für Zusatzlasten (Foto oder Filmkameras) verwendet zu werden. Die Fähigkeit, über 1 kg Zusatzgewicht tragen zu können, ist beachtlich, die Flugstabilität leidet darunter nicht.



Stephan zu Hohenlohe

Der Kameracopter für den semi-professionellen Einsatz

Wer aufmerksam aktuelle Dokus im Fernsehen verfolgt, wird immer öfter feststellen, dass bestimmte Kamerafahrten nur mit einem Copter möglich sind.

Tatsächlich sieht man unter Umständen auch mal einen Schatten des Copters. Mich fasziniert ein solches Gerät. Allerdings geht die Anschaffung eines professionellen Kameracopters ins Geld. Spezialfirmen verlangen hohe vierstellige Summen für einen solchen Kameraträger. Sicherlich gerechtfertigt, können diese Geräte doch entsprechende Lasten tragen und stabilisieren die Kameras perfekt in der Luft. In diesem Bericht möchte ich zwei ganz unterschiedlich Ansätze zeigen, mit einem Copter Luftaufnahmen zu machen.

Der kleinste Kameracopter der Welt

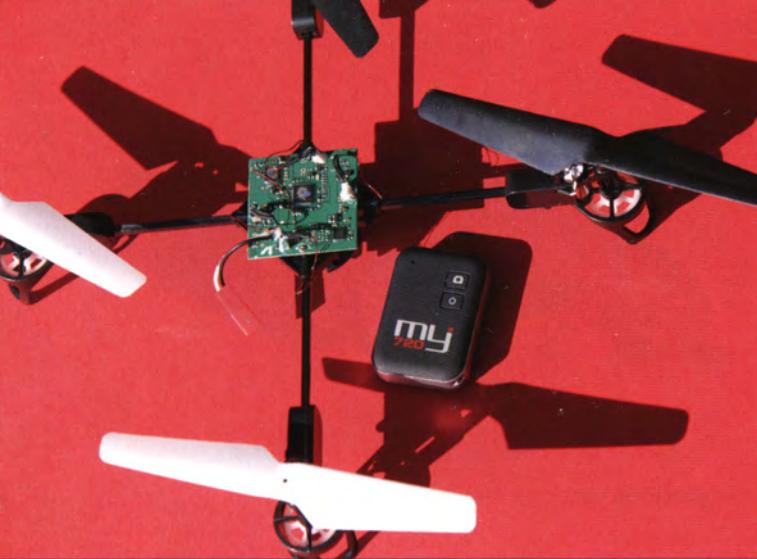
Der erste Versuch startet mit einem »Blade mqX« von Horizon Hobby. Dieser preiswerte Einstieg in das Copterfliegen sollte doch eine kleine Minikamera tragen können. Bei meiner Suche nach einer passenden Kamera war das einziges Limit für mich die Aufzeichnung in HD. Fündig bin ich bei der Fa. Guncam geworden. Die MycroCam 720HD wiegt nur 17 g und ist mit den Abmessungen 50 mm x 32 mm und einer Dicke von gerade mal 12 mm ideal für den kleinen Copter geeignet. Die Aufzeichnung erfolgt mit 1280 x 720 Pixeln, sprich HD auf bis zu 32 Gb großen MikroSD-Speicherkarten.

Beim Stöbern im Webshop fand ich dann auch das Basic Mount, ein einfaches Befestigungssystem, welches eine schnelle Montage am Copter erlaubt. Das System erlaubt es, die Kamera um 360 Grad zu schwenken.

Mit zwei Tropfen Sekundenkleber ist die Halteplatte an der Akkuaufnahme des »mqX« befestigt. Das Gegenstück wird mit dem beiliegenden Klebepad auf die MycroCam geklebt. Nachdem die Kamera über das beiliegende USB-Kabel aufgeladen wurde, startete der erste Versuch eines Kameracopters. Die Aufnahme wurde bereits vor dem Abheben gestartet. Der »Blade mqX« zeigte sich zunächst unbeeindruckt von dem Zusatzgewicht. Zunächst wurde ein wenig geschwebt, dann mit Karacho über den Spielplatz vorm Haus gefegt. Zum Abschluss habe ich dann Höhe gemacht, soweit das mit dem Winzling möglich ist, ohne die Lage nicht mehr erkennen zu können. Einzig beim Abstieg zeigte der »Blade mqX« ein durch das größere Gewicht geändertes Flugverhalten. Beim Zurückziehen des Pitchknüppels fing der Copter leicht an zu taumeln.

Am heimischen Rechner wurden dann gespannt die Aufnahmen reingeladen. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten, entweder schließt man die Kamera mit dem beigelegten USB-Kabel an den PC an, nach dem Einschalten meldet sich die Kamera als weiteres Laufwerk. Man kann jedoch auch die MicroSD-Karte mit einem speziellen Kartenleser auslesen.

Vorteil der ersten Methode ist, dass die Kamera schon wieder aufgeladen wird. Abgespielt habe ich das Video mit dem Windows Media



Größenvergleich, die MycroCam 720 neben dem »Blade mqX«



Montage der Kamera von unten, bei dieser Montageart muss das Video später in einem Bearbeitungsprogramm gedreht werden



Kamera läuft: der »mqX« als vermutlich kleinster HD-Kameracopter der Welt



Der »mqX« trägt die MycroCam 720 ohne Probleme, nur beim schnellen Abstieg wird er ein wenig unruhig

Player. Was man dort sah, war schon beeindruckend. Die Aufnahmen sind kontraststark und sehr detailliert. Einzig beim Wechsel des Lichts kann man erkennen, wie die MycroCam stufenweise das Bild abdunkelt. Richtig klasse sind dabei die schnellen Tiefflüge geworden, da ist richtig Action im Bild.

Nicht schlecht sind die Bilder aus größerer Höhe, allerdings wünscht man sich, die Kamera ein wenig Richtung Boden zu neigen. Wie erwartet ist das Video beim taumeligen Abstieg sehr unruhig, diese Aufnahmen habe ich später aus dem Video geschnitten.

Ein erstes Fazit: Mit der Kombination »Blade mqX« und MicroCam habe ich viele beeindruckende Kamerafahrten gedreht. Im Tiefflug durch den Eisenbahntunnel, durch die Dachkonstruktion der Sporthalle und vom Keller in die Küche sind nur einige Beispiele. Der Straßenpreis dieses Gespanns liegt unter 200,- Euro.

Copter	»Blade mqX RTF«; Fachhandel
Steuerung	In RTF-Version enthalten
Kamera	MycroCam, www.guncam.de
Halter	Basic Mount, www.guncam.de

Semi-professioneller Kameracopter mit Satelliten-Positionierung

Als nächsten Kameraträger habe ich mir den »Quad Flyer 500X« der Firma Graupner ausgesucht. Der Copter ist schnell zusammengebaut, im Gegensatz zum kleinen Bruder wird hier nur geschraubt und nicht geklebt. Eine Konstruktion von zwei Grundplatten hält die vier Arme aus Alu-rohr mit speziellen Haltern. Diese Halter erlauben es auch, den Copter zum späteren Transport zusammenzuklappen. Die Motoren sitzen in Kunststoffträgern, die in die Rohre eingeschoben werden. Ausgestattet ist der »Quad Flyer 500X« mit vier Motoren GUEC GM-412 mit je 960 k_v, diese werden über 18-A-Steller gesteuert. Die Steuereinheit GU 344 ist dieselbe wie beim bereits



Es gibt viel zu tun ... Bausatz des Graupner-»Quad Flyer-500X«



Zwischen oberer und unterer Basisplatte werden später die Motorarme montiert



Gut geschützt liegen die Motoren in den Trägern



Auf der oberen Basisplatte finden die Steuereinheit GU 344 und der Graupner-HoTT-Empfänger Platz



Wer den Schaden hat ... Der Copter ist mit hoher Geschwindigkeit auf den Boden geschlagen, Rohre und Propeller gibt es als Ersatzteile

vorgestellten Graupner-»Quad Flyer 330X«. Daher gehe ich an dieser Stelle auch nicht mehr auf die Programmierung ein, ich habe Werte des »330X« in meinem Fernsteuersender einfach kopiert.

Der erste Flug verlief unspektakulär, der »500X« ist nicht ganz so agil wie der kleinere »330X«. Allerdings ist die Lageerkennung, besonders wo vorne und hinten ist, nicht so einfach. Ich habe zwei große Streifen weißes Klebeband an die vorderen Ausleger geklebt. Dennoch habe ich bei einem weiträumigen Rundflug irgendwann die Orientierung verloren. Die Steuereaktion war dann die falsche, und mit hoher Geschwindigkeit rauschte der Copter in den Boden. Die Schadensbilanz war weit weniger hoch als befürchtet. Alle vier Alurohre und die Rotoren mussten getauscht werden.

Ein Onlineshop warb mit Lieferung am nächsten Tag, und so war der Copter nach zwei Tagen wieder einsatzbereit. An diesem Copter sollte die CamOne Infinity zum Einsatz kommen. Genauso wie die bekannte Gopro Hero zeichnet die CamOne Infinity in Full HD auf, das heißt mit 1920 x 1080 Pixeln. Verantwortlich für die guten Bilder sind der 5-Megapixel-CMOS-Sensor (1/2,5 Zoll) und die Weitwinkelfestbrennweite mit Fixfokus, Lichtstärke 2,8 und maximalem Bildwinkel von 170 Grad. Die CamOne Infinity ist mit



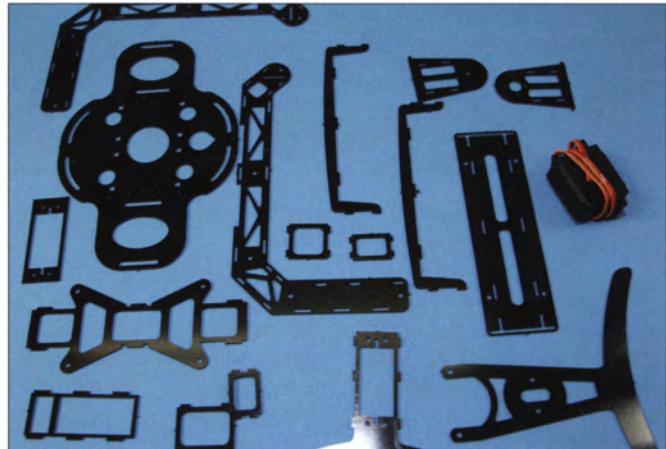
Der Copter im Schwebeflug, nur die orangen Klebestreifen zeigen, wo vorne ist



Testweise wurden längere Landebeine aus dem Zubehör montiert. Damit startet der Copter auch in hohem Gras



Nach dem Austausch der GU 344 in die GUI-INS hat der Copter auch einen Satellitenempfänger an Bord



Der Bausatz des Kameraträgers, wie er vom Heli-Shop geliefert wird

den Abmessungen von 49 mm x 45 mm x 32 mm und einem Gewicht von 88 Gramm etwas kleiner als die GoPro und trotz Aluminium-Gehäuse ca. 10 Gramm leichter.

Genau wie die Gopro wird die CamOne auch mit einem wasserdichten Gehäuse geliefert, dank eines Stativgewindes kann sie aber auch ohne dieses Gehäuse verwendet werden. Im Zubehör finden sich jede Menge Kunststoffteile, um die Kamera an allen möglichen und unmöglichen Orten zu befestigen. Im Gegensatz zur GoPro besitzt die CamOne Infinity ein 1,5-Zoll-Display auf der Rückseite, welches die Ausrichtung der Kamera sehr erleichtert. Auf das Display kann auch ein gut durchdachtes Menü zur Bedienung der Kamera aufgerufen werden. Es gibt einen eigenen Knopf für den Start der Videoaufzeichnung und einen eigenen Knopf für Fotos (auf Wunsch wird alle 3, 5, 10, 30 oder 60 Sekunden ein Foto gemacht). Der Bewegungssensor oder die eingebaute LED-Leuchte sind für uns eher unwichtig. Der eingebaute 800-mAh-LiPo kann getauscht werden, aufgeladen wird er über die USB-Buchse am Rechner. Die Aufzeichnung erfolgt mit H.264-Komprimierung im MPEG-4-, AVI- oder MOV-Fomat auf Speicherkarten der Ordnung Class 4.

Dafür besitzt die Kamera zwei 32-GB-Micro-SD-Kartenslots (ist eine Karte voll, wird automatisch die andere beschrieben). Bei ca. 1 GB für 10 Minu-

ten Film kann die CamOne Infinity abendfüllende Videos aufzeichnen. Die Videos können dann entweder über den HDMI-Anschluss direkt auf den HD-tauglichen Fernseher oder via USB auf den Rechner geholt werden. Für den Copterpiloten wichtig: Erweitern lässt sich die CamOne mit einem externen 2,5-Zoll-Monitor, der sich auch per Funk anbinden lässt. Damit die Kamera nun unter den Copter montiert werden kann, benötigt man eine Halterung. Wenn diese Halterung es zulässt, die Kamera um alle Achsen zu bewegen, wird sie auch Gimbal genannt.

Kein Gimbal, aber zumindest einen Halter, der es zulässt, die Kamera mit der Fernsteuerung zu kippen, fand ich beim Helishop Maurer. Die Profi-HD-Kamerahalterung für GAUI 500X ist gleichzeitig Halter und Landegestell. Das Ganze wird als Bausatz geliefert. Am Copter wird die obere der beiden Basisplatten ausgetauscht, da durch die unter dem Copter hängende Kamera



In dieser Wippe sitzt die Kamera



Der Träger ist gleichzeitig das neue Landegestell des Copters. Er wird an die Stelle geschraubt, an der ursprünglich der Akku sitzt. Daher ...



