

# THEORIE UND PRAXIS

## EINE AUSLEGUNG FÜR DEN ELEKTROMOTOR-KUNSTFLUG – TEIL 2

Eine Motorisierung lässt sich im „Try & Error“-Verfahren vornehmen. Man kann aber auch sorgfältig berechnen, abwägen und optimieren. Letzteres ist die Domäne von Markus Müller. Hier der zweite Teil seines Weges zum perfekten Kunstflugmodell.

Nach der dargelegten Auswertung in der vorigen Ausgabe von AUFWIND traf der Bausatz bei mir ein. Die einzelnen Bauteile der „Edge V3“ von AeroPlusRC auszupacken machte mir richtig Freude. Noch selten hatte ich ein so sauber gespanntes und faltenfreies Modell auspacken dürfen. Kein einziges Teil musste nachgebügelt werden – Respekt!

Sofort habe ich alle für den Bau mit Elektroantrieb benötigten Teile gewogen. Dabei schlugen unter dem Strich 4.843 Gramm zu Buche. Das erklärte Ziel, unter einem Fluggewicht von acht Kilogramm zu bleiben schien in greifbarer Nähe zu sein. Nun konnte auch der bereits angedachte Antrieb mit einem Leomotion „L8015-180 F3X V2“ (GA4000.7) weiter verfeinert werden. Das mündete in der Verwendung einer Fiala-Luftschraube 22 x 12 Zoll und dem „Castle Creations Edge 120HV“-Regler. Damit war gemäß der Antriebsberechnung mit eCalc.ch ein Strom von rund 100 Ampere und knapp 15 Kilogramm Standschub zu erwarten. Es zeigte sich aber auch, dass der Motor bei Dauervollgas an seine



thermische Belastungsgrenze stoßen könnte. Somit war für ausreichende Belüftung im Modell zu sorgen. Interessierte AUFWIND-Leser können das Tool propCalc unter [www.eCalc.ch](http://www.eCalc.ch) bis Mitte Februar kostenlos und unverbindlich mit folgenden Zugangsdaten nutzen (Benutzername: propCalc; Passwort: Aufwind0118).

Als Nächstes stand die Auswahl der Servos an. Dabei griff ich auf die Auslegehilfe „Rudermoment“ in der Toolbox unter [www.eCalc.ch](http://www.eCalc.ch) zurück. Die habe ich bereits in AUFWIND 5/2015 vorgestellt. Mit der Excel-Kalkulation lässt sich die benötigte Servo-Stellkraft für jedes Ruder anhand der Dimension und des Ausschlags ein-

02a	Rudertiefe in mm (mittel)	=	168 mm	T
	Ruderslänge in mm	=	935 mm	L
	Geschwindigkeit in km/h	=	50 km/h	V max
	Ausschlag max in mm (H)	=	120 mm	H
	Max. Beschleunigung (Für Akro 8g, nicht Akro 3g)	=	8 g	g
	Ruderkraft (Fg)	=	4 N	

Ausschlag in:		Ruderkraft		Rudermoment (Nur Einfluss durch Anströmung FI)		Max. Rudermoment M max = (FI+Fg) x T/2	
α	In Grad	mm	FI N	Fg N	Ncm	Kgcm	
5°	15	0.0	4	2	0.2	34	3.3
10°	29	1.1	4	9	0.9	43	4.2
15°	43	2.5	4	21	2.0	54	5.3
20°	57	4.3	4	36	3.6	70	6.9
25°	71	6.6	4	56	5.5	89	8.7
30°	84	9.3	4	78	7.6	112	10.9
35°	96	12.2	4	103	10.1	136	13.3
40°	108	15.3	4	129	12.6	162	15.9
45°	119	18.6	4	156	15.3	189	18.6
50°	129	21.8	4	183	17.9	217	21.2

02b	Rudertiefe in mm (mittel)	=	168 mm	T
	Ruderslänge in mm	=	935 mm	L
	Geschwindigkeit in km/h	=	100 km/h	V max
	Ausschlag max in mm (H)	=	120 mm	H
	Max. Beschleunigung (Für Akro 8g, nicht Akro 3g)	=	8 g	g
	Ruderkraft (Fg)	=	4 N	

Ausschlag in:		Ruderkraft		Rudermoment (Nur Einfluss durch Anströmung FI)		Max. Rudermoment M max = (FI+Fg) x T/2	
α	In Grad	mm	FI N	Fg N	Ncm	Kgcm	
5°	15	0.1	4	9	0.9	35	3.4
10°	29	4.5	4	38	3.7	71	7.0
15°	43	9.9	4	84	8.2	117	11.5
20°	57	17.4	4	146	14.3	179	17.6
25°	71	26.5	4	223	21.8	256	25.1
30°	84	37.1	4	312	30.6	345	33.8
35°	96	48.9	4	410	40.2	444	43.5
40°	108	61.3	4	515	50.5	549	53.8
45°	119	74.2	4	624	61.1	657	64.4
50°	129	87.1	4	732	71.7	765	75.0

