



Titelbild: HiSystems/ perspectiveAerials

Mit Hightech in die Luft gehen

Wenn Chips fliegen lernen – Multikopter

Das Erscheinen neuer Modellflugtechnik im Modellbaumarkt hat zu einem Boom neuartiger Flugmodelle geführt – sie sind einfach zu fliegen, stecken voller Hightech und bieten mit ihren Ausbaumöglichkeiten eine Menge Spaß. Im zweiten Teil unserer kleinen Modellbau-Serie wenden wir uns einer noch recht neuen Spezies der Flugmodelle zu, den Multikoptern. Sie bieten dem flugmodellbegeisterten Elektroniker ein reiches Betätigungsfeld, denn hier fliegt Hightech pur!

Drei, vier, sechs, acht, zwölf ...

Was wie eine krumme Zahlenreihe klingt, sagt einer bestimmten Spezies von Modellfliegern sofort etwas – es ist die bisher übliche Anzahl von Rotoren, die ein noch neuartiges Fluggerät in die Luft bringen, den Multikopter.

Bezeichnungen für diese Art Fluggerät gibt es viele, von der inzwischen schon fast historischen Bezeichnung Quadrocopter für Fluggeräte mit vier Rotoren bis hin zu eher herstellerspezifischen Bezeichnungen wie MikroKopter. Es sind immer Fluggeräte, die mit mehreren Rotoren wie ein Hubschrauber senkrecht starten, jede Art der Flugbewegung vollführen können und so flugstabil sind wie kein anderes Fluggerät. Dabei erfolgt die Steuerung allein durch eine abgestimmte Drehzahlvariation unter den Rotoren.

Urväter dieser Fluggeräte gibt es einige in der Geschichte des Flugwesens, das wohl bekannteste war das leider nur in zwei Exemplaren gebaute und heute nur noch als zu restaurierendes Fragment im National Museum of the U.S. Air Force existierende VTOL-Experimentalflugzeug Curtiss-Wright X-19 (Abbildung 1). Es war ein senkrecht startendes



Bild 1: Urvater und Vorbild für die Multikopter: die Curtiss-Wright X-19. (Quelle: [1])

Transportflugzeug mit vier Schwenkrotoren, die Starts und Landungen wie ein Hubschrauber ermöglichen.

Und sicher war es auch die Vision der fliegenden Untertassen, die die beiden damaligen deutschen Schüler Daniel Gurdan und Klaus-Michael Doth im Jahr 2003 dazu brachte, ein flugfähiges Modell einer solchen Schwebepattform im Bundeswettbewerb „Jugend forscht“ vorzustellen. Sie belegten damals einen vierten Platz, und aus dem Projekt ging 2005 das bekannte X-UFO von Silverlit hervor, das funktionelle Vorbild für die heutigen Multikopter.

Wie fliegende Untertassen, gemeinhin UFOs genannt, sehen auch die modernen Nachfolger aller Couleur aus: An drei und mehr Tragarmen befindet sich jeweils ein kräftiger Brushless-Motor, der eine Luftschraube direkt antreibt. Dieses Antriebskonzept zeichnet sich u. a. durch eine im Verhält-

nis zum Eigengewicht des Fluggerätes hohe Antriebs- und Tragkraft aus – ohne Nutzlast bewegen sich die Multikopter pfeilschnell und stellen mit ihrer Agilität jeden Hubschrauber in den Schatten. Als „Lastesel“ vermag dieser Antrieb erstaunliche Nutzlasten zu tragen.

Gesteuert wird das Ganze von der im Zentrum untergebrachten Elektronik, die u. a. über drei Gyros verfügt, die die Lage im Raum exakt bestimmen und eine Fluglageregelung ansteuern, die dafür sorgt, dass das Fluggerät stabil in der Luft liegt und überhaupt steuerbar ist.

Aufwändigere Konzepte verfügen noch über eine präzise Höhenregelung, die die Fluglage weiter verbessert.

Alle Informationen laufen in einem oder mehreren Mikroprozessoren zusammen, die die Fluglage im Extremfall sogar völlig selbstständig regeln können.

Ansonsten werden die ungewöhnlichen Fluggeräte von einer normalen Modellfernsteuerung mit mindestens vier Kanälen gesteuert.

Wer schon einmal einen Modellhubschrauber geflogen hat, weiß, dass es trotz elektronischer Stabilisierungshilfen nicht einfach ist, diesen sauber in der Luft zu halten und zu fliegen. Das Hubschrauberfliegen erfordert einiges Training, um mehrere gleichzeitige Steuerungshandlungen koordiniert und automatisiert zu beherrschen. Wie im ersten Teil schon bemerkt, erleichtern das Koaxprinzip und moderne Gyrotechnik vieles, aber das Grundlegende, die gleichzeitige Koordination mehrerer Raumachsen, bleibt für den Piloten.

Beim Multikopter ist die Steuerung der meist vier, sechs oder acht Antriebe derart automatisiert, dass sich das Fluggerät bei sauberer Grundeinstellung immer selbst stabilisiert und nur der Eingriff per Fernsteuerung dieses aus der stabilen Lage bringt. Entsprechend einfach ist es zu fliegen. Hier kann sogar Windeinfluss, der absolute Feind vor allem der leichten Hubschrauber, leicht entgegengesteuert werden.

