

THEORIE UND PRAXIS

EINE AUSLEGUNG FÜR DEN ELEKTROMOTOR-KUNSTFLUG – TEIL 3

Nach der Auslegung und dem Bau der „Zyvko Edge V3“ von AeroPlusRC in den vergangenen zwei Ausgaben von AUFWIND, waren nur noch wenige Überprüfungen notwendig, um entspannt dem erfolgreichen Erstflug entgegen zu schauen. Markus Müller berichtet weiter.

Die eigens hergestellte Akkuauflage habe ich gleich genutzt um den gewünschten Schwerpunkt einzustellen. Die Bauanleitung empfiehlt einen Schwerpunkt von 135 Millimetern ab Eintrittskante. Forenbeiträge nennen Schwerpunkte bis Ende Steckungsrohr (170 mm). Mit cgCalc von www.eCalc.ch (vgl. AUFWIND 3/2017) habe ich diese Angaben verifiziert. Dafür habe ich die Maschine gemäß den Vorgaben des Schwerpunktrechners ausgemessen. Bedingt durch den bulligen Vorbau folgte ich der Empfehlung, die üblichen zehn Prozent Stabilitätsreserve um weitere fünf Prozent zu erhöhen. Daraus ergab sich nun ein Schwerpunktbereich von 147 (20 Prozent) bis 170 Millimeter (15 Prozent), was mit den genannten Angaben übereinstimmte. Die Akkuauflage habe ich dann so angebracht, dass der Schwerpunkt zwischen 145 und 150 Millimetern lag.

Nun schlug die Stunde der Wahrheit, es folgte der Gang zur Waage. Das hochgesteckte Ziel unter acht Kilogramm zu bleiben, habe ich um 0,5 Prozent verfehlt: Genau 8.040 Gramm zeigte die Waage. Und damit kann ich sehr gut leben!

Auf dem Tisch ließ sich die Einstellwinkeldifferenz (EWD) zwischen Tragfläche und Leitwerk einfach überprüfen. Dazu eignet sich die Kalkulationsdatei EWD.xls von eCalc hervorragend (vgl. AUFWIND 5/2017). Mit wenigen senkrechten Messungen zum Tisch konnte ich die EWD ermitteln, die für Kunstflugmodelle dieser Art zwischen null und einem Grad liegen sollte. Die Messungen waren schnell in der Tabellenkalkulation ausgefüllt und ergaben eine aktuelle EWD von 0,06 Grad – ein Wert im gewünschten Bereich. Ein größerer Baufehler mit eventuell beherrschbarer EWD wäre mit dieser einfachen, aber effektiven Überprüfung sichtbar geworden.

Nach der Programmierung der Fernsteuerung war es nun an der Zeit der „Edge“ endlich Leben einzuhauchen. Ich habe das Modell im Garten aufgebaut und gesichert. Mit einer reduzierten Zellenzahl (8 statt 12s) erfolgte eine erste Voll-

Flugzeug- oder Projektname: AeroPlus Edge V3 92"

Einheiten: cm

Flügel

Wurzeltiefe [R]:	57	cm
Segmenttiefe [T1-T5]:	57 - 56.5 - 28.5 - 14.3 - 0	cm
Pfeilung [S1 - S5]:	0 - 0 - 3.2 - 18.2 - 0	cm
Segmentbreite [W1 - W5]:	9 - 4.5 - 100 - 4.5 - 0	cm

Leitwerk:
normales Leitwerk (80%) - (Effizienz)

Wurzeltiefe [R]:	17.1	cm
Segmenttiefe [T1-T5]:	17.1 - 30.7 - 21.6 - 0 - 0	cm
Pfeilung [S1 - S5]:	0 - .5 - 5.7 - 0 - 0	cm
Segmentbreite [W1 - W5]:	4.6 - 9.1 - 35.3 - 0 - 0	cm