... muss die obere Basisplatte getauscht werden, um Platz für den LiPo-Akku zu schaffen



Der Umbau dauert nicht lange

kein Platz mehr für den Akku ist. Der Akku wird später neben dem Empfänger montiert. Mit im Set ist auch ein Servo, welches die Kamera ca. 90 Grad schwenken kann. Dieses Servo wurde zunächst an einen freien Kanal des Empfängers angeschlossen. Mit einem Drehregler des Senders kann die Kamera von „Blick nach unten“ zu „Blick zum Horizont“ geschwenkt werden. So wurde der erste Kameraflug absolviert. Bedenken, dass der Copter nicht geradezuhalten ist, weil nun der Akku seitlich montiert ist, wurden zerstreut.

Das Gewicht der Kamera wurde nur durch leichtes Taumeln beim Abstieg bemerkt. Das kam mir dann auch bekannt vor. Die exzellenten Bilder der CamOne Infinity wurden durch drei Punkte getrübt. Zum Ersten war das Bild leicht schwammig. Durch viele Kameraflüge mit Modellflugzeugen war mir der Effekt schon bekannt. Durch den zeilenweisen Aufbau des Bilds machen sich Vibrationen des Copters im Film durch Verzerrungen bemerkbar. Abhilfe ist nur durch Auswuchten der Propeller zu erreichen. Im Modellbaufachhandel gibt es für wenig Geld Hilfswerkzeuge, um den Propeller zu prüfen. Durch Beschleifen der schweren Blätter sorgt man dafür, dass der Rotor in der Waage ist. Ein zweiter Punkt war, dass ich ein paar schnelle Kameraflüge gemacht habe. Dabei wird der

Copter um fast 45 Grad in Flugrichtung geneigt. Leider kippte auch die Kamera mit, sodass diese fast schon nach hinten filmte. Sicherlich kann man mit dem Drehregler der Fernsteuerung die Kamera zurück in die richtige Position drehen, das ist aber während des Flugs nicht so einfach. Das dritte Problem war, dass der Copter für statische Luftaufnahmen einfach nicht ruhig genug in der Luft stand. Die Stabilisierung ist sehr gut, um den Copter im Schwebeflug zu halten, für ein ruhiges Luftbild allerdings nicht. Während das erste Problem leicht zu lösen war und die Kamera wunderschöne HD-Videos lieferte, waren die beiden letzten Punkte nur durch Austausch der Steuereinheit zu erledigen.

Bei der Fa. Lindinger fand ich das GUI-INS-Board mit GPS. Leider kostet diese Steuereinheit, die die GU 334 ersetzt, 799,- Euro. Laut Beschreibung soll diese Steuereinheit den Copter auch bei Windgeschwindigkeiten von 35 km/h noch stabil in der Luft halten. Nach Austausch gibt es drei Flugzustände: normaler Flug, stabilisierter Flug und in der dritten Stufe der durch das Satellitennavigationssystem GPS stabilisierte Flug. In diesem Zustand kann mittels eines integrierten Höhenmessers auch exakt die Höhe gehalten werden.

Zusätzlich kann mit einem weiteren Kanal noch eine sogenannte Coming-Home-Funktion aktiviert werden. Die Montage erfolgt auf der oberen Basisplatte des Copters. Der Kabelbaum wird nach Anleitung mit dem Empfänger der Fernsteuerung verbunden. Zusätzlich wird dort auch der GPS-Empfänger montiert.

Der erste Probeflug erfolgte an einem fast windstillen Tag noch ohne Kamera. Nach dem Anstecken des Akkus benötigt das System einen Augenblick, um sich zu initialisieren. Mit einem Prüfknopf auf der GUI kann die Anzahl der empfangenen Satelliten geprüft werden. Je mehr Satelliten empfangen werden, desto genauer kann die Position gehalten werden. Nach zwei Minuten Warten zeigte mir die GUI-INS sieben Satelliten an, Zeit zum Starten.



CamOne Infinity im Größenvergleich



Das Display auf der Rückseite hilft beim Einrichten der Kamera und zeigt das Menü im Klartext



Das wasserdichte Gehäuse gehört zum Lieferumfang



Der 2,5-Zoll-Monitor ist mit einem 5,8-GHz-Empfänger verbunden, in bis zu 300 m kann das Signal der Kamera empfangen werden

Das erste Abheben folgte in Stufe 1, normaler Flug. Hoppala, so agil habe ich den Copter noch nie erlebt. Minimale Ausschläge lassen ihn bereits kippen, von Stabilisierung merkt man nichts. Für Kameraflüge ist dieser Flugzustand vollkommen ungeeignet. Nach dem Schreck folgte ein zweiter Start in Stufe 2. Der Pitchknüppel geht langsam nach vorne, und der Copter hebt ohne Probleme ab und steht fast wie angenagelt vor mir. Nur der leichte Wind treibt das Gerät minimal ab. Mit ganz sachten Steuerbewegungen kann der Copter an seinem Platz gehalten werden. Mit einem Druck auf den Nickknüppel beschleunigt der Copter nach vorne, nach dem Loslassen bleibt er sofort wieder stehen.

Erstmals bekomme ich eine Ahnung davon, was mit einem Multicopter möglich ist. Dann wird auch die dritte Stufe ausprobiert, der Satellitenstabilisierte Flug. In diesem Flugzustand bekommt der Pitchknüppel eine andere Funktion. Knüppel in der Mitte heißt, der Copter hält nun automatisch die Höhe, egal ob der Copter vorwärts, seitwärts oder rückwärts fliegt.

Pitchknüppel nach vorne heißt steigen, beim Zurückziehen des Knüppels verringert der Copter seine Höhe. Der Ausschlag des Knüppels steuert die Geschwindigkeit des Steigens oder Fallens. Zunächst war beim Schweben bis auf die geänderte Knüppelfunktion kein Unter-



Die CamOne Infinity im Copter. Oberhalb der Kamera ist das Übertragungsmodul zu sehen

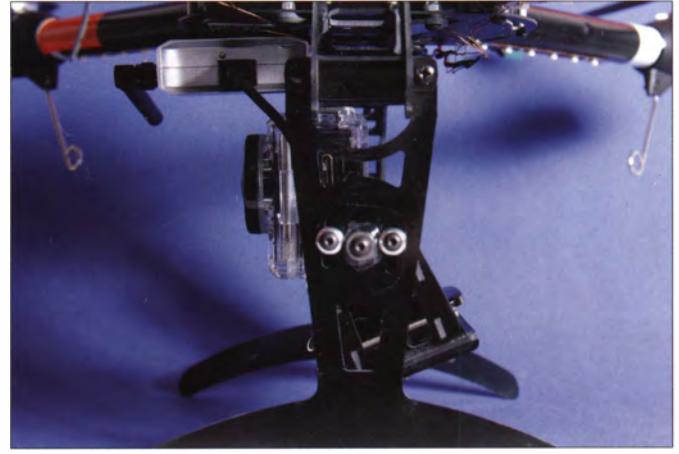
schied zu merken. Als allerdings ein Böe den Copter erfasste, steuerte dieser den Versatz einfach aus. So habe ich den Copter an verschiedenen Stellen am Himmel „geparkt“, ohne die Knüppel weiter anzufassen.

Mit dem Tausch der Steuereinheit ist eine weitere Funktion dazugekommen. Beim Betätigen eines weiteren Kanals auf der Steuerung soll der Copter eigenständig zur Startstelle zurückfliegen und in ca. 10 m Höhe auf weitere Befehle warten. Wird der Kanal zurückgeschaltet, ist die Satelliten-Stabilisierung wieder aktiv. Also wird der Schalter umgelegt. Zeitgleich



Funktionsweise der Kamerastabilisierung: Die Kamera blickt immer in dieselbe Richtung ...

dreht der Copter seine „Nase“ in meine Richtung, kippt um gute 30 Grad nach vorne und rauscht zu mir. Über mir bleibt das Fluggerät plötzlich stehen und schwebt dort ruhig weiter. Prima, das funktioniert perfekt. Beim nächsten Flug kommt die Kamera dazu. Das Servo für die Neigung der Kamera wird nun nicht mehr direkt am Empfänger angeschlossen, dafür hat die



... auch wenn der Copter gekippt wird

GUI-INS einen eigenen Ausgang. Der Kameraausgang des Empfängers wird dafür mit der Steuereinheit verbunden.

Nun kann mit der Fernsteuerung die Neigung des Servos in Bezug zum Horizont eingestellt werden. Dieser Winkel wird im Flug von der GUI-INS automatisch beibehalten. Wenn wir also im 45-Grad-Winkel nach unten filmen und der Copter wird nach vorne zum Beschleunigen gekippt, steuert das Servo den Kamerahalter so, dass die Kamera weiterhin im 45-Grad-Winkel nach unten filmt. In der Praxis funktioniert das sensationell. Die aufgezeichneten Bilder sind perfekt.

Einsatz des Copters im Klettergarten ...



Graupner Quad Flyer 500X

Durchmesser	500 mm über die Motorwellen gemessen
Gewicht	900 g mit 3200-mAh-Akku
Motor	960 kV, Brushless (4 x im Bausatz enthalten)
Regler	18A ESC (4 x im Bausatz enthalten)
Elektronik	GU 344 (im Bausatz enthalten)
Sender	Graupner MX16 HoTT
Empfänger	Graupner GR16 HoTT
Akku	LemonRC 3200, Pichler Modellbau

Nach Umbau

Gewicht	1430 g mit 3200-mAh-Akku
Elektronik	GU-INS GPS BOARD, www.lindinger.at
Kamerahalter	Profi-HD-Kamerahalterung für GAUI 500X, www.heli-shop.com
Kamera	CamOne Infinity, www.camonetec.com
Bildübertragung	5,8-GHz-Video-Transmission-Set, www.camonetec.com
Monitor	Externer Bildschirm 2,5" (63,5 mm), www.camonetec.com
Variometer	Vario-Modul Graupner HoTT

An einem großen Stapel Strohballen habe ich nun diverse Kameraflüge geübt: Filmen der Oberseite im Überflug, Filmen der Seiten im Steigflug, Umrundung des Stapels, mit der Kamera immer in Richtung Stapel gedreht. Zusätzlich habe ich die Kamera mit einer 5,8-GHz-Videoübertragung ausgestattet, die das Bild der Kamera auf einen 2,5-Zoll-Monitor überträgt. Das von mir eingesetzte HoTT-Fernsteuersystem erlaubt die Verwendung

... die Aufnahmen aus dieser Perspektive sind mehr als ungewöhnlich



Copter 2013

von Sensoren. Daher habe ich auf die Basisplatte des Copters noch ein Variometer montiert, dieses sendet die momentane Höhe des Copters direkt auf das Display meiner Fernsteuerung. So ausgestattet hat mein Copter schon jede Menge spektakuläre Aufnahmen gemacht. So den Aufstieg aus einer engen Schlucht, die Begleitung von Kletterern in einem Hochseilgarten oder die rasante Verfolgung eines Wildwasserbachs.

Im professionellen Einsatz könnte man seinem Kunden den Monitor der Videoübertragung in die Hand geben und so den Copter an die richtige Stelle lotsen lassen. Die Kontrolle der Höhe mittels Variometer verhindert die Überschreitung der in der Aufstiegsgenehmigung erteilten Maximalhöhe.

Mein Fazit

Mit den beschriebenen Komponenten lässt sich für unter 1800,- Euro ein semiprofessionelles System aufbauen, mit dem spektakuläre Videoaufnahmen in Full HD erstellt werden können. Sicherlich steht ein Oktocopter noch stabiler am Himmel, macht eine große Kamera noch bessere Bilder, aber die Ergebnisse der hier gezeigten Kombination sind durchaus schon vorzeigbar und auch kommerziell verwertbar.



Stephan zu Hohenlohe

Oh, wie süß!

»QG550« von Revell

Kurz vor Redaktionsschluss dieses Hefts surrte ein ganz besonderer Käfer ins Büro. Hinter dem etwas futuristischen Namen »QG550« verbirgt sich ein Miniatur-Quadrocopter der Firma Revell.

Grade mal 36 Gramm wiegt er. Mit einer Breite von 9,5 cm, von Motorachse zu Motorachse gemessen, passt er locker auf die Handfläche. Geliefert wird er mit einer formschönen Fernsteuerung im 2,4-GHz-Band, einem einzelligen LiPo-Akku, vier Ersatzrotoren und einem USB-Ladegerät. Der Straßenpreis lag zum Redaktionsschluss bei ca. 40,- Euro. Zum Betrieb werden zusätzlich vier 1,5-AAA-Batterien für den Sender benötigt.

Vor dem ersten Start muss der Akku des kleinen Käfers geladen werden. Ein wenig un-

gewöhnlich, der Copter benötigt zum Kraftankern einen Rechner mit USB-Anschluss oder ein externes Netzteil mit eben diesem Kontakt. Die Ladezeit beträgt ca. 50 Minuten, am Ladegerät zeigt eine LED den Ladevorgang und auch das Ende bei vollem Akku an.