Fliegende Intelligenz

Möglich wurde diese einfache und stabile Steuerung durch die rasante Entwicklung kleiner Mikrocontroller mit moderner Sensorik, leistungsstarken Brushless-Antrieben und LiPo-Akkus.

Ja, jetzt wird es bei vielen, die die neue Modellflugkategorie bisher noch nicht kannten, wohl aus dem Gedächtnis geholt: hat man doch schon gesehen, so etwas! Bei der Polizei, beim Militär, als Drohne zur Aufklärung und zur Observation von Demonstrationen, neuerdings auch in der Erprobung bei der Feuerwehr zur Aufklärung von brennenden Arealen. Wie weit und seit wann es die militärische Nutzung dieser Technik gibt, ist kaum öffentlich bekannt, die Steuerungstechnik wird hier „systembedingt“ vornehmlich in flugzeugähnlichen Langstrecken-Aufklärungsdrohnen eingesetzt. Was aber die sonstige kommerzielle Verwendung angeht, da stammen ganz sicher alle Konzepte mehr oder weniger von denen der Modellbauer ab, die kommerziellen Geräte für Polizei, Feuerwehr, Sicherheitsdienste, professionelle Luftfotografen usw. sind aus der Sicht des Modellbauers materiell aufwändigere Nachbauten, mehr nicht. Glauben Sie nicht? Dann lesen Sie einfach weiter, wie der Status quo bei den

Modellbauern ist. Einige weltbekannte Multikopter-Projekte gingen gar direkt aus dem Modellbau hervor, so das französisch-internationale Paparazzi-Projekt [2].

Insgesamt ist die Modellbau-Szene zu diesem Thema derzeit noch recht übersichtlich, auch wenn es weltweit bereits tausende Multikopter-Piloten gibt. Allerdings basieren die meisten Multikopter auf ganz wenigen Konzepten, und nur wenige Hersteller/Entwickler widmen sich dem Thema, es ist der übliche Weg: zuerst bauen Freaks für und mit Freaks, und wenn sich der Massenmarkt auftut, springen die großen Hersteller auf den Zug.

Wir wollen hier, ohne die restliche Szene (siehe Anhang) aus dem Auge zu verlieren, das MikroKopter-Konzept der nicht weit von unserem Verlagsort agierenden Firma „HiSystems“ aus dem ostfriesischen Moormerland vorstellen.

Hier hat man, in Person der beiden Geschäftsführer Holger Buss und Ingo Busker, seit den ersten Anfängen im Jahr 2006 ein enormes Know-how entwickelt, das in der Szene nahezu einmalig sein dürfte. Nur wenige weitere Projekte wie z. B. Wolferl, Arduino oder QuadroControl (Abbildung 2) oder TT-Copter erreichen eine derartige Komplexität des Gesamtsystems.



Bild 2: Das QuadroControl-III-Projekt fällt durch flexible Gyro-Bestückung, integrierte Stromverteilung und die weitgehende Bestückung mit bedrahteten Bauteilen auf. Oben der kompakte und agile Logocopter des QuadroControl-Entwicklers in Aktion

Hier entstand eine technische Plattform, um die sich eine beachtliche und inzwischen weltweite Gemeinde Gleichgesinnter gebildet hat. Denn inzwischen ist der „MikroKopter“, wie HiSystems seine Schwebepattformen nennt, neben der Entwicklung von Industriesteuerungen ein zweites Standbein der kleinen Firma geworden, ein Online-Shop ermöglicht den Erwerb aller Komponenten bis hin zum kompletten Bausatz (Abbildung 3). Die Internetseite (Abbildung 4) zum Thema MikroKopter [3] dürfte in Umfang, Wissensvermittlung, Anleitung und zusammengetragenem Wissen einzigartig sein, dort können Sie ausführlich weiterlesen, wo dieser Artikel aus Platzgründen Themen nur anreißen kann. Die Entwickler lassen die Gemeinde an jeder Neuigkeit teilhaben, es bleiben kaum Fragen offen, ein riesiges Wiki geht auch ins kleinste Detail bis hin zur optimalen Programmierung oder



Bild 3: Komplet: Den MikroKopter gibt es auch als kompletten Bausatz inklusive Flug-Akku.

zur Flugschule für Einsteiger, Flugsimulator usw. Gerade das geschlossene Gesamtkonzept des MikroKopter-Projekts ist es wert, hier ausführlicher vorgestellt zu werden.

Die MikroKopter-Technik aus Moormerland ist inzwischen so perfekt, dass auch Profis, wie etwa die US-Luftbildfirma „perspectiveAerials“, diese Fluggeräte kommerziell nutzen. Was steckt Technisches dahinter? Dazu sei vorab gesagt: Der Elektroniker und Programmierer findet bei diesem Thema eine geradezu unendliche technische „Spielwiese“ vor, bei der das eigentliche Fliegen manchmal fast zur Nebensache wird. Denn sowohl Schaltungen als auch Software werden offen gelegt, wenngleich deren kommerzielle Nutzung separaten Bestimmungen unterliegt!

Herz und Hirn: Flight-Ctrl und Co.