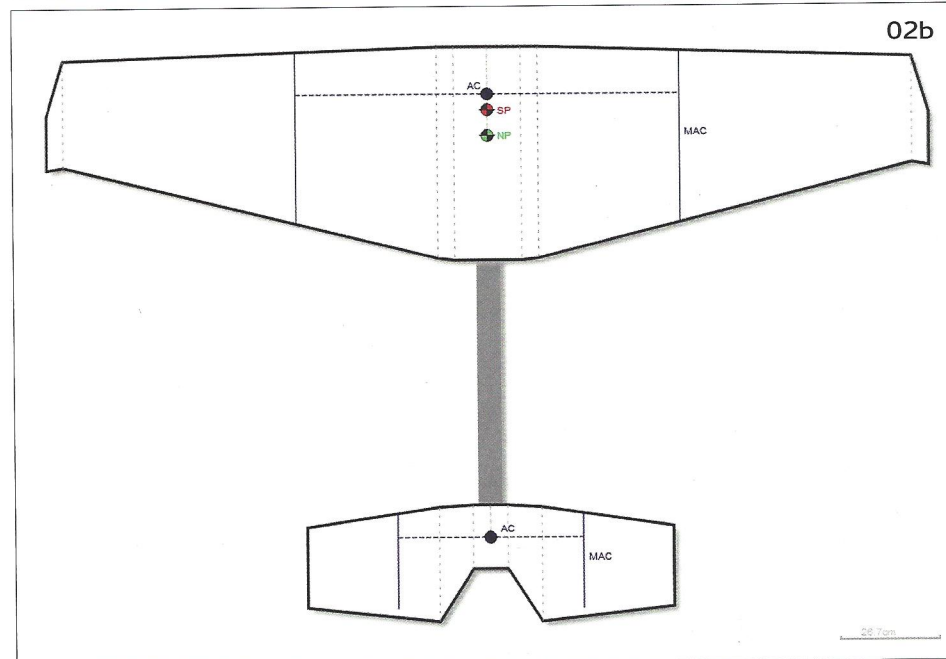
02a

(sind weniger als 5 Segmente notwendig, definieren Sie die Segmentbreite = 0, Stabilitätsreserve: 20.00 ... 15.0 - % of MAC (Empfehlung: 15% bis 5%) von rechts beginnend mit W5)

Distanz EK Flügle - Leitwerk [D]: 122.5 cm (negativer Wert für Entenflügler)

AC Position: 25 % of MAC (Standard: 25%)

Stabilitätsreserve: 20.00 ... 15.0 - % of MAC (Empfehlung: 15% bis 5%)



Resultate: [direkter Link AeroPlus Edge V3 92"](#)

Flugzeug Schwerpunkt SP [•]:	14.77 ... 17.04 cm (= 29.40 ... 34.40% MAC)	Flugzeug Neutralpunkt NP [•]:	23.88 cm (= 49.40% MAC)
Flügel AC [•]:	12.76 cm (= 25% MAC)	Leitwerk AC [•]:	8.65 cm (= 25% MAC)
Flügel MAC @ Distanz	45.56 cm @ 51.39 cm	Leitwerk MAC @ Distanz	25.48 cm @ 24.82 cm
Flügelspannweite:	236.00 cm	Leitwerkspannweite:	98.00 cm
Flügelfläche:	10229.35 cm²	Leitwerkfläche:	2438.49 cm²
Flügelstreckung:	5.44	Leitwerkstreckung:	3.94
		Leitwerkvolumen (V _H):	0.62

02c

Bild 02a-c Mit cgCalc von www.eCalc.ch wurde der Schwerpunkt exakt verifiziert

Statische EWD - Vermessung	
03a	
Flügeliefe C	584.00 mm
Distanz vorne A1 ⁽¹⁾	405.00 mm
Distanz hinten A2 ⁽²⁾	352.00 mm
Höhenleitwerkstiefe c	323.00 mm
Leitwerkauflege L	140.00 mm
Distanz vorne a1 ⁽¹⁾	327.00 mm
Distanz hinten a2 ⁽²⁾	298.00 mm
gewünschte EWD	0.00 °
aktuelle EWD ⁽³⁾	0.06 °
EWD Korrektur	-0.06 °
Leitwerkauflege vorne um	0.14 mm erhöhen
⁽¹⁾ Distanz von Nasenleiste zur Unterlage	
⁽²⁾ Distanz von Endleiste zur Unterlage	
⁽³⁾ VORSICHT: bei negativem EWD wird das Modell instabil!	

