

# Das Projekt ‚Flying Objects‘: Die ersten Mikrodrohnen an der Hochschule Furtwangen University

Michael Waldowski

**Abstract**— In diesem Artikel wird zunächst eine Übersicht über sogenannte Mikrodrohnen vom Typ Quadrokoopter gegeben. Berichtet wird über erste Erfahrungen mit der Evaluation eines Selbstbauprojektes. Schließlich wird die Bedeutung dieser Technologie für die interdisziplinäre Ausbildung an unserer Hochschule aufgezeigt.

**Index Terms**— Mikrodrohne, Quadrokoopter, Mikrokoopter, interdisziplinäre Ausbildung

## I. EINLEITUNG

**M**IKRODROHNEN sind kleine, unbemannte Flugobjekte, die ursprünglich im militärischen Bereich für Aufklärungszwecke entwickelt wurden. Sie ähneln kleinen Flugmodellen. Von besonderem Interesse sind sogenannte VTOL (Vertical takeoff and landing) - Systeme, also hubschrauberähnliche Flugmodelle.

Hubschrauber leiden allerdings alle unter demgleichen Problem, nämlich dem Drehmomentausgleich. Dreht sich der Rotor, möchte sich der Hubschrauber in die entgegengesetzte Richtung drehen. Konventionelle Hubschrauber haben zu diesem Zweck einen Heckrotor. Dies ist aber ungünstig, da wertvolle Antriebsenergie nur für den Drehmomentausgleich benötigt wird.

Für Mikrodrohnen favorisiert werden zwei Lösungsvorschläge: Beim Koaxialhubschrauber [1] gibt es zwei gegenläufige Hauptrotoren. Beim Quadrokoopter hingegen (siehe Kapitel II) gibt es vier im Quadrat angeordnete kleine Rotoren, von denen zwei rechts herum und zwei links herum drehen. Beiden Systemen ist daher gemeinsam, dass die Energie für den Drehmomentausgleich vollständig für den Antrieb zur Verfügung steht.

Die in diesem Artikel beschriebenen Systeme beruhen auf dem Quadrokoopter-Prinzip. Es erlaubt in mechanischer Hinsicht eine sehr einfache Konstruktion. Quadrokoopter, die einen typischen Durchmesser

von ca. 30-50 Zentimetern Durchmesser haben (von den Motorachsen aus gemessen), sind zudem extrem wendige Flugobjekte. Es sieht so aus, als ob Mikrodrohnen von diesem Typ kurz vor dem Durchbruch auch für zivile Überwachungsaufgaben stehen [2].

Kurioserweise war schon ein im November 1922 von dem französischen Ingenieur É. Cehmichen vorgestellter Hubschrauber ein Quadrokoopter, wenn auch unterstützt durch weitere Rotoren [3].

## II. MIKRODROHNEN VOM TYP QUADROKOPTER

Damit Mikrodrohnen vom Typ Quadrokoopter die oben erwähnte extreme Wendigkeit in der Praxis erreichen können, ist eine sehr schnelle (ca. 1-2 Millisekunden) Regelung der vier Motoren erforderlich [4]. Dies ist mit Verbrennungsmotoren unmöglich zu erreichen. Diese Mikrodrohnen können daher nur elektrisch betrieben werden und müssen aus diesem Grunde besonders sparsam mit ihrer Antriebsenergie umgehen.

Zu den frühen Vertretern gehörte das Spielzeug X-UFO [5] von Silverlit aus dem Jahre 2005, das technisch jedoch noch nicht ausgereift war.

Bürstenlose Außenläufermotoren [6] und leistungsfähige Lithium-Polymer-Akkumulatoren (LiPo-Akku's) [7] sind heute Stand der Technik und erlauben Flugzeiten von mehr als 15 Minuten. Zudem wurde die elektronische Steuerung für die Lagestabilisierung perfektioniert.