Intelligenter Kern ist die „Flight-Ctrl“ (Abbildung 5). Auf dieser Hauptplatine befinden sich die wichtigsten Steuerungs-

elemente des MikroKopters, der Prozessor und die Sensoren wie Gyroskope, Beschleunigungs- und Luftdrucksensor. Die Platine gibt es in zwei Versionen, der hauptsächliche Unterschied besteht in der Bestückung mit unterschiedlichen Gyroskopen. Die Version 2.0 ME ist mit sehr hochwertigen MEMS-Gyroskopen bestückt, die äußeren Einflüssen wie Temperatur besser widerstehen als einfachere Piezo-Gyroskope, wie sie etwa auch bei den preiswerten Modell-Hubschraubern zum Einsatz kommen. So kann man z. B. ohne Aufwärmzeiten sofort fliegen, auch starker Sonnenschein oder plötzliche Abkühlung im Schatten machen dieser hochmodernen Gyroskop-Version nichts aus.

Die Aufgaben der Steuerung sind umfangreich. Natürlich muss sie zunächst die Signale der Funkfernsteuerung auswerten, die von einem separaten Fernsteuerempfänger kommen. Ein wesentlicher Unterschied zur herkömmlichen Signalausgabe des RC-Empfängers: Die Flight-Ctrl benötigt das PPM-Summensignal, das nicht jeder Fernsteuerempfänger nach außen liefert. Eine ausführliche Kompatibilitätsliste und spezialisierte Empfängerangebote aus dem Shop machen jedoch die Auswahl einfach. Mit dem Summensignalerzeuger „Quadro PPM“ ist zudem die Umrüstung bestehender Empfänger möglich.

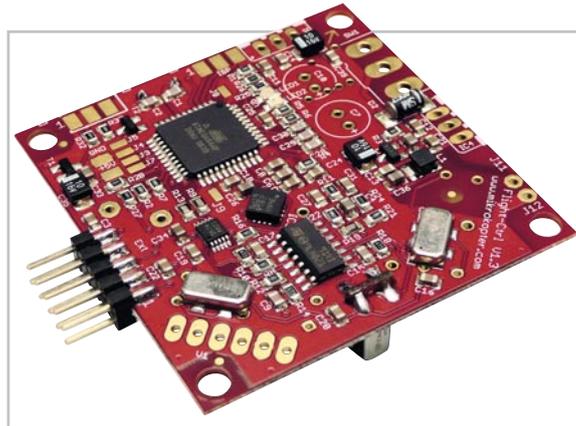


Bild 5: Um sie dreht sich im Wortsinn alles – die zentrale Steuerungsplatine Flight-Ctrl, hier die Version 1.3.



Bild 4: Die MikroKopter-Internetseite lässt keine Frage zum Thema offen, und eine riesige Gemeinde sorgt neben den Betreibern für höchste Aktualität.

Mittels der genannten Sensoren ermittelt der Controller der Steuerung die Beschleunigungsraten und Drehgeschwindigkeiten der drei Raumachsen, optional die Flughöhe (über den Luftdrucksensor), berechnet daraus die aktuelle Fluglage und steuert die Motoren an. Entsprechend der zuvor über einen USB-zu-RS232-Konverter vorgenommenen Programmierung bzw. Parametrierung der Steuerung (darauf kommen wir noch) wird der MikroKopter in die Lage versetzt, sich selbstständig zu stabilisieren.

Die selbstständige Stabilisierung kann bei Bedarf noch perfektioniert werden, indem man ein separates Kompassmodul mit einem 3-Achsen-Magnetfeldsensor (Abbildung 6) mit Neigungskompensation anschließt. So hält das Fluggerät immer automatisch eine bestimmte Flugrichtung ein – für Einsteiger zu empfehlen! Das Kompassmodul leistet auch nützliche Dienste, falls man das Modell später mit GPS ausrüsten möchte. Dank eines eigenen leistungsfähigen ATmega-Controllers zieht es keine Rechenkapazität vom Hauptcontroller ab.

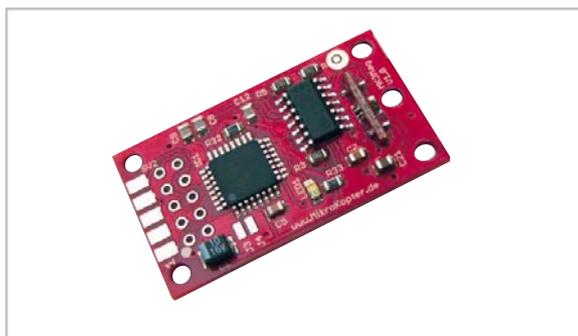


Bild 6: Das 3-Achsen-Kompassmodul für die Realisierung eines neigungskompensierenden Kompasses