Zum Fliegen wird der Sender eingeschaltet, anschließend wird der Akku an das Anschlusskabel des Copters gesteckt. Die Fernsteuerung quittiert das Erkennen mit einer grünen LED. Der Copter sollte nun ca. 10 Sekunden auf einer ebenen Fläche stehen, damit sich die Sensoren kalibrieren können. Dann geht es los. Der linke Knüppel dient der Drehzahlregelung und wird zügig nach vorne geschoben. Der kleine Käfer steht nun erstaunlich ruhig in der Luft und kann vorwärts, rückwärts und seitwärts bewegen. Natürlich kann der Copter, wie seine großen Brüder auch, gedreht werden. Werden die Knüppel losgelassen, stellt sich automatisch ein stabiler Schwebeflug ein. Zur Verhinderung des Driftens hat die Steuerung auf allen Achsen Trimmtasten. Um den Copter aus dem stabilen Schwebeflug zu bewegen, sind zunächst sehr große Ausschläge nötig. Diese gewollte Trägheit lässt sich in zwei Stufen abschalten. Durch einen Druck auf den rechten Steuernüppel ändert sich die Empfindlichkeit, im sogenannten Expertenmodus wird der »QG550« wirklich agil. Schon beim zweiten Flug wurde die warme Stube für den Outdoortest verlassen. Wie verhält sich der Copter bei Wind? Mit den kleinen Ausschlägen im Beginner-Modus trägt der Wind den Copter schnell weg. Mit den großen Ausschlägen dagegen kann der »QG550« auch bei Windstärke drei noch auf der Stelle gehalten



»QG550« mit Sender

werden. Nach ca. 6 Minuten beginnen die blauen LED-„Augen“ des Käfers zu blinken und zeigen dem Piloten das baldige Ende des Stromvorrats an.

Die ausführliche Anleitung beschreibt neben den Steuerfunktionen und dem Trimmen auch das Fliegen von Loopings. Der Copter wird dazu mit zwei schnellen Knüppelbewegungen zu einer Seite, nach vorne oder hinten gekippt. Wenn die Fluglage schräger als 30 Grad ist, dreht sich der Copter um seine eigene Achse und fängt sich wieder ab in den Schwebeflug. Einige Voraussetzung: Der Kleine muss genügend Luft unter den Rotoren haben. Aber auch misslungene Manöver sind nicht sonderlich schlimm. Das geringe Gewicht und der zähe Aufbau des »QG550« lassen fast jeden Absturz glimpflich abgehen. Die Arme des Copters sind so konstruiert, dass sie bei einem heftigen Aufprall abspringen können. Zur Not liegen ja Ersatzrotoren bei.

Technische Daten

Durchmesser	95 mm über die Motorwellen gemessen
Gewicht	36 g mit Akku
Sender	Vierkanal, Mode 2
Ladegerät	USB-Anschluss mit Ladeschlusserkennung



LiPo-Akku mit Ladegerät

Leider gibt es den »QG550« nur im Sender-Mode „2“. Das heißt Pitch und Gier auf dem linken Knüppel, Nick und Roll auf dem rechten. Erfahrene Piloten, die ihre Modelle in einem anderen Mode steuern, müssen leider umdenken, ein Umbau der Steuerung ist nicht vorgesehen.

Mein Fazit

Der »QG550« ist dank der hervorragenden Flugeigenschaften ein idealer Einstieg in die Copterfliegerei. Dank der verschiedenen Steuerempfindlichkeiten kann der Einsteiger mit diesem Mini-Copter durchaus das Steuern eines Quadrocopters erlernen. Durch Flip- und Loopingfunktion wird der »QG550« auch später nicht langweilig. Die geringe Größe und das niedrige Gewicht halten eventuelle Absturzschäden klein. Als Markenprodukt sollte auch die Ersatzteilversorgung gesichert sein. Ich mag ihn, den Kleinen!





Carsten Heintze

Das fliegende Auge

Ein Oktocopter als professioneller Kameraträger

Längst ist der Multicopter auch bei professionellen Medienproduktionen angekommen. Die modernen Digitalkameras werden immer kleiner und leichter. Statt eines Kamerakrangs, einer Kamera auf Schienen oder gar einem Helikopter sind Copter mit vier bis acht Rotoren und entsprechender Steuerungs- und GPS-Technologie besonders als Kameraträger geeignet. Dabei werden zum Schutz der wertvollen Kameratechnik mehr Rotoren bevorzugt, da bei Ausfall eines Motors ein Quadrocopter abstürzt, ein Oktocopter aber durchaus mit den verbleibenden sieben Motoren gelandet werden kann.

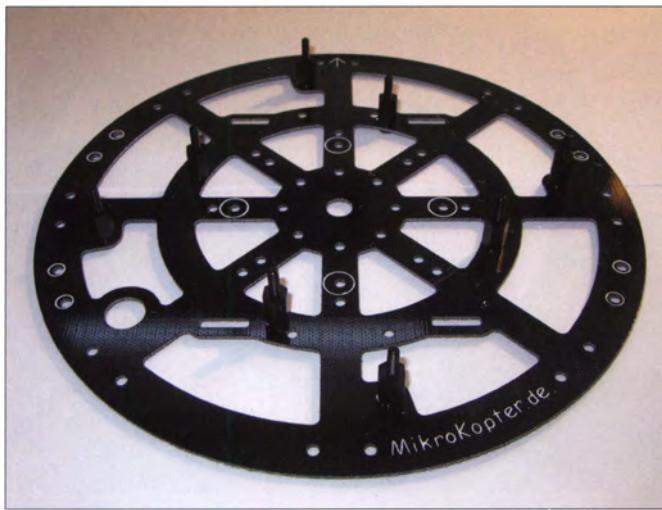
Eine gute Basis für einen leistungsfähigen Kameraträger ist der hier beschriebene Oktocopter-Teilesatz des Anbieters Mikrocopter. Ausgestattet mit acht kräftigen Antriebsmotoren trägt das Fluggerät mit maximaler Flugstabilität und Antriebsredundanz eine Zuladung von über 1,5 kg und ermöglicht damit eine große Auswahl von verschiedenen Kameraformaten und optionaler Ausrüstung. Mikrocopter bezeichnet seine Produkte als Selbstbauprojekte und setzt damit tiefere Kenntnisse der Elektronik und im Platinenlöten voraus.

Mechanisch ist der Aufbau nicht besonders anspruchsvoll, aber eine einzige falsche Lötstelle

verwandelt unter Umständen viele hundert Euro zu dichtem Rauch und verbrannter Elektronik. Seitens des Herstellers gibt es leider keine gedruckte Anleitung in Papierform oder gar eine helfende Hotline. Verwiesen wird auf eine Nachbauanleitung im Internet. Web-Videos ergänzen die Hilfe, wie auch ein Forum auf der Webseite des Herstellers.

Die Komponenten

Der Bau des Oktocopters beginnt mit der Montage des Mittelteils, der sogenannten Centerplate. Sie besteht aus zwei gefrästen Kohlefaserplatten, in deren Mitte die acht Motorausleger montiert werden. Diese Motorausleger aus 10 mm x 10-mm-Aluminiumprofilen formen mit den Motoren die Außenmaße des im Quadrat 600 Millimeter großen (aber immer noch handlichen) Copters.



Das Unterteil der Centerplatte mit aufgeschraubten Distanzstücken

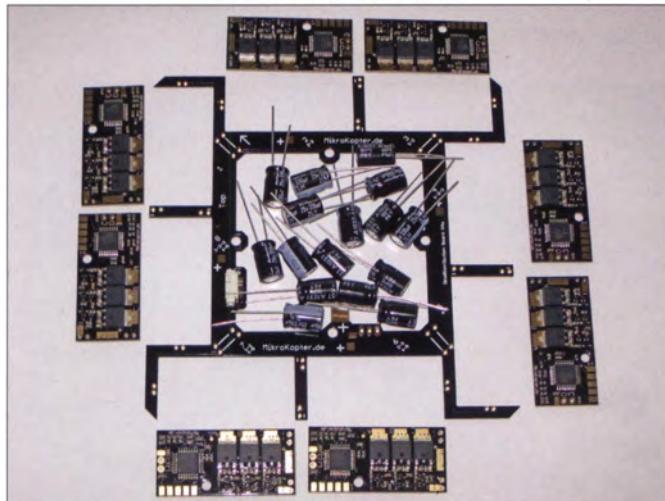


Das Ober- und Unterteil der Centerplatte mit verschraubten Auslegern

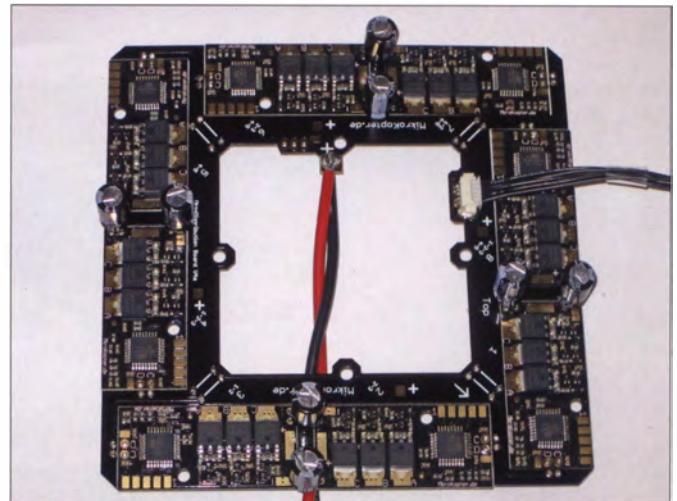
Das Unterteil der schwin-gend gelagerten Motorbe-festigungen



Der Motorträger mit montiertem Motor



In die Stromverteiler-Leiterkarte werden die Regler eingelötet



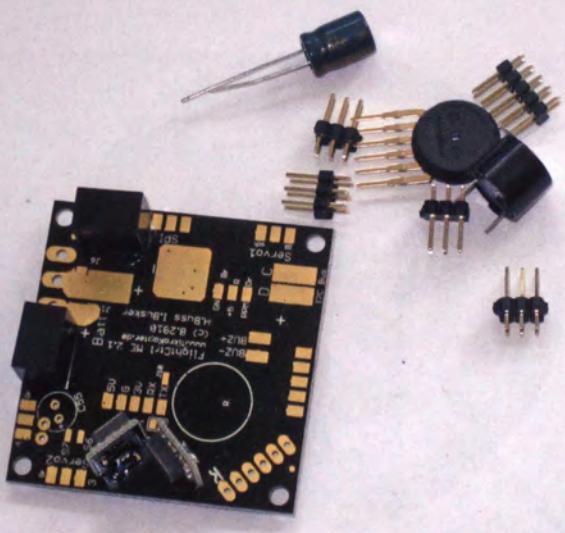
Das fertige Bauteil mit den Anschlusskabeln

Wie der Name schon sagt, werden die acht Motoren auf diese Ausleger geschraubt. Entgegen der in der Anleitung empfohlenen Direktmontage habe ich mich für eine gedämpfte Aufhängung entschieden, so werden im Betrieb weniger Vibrationen über die Ausleger an Elektronik und Kamera weitergegeben. Auf der Verteilerplatine werden die Steller der acht Motoren über Lötbrücken miteinander verbunden. Vorteil dieser Platine ist der saubere Aufbau der Motoransteuerung, allerdings ist sie im Vergleich zu einer Einzelverkabelung bruchanfälliger.

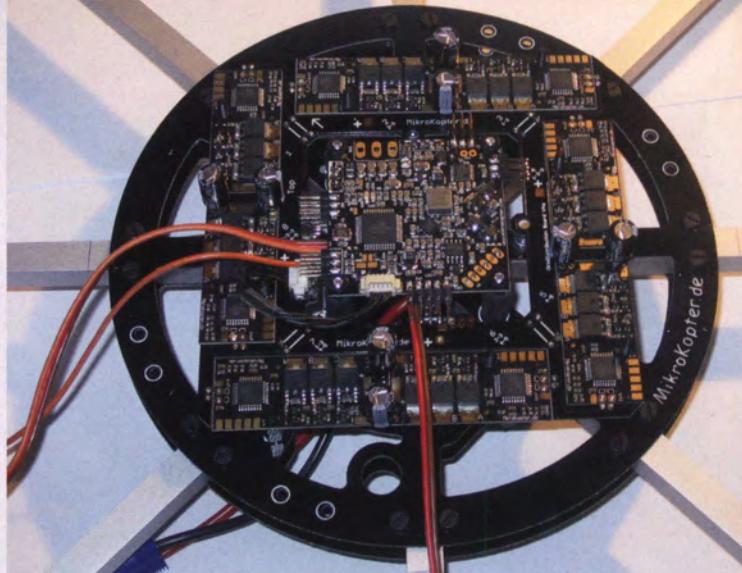
Die Steller von Mikrocopter zeichnen sich durch eine besondere Stell-Schnelligkeit aus, das macht im Vergleich zu „normalen“ Stellern für Modellflugzeuge eine sehr präzise Steuerung möglich. Wichtig ist eine ausreichende Kühlung, sodass bei Einsätzen an der Tragfähigkeitsgrenze

des Copters Kühlkörper auf den Stellerplatten sinnvolle Investitionen sind. Die Antriebsmotoren sind Roxy 2837-35 von robbe, andere Typen von anderen Herstellern mit gleichen Spezifikationen können natürlich ebenso eingesetzt werden. Meine Erfahrung: Unter Last können diese Motoren sehr heiß werden, achten Sie daher bitte unbedingt auf die Lager!

