



Ein Einfahrtriebwerk mit Klapp-Propeller

Ich will's kurz machen: Es sollte ein eigenstart-fähiger Segler mit der berühmten "sehr guten Leistung" werden. Letztendlich kam ich vom *Gewalt* mit einem Ventus-Rumpf zurück, in den ein Klapptriebwerk eingebaut werden sollte.



Der Ventus hat beim gewählten Maßstab (1:4) eine mittlere Flächentiefe von 163mm, was mir nur einen sehr geringen Spielraum für die Schwerpunktlage erlauben würde. Ferner versprach die Größe des Modelles einen hohen Leistungsbedarf...

Also wurde alles, was sich Klapptriebwerk nennt, unter die Lupe genommen; es kam aber nichts neues dabei raus:

- Systeme (z.B. Meyer), bei denen der Motor mit nach oben gefahren wird; dies würde eine Gewichtsverlagerung von ca. 350g um 180mm nach vorne bedeuten.
- Mechaniken (z.B. die Graupner-Mechanik), bei der der Motor unten bleibt und einen relativ kleinen Starrpropeller über Riemen antreibt. Ein 12"-2-Blatt-Propeller würde aber für dieses Flugmodell (ca. 6.5kg) zu klein sein.

Was tun? Es mußte eine eigene Lösung her!

Aufgabenstellung

Grundlage waren folgende Forderungen:

1. Die Schwerpunkverlagerung aufgrund der Gewichtsverschiebung darf nicht größer als ca. 5-8 mm werden, das sind max. 5% der mittleren Flächentiefe.
Begründung: Bei einer noch größeren Schwerpunktwanderung würde entweder der Normalflugschwerpunkt zu weit hinten liegen oder der Motorflugschwerpunkt zu weit vorne. Eine zu große Schwerpunktrücklage im Normalflug bedingt aufgrund der geringen Eigenstabilität des Modelles ein nicht akzeptables Flugverhalten, und eine zu große Schwerpunktvorlage im Kraftflug kostet Leistung und es fehlen dann am Höhenleitwerk Reserven für den Momentenausgleich und den Kurvenflug.
2. Für den nötigen Vortrieb mußte der Propeller-Durchmesser so groß wie möglich gewählt werden, der Ausleger sollte jedoch nicht zu lange werden um das Nickmoment (abwärts Nicken) wegen der Leitwerkslasten in Grenzen zu halten.
3. Ferner wollte ich den Rumpfausschnitt so klein wie irgend möglich halten da das Modell auch in den Bergen eingesetzt werden sollte und die Schwächung des Rumpfes durch den Ausschnitt minimiert werden mußte.

Dies war also genügend Stoff für ein richtiges *Brainstorming*.

Technische Umsetzung



Die Lösung besteht aus einem Vierblattklapppropeller in Zuganordnung (nach vorne schließend) mit der Größe 12.5·7.5" (dies entspricht einer 15.5·7.2" 2-Blatt-Luftschraube); diese ist auf einem Monoträger montiert. Der Dreh- und Lagerpunkt ist so gewählt, daß das Motorgewicht beim Ausfahren des Turms nach hinten wandert, während das Propellerturmgewicht nach



vorne wandert.

Als Antrieb wählte ich einen Brushless Plettenberg HP 300/30/A3, mit 16 Zellen 1700 SCRS und einem Getriebe 2:1; dies bringt bei 30A und 6000 U/min einen Standschub von 30 N.

Vorteile: Die Schwerpunktänderung beträgt nur noch 5mm, also 3% der mittleren Flächentiefe und der Rumpfausschnitt ist relativ klein, verbunden mit einem ziemlich leistungsfähigen Propeller.

Nachteil: Eine ziemlich komplexe, aufwendige und auch schwere Mechanik.

Bauausführung

Die Nummern im Text sind in den expandierten Bildern (Bild-Verweise links) eingetragen.