Eine weitere Aufgabe der Steuerung ist die Ansteuerung der ebenfalls separaten Motorregler für die Brushless-Motoren (brushless – bürstenlose Gleichstrommotoren). Abbildung 7 zeigt einen solchen Controller, auch dieser verfügt über eigene Intelligenz in Form eines ATmega-Controllers. Leistungsfähige und vor allem schnelle FET-Ansteuerstufen sorgen für umgehende Weitergabe der Steuerbefehle an die Motoren, die jeweils bis zu 25 A Spitzenlast aufnehmen dürfen. Schließlich überwacht die Flight-Ctrl auch die Spannung des Akkus und warnt weithin hörbar vor Unterspannung. Je nach Version verfügt die Flight-Ctrl zusätzlich über einen oder fünf Servoausgänge, so dass man via RC-Sender auch z. B. Schwenk-/Neigeservos für eine angebrachte Kamerahalterung, einen Kameraauslöser o. Ä. steuern kann. Denn eine der Hauptaufgaben wird von den meisten Nutzern darin gesehen, mit dem leicht steuerbaren und stabil auf der Stelle stehenden MikroKopter Luftaufnahmen machen zu können. Überhaupt, im Wesentlichen gibt es zwei Nutzergruppen – die der sportlich veranlagten Fun-Flieger, die auch gern Kunstflüge absolvieren, und die der Fotoflieger. Entsprechend unterschiedlich fallen denn auch die mechanischen Konzepte beider Gruppen aus. Während die eine Wert auf geringstes Gewicht, Kompaktheit und höchste Agilität legt, richtet die andere ihr Hauptaugenmerk auf absolut stabile Flugeigenschaften, hohe Traglast und perfekte Kommunikation, meist sogar direkt zur Kamera. Auch die bereits genannten weiteren Multikopter-Konzepte sind ähnlich aufgebaut. Für den, der keine fertig bestückten SMD-Platinen kaufen und eine solche Flugsteuerung komplett selbst aufbauen will, sei mehr als ein Blick auf das QuadroControl-Projekt [4] empfohlen. Auch diese Steuerung ist sehr hoch entwickelt, sie hat einen ACC-Beschleunigungssensor an Bord, der stets für eine stabile Fluglage sorgt, kann flexibel mit preiswerten Piezo-Gyros oder den hochwertigen MEMS-Gyros bestückt werden, ein Stromverteiler für die Stromzuführung zu den Motorreglern ist integriert. Da auf den Einsatz schwierig zu handhabender SMD-Bauteile verzichtet wurde, ist diese Steuerung eine kostengünstige Lösung für den, der von Beginn an alles selbst löten will.

Bausatz oder Eigenbau?

Bereits mit den bisher genannten Komponenten, wobei schon das Kompassmodul zum Einstieg nicht unbedingt notwendig – obschon empfehlenswert – ist, kann man eine „flugfähige“ Steuerung aufbauen.

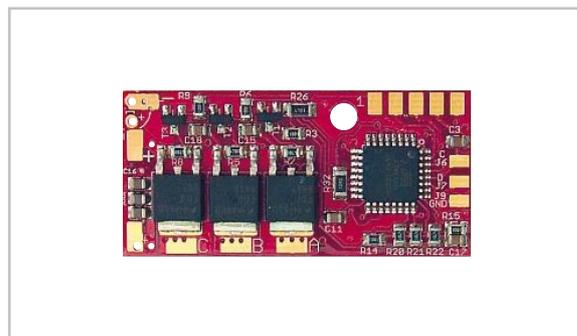


Bild 7: Leistungsfähige Motorregler mit eigener Intelligenz steuern die bürstenlosen Motoren an.

Ob man das eigentliche Modell als kompletten Bausatz (siehe Abbildung 3) anschafft, es aus den angebotenen Einzelteilen selbst zusammenstellt oder gar komplett selbst baut, ist jedem selbst überlassen.

Viele Multikopter-Piloten fliegen tatsächlich mit Eigenkonstruktionen, deren Materialien im Wesentlichen aus dem Baumarkt und dem Drachenshop stammen. Die Galerie in [3] gibt hierzu ausreichend Anregungen. Daneben gibt es aber auch sehr ausgefeilte Rahmenkonstruktionen, die keinen Wunsch mehr offen lassen, z. B. bei [5]. Wir haben einen kompletten MikroKopter-Bausatz mit der Flight-Ctrl 1.3 aufgebaut und hier lediglich noch eine Haube samt Akkuträger aus [6] sowie einen MikroKopter-Stromverteiler ergänzt. Als RC-Anlage kam eine normale 7-Kanal-Anlage von Graupner zum Einsatz.

Für das Landegestell haben wir eine Eigenkonstruktion mit GFK-, Karbon- und Alu-Teilen aus dem Drachenshop gewählt. Sie schützt auch die Kamera-Traglast.

Schließlich haben wir für die ersten Flugversuche einen GFK-„Rettungsring“ gebaut, das erspart am Anfang zumindest einige Luftschrauben-Schäden und bei einem Absturz auch größere Schäden am Fluggerät selbst. Die Schutzvorrichtung kann mit ein paar Handgriffen wieder abgenommen werden.

Die Ideen zu diesen Eigenbau-Ergänzungen stammen allesamt aus der o. a. Galerie, die einen wahrhaft unerschöpflichen Ideenfundus der kreativen Erbauer dieser Fluggeräte darstellt. Inzwischen sind hier hunderte Aufbaustories, tausende Bilder und zahlreiche Bau- und Flugvideos hinterlegt. Abbildung 8 zeigt die fertig aufgebaute Technik, die von einem leichten und leistungsfähigen LiPo-Akku versorgt wird. Den Aufbau kann man durchaus an einem Wochenende schaffen.