Acht Kunststoffpropeller der Größe 10 x 4,5 Zoll sitzen auf den Motorwellen. Für eine saubere Grundeinstellung des Copters müssen diese unbedingt gut gewichtet sein. Am Markt sind auch



Die Flight-Control-Platine mit den zu bestückenden Bauteilen



Stromverteilerkarte und Flight-Control bilden die Basis für den Technikurm-Aufbau

handgefertigte und deutlich belastungsfähigere Kohlefaserpropeller erhältlich, die feingewichtet sind, aber mit einem Stückpreis von 50,- Euro große Löcher ins Budget reißen. Meine Empfehlung: Wenn Sie den Oktocopter nicht an seinen Leistungsgrenzen fliegen, kann man in der Praxis gut mit den günstigen Kunststoffpropellern leben. Sollte einer der Propeller während des Flugs brechen, sollte die Elektronik in diesem Notfall in der Lage sein, den „Oktocopter minus eins“ mit sieben Rotoren stabil in der Luft zu halten. Ein guter Ratschlag ist, die Propeller in Intervallen zu wechseln und so das Risiko eines Bruchs zu minimieren.

Jetzt kommen wir zum Herzstück des Copters, der Flight Control. Auf ihr sitzen die

Sensoren für Beschleunigung, das Gyroskop und der Mikrocontroller. Hier werden die empfangenen Steuerdaten aufbereitet und an die acht Brushless-Steller weitergereicht. Auf dieser Flight Control wird auch der Luftdrucksensor für die Ermittlung der Flughöhe angelötet. So kann unser Copter auf Schalterbefehl die eingestellte Höhe automatisch beibehalten. Die Programmierung des Copters mit den erforderlichen Parametern erfolgt über den an die Flight Control angeschlossenen Zusatzbaustein MKUSB. Verbunden wird dieser Baustein über ein USB-Kabel mit dem Programm Mikrocopter-Tool auf dem PC oder besser Notebook. Das ist auch die Erklärung, warum viele engagierte Copterpiloten auf das Notebook auf dem Flugplatz nicht verzichten können: Sämtliche Parameter der Flight Control können so vor Ort programmiert werden.

So ausgerüstet, ist der Oktocopter flugfähig. Um einen Schritt weiterzugehen und aus ihm einen GPS-gestützten Kameraträger zu machen, müssen Sie den Oktocopter um die drei Komponenten NaviControl, MK3 Mag und MK GPS erweitern.



Der erste Aufbau des Oktocopters noch ohne Navigations- und Filmausrüstung zeigt im Vergleich mit einem Gauqi-Quadrocopter mit Kufengestell und Kamerahalterung seine Größe



Je nach Flugzeit lassen sich in den Akkuhalter bis zu zwei Akkus einsetzen

Dieser NaviControl-Baustein sitzt auf der Flight-Control-Platine. Er ist das Verbindungsstück, auf dem das Modul für die Kompass-Steuerung (das auf den griffigen Namen MK3 MAG hört) angeschlossen wird. So lässt sich unser Copter nach den vier Himmelsrichtungen navigieren. Ein gutes Beispiel, wie wichtig das sein kann, ist die unangenehme Situation, in größerer Entfernung nicht mehr richtig erkennen zu können, wo vorne und hinten ist. Bevor man jetzt möglicherweise einen Steuerfehler mit bösen Folgen macht, aktiviert man einfach den Carefree Mode und zieht den Knüppel sanft nach hinten. Jetzt bewegt sich der Copter dank Kompasskurssteuerung, egal mit welcher Rotorachse er zu uns steht, zu uns hin. Voraussetzung dafür ist, dass Sie Ihren Standort seit dem Start nicht verändert haben. Interessant ist diese Funktion bei einem Kameraflug: Man kann die Kamera auf ein Objekt ausrichten, ohne dabei komplexe Steuerabläufe bedienen zu müssen. Die Flight Control ab Version 2.1 hat das Kompass-Modul bereits integriert.

Fehlt noch das Sahnehäubchen für den Oktocopter: das GPS-Modul. Die passive GPS-Antenne ist zuständig für die Standortbestimmung und die satellitengenaue Navigation. So lassen sich die Funktionen *Hold* (Position halten) und *Coming Home* (zurück zum Standort) einfach schalten. Bedenken Sie bitte, dass der Copter bei

Coming Home auf direktem Weg zu Ihnen zurückfliegt: Andere Flugobjekte, Häuser, parkende Autos, Bäume oder den geschätzten Vereinskollegen sieht er nicht!

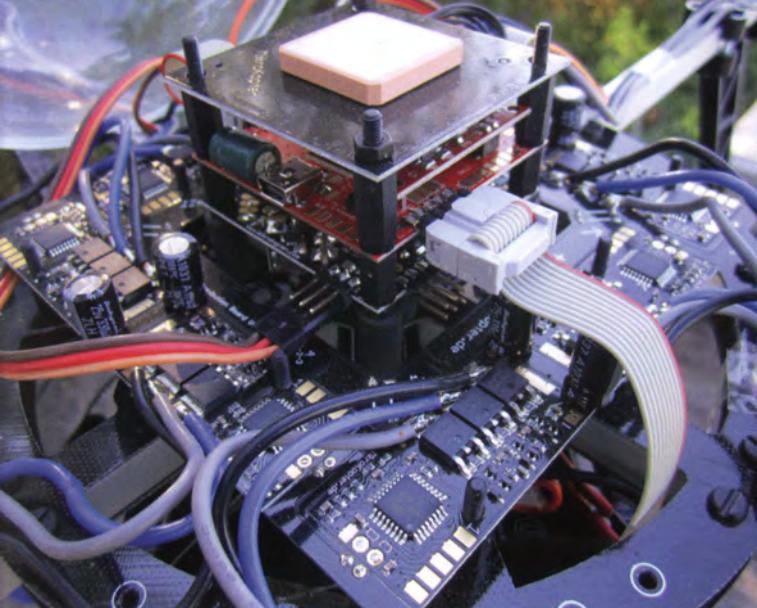
Der Copter als Drohne

Die Mikrocopter-Software ermöglicht nach der Programmierung das autonome Abfliegen von Wegpunkten in einem Umkreis von 250 Metern. Kartenmaterial von Google Maps oder anderen Anbietern kann über diese Software eingelesen werden. Die Radienlimitierung garantiert, dass sich der Copter immer im möglichen Sichtbereich bewegt und ein Eingreifen jederzeit möglich ist. Mit der GPS-genauen Positioneinstellung lassen sich reproduzierbare Positionen in vorgegebenen Höhen mit Fix-, Steig- und Sinkraten anfliegen. Mit der Funktion *Point of Interest* sind selbst in der Kameraeinstellung Winkel vorgegeben, in denen das Objekt fotografiert oder gefilmt werden soll. So bleibt die Kamera immer auf das Objekt gerichtet.



Fertig für den Erstflug

Nach etwas Feineinstellung flog er perfekt, gelächelt wird nach dem Flug



Hier der finale Ausbau des Technikgerüsts mit den Komponenten Navi-, Kompass- und GPS-Platine



Blick auf die umgebauten mc-20 mit aktivem Kamerabild und laufender Telemetrie. Schalterbeschriftungen lassen keine Unklarheiten aufkommen. Hinter der Jetibox ist der 5,8-GHz-Videoempfänger montiert



Der 25-mw-5,8-Iftrontech Stinger-Videosender. Im Flug ist er auf dem Akkuhalter montiert

Mit der Sinkratenprogrammierung sind GPS-genaue, autonome Landungen möglich. Was aktiv geht, geht auch passiv: So ist in Zeiten von Geotagging der abgeflogene Weg auch mit einer über Google Maps eingelesenen Karte möglich. Mit der Wegpunkteprogrammierung lassen sich so Fortschritte bei größeren Bauvorhaben im Straßen- oder Landschaftsbau hervorragend dokumentieren, indem man den Copter in bestimmten zeitlichen Abständen die programmierte Route abfliegen lässt.

Für Aufnahmen aus der Verfolgersicht ist die optionale *Follow me*-Funktion geeignet. Benötigt wird dazu eine zweite Navi Control, ein GPS-Modul und eine Bluetooth- oder WI232-Komponente. Nach Zusammenbau und Programmierung folgt der Copter ab Startradius von 250 Metern dem mit dem *Follow me* ausgerüsteten Zielobjekt. Die Positionsdaten werden via Bluetooth ausgetauscht. Wer ein wenig im Netz surft, findet schnell spektakuläre Skiafbahrten, die mit dieser

Funktion aus der „Verfolgersicht“ gefilmt worden sind. Noch vor ein paar Jahren musste man für diese spektakulären Bilder Willi Bogner engagieren und in einem Wahnsinnstempo gebückt auf Skiern in der Schussabfahrt eine schwere Filmkamera transportieren lassen. So ausgerüstet ersetzt der Copter für einen Autowerbespot einen mantragenenden Kamerahubschrauber samt Equipment, der für ein Vielfaches der Kosten hinter dem fahrenden Auto schwebt.

Alle Programmierfeatures aufzuzählen, sprengt den Umfang dieses Artikels – einen guten Eindruck geben die Screenshots der Parametersätze. Wie Sie dort sehen, ist die stabile Filmeinstellung meines Oktocopters dem Beginnermode angelehnt. Experimentieren macht in diesem Bereich viel Spaß, natürlich vorausgesetzt, dass Sie die funktionierende Grundeinstellung gut dokumentiert transportieren lassen.

Fernsteuerung und Telemetrie

Die Mikrocopterplatine benötigt zur Steuerung ein Summensignal – als Sender für das „normale“ Fliegen setze ich eine Spektrum DX7 ein: leicht, handlich und sehr zuverlässig! Mit der STi-App auf einem iPhone hat man zusammen mit der Spektrum DX7 eine leichte und komfortable Telemetrieslösung.

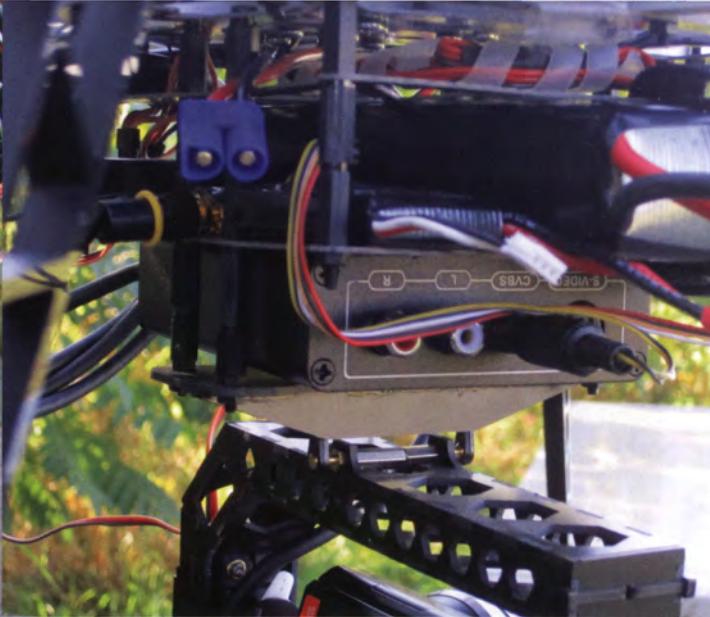
Für komplexere Filmaufgaben mit visueller GPS-Datenkontrolle habe ich eine Graupner-mc-20 mit einem Jeti-Sendemodul ausgerüstet. Mikrocopter unterstützt das Jeti-Protokoll, sodass über die am Sender installierte Jeti-Box umfangreiche Telemetriedaten über den Rückkanal des Empfängers empfangen und angezeigt werden. Gezeigt werden in der Statusmeldung des Copters die Akkuspannung, die verbrauchte Kapazität, die Kompassrichtung, die Entfernung vom Startpunkt, Höhe und Flugzeit. Vorzeichen geben an, ob der Copter steigt oder sinkt oder dieses als Höhenvorgabe eines Wegpunkts vorgegeben ist. Im Telemetriemenü finden wir auch eine Abteilung für Fehlercodes. Diese wird aber erst dann aktiv, wenn etwas nicht in Ordnung sein sollte.

Überwacht wird im Temperaturmenü außerdem die Temperatur der einzelnen Regler – so ist man immer über den Zustand des Motors informiert und erfährt rechtzeitig, wenn einer der acht Motoren thermisch aus der Reihe tanzt. „Tanzen“ ist allerdings mit der voll ausgestatteten mc-20 für den Film-Oktocopter nicht mehr möglich: Dafür sorgt auch ein 4,3 Zoll großer LCD-Monitor mit 5,8-Giga-Videoempfänger für das Kamerabild, welches live übertragen wird. Ein 3-zelliger LiPo-Akku zur Stromversorgung dieser Komponenten steigern das Gewicht der mc-20 auf knappe vier Kilogramm. Das Gewicht der Anlage macht auch deutlich, dass alle Filmflüge gut geplant sein sollen.

Die acht Motoren im Oktocopter werden, je nach geplanter Flugzeit, von ein oder zwei 4s-5000-mAh-LiPos gefüttert. Eins ist klar, wer diese Werte in der Luft bewegt, sollte nicht am Akku sparen!