Bild 03a+b | Auch die Einstellwinkeldifferenz wurde sorgfältig nachgemessen und rechnerisch kontrolliert



gasmessung: Das Zangen-Amperemeter zeigte mit frisch geladenen Zellen 53 Ampere an. Die entsprechende Berechnung mit eCalc ergab 54 Ampere und die ursprüngliche 12s-Berechnung von rund 100 Ampere sollte sich damit ebenfalls bestätigen. Also auch hier soweit alles im grünen Bereich. Der integrierte Datenlogger des Reglers zeichnete eine Spitze von 57 Ampere auf, folglich ein Messfehler von plus sieben Prozent. Diesen Kalibrierungswert werde ich später nutzen, um die aufgezeichneten Stromwerte im Flug zu korrigieren.

Nun war die „Edge“ bereit für den Erstflug. Bei guten und endlich trockenen Bedingungen sollte das neue Modell seinem Element übergeben werden. Nach erfolgreichem Reichweiten- und Funktionstest habe ich die „Edge“ auf die Piste gestellt, ausgerichtet und den Gashebel langsam vorgeschoben. Das Modell nahm Fahrt auf, um bald darauf dem Himmel entgegen zu steigen. Nach minimalem Trimm aufwand habe ich in sicherer Höhe das Abrissverhalten erkundet: Ohne Vortrieb und mit voll gezogenem Höhenruder zeigte die „Edge“ keinerlei Abkipptendenz und war absolut gutmütig zu kontrollieren.

Dann wurden Modell und Antrieb an die Grenzen gebracht: Dabei zeigte sich vereinzelt ein Motorenkreischen bei Vollgaspassagen, was auf einen Kommutierungsfehler schließen ließ. Sofort reduzierte ich das Gas, da Kommutierungsfehler durch kurze, aber sehr hohe Stromspitzen schnell zum Reglerversagen führen können. Bei der Landung bestätigte dies der Regler prompt mit der entsprechenden Fehlermeldung (* -- = Excessive Load). In den aufgezeichneten Daten des Loggers war von den kurzen Spitzen nichts zu sehen. Er hatte ein Maximum von 108 Ampere gemessen, was etwa 101 Ampere korrigiert entspricht (108 abzgl. 7 Prozent).

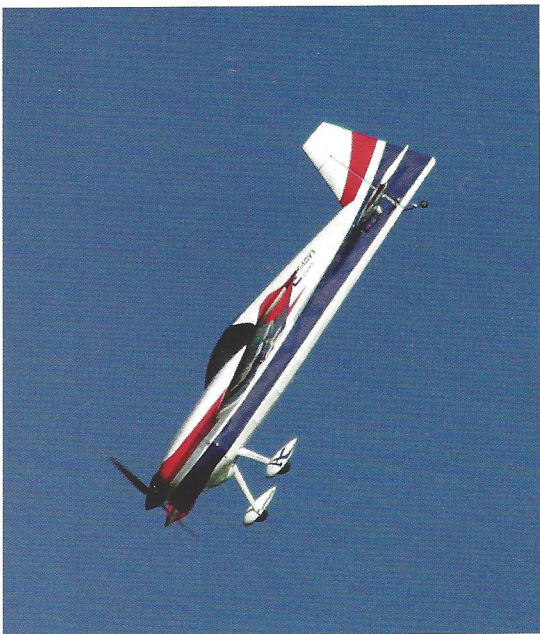
Ein Kreischen oder Stottern des Motors ist das Resultat solcher Kommutierungsfehler. Dabei gerät der Regler „aus dem Takt“ und steuert die Drehstrombrücke (FETs) in suboptimaler oder gar in falscher Reihenfolge an. Dadurch entstehen sehr hohe Spannungsspitzen, der Strom kann über die Limits der FETs ansteigen und den Regler nachhaltig beschädigen. Deshalb gilt es, beim ersten Anzeichen eines kreischenden oder stotternden Motors unverzüglich den Gashebel in Leerlauf zu bringen, um Schäden am Antrieb zu vermeiden.