Wer übrigens tatsächlich nur fliegen und nicht bauen will, findet im Internet-Handel, z. B. unter [7], flugfertig aufgebaute und eingestellte Kompletmodelle anderer Hersteller.

Vor dem Fliegen: Parametrieren via PC

Da es sich bei dieser Art Modell in der Tat prinzipiell um einen fliegenden Rechner handelt, der zahlreiche Möglichkeiten der Programmierung seiner Aufgaben bietet, liegt es natürlich nahe, diese Fähigkeiten für einen detaillierten, individuellen „Abgleich“ der Technik zu nutzen, um optimale

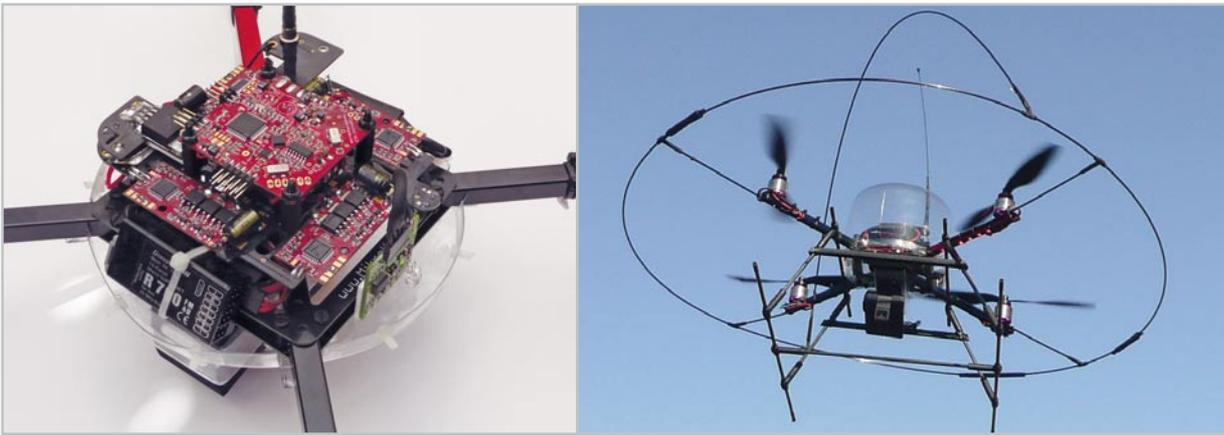


Bild 8: Die fertig aufgebaute Elektronik in der Grundausstattung mit Fernsteuer-Empfänger. Im Unterteil der Abdeckhaube ist der Akku in einem Fach verstaut. Eine zusätzliche Akku-Kontrollplatine ermöglicht die Einzelzellenkontrolle und Akkuwarnung mit einem besonders weit sichtbaren Blitzler. Rechts der Erstflug des kompletten Modells mit Abdeckung, Eigenbau-Landegestell und „Rettungsring“ für die ersten Flüge.

Flugeigenschaften einstellen zu können, angepasst an die jeweilige Aufgabe, die Fernsteuerung und die Umgebungsbedingungen. Dazu verfügt die Flight-Ctrl über eine UART-Schnittstelle, an die ein USB-Interface angeschlossen wird (zum allgemeinen Thema USB-UART-Umsetzer finden Sie einen separaten Artikel in diesem Heft). Das stellt die Verbindung zu einem PC her, auf dem ein Programm zum Parametrieren, Flashen und Debuggen der Steuerung installiert ist. Dieses nennt sich bei HiSystems „MikroKopter-Tool“ (Abbildung 9). Es läuft unter MS Windows, für Apple Mac und Linux-Systeme gibt es ähnliche Programme. Besonders interessant ist hier das DUBwise-Projekt (ebenfalls auf [3] zu finden), das die gleichen Aufgaben und zusätzlich die Fernsteuerung des Modells auf Windows-Mobile- bzw. Android-Geräten, z. B. Handys, erledigen kann. Hier ist sogar eine Sprachausgabe für aktuelle Flugparameter integriert, ein künstlicher Horizont ist ebenso verfügbar wie die Möglichkeit, GPS-Dienste mit einzubeziehen. Abbildung 10 zeigt u. a. einige Screenshots dazu.

Doch zurück zum MikroKopter-Tool. Von hier aus sind alle Einstellungen der Steuerung zu erledigen (Parametrierung). Man kann die Fernsteuerung perfekt an die Reaktionen des Modells anpassen, so gibt es u. a. auch Standard-Einstellungen für Flug-Anfänger und sportliches Fliegen. Alle relevanten Baugruppen des MikroKopters sind von hier aus direkt erreichbar und einstellbar, so kann man bei der GPS-Aufrüstung u. a. auch den GPS-Datenempfang kontrollieren.

Über verschiedene Monitore sind die Reaktionen des Modells auf Steuerbefehle detailliert darstellbar, man ist so in der Lage, alle Parameter genau aufeinander abzugleichen. Damit Anfänger mit der Vielfalt der Möglichkeiten nicht überfordert sind, gibt es, wie gesagt, Standardeinstellungen, aber auch zahlreiche weitergehende Informationen in dem zugehörigen Wiki und im Forum.

