

## FH TECHNIKUM WIEN DROHNE MECHANISCHE UND ELEKTRISCHE AUSLEGUNG

Student: Otrebski, Richard, BSc, PK: 1310331006

BegutachterIn: Dipl.-Ing. Dr. Trenker, Markus

**Kurzfassung:** Kommerziell verfügbare Drohnen werden in zivilen Bereichen, wie der Film- und Spielzeugindustrie, und in militärischen Bereichen zum Kartographieren von Gelände oder Suchen von Personen eingesetzt. Diese Modelle sind jedoch für Studenten und Forscher im Bereich von Schwarmaufgaben nicht interessant, da sie zu viel kosten. Günstige Modelle weisen jedoch nicht den benötigten Funktionsumfang auf um Schwarmexperimente durchzuführen. Die Drohne selbst ist mit ihren verschiedensten Komponenten ein interessantes mechatronisches System. Sie zeigt Studenten was ein funktionierendes System umfasst, und wie man die einzelnen Teile auslegt. Damit eignet sie sich ideal für Studenten um ihr Wissen zu erweitern und ihre Fertigkeiten praktisch anzuwenden. In dieser Arbeit wurde die mechanische und elektrische Auslegung einer preiswerten Drohne für Studenten und Schwarmexperimente dokumentiert. Neben einer groben Abschätzung der Antriebsleistung der Motoren und Propeller, wurde auch eine Treiberschaltung konzipiert, die für bürstenbehaftete Motoren verwendet werden kann. Die verwendete Soft- und Hardware ist offen und erlaubt es so jedem sie an seine Bedürfnisse anzupassen.

**Schlüsselwörter:** Drohne, Quadcopter, Entwicklung, Bausatz

### 1. EINLEITUNG

Drohnen sind in der heutigen Zeit immer häufiger im zivilen und militärischen Bereich anzutreffen. Sei es als Spielzeug, als Hilfsmittel um Luftaufnahmen zu erstellen, oder um Personen zu suchen. Da Drohnen ein komplexes mechatronisches System darstellen, eignen sie sich auch als Übungsobjekte für Studenten. Ein weiteres interessantes Feld ist die Schwarmrobotik. Mit ihr können Aufgaben durch die Aufteilung auf mehrere Drohnen schnell und effizient gelöst werden. Da die verfügbaren Drohnen jedoch entweder zu teuer oder zu eingeschränkt sind, wurde an der FH Technikum Wien beschlossen eine eigene Drohne zu entwickeln. In dieser Arbeit wird die mechanische und elektrische Auslegung der Drohne präsentiert.

### 2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Verfügbare preiswerte Drohnen bestehen meistens aus einem geschlossenen System. Das bedeutet, dass Studenten nicht ohne weiteres auf die Parameter und Sensorwerte der Drohne zugreifen können. Teurere Drohnen, die das erlauben, liegen jedoch meistens weit außerhalb des verfügbaren Budgets. Aus diesem Grund soll für die FH Technikum Wien eine eige-

ne Drohne konzipiert und gefertigt werden. Mit ihr soll es Studenten nicht nur möglich sein, kostengünstig mit Drohnen in Berührung zu kommen, sondern es soll ihnen auch ermöglichen Schwarmexperimente durchzuführen. Dazu muss ein offenes und beliebig erweiterbares System geschaffen werden.

### 3. MATERIALIEN UND METHODEN

Um eine kostengünstige Drohne zu bauen, wurde ein Quadcopter konzipiert. Quadcopter sind die häufigste Art der nicht kommerziellen Drohnen. Dies liegt vor Allem daran, dass wenige Komponenten benötigt werden, und diese sehr schnell zu Ergebnissen führen. Der Name Quadcopter rührt daher, dass vier Motoren verwendet werden.