Der Kamerahalter mit montierter Sony-NEX5-Kamera. Die Spektrum SPMSA3030-Servos sorgen für präzise Umsetzung der Kameralagerung



Zwischen Kameraaufhängung und Akkuhalter ist der HDMI/AV-Wandler montiert

Die Kamera im Oktocopter

Der Film-Oktocopter ist mit einer Sony NEX 5 ausgestattet. Diese digitale Kamera fotografiert mit 16 Megapixeln auf dem Niveau einer guten digitalen Spiegelreflexkamera, und sie filmt in „Full HD“. Obwohl sie sehr leicht und handlich ist, lässt sie Wechselobjektive zu. Die Bildqualität ist spitze, das hat schon der ebenfalls Copter-fliegende Tierfotograf Benny Rebel mit den Bildern seiner Afrika-Expeditionen bewiesen. Wieso die Qualität so ungewöhnlich hoch ist, hat damit zu tun, dass diese kompakte Digitale einen so großen Sensor hat, wie er sonst nur in digitalen Spiegelreflexkameras zum Einsatz kommt. Als Objektiv sitzt ein 16-mm-Objektiv vor der Kamera, welches, umgerechnet auf die alten 35-mm-„Film-Tage“, einem 24-mm-Weitwinkelobjektiv entspricht. Für einen noch größeren Rundumblick kann dieses auch mit einem hochwertigen Weitwinkelvorsatz von Sony ausgestattet werden.

Die Nachteile dieses Kamerasytems fallen nicht wirklich ins Gewicht – die NEX 5 liefert via HDMI ein HD-Signal. Bevor dieses über den Videosender an den Kontrollmonitor geht, muss es in einem separaten HDMI/AV-Wandler in ein sendefähiges Signal umgewandelt werden. So erhöht sich das Abfluggewicht um weitere 150 Gramm. Der 4,3-Zoll-Monitor am Sender eignet sich allerdings bei Videoaufnahmen nur als Kontrollmonitor für den Piloten. Um das Videobild richtig zu beurteilen, empfiehlt sich der Einsatz eines größeren 9-Zoll-Monitors oder einer Videobrille mit der Unterstützung eines Kameramanns. Der eigentliche Film wird von der Kamera im Copter aufgezeichnet.

Mit der großen Zuladung des Oktocopters lassen sich auch schwere Kameras wie die bei TV- und Kinoproduktionen beliebte Canon EOS 5D MK III bewegen. Beim Einsatz der „schweren Brocken“ sind dann, wie vorher beschrieben, Carbonpropeller sehr sinnvoll.

In die andere Richtung geht der Einsatz einer GoPro HD Hero. Diese kleine Kamera ist von der Bildqualität von den großen DSLRs mit 35-mm-Sensor zwar weit entfernt, aber beim Offshore-Einsatz vom Forschungsschiff aus ist sie am Copter ein zuverlässiger und robuster Begleiter. Mit nur 200 g Gewicht sorgt dieses Fliegengewicht für außerordentlich lange Flugzeiten.

Die Kameraaufhängung

Auf der Platine der Flight Control sitzen drei Servoausgänge, die für die Steuerung der Kameraaufhängung verantwortlich sind. Neigt sich der Copter beim Vorwärtsflug, steuert die Elektronik das angeschlossene Servo automatisch so aus, dass die Kamera waagerecht bleibt. Der zweite Ausgang steuert die Querneigung aus, über den dritten Ausgang lässt sich die Kamera auslösen. Im Flug können wir mit einem Schieberegler am Sender den Neigungswinkel der Kamera einstellen. Der Kamerahalter an

sich ist nicht gerade ein preiswertes Detail und kann durchaus bis zu 1000,- Euro kosten! Für die NEX 5 habe ich gute Erfahrungen mit dem Kamerahalter von Norbert Brüggen (www.modelluboot.de) gemacht – ohne Servos kostet sein Kamerahalter vergleichsweise günstige 150,- Euro. Bei den Servos für die Kamera sollten Sie nicht sparen und hochwertige Typen mit Kunststoffgetriebe wählen, da diese von Natur aus weniger Spiel als die Metallausführungen haben.

Leider gibt es für das Beseitigen von störenden Vibrationen kein Patentrezept. Vibrationen sorgen für ein verzerrtes, schwammiges Videobild, der Profi kennt das Problem unter dem Fachbegriff „Rolling Shutter“. Im Mikrocopter-forum finden sich auf vielen Seiten Tipps und Hinweise zur Vermeidung von Vibrationen – das zu Beginn in diesem Artikel beschriebene Entkoppeln der Motoren ist schon mal ein guter Anfang, wenn auch noch gut gewichtete Propeller montiert werden.

Nach der Aufnahme

Gute Kameratechnik ist nichts ohne ein geeignetes Schnittprogramm und einen leistungsfähigen Rechner. Bei aller Begeisterung für HD-Auflösung sollte der heimische Rechner auch in der Lage sein, die Clips zu schneiden, ohne dabei in die Geschwindigkeit einer Wanderdüne zu fallen. Auf der Windows-Seite habe ich mit Magix Video Deluxe 17 Premium HD gute Erfahrungen gemacht.

In diesem Paket finden sich lohnende Zusatzprogramme wie Mercalli V2, mit denen man verwackelte Aufnahmen noch retten kann. Glücklich, wer einen Mac besitzt! iMovie ist eines der Programme, die in kürzester Zeit ohne Handbuch intuitiv sehr gute Ergebnisse liefern. Erheblich mehr Möglichkeiten für die professionelle Filmbearbeitung bietet Final Cut X, das zu meinen Favoriten zählt.

Einblicke in faszinierende (filmerische) Möglichkeiten der Copter erhält man in den Videoportalen von Mikrocopter und Vimeo.



Mit Notebook und Monitor-Pelicase können vor Ort Kartenmaterial oder Änderungen programmiert werden

Fliegen mit dem Oktocopter

Eigentlich selbstverständlich ist es, vor dem Start jedes Bauteil auf Funktion und festen Sitz zu prüfen. Als Motivation für alle, die gerne mal eine Vorflugkontrolle vergessen, hilft es sehr zu wissen, dass Copter naturbedingt einen äußerst schlechten Gleitwinkel haben.

Die Kamera steht auf „rec“, die Bildübertragung läuft. Mit Vollgas Knüppel links wird der Copter initialisiert. Leerlauf Knüppel rechts lässt die acht Motoren starten. Langsam drehen die Propeller, mit zwei kurzen Knüppelbewegungen überprüfen Sie, ob der Copter sauber am Gas hängt. Alles klar?! Start!

Ein beherzter Zug am Knüppel bis etwas über die Mitte, das Fluggerät hebt ab und steht dann sauber auf Augenhöhe. Die acht Rotoren machen ganz schön Wind, kein Vergleich zu kleinen Quadrocoptern. Da zusätzliche Lichtquellen das Kamerabild beeinflussen können, ist mein Copter statt mit hell leuchtenden LED-Streifen zur Lageerkennung mit einem orangefarbenen Tischtennisball am Träger ausgestattet. Das macht das Fliegen auf Entfernung etwas schwieriger. Mit den verschiedenen Einstellungen, die programmiert und vor dem Start mit Knüppelbewegungen aktiviert werden können, lässt sich der Copter in der Flugcharakteristik sehr individuell einstellen: Für das Filmen ist eine ruhige Plattform nötig, ein Setting weiter ist dann heftiges Bolzen mit Looping & Co. angesagt.

Weiter geht es in der Luft mit dem Testen der Funktionen: Den Copter auf Sicherheitshöhe gebracht und den Schalter *Höhe halten* umgelegt. Der Copter bleibt auf dieser Höhe und lässt sich

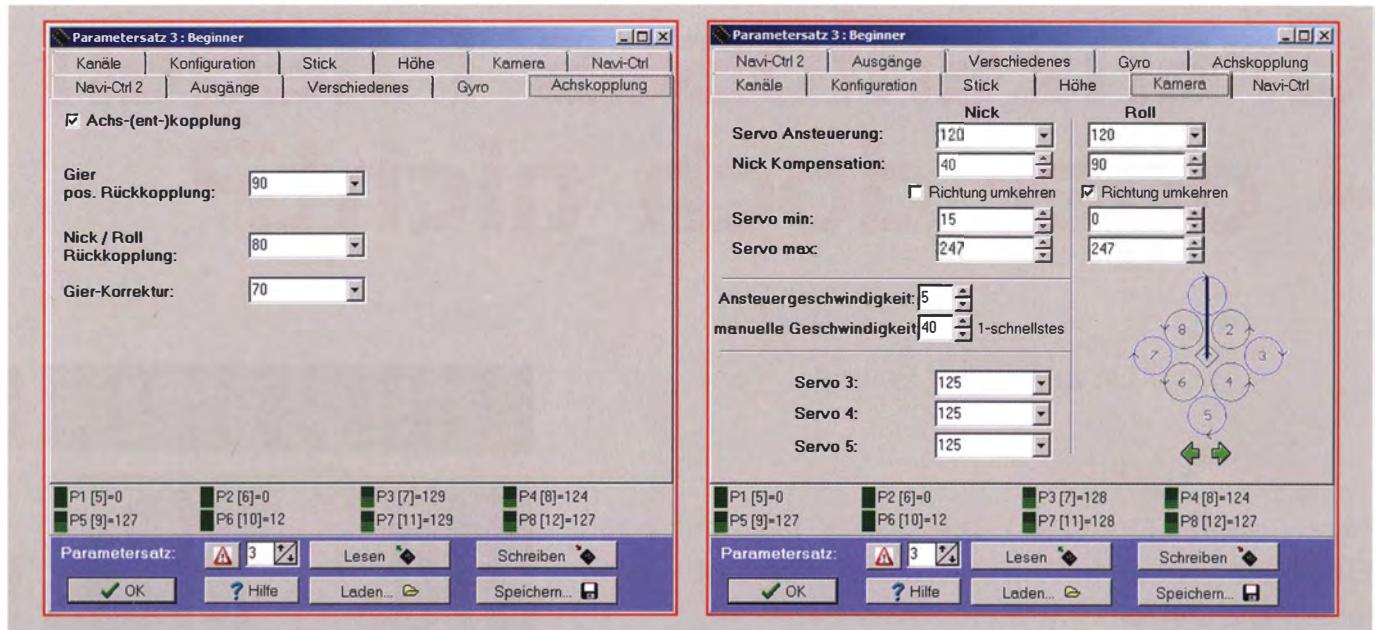


Die obere Kuppel besteht aus einer Halbschale eines Dekoartikels aus dem Basaltzubehör. Wichtigste Aufgabe ist, das empfindliche Technikgerüst zu schützen. Pragmatiker greifen hier auch gerne zu Deckeln von CD- oder DVD-Rohlingspindeln

fast wie ein ferngesteuertes Auto „fahren“. Gibt man jetzt etwas Pitch, steigt er langsam, den Stick in die andere Richtung bewegen sorgt für sinken. Diese Art von „Feintuning“ macht Sinn, wenn man die zuerst gewählte Höhe noch etwas korrigieren möchte. Aber Achtung: Deaktiviert man diese Funktion, sollte der Knüppel leicht auf Positivpitch stehen, das erspart ein hektische Abfangmanöver.

Als Nächstes folgt der Test der Hold-Funktion. Voraussetzung dafür ist der Empfang von genügend Satelliten, dieses lässt sich vorher in der Telemetrieanzeige überprüfen. Wie zuvor geht der Copter auf Sicherheitshöhe, dann den Hold-Schalter umlegen und die Finger von den Knüppeln nehmen. Das kostet etwas Überwindung. Der Copter hält im Umkreis von ca. einem Meter seine Position. Diese Funktion trennt professionelles Fluggerät von Spielzeug!

Aber es kommt noch besser. Den Schalter eine Position weiter auf Coming Home legen, und der Copter fliegt von allein auf direktem Weg zurück zum Startpunkt. Hierbei steuert der Pilot nur die Höhe aktiv, und er sollte unbedingt darauf achten, dass sich auf dem direkten Weg keine Hindernisse befinden. Der letzte Test ist die Carefree-Funktion. Da der Copter



Die erwähnten Screenshots der beschriebenen Parametersätze, in denen die Einstellungen vorgenommen werden können. Keine Angst, im Lieferzustand finden sich auch Anfangseinstellungen, die man übernehmen kann, man muss nicht alles selber eingeben. Mit diesen Bildern wird aber auch deutlich, dass der Oktocopter ein komplexes System ist, in das man sich einarbeiten muss. Hier beispielhaft die Screenshots der Parameter für die Achskopplung und für die Kamera

Alle wichtigen Informationen sofort im Blick mit dem STI-App



hier nach Kompasskurs fliegt, ist es wichtig, seinen Standort und die Blickrichtung nach dem Start nicht zu verändern. Zum Start also einfach den Copter vor sich platzieren, starten, den Schalter auf Carefree – und los geht es!

Das Testobjekt zum Training dieser interessanten Funktion ist ein Strauch am Rand unseres Modellflugplatzes: Ich fliege langsam, leicht nach rechts versetzt, auf den Strauch zu, halte ihn im Monitorbild. Auf Höhe des Strauchs drehe ich den Copter auf der Hochachse mit dem Gierknüppel 90 Grad nach links, ohne andere Vor- oder Seitwärtsfunktionen zu ändern. Die Kamera filmt so ausgerichtet in dieser Position den Vorbeiflug. Hinter dem Strauch drehe ich den Copter langsam weiter um 90 Grad herum, die Kamera zeigt jetzt nach hinten und filmt den Strauch im Abflug. Etwas mehr Höhe, den Knüppel leicht ziehen – und der Copter kommt wieder zu mir zurück. Nase nach vorn ausrichten, Carefree aus, und landen. Diese Funktion lässt sich auch mit der Höhenhaltung kombinieren. Die Carefree-Funktion ist sehr gut für Objektaufnahmen geeignet. Man kann damit perfekt ein Gebäude umfliegen oder aber in Augenhöhe unter einer kleinen Brücke durch und über ihr zurück. Wichtig dabei: Niemals darf dabei die Sichtverbindung zum Copter unterbrochen werden, da sonst der Verlust der Funkverbindung wahrscheinlich ist.