Der Propellerturm **1** wurde aus Kohlefaserrovings und Kohleschlauch aufgebaut. Auf ein symmetrisches Nacaprofil mit 45% Dicke und 40mm Tiefe bestehend aus Styrofoam wurden Rowings und Schlauch gezogen. Danach wurde der Kern mit Nitro wieder ausgeschwemmt. Die Verwendung eines solchen profilierten Trägers kommt dem Abfluß der Propellerströmung entgegen.

Der E-Motor **2** wurde von unten an den Träger mittels eines eingepaßten Adapters **3** geschraubt und mit einer Fernwelle (in den Bildern nicht sichtbar) versehen. Der Motorträger wird mit einer Aluminiumschelle **4** gefaßt welche auch die Lagerstelle für das gesamte Triebwerk **5** aufnimmt. Auch ist dort der Motorregler **6** befestigt.

Mit einem zweiten Adapter **7** wird dann das Oberteil des Trägers verschlossen. Dieser obere Adapter trägt auch die Lagerstelle der Fernwelle, und das Getriebe. Dieses besteht aus Antriebszahnrad **8** mit 15 Zähnen (Stahlmodul 1) und einem Abtriebsrad **9** aus Messing (30 Zähne). Die Propellerwelle besteht aus 5mm Silberstahl und ist doppelt kugelgelagert. Das Getriebegehäuse **10** sowie die Propeller-Aufnahme **11** habe ich aus Aluminium Vollmaterial fräsen lassen.



Das Getriebe ist im eingefahrenen Zustand aufgeklappt; das Zuklappen wird über eine Zugstange **12** (mit Gelenk **13**) gesteuert: Der Zapfen **14** greift während des Ausfahrens von unten kommend in die Kulissee **15** der Trägerplatten ein und schließt damit das Getriebe. Die lange Feder **16** sorgt dafür, daß der Zapfen widerstandsarm in der Kulissee (oberer Rand) gleitet. Beim Einfahren verläßt der Zapfen die unten offene Kulissee und steht dann dem einklappenden Propellerturm nicht mehr im Weg.

Die in Flugrichtung nach vorne einklappenden Luftschraubenblätter **17** werden mit selbstgewickelten Torsionsfedern **18** vorgeklappt.



Das Aufrichten des Klapptriebwerks bewerkstelligt ein 180° Fahrwerk-Servo **19**. Da beim Ausfahren anfangs auch die Rumpfkappen geöffnet werden müssen ist eine Hilfsfeder **20** montiert, die das Servo unterstützt.

Bei völlig aufgestelltem Turm wird ebenfalls über das Servo über eine Torsionsanlenkung (Hebel **21** und Achse **22**) eine Sicherungsarretierung **23** für die Endposition betätigt. Diese ist nötig, da beim Abstellen des Triebwerks für eine kurze Zeit ein Windmühleneffekt (zu geringe Prop-Drehzahl im Verhältnis zur Fluggeschwindigkeit) eintritt. Dabei wird der Druck auf den Propellerturm so hoch, daß das Servo in Richtung Einklappen überdrückt wird, was zum Öffnen des Getriebes führt und dieses dann



Zähne abwerfen könnte.

In den Rumpf des Ventus wurde etwa in der Mitte der Wurzelprofilltiefe ein Ringspant **24** aus 4mm Aluminium eingearzt, welcher die komplette Klapptriebwerkseinheit trägt. Das Triebwerk ist mit 4 Schrauben M4 **25** demontierbar.

Die Rumpflappen **26** werden beim Einfahren des Turms über eine Feder **27** durch den Propellerturm unten gehalten, und zum Öffnen vom Turm aufgestoßen, danach halten Schubstangen **28** mit "Über-Totpunkt" Lagerungen **29** die Rumpflappen offen; das Bild zeigt links eine geöffnete und rechts eine geschlossene Klappe (ohne Triebwerk).