Eine sorgfältige Parametrierung vor dem ersten Start ist nicht nur unerlässlich, da man sonst im schlimmsten Fall ein unfliegbares Modell hat, sie gibt auch die Sicherheit, dass man bald eine sehr sichere Fluglageregelung hat. Es empfiehlt sich, das Programm auf einem tragbaren Computer zu installieren, um letzte Einstellungen auch direkt auf dem Flugfeld vornehmen zu können, Insider nennen das „Settings erfliegen“.

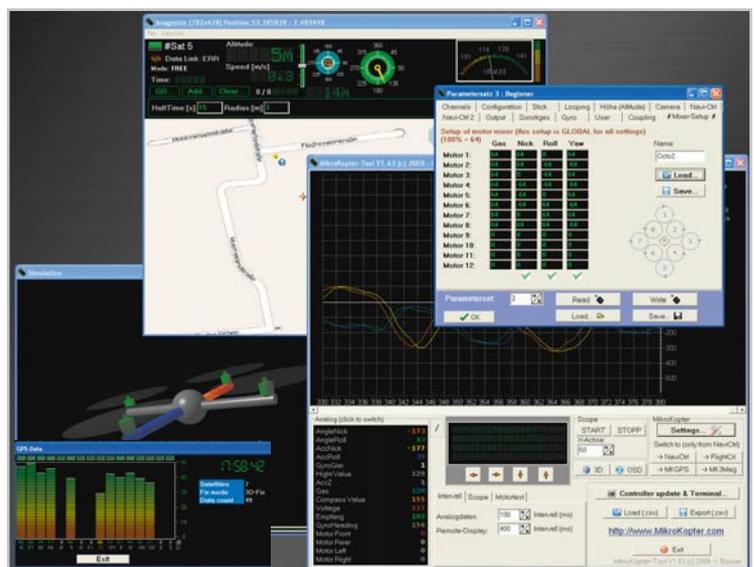


Bild 9: Universalwerkzeug „MikroKopter-Tool“ für Parametrierung, Update, Telemetrie, GPS. Sogar eine 3D-Anzeige zur aktuellen Einstellung der Fluglage gibt es.

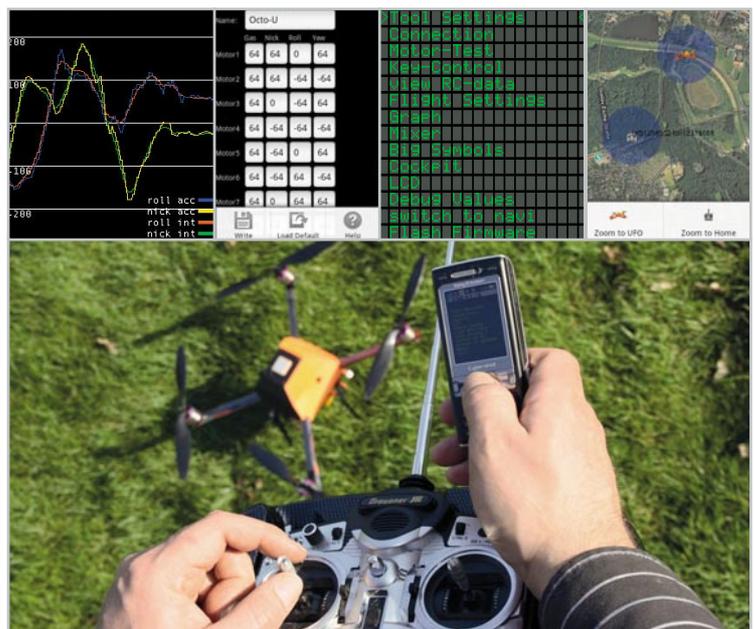


Bild 10: Drahtlos via Bluetooth parametrieren und überwachen – das DUBwise-Projekt macht's per Handy möglich.

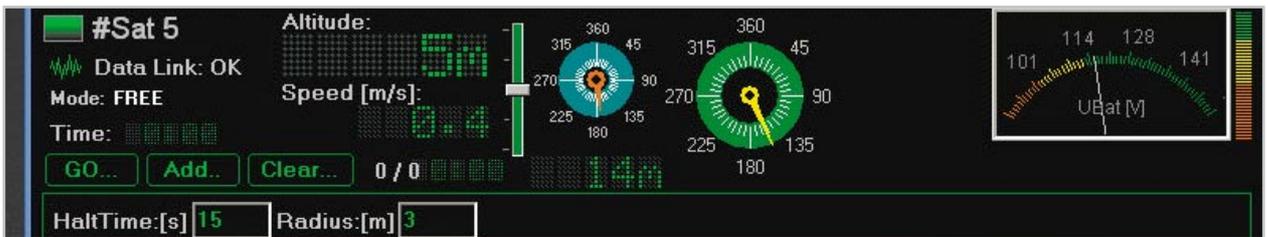


Bild 11: Perfekte Überwachung des Flugzustands per Telemetrie

Übrigens ist hierüber auch ein Flashen der Firmware der einzelnen Mikrocontroller möglich, sehr praktisch! Aber das Tool kann noch mehr! Es verfügt über ein OSD-System, mit dem sich sowohl aktuelle Parameter (Telemetrie-daten) des Modells wie Akkuzustand, Flughöhe, Geschwindigkeit, Abstand zum Startort u. v. a. m. anzeigen lassen (Abbildung 11) als auch der GPS-Flug über frei auf einer Karte programmierbare Wegpunkte (Abbildung 12) planen und editieren lässt. So kann man nicht nur ständig alle wichtigen Zustände kontrollieren, sondern auch den „autonomen“ Flug des Modells per Wegpunkteingabe steuern bzw. diesen z. B. auf einer Google-Earth™-Karte am Bildschirm verfolgen. Doch dazu ist noch ein wenig mehr Technik mit an Bord des MikroKopters zu nehmen!