Die Grundlagen der mechanischen Auslegung benötigt eine ungefähre Abschätzung der Antriebsleistung. Der erzeugte Schub der Motoren setzt sich aus einem statischen und dynamischen Anteil zusammen. Der statische Term sorgt dafür, dass die Drohne in der Luft stehen kann. Der dynamische Term beschränkt die Geschwindigkeit, mit der die Drohne fliegen kann.

$$F_{Schub} = \rho \frac{\pi}{4} (d^2 - d_N^2) ((p k_V u)^2 - v p k_V u) \quad (1)$$

In Gleichung 1 ist eine Abschätzung der Schubkraft ersichtlich. Der Term  $\rho$  bezeichnet die Dichte der Luft,  $d$  bezeichnet den Durchmesser des Rotors,  $d_N$  bezeichnet den Durchmesser der Nabe des Propellers,  $p$  die Steigung des Rotors.  $k_V$  bezeichnet den Motorenkennwert und gibt an, wie schnell sich der Motor bei einer gewissen Spannung  $u$  dreht.  $v$  gibt die Geschwindigkeit der Drohne entgegen der Schubrichtung an. Beachtet werden muss jedoch, dass viele Annahmen getroffen wurden. So kann zum Beispiel nicht gesagt werden, dass die Steigung über den gesamten Propeller konstant ist. Die verwendete Steigung des Propellers wurde empirisch ermittelt, in dem an die Motoren eine Spannung angelegt wurde um die Drohne mit einem bekannten Gewicht in der Luft balancieren zu können. Um den gesamten Schub der Drohne zu ermitteln, muss Gleichung 1 für alle Motoren aufgestellt, und danach summiert werden. Der Einfachheit halber kann jedoch bei gleichen Motoren und Propellern mit der Anzahl an Motoren multipliziert werden. Die gewählten Motoren und Propeller erzeugen bei 5V einen Schub von  $\approx 1,7N$ . Gleichung 2 wurde aus dem Kräftegleichgewicht in Hibbeler (2005) abgeleitet. Aus Gleichung 2 kann die Abbildung 1 abgeleitet werden. In ihr ist die benötigte Motorspannung zum

schweben in der Luft in Abhängigkeit des Gewichts der Drohne ersichtlich.

$$F_G = 4F_{Schub} \quad (2)$$

$$m_{Drohne}g = 4\rho\frac{\pi}{4}(d^2 - d_N^2)(pn)^2$$

Angenommen wurde dafür eine Dichte  $\rho$  von  $1,233 \text{ kg m}^{-3}$ . Ersichtlich ist, dass das maximal mögliche Gewicht mehr als doppelt so groß wie das Gewicht der Drohne selbst ist. Eine genaue Analyse des entworfenen Designs zeigte, dass die maximal auftretende Spannung im Motorausleger bei  $0,36(3) \text{ N mm}^{-2}$  liegt. Diese liegt weit unterhalb der maximal zulässigen Spannung von  $45 \pm 3 \text{ N mm}^{-2}$ .

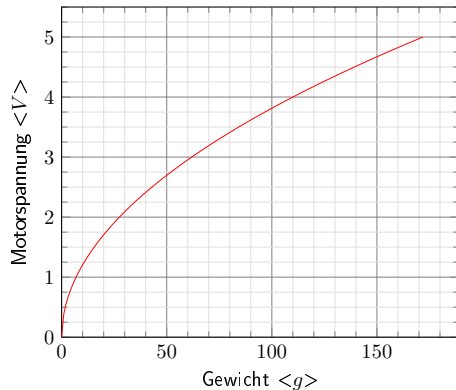


Abb. 1: Benötigte Motorspannung zum schweben in der Luft bei gegebenem Gewicht der Drohne.

Die elektrischen Komponenten der Drohne sind wie folgt: der Flight Controller, das Kommunikationsmodul, die Individualintelligenz, die Treiberschaltung und die Motoren. Der Flight Controller ist das Herzstück der Drohne. Er übernimmt die Regelung der Motoren und besitzt eigene Sensoren. Der verwendete Flight Controller ist der MultiWii 328p von Hobbyking. Der Vorteil dieses Flightcontrollers ist, dass er einen 10 DOF-Sensor besitzt (HobbyKing, 2015). Dabei handelt es sich um einen Beschleunigungsmesser, ein Gyroskop, ein Magnetometer und ein Barometer. Der Flight Controller wird direkt mit einem Open-Source-Framework ausgeliefert, dass die Steuerung der Motoren übernimmt. Zusätzlich bietet es eine serielle Schnittstelle zum Auslesen der Sensorrohdaten. Bei dem Kommunikationsmodul handelt es sich um ein Bluetooth-Funkmodul (HC-06), dass über eine serielle Schnittstelle angesprochen werden kann. Die Individualintelligenz besteht aus einem Arduino Micro. Dieser arbeitet in der aktuellen Version nur als Interpreter zwischen der Steuerungs-App, die auf jedem Android Mobiltelefon installiert werden kann, und dem Flight Controller. Der Mikrocontroller bekommt durch das Kommunikationsmodul serielle Anweisungen, die in Servo-Signale zur Steuerung des Flight Controllers umgewandelt werden. Die Treiberschaltung der bürstenbehafteten Motoren war eine komplexe Thematik. Die ersten beiden Versionen wurden als reguläre Transistoren-Treiber mit einem Optokoppler entworfen. Nach Hinweisen in Zach (2010) wurde die Treiberschaltung erneut konzeptioniert. In der letzten Version wurde ein MOSFET verwendet.