Grob eingeteilt, können vier Quadrokoopter-Kategorien unterschieden werden:

- 1) Selbstbauprojekte: [8], [9], [10]
- 2) Preiswerte Fertigsysteme: [11], [12], [13]
- 3) Hochtechnologische Systemlösungen: [14], [15] (siehe auch [16])
- 4) Hochschulprojekte: [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23]

System [13] ist der Nachfolger des X-UFO's, jetzt auf dem neuesten Stand der Technik. Für dieses Fertigsystem sind auch einzelne Komponenten für Eigenentwicklungen erhältlich.

Selbstbauprojekte und Fertigsysteme werden mittlerweile auch im Rahmen von Forschungsprojekten eingesetzt [24], [25], [26].

Diese Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Aufgrund der gegenwärtigen Marktdynamik ist in kurzen Zeitabständen mit Neuentwicklungen zu rechnen. Die Foren der Selbstbauprojekte [8] - [10] und das Forum [27] sind geeignete Quellen, um aktuelle Informationen zu diesem Thema zu erhalten.

### III. ERSTE ERFAHRUNGEN MIT EINEM SELBSTBAUPROJEKT

Für unser Projekt haben wir handelsübliche Komponenten aus dem Flugmodellbau verwendet (Motoren, Propeller, Akku, Fernsteuerung, etc.). Für die elektronische Steuerung und die Rahmenkonstruktion haben wir die Komponenten des Selbstbauprojektes [8] verwendet. Den Aluminium-Motorträger für den ersten Prototyp sowie die CFK-Komponenten der Rahmenkonstruktion weiterer Prototypen haben wir selbst entwickelt. CFK steht für carbonfaserverstärkter oder kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff und wird unter anderem in der Luftfahrt verwendet, wenn es auf höchste Festigkeit bei geringem Gewicht ankommt.

Für die Evaluation der Technologie ist das Selbstbauprojekt [8] sehr gut geeignet, da die Hard- und Software-Komponenten umfassend dokumentiert sind, und es ein umfangreiches Forum gibt, in dem Weiterentwicklungen diskutiert und Hilfestellung angeboten wird.



Fig. 1. Prototyp 1 im Fluge am 22.1.2008 (Foto: D. Lesik)

Unser erster Mikrokoopter (so wird in diesem Selbstbauprojekt der Quadrokoopter genannt) wurde

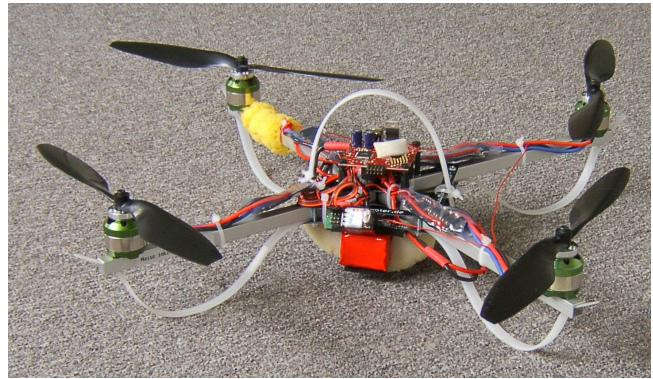


Fig. 2. Nachbau des Autors

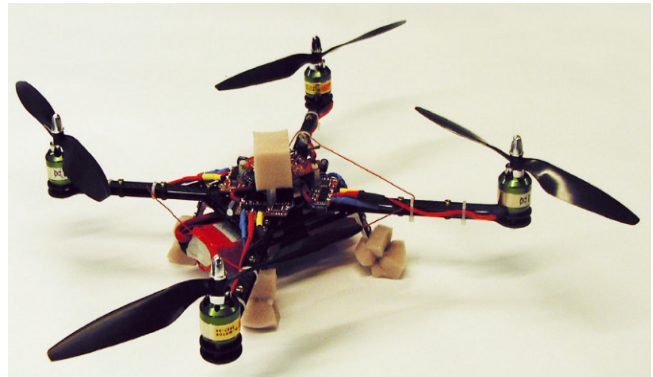


Fig. 3. CFK-Prototyp (Foto: L. Merz)

in einem Zeitraum von ca. 4 Wochen gebaut. Fig. 1 zeigt den Prototyp 1 im Fluge am 22.1.2008. Fig. 2 zeigt einen Nachbau des Autors (Erstflug 15.5.2008), Fig. 3 eines unserer CFK-Modelle. Alle Nachbauten haben einen Durchmesser von ca. 40 Zentimetern von den Motorachsen aus gemessen.