Für mich als Modellflieger erfordert es etwas Übung, die über die Jahre trainierten Reflexe auszublenden. Schließlich ist ein Kameraflug mit diesen Features etwas anderes als die „normale“ Modellfliegerei, macht aber in

Kombination zweier interessanter Hobbys unglaublich viel Spaß.

Beste Filmergebnisse erhält man mit einem langsamen, gleichmäßigen Flugstil. Für den Piloten macht das Aufteilen der Aufnahme in mehrere „Takes“ (Abschnitte) Sinn. Wenn es dann doch einmal nicht geklappt hat, heißt der Zauberspruch der Filmer: Kein Problem, das schneiden wir raus!

Einsatzzwecke

Mit den beschriebenen Funktionen ist der Oktocopter ein äußerst vielseitiges Fluggerät. Für den Bereich der Boden- und Denkmalpflege lassen sich so perfekte und koordinatengetreue Überichten und Gutachten erstellen. So ist selbst in der sixtinischen Kapelle ein Multicopter für Dreharbeiten schon geflogen. Für den Archäologen ermöglicht er die präzise und reproduzierbare Übersicht eines Grabungsfelds. Für die Tourismus- und Immobilienbranche zeigt der Copter die schönsten Hotels und Strände. Deutlich ernster ist der Einsatzzweck als Beobachtungsdrohne in Krisengebieten oder bei Umweltkatastrophen.

Mit der Ausrüstung einer Wärmebildkamera lassen sich Schäden an Gebäuden feststellen. In Kürze wird an meinem Copter eine 3D-Kamera montiert. Diese erzählt dann über einer Bach- und Wiesenlandschaft die Abenteuer einer kleinen Libelle im Kinderfilm.

Bezugsquellen

- Oktocopter: Mikrocopter GmbH, www.mikrocopter.de
- Spektrum-Fernsteuerung, Akkus und Servos: Fachhandel, www.horizonhobby.de
- Videosender, Empfänger, Kontrollmonitor: Globeflight, www.globeflight.de
- Kamerahalter: Norbert Brüggen, www.modelluboot.de
- Sony-NEX5-Kamera: Fachhandel
- Jeti-Komponenten: Fachhandel
- AV-Wandler: www.deluxecable.de

Grenzenloses Fliegen – oder doch nicht?

Dr. jur. Walter Felling

**Akku laden, Kamera auf den Copter und losfliegen.
Einfacher geht es wirklich nicht. Doch es gibt, wie bei
jedem anderen Hobby auch, Regeln.**

Schon Ende 2010 befasste sich die Politik unter der Federführung der damaligen Verbraucherministerin Ilse Aigner mit den von der Presse als private „Spannerdrohnen“ bezeichneten Multicoptern. Die CSU-Ministerin mahnte seinerzeit: „Schon mit den kleinen helikopterähnlichen Hobby-Modellen kann man rechtlich schnell an Grenzen stoßen.“ Grund genug, Rechtsanwalt Dr. jur. Walter Felling, ein Experte auf diesem Gebiet, ein paar Fragen zu stellen.

Sind Multicopter nun Drohnen oder Flugmodelle? Diese Frage habe ich bereits ausführlich in **MODELL** 12/2008, S. 86, dargelegt. Danach sind – und das ist heute auch wohl unstrittig – Quadrocopter Flugmodelle, sodass auf diese die Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes (§ 1 Abs. 2 Nr. 9 LuftVG), der Luftverkehrsordnung (insbesondere §§ 15a, 16 LuftVO) und einiger anderer luftverkehrsrechtlicher Normen anzuwenden sind. Jeder Pilot eines solchen Copters hat sich daher auch aus eigenem Interesse mit diesen Rechtsgrundlagen auseinanderzusetzen.

Flugmodelle, vor allem größere, werden im Vereinsrahmen auf speziell angelegten Modellflugplätzen geflogen. Muss der Pilot eines Quadrocopters nun Mitglied eines Modellflugvereins werden, oder darf er von der Wiese am Stadtrand starten?

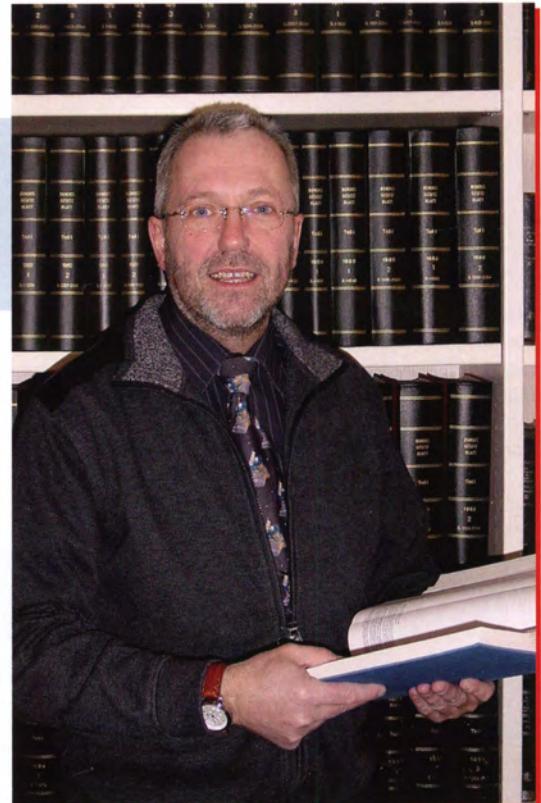
Die Quadrocopter können als Flugmodelle (= Luftfahrzeuge) den Grundsatz des § 1 Abs. 1 LuftVG in Anspruch nehmen: Danach ist die Nutzung des Luftraums durch Luftfahrzeuge frei, soweit diese Nutzung nicht durch Gesetz oder eine entsprechende Rechtsvorschrift eingeschränkt wird. Damit steht zunächst – unter Beachtung der nachfolgend dargestellten Grenzen – dem Fliegen solcher Copter auf der „grünen Wiese“ nichts entgegen.

Luftverkehrsrechtliche Einschränkungen finden sich vor allem in §§ 15a, 16 LuftVO. Aber auch das allgemeine Recht setzt gewisse Schranken.

Aufstiegserlaubnispflicht gem. § 16 LuftVO: In dieser Vorschrift ist u. a. geregelt, dass Flugmodelle mit mehr als 5 kg Gesamtmasse (§ 16 Abs. 1 Nr. 1a LuftVO) oder beim Betrieb mit Verbrennungsmotoren in einer Entfernung von weniger als 1,5 km von Wohngebieten (§ 16 Abs. 1 Nr. 1c LuftVO) eine gesonderte Aufstiegserlaubnis benötigen.

Die heute üblichen Quadro- oder Multicopter werden im Regelfall mit weniger als 5 kg betrieben, sodass diese Ausnahme nicht eingreift. Der Trend geht aber eindeutig zu größeren und schwereren Coptern, sodass im Einzelfall bereits deshalb eine Aufstiegserlaubnis erforderlich werden könnte. Dagegen dürfte das Erfordernis nach § 16 Abs. 1 Nr. 1c LuftVO (Verbrennungsmotoren) auch in Zukunft keine Rolle beim Einsatz von Quadrocoptern spielen.

Demnach sollte dem Start eines kleineren Quadrocopters auf der Wiese hinter dem Haus nichts entgegenstehen, auch wenn es der Nachbar nicht so gerne sieht?



Rechtsanwalt Dr. jur. Walter Felling

Neben luftverkehrsrechtlichen Voraussetzungen sind auch zivilrechtliche Belange zu beachten. Ist der Betrieb von Quadro- oder Multicoptern luftverkehrsrechtlich zulässig (siehe oben), so kann dennoch nicht ohne Weiteres von jeder Wiese aus gestartet werden. Denn der Grundstückseigentümer kann jede Nutzung seines Grundstücks reglementieren. Sofern keine weiteren Beeinträchtigungen etwa von Tieren oder besonders angelegten Ziergärten zu befürchten ist, kann grundsätzlich von einer stillschweigenden Zustimmung des Grundstückseigentümers ausgegangen werden. Untersagt aber der Grundstückseigentümer dem Piloten ausdrücklich die Nutzung (vgl. insoweit § 903 BGB), so darf der Start zukünftig nicht mehr von dieser Rasenfläche aus erfolgen. Besser ist es aber stets, vorher den Eigentümer um Erlaubnis zu bitten. Häufig wird damit auch Interesse der Nachbarschaft an dieser Fliegerei geweckt, das Ängste und Vorbehalte verhindern kann.

Ein Multicopter ist ein hoch technisiertes Gerät. Ein Versagen der Technik oder auch des

Piloten kann zum Absturz des Copters führen. Dass dabei andere geschädigt werden, ist nicht auszuschließen, es reicht schon der Kratzer im Auto des Fliegerkollegen. Immer wieder hört man, dass die allgemeine Haftpflichtversicherung bei solchen Schäden einspringt?

Ich hatte bereits oben erläutert, dass Quadro- oder Multicopter Luftfahrzeuge iSd LuftVG sind, sodass für jeden Piloten die Gefährdungshaftung nach §§ 33ff. LuftVG greift. Dies bedeutet, dass der Pilot bei Eintritt eines Schadens auch ohne Verschulden haftet. Als Folge dieser Gefährdungshaftung ist eine Versicherungspflicht auch für Modellflugzeuge jeden Gewichts vorgeschrieben (vgl. § 43 LuftVG Vm §§ 101, 102 LuftVZO). Wer ohne diesen Versicherungsschutz fliegt, begeht eine Ordnungswidrigkeit, die mit Geldbuße geahndet werden kann.

Die frühere Regelung, wonach Segel- und Elektroflugmodelle bis zu einer Gesamtmasse von 5 kg keiner Versicherungspflicht unterlagen, ist bereits 2005 geändert worden. Die allgemeine Haftpflichtversicherung greift beim Betrieb von Flugmodellen nicht. Dennoch ist immer wieder gerade von nichtorganisierten Modellfliegern beim Betrieb von Coptern zu erfahren, dass eine gesonderte Versicherung nicht abgeschlossen worden ist. Da aber auch beim Betrieb dieser Flugmodelle Schäden nicht ausgeschlossen werden können, ist dringend der Abschluss einer solchen Haftpflichtversicherung für Flugmodelle anzuraten.

Gerade die ruhig schwebenden Multicopter eignen sich ideal für Fotos und Videos aus der Luft. Darf der Pilot einer solchen Plattform Luftbilder erstellen, vielleicht sogar, um ein wenig die Hobbykasse aufzubessern?

Grundsätzlich ist auch der Einsatz von Quadro- oder Multicoptern mit einer Kamera luftverkehrsrechtlich erlaubnisfrei, sofern das Modell ausschließlich für den Hobbybereich eingesetzt wird. Das gilt selbst dann, wenn der Pilot diesen Film oder diese Fotos später auf Foren oder etwa einer Homepage des Modellflugvereins einstellt. Der grundsätzlich mögliche Einsatz von Quadro- oder Multicoptern in Wohngebieten, insbesondere mit Kamera oder Fotoapparat, erfordert einen weiteren Hinweis: Jeder Mensch hat nach dem Grundgesetz das Recht auf freie Entfaltung seiner Persönlichkeit (§ 2 Abs. 1 GG). Zu diesem Recht gehört insbesondere auch der Schutz seiner Intimsphäre (vgl. Art. 13, 14 GG).

Film- oder Fotoaufnahmen aus diesem Schutzbereich sind ohne gesonderte Erlaubnis des Rechtsinhabers nicht zulässig. Verstöße können mit Unterlassungs- und Schadensersatzklagen bekämpft werden (z. B. nach §§ 1004, 823 BGB). Auch das Recht am eigenen Bild als besondere Ausgestaltung des allgemeinen Persönlichkeitsrechts (vgl. insbesondere § 22 KunstUrhG) verbietet Einzelaufnahmen von Personen ohne deren Einwilligung.

Der Einsatz von Coptern zum Zweck des Filmens und Fotografierens bedarf daher Beachtung dieser Grundsätze. Den Nachbarn etwa beim Grillen oder Sonnen zu filmen, ist daher tunlichst zu unterlassen.

Wenn allerdings Quadro- oder Multicopter mit Kameras für den gewerblichen Einsatz ausgerüstet werden, ist eine Aufstiegserlaubnis erforderlich. In diesen Fällen gelten diese Geräte nicht mehr als Flugmodelle, sondern als sonstige unbemannte Luftfahrtssysteme (§ 16 Abs. 1 Nr. 7 LuftVO), deren Einsatz ebenfalls einer Aufstiegserlaubnis bedarf. Der Betrieb solcher gewerblich genutzten Copter ohne entsprechende Aufstiegserlaubnis stellt im Übrigen eine Ordnungswidrigkeit dar, die mit Geldbuße geahndet werden kann. Dies kann man mit einem Antrag auf Erteilung einer Aufstiegserlaubnis umgehen.