Dieser wirkt als spannungsabhängiger Schalter. Mit ihm ist es möglich bis zu 35 A zu schalten bei einem Basisstrom von nur 0,5 mA.

#### 4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Zur Realisierung der Drohne wurden mehrere Versuche durchgeführt. Im ersten Test wurde ermittelt, welche Spannung der Flight Controller zur Ansteuerung der Motoren verwendet. Im zweiten Test wurde ermittelt, wie der Flight Controller die Motoren ansteuert. Dabei wurde erkannt, dass er ein Servo-Signal mit einer Periodendauer von 2048  $\mu\text{s}$  verwendet. Durch die Neudefinition der Mindest- und Maximalpulsbreite konnte ein PWM-Signal erstellt werden. In dem dritten Test wurde erkannt, dass die entwickelten Treiberschaltungen in Version 1 und 2 nicht für die Ansteuerung der Motoren verwendet werden konnten. Der letzte Versuch befasste sich mit dem Gesamtsystem. Dabei wurde überprüft, ob die Drohne abheben und fliegen kann. Die Drohne stellte sich als flugfähig heraus, benötigt aber noch eine genaue Einstellung der Reglerparameter.

#### 5. ERGEBNISSE

Es wurde eine kleine Drohne von der Größe einer Handfläche entworfen und dimensioniert. Der Vorteil an der konstruierten Drohne ist das komplett offene System, und das sie beliebig skalierbar ist. Dank dem offenen System können Studenten die Drohne selbst weiter entwickeln und genau an ihre Bedürfnisse oder Experimente anpassen. Die Skalierbarkeit bezieht sich auf den Flight Controller in Verbindung mit der Individualintelligenz und dem Kommunikationsmodul. Diese können für verschiedenste Drohnen mit bis zu acht Motoren verwendet werden. Die entwickelte Treiberschaltung funktioniert bis zu 35 A. Sollte man jedoch in den Bereich dieser Begrenzung kommen, so sollte man schon überlegen bürstenlose Motoren zu verwenden.

#### 6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es wurde eine flugfähige Drohne konzipiert und gefertigt. Die entstandene Drohne kann von einer App für ein Android-Mobiltelefon aus gesteuert werden. Nachteilig an der aktuellen Parametrierung ist jedoch die hohe Reaktionsrate und der Drift beim Halten der Höhe. Dies kann durch eine korrekte Wahl der Reglerparameter behoben werden. Ebenso sollte die Verbindung zwischen Flight Controller, Individualintelligenz und Kommunikationsmodul neu entworfen werden. Dazu kann eine Leiterplatte entworfen und gefertigt werden.

#### 7. LITERATURVERZEICHNIS

- Hibbeler, R. C., 2005. *Technische Mechanik. 1. Statik*. 10. München, Germany: Pearson.
- HobbyKing, 2015. *MultiWii 328P Flight Controller w/FTDI DSM2 Comp. Port.* [Online] Verfügbar unter: [http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_27033\\_MultiWii\\_328P\\_Flight\\_Controller\\_w\\_FTDI\\_DSM2\\_Port.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_27033_MultiWii_328P_Flight_Controller_w_FTDI_DSM2_Port.html) > [Zugang am 19.01.2015].
- Zach, F., 2010. *Leistungselektronik*. 4. [online] Berlin, Germany: Springer.