Der Bau eines Mikrokoopters nach [8] ist im Prinzip keine außergewöhnlich schwierige Aufgabe, wenn Grundkenntnisse im Flugmodellbau, in der Elektronikentwicklung sowie in der Mikrocontroller-Technik vorhanden sind. Es ist aber eine gewisse Einarbeitungszeit einzuplanen. Wenn alle erforderlichen Komponenten bereit liegen und Erfahrungen im Nachbau bereits vorhanden sind, kann ein Mikrokoopter in einer reinen Arbeitszeit von ca. 20-30 Stunden gebaut werden (bei Verwendung der SMD-vorbeklebten Platinen). Die Materialkosten liegen unter 1000 EURO, wenn eine preiswerte Fernsteuerung (z.B. Graupner MC12) verwendet wird.

Das Gewicht unserer Mikrokoopter liegt je nach Rahmenkonstruktion zwischen 500 Gramm und 700 Gramm ohne Akku. Die LiPo-Akku's wiegen zwischen 200 Gramm (11.1V, 2,1 Ah) und 300 Gramm (11.1V, 3,2 Ah). Die Abflugmasse liegt also bei maximal 1 Kg. Die Flugzeit liegt mit diesen Akku's

zwischen ca. 15 und 25 Minuten.

Ein Mikrokopter sollte sich im Fluge selbst stabilisieren, da es eine Flugregelung mit Gyro- und Beschleunigungssensoren gibt. Unsere Erfahrungen zeigen aber, dass in der Praxis ein Mikrokopter ständiger Aufmerksamkeit bedarf, und eher wie ein Hubschrauber gesteuert werden muss, zumindest wenn keine Sensorik für die autonome Navigation (GPS, Kompass) implementiert ist. Ein Mikrokopter wird am besten zunächst einem erfahrenen Modellflugpiloten anvertraut. Ein Neuling benötigt einige Flugstunden um vorsichtig erst einmal den Schwebeflug in geringer Höhe zu trainieren. Vorher ist ein Training an einem Flugsimulator unbedingt zu empfehlen.

Die Elektronikkomponenten haben sich bisher als zuverlässig erwiesen. Es gab lediglich einen Sensordefekt.

#### IV. BEDEUTUNG DES PROJEKTES FÜR DIE INTERDISZIPLINÄRE HOCHSCHULAUSSBILDUNG

Mindestens folgende Fachgebiete und Themen sind von dieser Technologie tangiert:

- Maschinenbau: Rahmenkonstruktion, Motorenbau, Propellerdesign
- Ingenieurinformatik: Regelungstechnik, Mikrocontroller
- Elektrotechnik: Schaltungsentwurf, Sensorik, Telemetrie
- Videotechnik: Drahtlose Bildübertragung
- Mathematik: Gleichungen für die Beherrschung der Flugdynamik
- Videoproduktion: Luftbildaufnahmen als Gestaltungselement
- Grafische Datenverarbeitung: Bildgestützte autonome Navigation, 3D- Vermessung

Die ersten Erfahrungen zeigen, dass diese Technologie dazu geeignet ist, die Begeisterung der Studierenden zu wecken. Die Bedeutung dieser Technologie für eine motivierende Hochschulausbildung ist daher als hoch einzustufen. Dabei sind die Möglichkeiten allein mit dem Bau einer fliegenden Plattform bei weitem noch nicht ausgereizt, wie die obige Aufstellung schon andeutet.