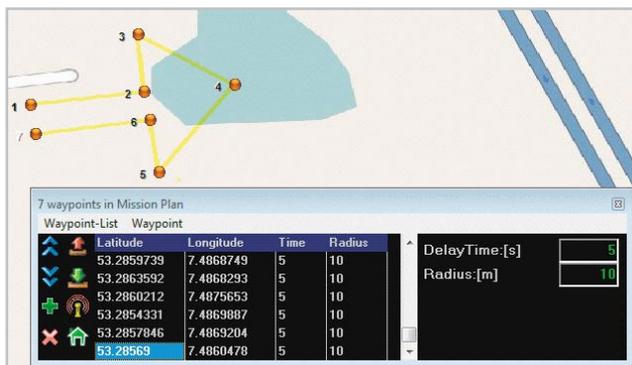


Bild 12: Das OSD-Tool ermöglicht die besonders einfache Routenplanung und das Editieren von Wegpunkten direkt auf einer eingela-denen Karte.

Programmierter Alleinflug per GPS

Mittels der drei Nachrüstmodule „Navi-Ctrl“ (Navigationssteuerung), „MK3Mag“ (Kompassmodul) und „MKGPS“ (GPS-Receiver) lässt sich eine vollständige GPS-Navigationssteuerung nachrüsten. Abbildung 13 zeigt eine so aufgebaute Steuerung an einem Hexakopter. Durch das abgestimmte MikroKopter-Platinensystem ist die Nachrüstung sehr einfach in Sandwichbauweise zu erledigen.

Mit dieser Ausrüstung ist der MikroKopter bereits in der Lage, eine bestimmte, programmierbare Position anzufliegen und zu halten, Windeinflüsse aktiv zu kompensieren oder allein zum Startpunkt zurückzufiegen. Auch das automatische Abfliegen einer zuvor via MikroKopter-Tool einprogrammierten Route mit mehreren Wegpunkten ist damit realisierbar. Über eine einsteckbare SD-Karte ist auch ein Loggen der zurückgelegten Strecke möglich – ein faszinierendes Betätigungsfeld!

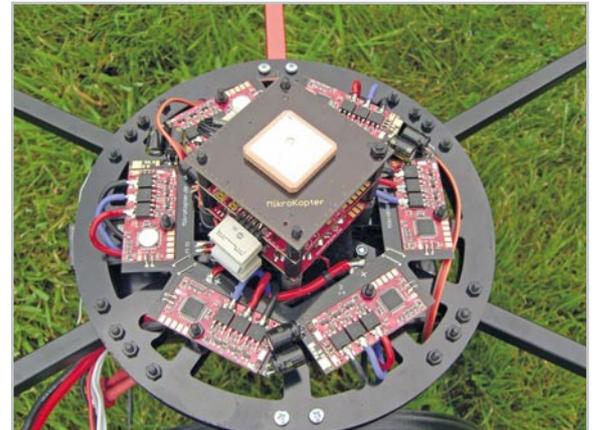


Bild 13: Ein komplett mit GPS und Kompass aufgerüsteter Hexakopter. Man erkennt deutlich das durchdachte, erweiterbare Sandwichsystem. Das Kompassmodul wird direkt auf dem Navi-Ctrl-Board montiert.

Richtet man eine aktive Datenverbindung zum MikroKopter (siehe nächster Abschnitt) ein, so kann man Wegpunkte sogar während des Flugs definieren, eine programmierte Route ändern usw. Was mit dieser Ausrüstung möglich ist, dokumentieren ein paar Videos auf der MikroKopter-Webseite, z. B. „Mission Rheinbach“.

Daten-Link zum MikroKopter

Über einen ebenfalls einfach nachrüstbaren Funk-Datenlink kann man auch eine drahtlose Verbindung zum MikroKopter aufbauen. Dies kann entweder durch ein Bluetooth-Modul oder über eine recht weit reichende ISM-Datenverbindung erfolgen. Dabei wird einfach nur eine drahtlose UART-Datenverbindung zwischen Flight-Ctrl und Computer aufgebaut. Damit ist sowohl die Übertragung von Parametern ohne Kabelverbindung als auch die Übertragung von GPS-Wegpunkten und von Flugdaten zum OSD-System, aber auch die eigentliche Steuerung vom Handy aus per Bluetooth-Verbindung möglich.

