



Beni Winter, 1993  
Jona, SG

Kantonsschule Wattwil  
Rolf Heeb

Würdigung durch den Experten  
Andreas Reinhard

Mit grossem Einsatz verschrieb sich Beni Winter dem ambitionierten Ziel, die fluglagetechnischen Grundlagen eines frei fliegenden Quadrocopters in eigener Regie theoretisch und praktisch zu erarbeiten. Akribisch analysierte der Teilnehmer die funktionale Prozesskette, evaluierte Komponenten und tauchte tief in deren Programmierung ein. Schliesslich mutierte das Projekt zu einem Experiment mit ihm selber und der Frage: wie lange gehe ich den Weg allein?

Prädikat: Sehr gut

## Quadrocopter – Konstruktion und Programmierung

### Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Konstruktion und Programmierung einer Quadrocopter-Drohne. Der erste fliegende Quadrocopter wurde bereits 1922 von Etienne Oehmichen entwickelt; richtig bekannt wurde der unbemannte Quadrocopter aber erst in den letzten paar Jahren. Das Flugobjekt soll jedoch ohne Anleitung gebaut und selbstständig programmiert werden.

### Methodik

Der verwendete Marvell PXA300 Mikrocontroller wird in C programmiert. Bei der Entwicklungsumgebung handelt es sich um Microsoft eMbedded Visual C++. Die für die Ansteuerung der Motoren benötigten Schaltungen wurden mit ExpressPCB gezeichnet und selbst gelötet. Um regeltechnische Aufgaben programmieren zu können, mussten die Grundlagen der Regelungstechnik sowie des Embedded-Computing erlernt werden.

Der Quadrocopter, die Aufhängung einer Achse und die kardanische Lagerung sind mit Autosketch 8 skizziert und danach aus Aluminiumrohren gebaut worden. Die beiden Aufhängungen werden für die Programmierung der Lageregelung benötigt. Da durch diese Lagerung die Beweglichkeit des Quadrocopters vorderhand eingeschränkt wird, ist ein sicheres Experimentieren mit verschiedenen Regelungsalgorithmen gewährleistet.

Nach über einem Jahr Entwicklungsarbeit beschloss ich, mich mit der ETH kurzzuschliessen, um die Arbeit zu beschleunigen. Durch einen Besuch der Flying-Machine-Arena und Gesprächen mit Fachpersonen konnte ein guter Einblick in die Quadrocopter-Szene gewonnen werden.

### Ergebnisse

Das Ziel eines frei fliegenden Quadrocopters konnte noch nicht erreicht werden. Die Regelung in der kardanischen Lagerung funktioniert aber sehr gut. Die Motoren werden über eine Schaltung angesteuert, welche die Frequenz der Puls-Weiten-Modulation-Signale des Colibri-Moduls reduziert. Der Beschleunigungssensor wird über USB ausgelesen, während für das Gyroskop der I2C-Bus verwendet wird. Beim Regelungsalgorithmus handelt es sich um einen PID-Regler, welcher experimentell dimensioniert und erweitert wurde. Beim Besuch an der ETH Zürich wurden mögliche Fehlerquellen erläutert und Tipps für den

Übergang in die «Flugphase» geben. Der Quadrocopter wird nun von der kardanischen Lagerung entfernt und der Fokus ist auf das Schweben in der Luft gesetzt.

### Diskussion

Der Quadrocopter ist mit verschiedenen Sensoren ausgerüstet, um seine aktuelle Lage im Raum zu erkennen. Fraglich ist, ob der eingesetzte Beschleunigungssensor wirklich nötig ist. Wenn der Quadrocopter stillsteht, sind die gemessenen Winkelwerte sehr genau. Erfährt er aber eine Bewegung, so verfälschen sich die Werte stark. Ein Gyroskop misst nur Winkelgeschwindigkeiten, durch deren Integration ein Winkelwert errechnet werden kann. Das Problem dabei ist, dass jeder Messwert eine Ungenauigkeit beinhaltet. Diese Messfehler verstärken sich und der Quadrocopter könnte zum Beispiel einen Drift erfahren. Damit das Flugobjekt seine Position trotzdem halten kann, ist ein genaues Positionierungssystem nötig. An der ETH werden Kameras verwendet, welche mithilfe von reflektierenden Punkten den Quadrocopter lokalisieren können. Das System ist sehr genau, aber auch teuer und aufwendig. Ein GPS-System ist günstiger, die Ungenauigkeit liegt im Meterbereich und eignet sich für Ausseneinsätze. Durch einen Luftdrucksensor könnte die Genauigkeit der Messwerte erhöht werden. Im Moment ist noch kein Positionierungssystem in Betrieb. Es wird sich aber bald zeigen, welches System verwendet werden soll. Wahrscheinlich ist die beste Lösung ein GPS-System in Kombination mit Referenz-Sensoren.

### Schlussfolgerung

Die Konstruktion eines Quadrocopters war und ist ein sehr hoch gestecktes Ziel. Während der Arbeit wurde viel Wissen und Erfahrung angeeignet, was aber nicht bedeutet, dass das Ziel erreicht wurde. Das Projekt ging nur sehr langsam vorwärts, da ständig neue Probleme auftraten. Externe Hilfe hätte früher hinzugezogen werden können, es ist jedoch fragwürdig, ob der Lerneffekt der gleiche gewesen wäre. Das Projekt ist hiermit noch nicht abgeschlossen. Die Arbeit wird mit hohem Engagement und Zeitaufwand weitergeführt, damit auch die letzten Hürden überwunden werden können.