In den hier beschriebenen Fällen, in denen der Betrieb von Quadro- oder Multicoptern verboten ist, liegt ein Verbot mit Erlaubnisvorbehalt vor; d. h. die jeweils zuständige Luftfahrtbehörde kann nach Antragstellung eine Ausnahme vom Verbot durch Erteilung einer Aufstiegserlaubnis ermöglichen. Die dafür geltenden Rechtsgrundsätze hatte ich bereits in meiner Dissertation: „Chancen und Grenzen des Rechts auf freie Nutzung des Luftraums durch Flugmodelle“ (Neckar-Verlag) dargestellt. Die Wiederholung dieser Darstellung würde den Rahmen dieses Beitrags bei Weitem sprengen.

Nach diesen Vorschriften ist wohl jeder einzelne Flug gesondert zu genehmigen. Einige Luftfahrtbehörden sind in der Vergangenheit jedoch dazu übergegangen, personenbezogene allgemeine Aufstiegserlaubnisse zu bewilligen, die den Einsatz solcher Quadrocopter unter bestimmten Voraussetzungen bundesweit zulassen. Hier hilft nur eine entsprechende Anfrage bei der zuständigen Luftfahrtbehörde.

Die Technik erlaubt inzwischen auch das sogenannte FPV-Fliegen, First Person View. Dabei sieht der Pilot mittels einer Videobrille und einer Funkübertragung das von der Kamera im Copter aufgenommene Livebild und steuert so den Multicopter, ganz so, als ob er im Modell sitzen würde.

Die entsprechende Regelung findet sich noch in § 15a Abs. 3 Nr. 1 LuftVO. Danach ist der Betrieb von unbemannten Luftfahrtssystemen verboten, wenn er außerhalb der Sichtweite des Steuerers erfolgt.

Aus den Materialien zum Erlass dieser Norm ist erkennbar, dass gerade damit auch die sog. FPVs erfasst werden sollten, also solche Quadrocopter, die mittels Technik und Brille vom Piloten gesteuert werden. Durch die Brille ist eine direkte Steuerung in Sichtweite nicht mehr gegeben. Zur weiteren rechtlichen Problematik von Umgehungsstrategien dieser Regelung hatte ich bereits in MODELL 5/2012, S. 20f. kritisch Stellung genommen.

Letztlich noch nicht geklärt ist die Rechtsfrage, wie sonstiges autonomes Fliegen mit diesen Quadrocoptern luftverkehrsrechtlich zu lösen ist. So ist es heute möglich, per Programmierung den Copter zur Startstelle zurückfliegen zu lassen oder bestimmte Landschaftspunkte via GPS anzufliegen. Nach meiner Auffassung ist dieses Fliegen zulässig, solange ein Sichtkontakt des Piloten zum Quadrocopter gewährleistet ist und der Pilot jederzeit auch manuell die Steuerung übernehmen kann. Sobald aber der Copter die Sichtweite des Piloten verlässt, ist – siehe oben – eine gesonderte Aufstiegserlaubnis erforderlich.

Weiterführende Fachliteratur finden Sie im Programm des Neckar-Verlags:

Rechtsanwalt Dr. jur. Walter Felling: Chancen und Grenzen des Rechts auf freie Nutzung des Luftraums durch Flugmodelle.

Versicherungen für Modellflieger bieten unter anderem die Modellflugverbände:

- DAeC, Deutscher Aero Club,
www.daec.de/sportarten/modellflug/
Adresse:
DAeC-Bundesgeschäftsstelle
Hermann-Blenk-Straße 28
38108 Braunschweig
- DMO, Deutsche Modellsport Organisation,
www.deutsche-modellsport-organisation.de/
Adresse:
Deutsche Modellsport Organisation
Uellendahl 71a
42109 Wuppertal
- DMFV, Deutscher Modellflieger Verband
www.dmfv.aero
Deutscher Modellflieger Verband e. V.
Rochusstraße 104-106
53123 Bonn

Aufsitzen bitte!

Mantragender Copter



Stephan zu Hohenlohe

Die Entstehung der Multicopter hat viel mit der Vernetzung der Entwickler in Internet-Foren zu tun. In einem solchen Forum wurde auch über die Hochskalierung eines Copters zum mantragenden Fluggerät diskutiert.

Aus genau dieser Diskussion entstand die e-volo GmbH, die innerhalb von zwei Jahren den Volocopter entwickelt hat. e-volo wird dabei von verschiedenen Partnern unterstützt. Neben der Universität Stuttgart und der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Karlsruhe sind DG-Flugzeugbau, Helix-Propeller, das FZI Forschungszentrum Informatik, Blank-Sky-Control, das Ingenierbüro mach:idee und die Fa. Smoto involviert.

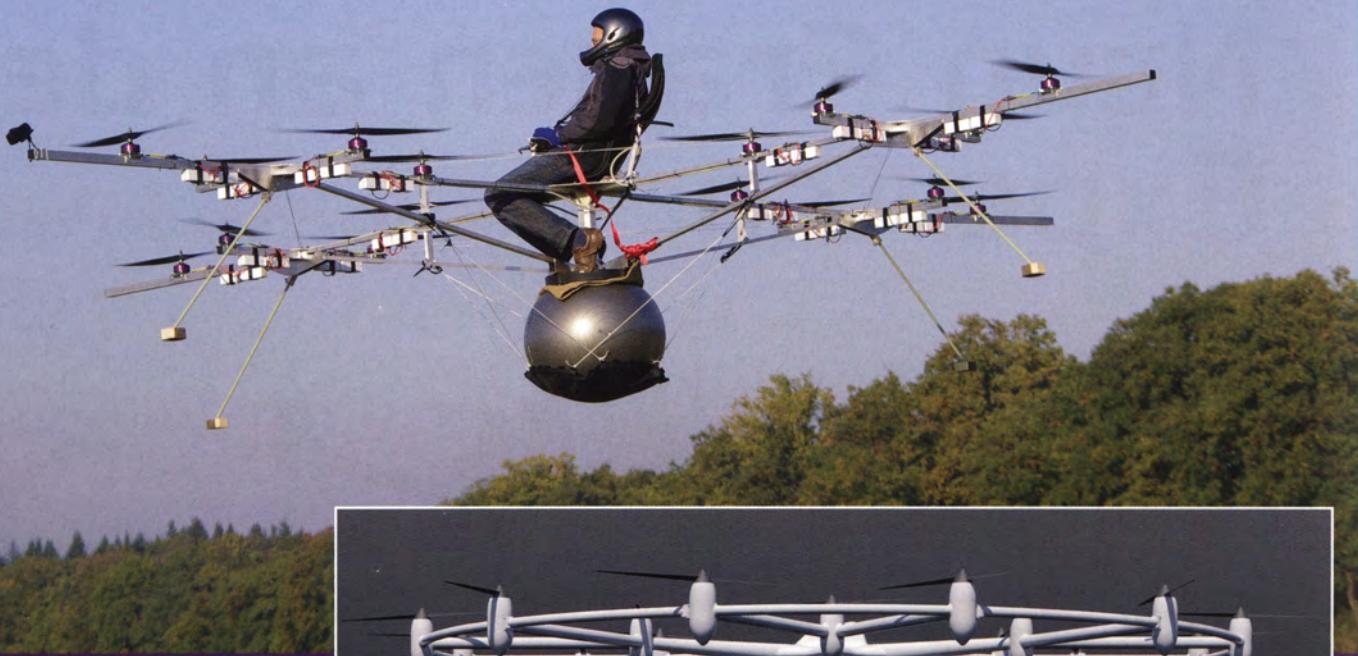
Die Fa. Smoto GmbH aus Ergolding konzentriert sich auf Elektroantriebe und E-Mobilitätskonzepte. Dabei greift sie auf die Erfahrungen und Produktionskapazitäten der Hacker Motor GmbH zurück, die seit 13 Jahren im Modellbaubereich zu den führenden Anbietern von Elektroantriebskonzepten gehört.



Zur Steuerung des VC1 wird ein RC-Handsender verwendet

Ein Meilenstein auf dem Weg zum Volocopter war der Erstflug des »VC1«. Der »VC1« war zunächst für unbemannte Testflüge vorgesehen. Die Flugeigenschaften waren laut e-volo so zuverlässig, dass das Team beschloss, das Risiko eines bemannten Erstflugs einzugehen. Der »VC-1« wiegt leer mit Akkus ca. 80 kg und wird von 16 Hacker-Motoren in die Luft gehoben. Der Durchmesser dieses Multicopters beträgt ca. 5 Meter. Am 21. Oktober 2011 hob dann der erste mantragende, elektrisch angetriebene Multicopter ab. Der Pilot, Thomas Senkel, benutzte bei diesem 90 Sekunden dauernden Flug eine handelsübliche RC-Fernsteuerung zur Kontrolle des Fluggeräts.

Inzwischen baut e-volo an dem »VC200«-Volocopter. Das Fluggerät ist vollkommen neuartig und passt in keine der bekannten Fluggerätekategorien. Aus diesem Grund haben die zuständigen Behörden auch eine neue Klasse definiert. Der Volocopter ist ein Senkrechtstarter, welcher elektrisch



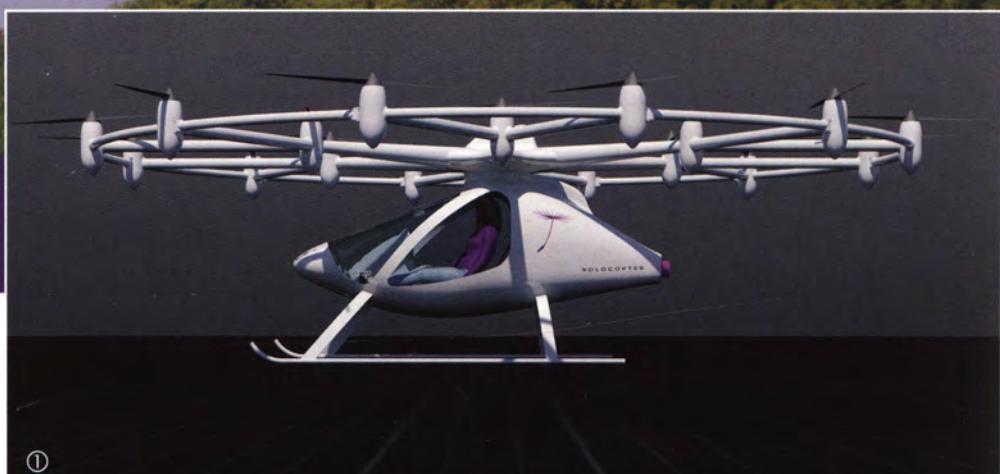
Am 21. Oktober 2011 hob der erste, elektrisch angetriebene, mantragen-de Multicoper ab

- ① Studie des »VC200«-Volocopter
- ② Für den Zweisitzer wurde eine neue Luftfahrtklasse geschaffen
- ③ 18 elektrisch angetriebene Rotoren sorgen für Auf- und Vortrieb

angetrieben wird. Von einem Heli-kopter unterscheidet er sich durch die Vielzahl von Antriebsmotoren, die neben dem Wegfall von me-chanischen Komponenten auch für eine Redundanz sorgen. So soll der Volocopter auch bei Ausfall von mehreren Rotoren noch zu landen sein.

Die ersten Flüge dieses Multi-copters für zwei Personen sollen bereits Mitte 2013 in Bruchsal statt-finden. Dann werden 18 Motoren à 2,5 kW mit sechs Akkupacks für den Auftrieb sorgen. Ein zusätzli-cher Antriebsmotor soll das Flugge-rät auf 120 km/h beschleunigen.

Das Konzept des Volocopters überzeugt Fachleute auf der ganzen Welt. So überreichte der Enkel von Charles Lindbergh, Erik Lindbergh, e-volo im April 2012 den Lindbergh-Innovationspreis 2012. Der Lindbergh-Innovationspreis för-dert neue, umweltschonende Pro-ekte und bedeutende Innovationen in der Luftfahrt. e-volo ist Finalist im Code-n-Contest der CeBIT 2013, mit dem Projekte aus dem Bereich IT und dessen Umfeld prämiert werden.



Neun Fragen an den Experten

Rainer Hacker zum Thema



Rainer Hacker ist Geschäftsführer und Gründer der Hacker Motor GmbH aus Ergolding. Einen Namen hat sich der Motorenentwickler mit seinen C50- und B-Motoren gemacht, mit denen weltweit unzählige Wettbewerbe von Welt-, Europa- und nationalen Meistern gewonnen werden konnten. Sein Wissen und seine Expertise ist bis in die Industrie hinein äußerst gefragt.

Wir möchten von Rainer Hacker wissen, wie eigentlich ein solcher Brushless-Motor, wie er bei fast allen Multicoptern zur Verwendung kommt, funktioniert.

Ein Brushless-Motor besteht im Grunde aus zwei wesentlichen Teilen: einem feststehenden Teil (Stator) und einem drehenden Teil (Rotor). Der Stator ist mit den Kupferwicklungen in/auf einem Blechpaket versehen, und der drehende Rotor besteht aus einem oder mehreren Magneten. Im Prinzip bestromt der Brushless-Regler die Spulen (Kupferwicklungen) und diese bauen ein Magnetfeld auf. Damit „zieht“ dieses Magnetfeld den Dauermagneten des Rotors „hinter sich her“. Dann wird die nächste Spule beschaltet usw. Der Rotor wird so in Drehung versetzt.

