

ENTWICKLUNG DES UAV MANTA-X

Nick Stuckert, Fabian Quaeck, Yannek Knöfel, Robert Vilter, Wolfgang Rüther-Kindel

Fachgebiet Luftfahrttechnik, Technische Hochschule Wildau

1. EINLEITUNG UND HINTERGRUND

Die ursprüngliche Idee bestand darin, eine senkrechtstartfähige Drohne zu entwickeln, die sowohl eine hohe Reichweite und Flugdauer als auch eine hohe Endgeschwindigkeit erreicht. Ziel im Rahmen des Projekts **6G NeXt** war es, die Übertragungsqualität der Funkmodule bei höheren Geschwindigkeiten zu testen und das sogenannte *Hand-over* zwischen verschiedenen Stationen zu evaluieren. Zusätzlich sollte die Drohne als schnell fliegendes Luftfahrzeug zur Entwicklung eines Antikollisionsalgorithmus für UAVs dienen.

2. ERSTER ENTWURF

Anforderungen:

- Kompakte Bauweise
- Einfache Konstruktion
- Nutzlastkapazität bis 1 kg
- Flugdauer von 30–45 Minuten
- Fähigkeit zum senkrechten Start und zur senkrechten Landung

Als erste Designlösung wurde eine Nurflüglerkonfiguration mit zwei Motoren in einer sogenannten *Tailsitter*-Anordnung in Betracht gezogen (siehe Abbildung 1). Der Flügel sollte ein S-Schlag-Profil (*MH60*) erhalten, während die Winglets gleichzeitig als Landewerk fungieren sollten. Diese Konfiguration hatte den Vorteil einer geringen Anzahl an Bauteilen und verzichtete auf eine komplexe Schwenkmechanik, wodurch das Gewicht reduziert wurde.

Ein Nachteil dieser Bauweise war jedoch, dass das Gesamtgewicht der Drohne inklusive Nutzlast nur durch zwei Motoren getragen werden musste.

3. STEUERUNG IN DER STARTKONFIGURATION

- **Hochachse:** Gesteuert durch den asymmetrischen Ausschlag der Elevons, welcher durch den Abwind der Motoren ein entsprechendes Drehmoment erzeugte.



Fig. 1: UAV MANTA als Tailsitter-Konfiguration

- **Querachse:** Höhenruderausschlag der Elevons erzeugt ein Moment, das das Fluggerät um die Querachse neigt.
- **Längsachse:** Asymmetrische Ansteuerung der Antriebsmotoren.
- **Höhensteuerung:** Anpassung der Höhe durch gleichzeitige Leistungsänderung der Antriebsmotoren.

4. FLUGERPROBUNG

Im Schwebeflug (Hover) war das UAV unter absolut windstillen Bedingungen relativ stabil steuerbar und reagierte präzise auf Steuerbefehle. Der Übergang vom Schwebeflug in den Horizontalflug verlief unkompliziert und zuverlässig. Im *Fixed-Wing*-Modus flog das Flugzeug stabil genug, um es auch ohne Flugcontroller zu steuern.

Allerdings erwies sich die Rückkehr in den Schwebemodus zur Landung als problematisch. Bei Windstille funktionierte die Transition zuverlässig, jedoch war das Halten einer stabilen Position bei selbst nur leichter Brise schwierig bis unmöglich.

5. ÜBERARBEITETE KONFIGURATION MANTA-X WIRD GEBOREN

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde das Design überarbeitet:

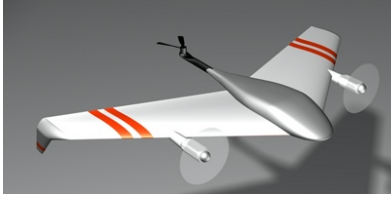


Fig. 2: MANTA-X als CAD-Modell

- Anstelle des senkrechten Aufrichtens des Flugzeugs wurde eine Schwenkmechanik für die vorderen Motoren entwickelt.
- Ein zusätzlicher Heckmotor wurde integriert.