Bild 02a+2b | Die rechnerisch ermittelten Querrudermomente bei 50 Grad/50 km/h und 25 Grad/100 km/h

alle Angaben ohne Gewähr - Genauigkeit: +/-10%

News | Toolbox | Easy View | Help | Submit Specs | Language: deutsch

<b>Generell</b>	Motorikühlung: gut	Anz. Motoren: 1 (an einem Akku)	Modellgewicht: 8000 g inkl. Antrieb 282.2 oz	Flügelfläche: 102 dm² 1581 in²	Flugplatzhöhe: 500 m ü.M 1640 ft ü.M	Lufttemperatur: 25 °C 77 °F	Luftdruck(QNH): 1013 hPa 29.91 inHg	
<b>Akku-Zelle</b>	Typ (Dauer / max. C) - Ladezustand: LiPo 4200mAh - 30/45C - normal	Konfiguration: 12 S 1 P	Kapazität: 4200 mAh 4200 mAh total	max. Entladung: 85%	Widerstand: 0.004 Ohm	Spannung: 3.7 V	C-Rate: 30 C Dauer 45 C max	Gewicht: 106 g 3.7 oz
<b>Regler</b>	Typ: CC Phoenix Edge HV 120	Strom: 120 A Dauer 120 A max	Widerstand: 0.0008 Ohm	Gewicht: 149 g 5.3 oz	Verlängerung zu Akku: AWG10=5.27mm²	Länge: 0 mm 0 inch	Verlängerung zu Motor: AWG10=5.27mm²	Länge: 0 mm 0 inch
<b>Motor</b>	Hersteller - Typ (Kv): Leomotion LEO 8015-0180 F3X V2 (180)	Kv: 180 U/V	Leerlaufstrom: 1.3 A @ 10 V	Limite (max. 15s): 4300 W	Widerstand: 0.023 Ohm	Gehäuselänge: 62 mm 2.44 inch	Anz. mag. Pole: 28	Gewicht: 830 g 29.3 oz
<b>Propeller</b>	Typ - Schränkung Mittelstück: Fiala - 0°	Durchmesser: 22 inch 558.8 mm	Pitch: 12 inch 304.8 mm	Anz. Blätter: 2	PConst / TConst: 1.09 / 1.0	Getriebe: 1 : 1	Fluggeschw.: 0 km/h 0 mph	<b>berechnen</b>



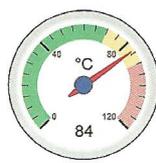
Entladerate:



Ø Flugzeit:



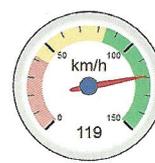
el. Leistung:



Temperatur (ca.):



Schub-Gewicht:



Pitch Geschw.:

Anmerkungen:

Die vorhergesagte Gehäusetemperatur ist kritisch (>80°C/175°F). Vorsicht - es besteht ein Überhitzungsrisiko!

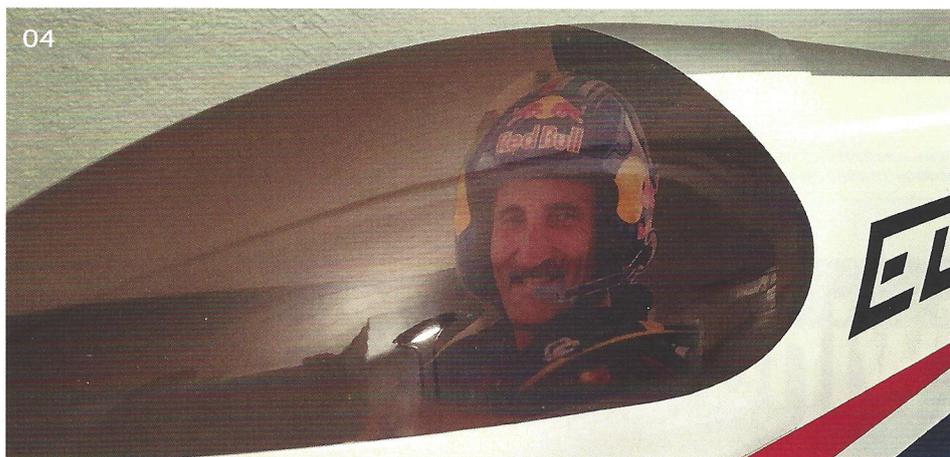
<b>Batterie</b>	<b>Motor @ Optimaler Wirkungsgrad</b>	<b>Motor @ Maximum</b>	<b>Propeller</b>	<b>Gesamter Antrieb</b>	<b>Modellflugzeug</b>
Entladerate: 22.43 C	Strom: 74.20 A	Strom: 94.21 A	Standstschub: 14589 g	Komponenten: 2476 g	Abfluggewicht: 8000 g
Spannung: 39.88 V	Spannung: 40.78 V	Spannung: 39.80 V	514.6 oz	87.3 oz	282.2 oz
Nennspannung: 44.40 V	Drehzahl*: 6777 U/min	Drehzahl*: 6514 U/min	Drehzahl*: 6514 U/min	Leistungs-Gewicht: 523 W/kg	Flächenbelastung: 78 g/dm²
Energie: 186.48 Wh	el. Leistung: 3025.7 W	el. Leistung: 3749.9 W	Schub bei Abriss: 10458 g	237 W/lb	25.6 oz/ft²
Gesamtkapazität: 4200 mAh	mech. Leistung: 2755.2 W	mech. Leistung: 3401.4 W	368.9 oz	Schub-Gewicht: 1.82 : 1	Kubische Flächenbel.: 7.8
genutzte Kapazität: 3570 mAh	Wirkungsgrad: 91.1 %	Wirkungsgrad: 90.7 %	Schubübers. bei 0 km/h: 14589 g	P(in) @ max: 4183.1 W	Überziehgeschwind.: 42 km/h
Flugzeit Vollgas: 2.3 min		Temperatur (ca.): 84 °C 183 °F	Schubübers. bei 0 mph: 514.6 oz	P(out) @ max: 3401.4 W	26 mph
Ø Flugzeit: 5.5 min		<b>Wattmeter-Messung</b>	Pitch Geschw.: 119 km/h	Wirkungsgrad @ max: 81.3 %	gesch. Horizontal-Geschw.: 109 km/h
Gewicht: 1272 g		Strom: 94.21 A	74 mph		68 mph
44.9 oz		Spannung: 39.88 V	Blattspitze: 686 km/h		gesch. Vertikal-Geschw.: 51 km/h
		Leistung: 3757.1 W	426 mph		32 mph
			spez. Schub: 3.89 g/W		gesch. Steigleistung: 14.3 m/s
			0.14 oz/W		2813 ft/min