Man unterscheidet im Brushless-Motorenbau zwischen Innen- und Außenläufern. Im Multicopterbereich findet normalerweise die Außenläuferbauart ihre Anwendung. Dabei befinden

sich die Spulen/Kupferwicklungen mit dem Statorblech (eine Art Stern, auf dessen Armen die Kupferwicklungen liegen) im Inneren des Motors, und die Magnete drehen sich in einer Art Glocke außenherum. Die Außenläuferbauart verfügt über ein hohes Drehmoment, kann somit große Propeller bei relativ niedrigen Drehzahlen antreiben. Auf ein Getriebe kann daher verzichtet werden. Also genau das, was wir für einen Multicopter brauchen.

Wenn man nun in die Kataloge der Modellbauhändler schaut, wird man eine immense Auswahl an verschiedensten Motoren finden. Sind denn alle Motoren für Multicopters verwendbar?

Hier sollte man unterscheiden, für welchen Antrieb man den Motor benötigt. Hochdrehende Antriebe, wie sie z. B. bei Jets oder Pylon-Modellen eingesetzt werden, sind für Multicopters eher ungeeignet. Ideal geeignet sind niedrigdrehende Außenläufer, die dem Multicopter durch ihre hohe Effektivität zu langen Flugzeiten und einem stabilen Flugverhalten verhelfen. Außerdem sollte man beachten, dass der Multicopter auf eine schnelle Reaktion der Motoren auf Steuerbefehle vom FlightController angewiesen ist, um z. B. bei einer Windböe schnell gegensteuern zu können.

Neben der Drehzahl des Motors ist natürlich die Leistung ein entscheidender Faktor. Gibt es so etwas wie eine Faustformel für den Leistungsbedarf?

Man kann sich hier einer überschlägigen Rechnung bedienen und folgende Formel verwenden:

Leistungsbedarf pro Motor:

Abfluggewicht [kg] x Leistungsfaktor* : Anzahl der Rotoren

Der Leistungsfaktor sollte hier entsprechend des Einsatzschwerpunkts Multicopter eingesetzt werden.

- „Spaßcopter“ mit Leistungsüberschuss für Akrobistik ca. 200 W/kg
- „Allroundanwendungen“ mit normaler Performance ca. 160 W/kg
- Einsatz hauptsächlich ausgelegt auf lange Flugzeit, z. B. als Kameraträger, ca. 140 W/kg

Beispiel: Bei einem Oktocopter (8 Rotoren), mit einem angestrebten Abfluggewicht von 5000 g als Kameraträger, würde die Formel folgendermaßen aussehen:

Leistungsbedarf pro Motor:

5 kg x 150 W/kg : 8 = ca. 94 W/Motor.

Leistungsbedarf des Oktocopters demnach:

$$8 \times 94 \text{ W} = 752 \text{ W}$$

Viele Copter sind vom Hersteller aus fertig konfiguriert und aufgebaut. Schadet es den Antrieben, wenn nun ein solcher Copter ständig stärker belastet wird, beispielsweise durch die Montage einer Kamera?

Dies kommt auf die Abstimmung des Antriebs an. Hier gilt folgende Faustformel: Schweben bei etwa Halbgas. Ist der Antrieb so abgestimmt, dass die Motoren auch bei Dauervollgas nie überlastet werden können, kann man den Copter auch ohne Probleme so überladen, dass für sicheren Schwebeflug etwa 70 bis 75% des Gaswegs benötigt werden. Man sollte allerdings immer im Hinterkopf behalten, dass ein Abfangen aus dem schnellen Sinkflug nur eingeschränkt möglich ist, weil die Rotoren dann eventuell den benötigten Schub nicht mehr erzeugen können. Auch sind dann nur noch sehr geringe Reserven vorhanden, sollte es einmal zu einer unvorhergesehenen Situation kommen.

Zur Funktion eines solchen Motors wird, wie oben erklärt, ein Brushless-Regler oder -Steller benötigt. Kann da jeder Motor mit jedem Regler kombiniert werden?

Die Motoren unterschiedlicher Leistungsklassen verlangen natürlich auch nach Stellern, die dieser Leistung genügen können. Deshalb werden auch Steller in unterschiedlichen Belastungs- und Baugrößen angeboten. Steller ab der preislichen Mittelklasse lassen meist auch eine Programmierung verschiedenster Parameter (wie zum Beispiel das „Timing“) zu und sind so an die unterschiedlichen Brushless-Motoren anpassbar.

Welche Anforderungen werden im Multicopter an den Steller gestellt?

Regler für Anwendungen im Multicopter-Bereich sollten vor allem zwei Dinge beherrschen: gute Teillastfähigkeit und schnelles Ansprechverhalten. Die Teillastfähigkeit ist wichtig, da die Motoren in einem Multicopter bekanntlich fast nie auf Vollgas laufen. Auch ein schnelles Ansprechverhalten

ist wichtig, um einen möglichst schnellen Regelkreis des FlightControllers und somit ein stabiles Flugverhalten zu erreichen. Je nach FlightController und dessen Software werden Befehle zwischen 300 bis 495 Mal pro Sekunde (300 bis 495 Hz) an den Regler ausgegeben. Da ein normales Servosignal vom Empfänger nur 50 Mal pro Sekunde (50 Hz) aktualisiert wird, benötigt man spezielle Regler, die diese schnellen Signale verarbeiten können.

Modellflieger wissen, dass der dauernde Betrieb eines Antriebs im Teillastbereich zu Wärmeentwicklung führen kann. Gilt dies auch für Multicopter?

Brushless-Steller im Modellbaubereich haben in der Regel bei Volllast ihre beste Effektivität, das heißt, dass am wenigsten Leistung durch die Schaltvorgänge des Stellers in Wärme verloren geht.

Beim Multicopter ist es üblich, dass ein Großteil der Flugzeit im Teillastbereich durchgeführt wird. Damit werden mehr Schaltvorgänge in der Endstufe des Stellers notwendig, was wiederum eine erhöhte Erwärmung mit sich bringt. Hier sollte man also darauf achten, einen potenteren Steller auszuwählen.

Das nächste Glied der Antriebskette ist der Rotor, auch Propeller genannt.

Die Propeller sollten natürlich effizient und möglichst leicht sein. Die Effizienz sorgt für längere Flugzeiten und bessere Performance. Ein leichterer Propeller bringt weniger zu beschleunigende Masse bei der Drehzahländerung für die Stabilisierung der Fluglage. Die Propeller sollten zudem sorgfältig gewuchtet sein. Einige Hersteller bieten ihre Propeller auch paarweise exakt zueinander passend an. Bei der Xoar-Precision-Pair-Linie zum Beispiel wird immer ein zueinander passender links- und ein rechtsdrehender Propeller geliefert. Die einzelnen Propeller sind exakt gleich schwer sowie präzise gewuchtet und können an zwei gegenüberliegenden Motoren montiert werden. Schlecht oder gar nicht gewuchtete Propeller können zu starken Vibrationen führen, die die empfindliche Sensorik der FlightControl beeinträchtigen und unschönes „Schwimmen“ (sog. Rolling Shutter) einer am Copter verbauten Kamera verursachen können.

Genau auf der anderen Seite der Kette befindet sich der Antriebsakkus des Multicopters, meist ein Lithium-Polymer-Akku. Gibt es spezielle Anforderungen an den Akku im Copterbetrieb?

Bei Akkus ist vor allem eine konstante Spannungslage bei der benötigten Dauerbelastung sowie dauerhafte Stromfestigkeit gefragt. Bei Multicoptern wird immer relativ konstant viel Strom aus dem Akku entladen. Stromspitzen gibt es nur beim Abfangen oder bei schnellen Steigflügen.

Bricht die Akkuspannung eines ungeeigneten Akkus schon bei dieser Dauerbelastung zu stark ein, kann es z. B. beim Abfangen zu starken Drehzahleinbrüchen und Schubverlusten kommen. Dies kann im ungünstigsten Fall den Verlust des Multicopters bedeuten.

Die Redaktion dankt Rainer Hacker ganz herzlich für die ausführliche Beantwortung unserer Fragen.



Rainer Hacker (re.) mit dem Copterspezialisten der Fa. Hacker, Manuel Suchanek

Impressum



Dieses Heft ist eine Sonderpublikation
der Monatszeitschrift



Verlag
Neckar-Verlag GmbH
Klosterring 1
78050 Villingen-Schwenningen
Postfach 1820, 78008 Villingen-Schwenningen
Telefon 07721/8987-0
Telefax 07721/8987-50
www.neckar-verlag.de

Verlagsleitung
Ruth Holtzhauer, Beate Holtzhauer

Redaktion:
Stephan zu Hohenlohe, Ralph Müller

Grafik und Layout
Robert Scheit

Marketing
Rita Riedmüller
Tel. 07721/8987-44

Anzeigenverwaltung
Uwe Stockburger
Tel. 07721/8987-71
Aline Denkinger
Tel. 07721/8987-73

Anzeigen
Für Texte und Inhalte von Anzeigen und Beilagen übernimmt der Verlag keine Verantwortung.

Vertrieb
Monika Fritschi, Baupläne, Bücher und Zeitschriften, Abonnementsverwaltung.
Tel. 07721/89 87-37/-38 und -48

Einzelpreis des Sonderhefts
Euro 9,60 [D],
Euro 9,90 [EU]; sfr 15,90

Bankverbindungen
Postgirokonto-Nr. 9389-701, Stuttgart,
BLZ 60010070
Volksbank eG Villingen, Konto-Nr. 8915,
BLZ 69490000

Druck
Werbedruck GmbH Horst Schreckhase
34286 Spangenberg

Vertriebsbetreuung für das Grosse und den Babu
Wolfgang Sieling, Am spitzen Hey 19,
38126 Braunschweig, Tel. 0531/69 11 07
Ernst Leidecker, Mömlingtalring 91,
63785 Obernburg, Tel. 060 22/77 33

Auslieferung für die Schweiz
Wieser Modelbau-Artikel, Postfach,
Wieslergasse 10, CH 8049 Zürich-Höngg,
Tel. 01/3 40 04 30, Fax 01/3 400431

Copyright und Nachdruck
Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsgut des Verlages über. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags. Nachdruck: Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlags vervielfältigt oder verbreitet werden. Das gilt auch für die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und Mailboxen sowie Vervielfältigungen auf CD-ROM. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht.

Zeitschriften aus dem Neckar-Verlag sind auf umweltfreundlichem Papier gedruckt.

Großer Flugspaß im Miniformat

Jetzt
kann jeder
Pilot sein

Wechselbare Motoren

Für den Innen- und Außeneinsatz

Achsabstand nur 120 mm

3 Modi: Anfänger, Sport, Experte

Inkl. Sender und Batterien

7995

REELY

MiniCopter MC 120 RtF

Selten hat Fliegen so viel Spaß gemacht! Das sirrende Flugobjekt MiniCopter kann von jedermann auch ohne Vorkenntnisse oder Modellflug erfahrung sicher bewegt werden. Das eigenstabile Flugverhalten mit 4 Rotoren und eine ausgeklügelte Steuerungselektronik machen es möglich. Auspacken und losfliegen - so heißt das Motto, drinnen im Wohnzimmer oder im Büro genauso wie draußen.

Best.-Nr.: 518007-ZE

€ 79,95

Flugspaß in 3 Stufen - das MiniCopter-Bedienkonzept wächst mit den Fortschritten des Piloten

Auch ohne Vorkenntnisse gelingen Ihnen schon nach kurzer Einübung spektakuläre Flugmanöver.

Anfänger Mode

Schnelle Erfolgsergebnisse für Anfängerpiloten.

Sport Mode

Ideal für fortgeschrittene Piloten - der MC120 fliegt immer noch eigenstabil, reagiert aber wesentlich sensibler auf die Steuerung.

Experten Mode

Quadrokopter-Flug ohne Limit! Zusätzlich der ideale Trainingsmodus für den einfachen Umstieg auf Modellhelikopter.

QUADCOPTER

FÜR ECHTE PILOTEN

SPEZIFIKATIONEN

LÄNGE/BREITE: 178 mm
HÖHE: 55 mm
FLUGGEWICHT: 75 g
ROTOR: 140 mm
DURCHMESSER:
MOTOREN: 8,5mm brushed(4 eingebaut)
ON-BOARD: Flybarless 4-in-1
ELEKTRONIK: Empfänger/Regler/
Mischer/AS3X-Einheit
AKKU: 1S 3.7V 500mAh LiPo
LADEGERÄT: E-flite® Celectra™ 1S LiPo
Ladegerät mit variabler
Rate
FERNSTEUERUNG: MLP4DSM 4-Kanal DSM2
Fernsteuerung (nur RTF)

RTF **BNF**
BLH7500 BLH7580

Der neue **BLADE® mQX**

Zugegeben, die meisten Quadcopter sind großartige Kameraträger. Allerdings sind nur die wenigsten agil genug um wirklich richtig Spaß zu bringen. Genau dafür wurde der neue Blade mQX entwickelt, denn kaum ein anderer Quadcopter in dieser Größe ist in der Lage so einzigartige Manöver zu fliegen. Ob Spins, Pirouetten oder Loopings, das einzigartige AS3X System macht es möglich. Draußen übernimmt das System die notwendigen Korrekturen zum Aussteuern von Böen automatisch, während Sie sich voll aufs fliegen und damit auf den Spaß konzentrieren können. Erleben Sie selbst wie viel Spaß Quadcopter bringen können. Der Blade mQX ist ihr perfekter Einstieg in eine Welt voller Quadrostatic Fun! Weitere Infos und einen Händler in Ihrer Nähe finden Sie unter horizonhobby.de.

BLADE
#1 BY DESIGN

HORIZON
HOBBY

horizonhobby.de