Die Empfangsanlage ist *hinter* dem Triebwerk im Leitwerksträger positioniert, anders wäre sie nicht störungsfrei zu kriegen gewesen. Die Antenne ist nach hinten und dann im Seitenleitwerk nach oben verlegt. Entlang des Klappen-Ausschnittes ist auf beiden Seiten UD-Kohle-Band (in "Hut-Profil-Form") **30** verstärkt. Hinter der Klappe ist ein Kohle-Band-Spant **31** eingeklebt.

Der Propeller-Sturz ist so gewählt, daß der Propellerstrom nicht das Höhenleitwerk trifft; der leicht nach oben gerichtete Zug beeinträchtigt den Wirkungsgrad des Triebwerkes nicht nennenswert - herzlichen Dank für den Hinweis, Herr Lehner (DG-Flugzeugbau).

Bau und Funktionstests



Nach Erstellung aller Komponenten und Montage derselben wurde der Ringspant eingearzt, und das Triebwerk in den Rumpf eingebaut, um den für damals augenscheinlich schwierigsten Teil, das Zusammenklappen der Luftschraubenblätter, testen zu können. Der Rumpf wurde dann auf einem Auto mit Schiebedach montiert. Die rechnerische Geschwindigkeit für den Normalflug liegt bei ca. 16 m/s (58km/h) bei G/F 96p/dm². Im Fahrbetrieb wurde dann das Triebwerk auf Aus-Einfahren, Motorlauf, Motorabstellen mit Anklappen der Propeller getestet. Das Anklappen der Propellerblätter verursachte keinerlei Probleme, vielmehr hatte ich den Windmühleneffekt beim Absinken der Propellerdrehzahl unterschätzt. Dieser Effekt drückte den Propellerturm so stark nach hinten, daß dabei das Getriebe sich öffnete, und die Zahnräder übersprangen. Eine Arretierung im ausgefahrenen Zustand brachte Abhilfe.

Ein weiteres Problem stellte sich ein, wenn beim Ausfahren die Getriebezahnräder Zahn auf Zahn zu stehen kamen, da dann beim abrupten Anfahren des Brushlessmotors die Zahnräder nicht mehr in Eingriff kamen, "Getriebe-Karies" war hier die Folge. Eine endgültige Lösung steht noch aus. Ich hatte es mit zwei kleinen Windleitbleche am Propellermitnehmer versucht, die die Propwelle in geringe Rotation versetzten sollten, aber die Wirkung reichte beim zur Verfügung stehenden Platz nicht aus (ich grübele noch... 😊).

Die eigentliche Flugerprobung fand dann auf der Gerlitzen im Juni 1999 statt. Da ich wieder einmal "sehr gut gebaut" hatte 😊, brachte der Ventus 6.85 kp auf die Waage, was einer Flächenbelastung von 96 p/dm² entspricht. Die damit einhergehende Grundgeschwindigkeit läßt einen Handstart nicht mehr zu, selbst mit laufenden Triebwerk. Zum Starten wurde ein Gummikatapult benutzt.

Anmerkung: Bei Nachrechnung ($m_{\text{Modell}} = m_{\text{Original}} \cdot \text{Maßstab}^3$) der Schempp-Hirth-Daten müßte mein Ventus 6.1 kp wiegen.



Das Klapptriebwerk funktionierte also im mechanischen Teil mehrfach gut, bis ich einmal während des Ausfahrens den Motor zu früh einschaltete. Die Getriebezahnräder waren natürlich sofort hinüber. Eine Umprogrammierung meiner MPX3010 auf einen weiteren Speicherplatz (mit Umschaltung) und einer Belegung des Gasknüppels statt Schieberegler waren die richtige Abhilfe.

Die praktische Erfahrung zeigt, daß im Kraftflug nicht nachgetrimmt werden muß, lediglich durch Wölbklappen-Ausschlag muß das Flugmodell "langsam gemacht" werden.

Der Steigwinkel und auch die Motor-Laufzeit (3 min) stellen auch in 2000 m Höhe zufrieden. Damit kann jetzt sehr viel länger nach Thermik gesucht werden, da das Absaufrisiko deutlich verringert ist.