Große Außenläufer mit weit über 14 magnetischen Polen sind bekannt dafür, sensibel auf suboptimale Reglereinstellungen zu reagieren. Nun gilt es, die Einstellungen des „Castle Edge 120HV“ vom Erstflug (PWM: Outrunner, Timing: Normal, Strombegrenzung: Sensitive) in weiteren Flügen zu verfeinern, damit das Kreischen ausbleibt. Leider konnte ich wegen des Wintersturms noch nicht das Optimum der Reglereinstellung erfliegen. Ein sicheres Verhalten mit 94 Ampere Spitze ergab sich zumindest schonmal mit PWM: 8kHz, Timing: Low, Strombegrenzung: insensitive. Ich werde noch weiter mit PWM und Timing spielen, um einen sicheren Betrieb ohne Kreischen bei rund 100 Ampere zu erreichen.

Zurück zum Modell: Die „Zyvko Edge 540 V3 (92“)“ von AeroPlusRC ist von hoher Qualität, sauber bespannt und äußerst leicht gebaut. Mit gezielter und überlegter Auslegung kann damit ein Abfluggewicht von acht Kilogramm erreicht werden, was für ein 2,35 Meter großes Modell beachtlich leicht ist. Die Motorisierung mit Leo-motion-„LEO 8015-180 F3X V2“, dem Castle Creations-Regler „Edge 120HV“ und einer Fiala-Luftschraube 22 x 12 Zoll an 12s erreicht einen

Mit einem sehr sicheren Gefühl im Bauch ging es mit dem schönen Modell zum Erstflug





Präzise zu fliegen, kraftvoll motorisiert – ein rassiges Kunstflugmodell · Dank exaktem Schwerpunkt und gutem Stabilitätsmaß ist das Modell auch im Landeanflug äußerst unkritisch

Spitzenstrom von rund 100 Ampere und einem Standschub von über 14 Kilogramm. Das resultierende Schub-Gewichts-Verhältnis von 1,75 und das Leistungs-Gewichts-Verhältnis von rund 475 Watt/kg garantieren hohe Agilität in 3D-Manövern. Dynamische Kunstflugfiguren werden mit viel Zug und viel Reserve durchflogen. Das Mo-

dell ist dabei äußerst gutmütig und verhält sich selbst in langsamen Passagen neutral und ausgewogen – nicht zuletzt dank der geringen Flächenbelastung von lediglich 79 Gramm/Quadratdezimetern.

Mit dieser dreiteiligen Serie haben wir alle wichtigen Schritte der Modellauslegung bis hin

zur Überprüfung wichtiger Einstellungen für den Erstflug systematisch durchlaufen. Das dargelegte Prinzip lässt sich natürlich auf jedes andere Modell anwenden. Ich wünsche viel Spaß und Erfolg beim nächsten Projekt. ■

Markus Müller, www.eCalc.ch

Schambeck Klapptriebwerke AFT19 evo und AFT25 evo


Florian **Schambeck**
Luftsporttechnik

- Komplettlösung, kein Zukauf einzelner Komponenten notwendig
- Schwerpunktneutrales Ein- und Ausfahren
- extrem kleiner Rumpfausschnitt
- hervorragender Wirkungsgrad
- geringes Gewicht
- minimaler Wartungsaufwand
- aerodynamisch effizient
- erhältlich für Modelle von 12 - 35 kg



Florian Schambeck Luftsporttechnik Meisterbetrieb
Stadelbachstr. 28 82380 Peissenberg
Tel.: 08803/4899064 schambeck@klaptriebwerk.de

www.klaptriebwerk.de