Diese Änderungen ermöglichten es, das Flugzeug während der Start- und Landephase in horizontaler Lage zu halten, wodurch die Windanfälligkeit deutlich reduziert wurde (vgl. Abbildung 2).

5.1. Steuerung des MANTA-X als Tricopter

- **Hochachse:** Die Steuerung erfolgt durch asymmetrisches Schwenken der vorderen Motoren. Durch diese vektorielle Veränderung wird ein Drehmoment erzeugt, das das Fluggerät in die gewünschte Richtung drehen lässt (vgl. Abbildung 3).
- **Querachse:** Die Steuerung entlang der Querachse erfolgt durch eine asymmetrische Auftriebsverteilung zwischen den vorderen und dem hinteren Motoren. Dadurch verschiebt sich der Auftriebsvektor, sodass das UAV vorwärts oder rückwärts gleiten kann.
- **Längsachse:** Ähnlich zur Querachse wird die Steuerung hier durch eine ungleiche Ansteuerung der beiden Hauptmotoren realisiert. Die daraus resultierende Auftriebsdifferenz bewirkt ein Rollen des Fluggeräts um die Längsachse.
- **Steigen und Sinken:** Eine gleichmäßige Anpassung der Leistung aller drei Motoren ermöglicht das kontrollierte Steigen oder Sinken.

5.2. Steuerung in der Fixed-Wing-Konfiguration

In der Flächenflugzeugkonfiguration erfolgt die Steuerung um die Querachse sowie die Längsachse durch die Elevons. Eine aktive Steuerung um die Hochachse ist in dieser Konfiguration nicht vorgesehen.

Die besondere Herausforderung bei der Flugregelung dieses Luftfahrzeugs ergibt sich aus den unterschiedlichen Flugmodi. Während des Betriebs als Tricopter müssen die Parameter des Flugcontrollers entsprechend angepasst werden. Unabhängig davon erfordert der Flug in der Fixed-Wing-Konfiguration eine separate Abstimmung der PID-Regelungswerte.

5.3. Transitionsphase

Der Übergang von der **Tricopter-Konfiguration** in die **Flächenflugzeug-Konfiguration** erfolgt durch das Schwenken der vorderen Motoren in eine horizontale Lage, während der hintere Motor kontinuierlich abgeschaltet wird (vgl. Abbildungen 2 und 3)

Die größte Herausforderung während dieser Transitionsphase besteht in der nahtlosen Anpassung der Flugkontrollerparameter an zwei grundlegend unterschiedliche Flugmodi.

Während der Motoren-Schwenkbewegung entsteht ein Schubvektor entlang der X-Achse des Flugzeugs. In diesem Zustand wird die Stabilisierung um die Längsachse (Rollachse) erheblich erschwert. Falls durch äußere Störungen eine asymmetrische Flügellast entsteht, versucht der Flugregler, die Fluglage durch eine asymmetrische Beschleunigung der Motoren zu korrigieren. Dabei führt der Vorwärtsvektor des Schubs jedoch zu einer unerwünschten Drehung um die Hochachse, was die Kontrolle weiter erschwert.



Fig. 3: Fertiggestelltes UAV MANTA-X

5.4. Flugregler

Das zentrale Steuerungselement des Luftfahrzeugs ist ein **Orange Cube**-Flugcontroller, der für die Stabilisierung und Regelung der verschiedenen Flugmodi verantwortlich ist. Als Steuerungssoftware kommt **ArduPilot** im **QPlane-Modus** zum Einsatz, welcher speziell für hybride VTOL-Systeme (Vertical Take-Off and Landing) entwickelt wurde.

Diese Software ermöglicht die nahtlose Integration von **Multicopter- und Fixed-Wing-Flugmodi**, wodurch eine präzise Steuerung während des Übergangs zwischen Schwebeflug und Vorwärtsflug gewährleistet wird. Zudem bietet ArduPilot umfangreiche Anpassungsmöglichkeiten für **Flugregelungsalgorithmen**, **PID-Parameteroptimierung** sowie eine Vielzahl an **Sensordatenfusionen** zur Erhöhung der Flugsicherheit und Stabilität.