Bereits nachgerüstet haben wir eine drahtlose Onboard-Videokamera mit Videobrille. Die ersten Flüge ausschließlich nach den Live-Bildern der Onboard-Videokamera ohne Sichtkontakt zum Mikrokopter sind erfolgreich verlaufen, ebenso wie das Live- Streaming von Luftaufnahmen in eine unserer Webcast-Sendungen [28]. Dabei liegt das Gewicht der Kamera unter der maximalen Zuladung von ca. 200 Gramm.

#### V. DANKSAGUNGEN

Folgenden Mitgliedern des Projektes ‚Flying Objects‘ bin ich zu Dank verpflichtet für die geleistete Arbeit: L. Merz, S. Nösches, D. Lesik, F. Götz, H.-U. Weber und M. Prinzler.

#### REFERENCES

- [1] [www.emt-penzberg.de/index.php?10](http://www.emt-penzberg.de/index.php?10)
- [2] D. Borchers, “Sächsische Polizei testet ‘fliegendes Auge’ für die Beweissicherung,” Heise online, 15.2.2008.
- [3] [www.luftfahrtgeschichte.com/hubschr1.htm](http://www.luftfahrtgeschichte.com/hubschr1.htm)
- [4] D. Gurdan, J. Stumpf, et al., “Energy-efficient Autonomous Four-rotor Flying Robot Controlled at 1 kHz,” IEEE International Conference on Robotics and Automation, Rome, Italy, April 2007
- [5] [www.mm-toys.ch/contents/de-ch/d372\\_RC\\_X\\_UFO.html](http://www.mm-toys.ch/contents/de-ch/d372_RC_X_UFO.html)
- [6] Graupner Modellbau-Katalog 2002 mit Neuheiten 2003
- [7] Graupner Modellbau-Katalog Neuheiten 2004
- [8] [www.mikrokopter.de](http://www.mikrokopter.de)
- [9] [www.uavp.ch](http://www.uavp.ch)
- [10] [www.tt-tronix.de](http://www.tt-tronix.de)
- [11] [www.rctoys.com/](http://www.rctoys.com/)
- [12] [www.intellicopter.de](http://www.intellicopter.de)
- [13] [www.asctec.de](http://www.asctec.de)
- [14] [www.airrobot.de](http://www.airrobot.de)
- [15] [www.microdrones.com](http://www.microdrones.com)
- [16] [www.ite.uni-karlsruhe.de](http://www.ite.uni-karlsruhe.de)
- [17] <http://hybrid.stanford.edu/starmac/overview>
- [18] S. Bouabdallah and R. Siegwart, “Towards Intelligent Miniature Flying Robots,” in Proc. Field Service Robotics, Port Douglas, Australia 2005
- [19] P.Pounds, R.Mahony et al., “Towards Dynamically-Favourable Quad-Rotor Aerial Robots,” Australian Conference on Robotics and Automation, 2004
- [20] S.D. Hanford et al., “A small Semi-Autonomous Rotary-Wing Unmanned Air Vehicle (UAV),“ AIAA 2005
- [21] [www.fh-rotenburg.de/2241+M52087573ab0.html](http://www.fh-rotenburg.de/2241+M52087573ab0.html)
- [22] <http://javiator.cs.uni-salzburg.at>
- [23] [www.freexcopter.org](http://www.freexcopter.org)
- [24] M. Valenti et al., “Embedding Health Management into Mission Tasking for UAV Teams,” American Control Conference, 9-13 Juli 2007, S. 5777-5783
- [25] [www.hs-niederrhein.de/930+M5c98a9e6d81.html](http://www.hs-niederrhein.de/930+M5c98a9e6d81.html)
- [26] <http://www2.informatik.hu-berlin.de/hafner/sem08navi/sem08navi.html>
- [27] <http://forum.xufo.net>
- [28] [www.radioglf.de/archiv](http://www.radioglf.de/archiv) (Sendung vom 29.4.2008 - GLF hebt ab -, Interview mit Prof. Dr. M. Waldowski)