Wer nur die Flugdaten empfangen und angezeigt haben und keinen Computer mit auf das Flugfeld mitnehmen will, dem eröffnet sich diese Möglichkeit über das 2,4-GHz-Jeti-Fernsteuersystem (siehe Shop in [3]). Hier gibt es einen direkt an das Duplex-Sendemodul ansteckbaren Monitor, die Jeti-Box, die alle wichtigen Flugparameter übersichtlich anzeigt (Abbildung 14). Dabei werden alle Informationen im Rahmen der Fernsteuerungsverbindung mit übertragen, ein Vorteil des 2,4-GHz-Systems.

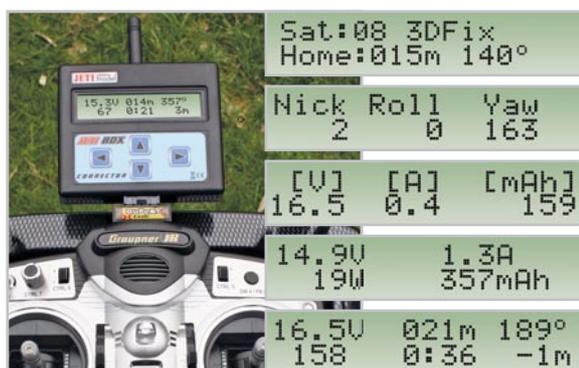


Bild 14: Die Jeti-Box holt sich alle wichtigen Flugparameter aus dem Datenstrom zwischen 2,4-GHz-Sender und Empfänger und zeigt diese direkt an.

Fliegende Kameras

Wohl jeder Multikopter trägt früher oder später eine Kamera – zu faszinierend ist es, eigene Luftbilder (natürlich im rechtlichen Rahmen!) herzustellen! Natürlich eignet sich der MikroKopter auch dazu. Hierfür sind spezielle, hohe Landestelle ebenso verfügbar wie sogar in zwei Achsen fernsteuerbare Kameraträger, die einfach unter das Fluggerät geschraubt werden. Zwei Servos kompensieren, gesteuert von der Flight-Ctrl und parametrierbar über das MikroKopter-Tool, die Bewegungen des Fluggerätes, so dass die Ausrichtung der Kamera in der Luft (in den einstellbaren Grenzen) unabhängig von der Fluglage des MikroKopters bleibt.

Über zusätzliche Fernsteuerkanäle sind diverse Kameramodelle vom Boden aus steuer- und auslösbar, entweder per Kamera-Kabelanschluss oder IR-Steuerung (siehe auch [7]). Die größeren MikroKopter können sogar die relativ schweren Spiegelreflexkameras tragen, freilich unter Einbuße an Flugzeit, denn das hohe Gesamtgewicht zehrt am Akku.

Abbildung 15 zeigt zwei Kameramontagen und mit dem MikroKopter gemachte professionelle Luftbilder. Viel mehr davon ist in der Video- und Bildergalerie von [3] zu sehen.

Ach ja, abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass auch der Multikopter, bestückt mit einer Kamera, FPV-geeignet ist. So kann man den eleganten Flug auch direkt aus Pilotensicht (siehe Titelbild) genießen! Wie das geht, haben wir ja schon diskutiert.

Allein das macht schon Appetit, sich dieser höchst technisch ausgerichteten Modellsportart zuzuwenden!

Es ist faszinierend, wie hier Schritt für Schritt einige Mikrocontroller fliegen lernen und man in der Lage ist, auf höchstem technischen Niveau mit vergleichsweise geringem materiellen Aufwand ein Fluggerät zu bewegen, das sogar professionellen Ansprüchen genügt und den Techniker ständig dazu anregt, immer weiterzudenken. Und sofort fällt einem die noch fehlende Hinderniserkennung ein, so dass der GPS-Flug auch mit eigenständigem Umfliegen von Hindernissen erfolgen kann. Erste Ansätze gibt es dazu bereits im Rahmen des Arduino-Projekts.

Abschließend zu diesem Thema sei noch einmal darauf hingewiesen, dass auch der Multikopter ein Flugmodell im Sinne des Gesetzes ist, also die bereits im ersten Teil gemachten Ausführungen zu Flugsicherheit und Versicherungspflicht auch hier vollinhaltlich gelten. **ELV**



Bild 15: Mit einer solchen professionellen Kamerahalterung (oben) mit Nick-/Roll-Steuerung gelingen Top-Luftbilder. (Luftbild: BerlinVR.de)

Unten die FCO III (siehe Teil 1) in Aktion. Sie ermöglicht über den ansteckbaren Videosender auch einen Videolink zum Boden und ist über eine eigene Datenverbindung fernsteuerbar.



Links:

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Curtiss-Wright_X-19_flying.jpg
- [2] <http://paparazzi.enac.fr>
- [3] www.mikrokoetter.de
- [4] www.qc-copter.de
- [5] www.powerframe.de
- [6] www.megaskoptershop.de
- [7] www.lipoly.de

Weitere interessante Links zum Thema:

- www.fpv-community.de
- www.armokopter.at
- www.info.tt-rc.de
- www.vimeo.com/4778859
- www.cadmicopter.de
- www.uavp.ch/moin
- www.aeroquad.info
- www.intellicopter.de
- www.asctec.de
- www.microdrones.com
- www.diydrones.ning.com