**Bild 03 a+b** | Der Antrieb mit einem Leomotion „L8015-180 F3X V2“ (GA4000.7) wurde unter eCalc.ch weiter verfeinert **Bild 04** | Der sieben Gramm leichte Pilot nach einer Bildvorlage aus dem Internet

fach ermitteln. Dafür werden für die Anwendung (3D und dynamischer Kunstflug) für jedes Ruder zwei Berechnungen durchgeführt: eine mit 25 Grad Ausschlag bei 100 Stundenkilometern (dynamischer Kunstflug) und eine mit 50 Grad Ausschlag mit 50 Stundenkilometern (Prop-Wash bei 3D).

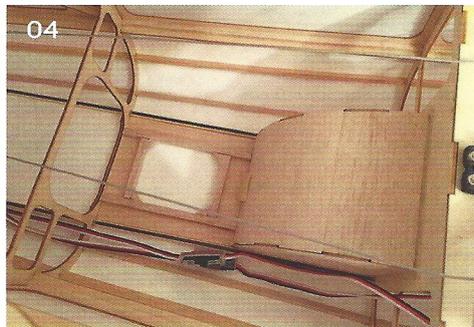
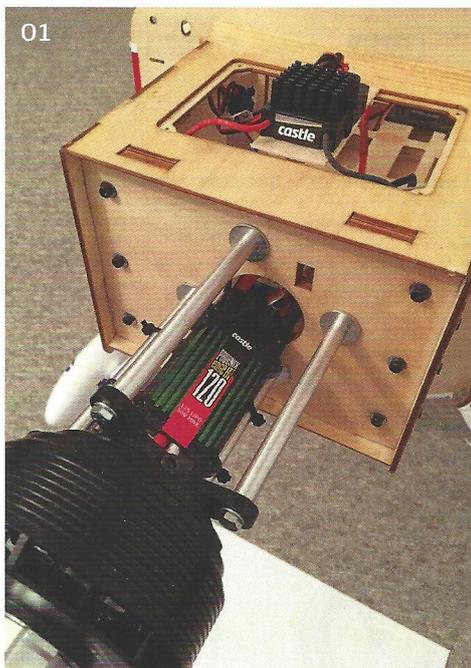
Das Servo muss damit das höhere Rudermoment bei der angestrebten Versorgungsspannung abdecken. Daraus ergeben sich folgende minimale Stellmomente: Querruder 22 Kilogramm, Höhenruder 12 Kilogramm und Seitenruder 35 Kilogramm. Mit der geplanten programmierbaren RC-Versorgung „BEC Pro“ von Castle

Creations bei 7,5 bis acht Volt war die Auswahl an Servos bereits eingeschränkt. Die Erfahrung aus früheren Projekten mit „elektrifizierten“ Verbrennermodellen hat mich gelehrt, möglichst kein überflüssiges Gewicht im Heck zu verbauen, um später nicht Schwerpunktprobleme zu bekommen. Die Höhenruderservos sollen also möglichst leicht sein. Mit diesen Rahmenbedingungen fiel meine Entscheidung auf folgende Servos (alle Angaben bei 7,4 Volt/60 Grad):



- Querruder: 2x Futaba-„BLS175SV“ (21 kg/cm, 0,12 s, 66 g)
- Höhenruder: 2x Futaba-„BLS471SV“ (13,8 kg/cm, 0,07 s, 57 g)
- Seitenruder: 1x Futaba-„S9177SV“ (41 kg/cm, 0,11 s, 74 g)

Alle wichtigen Komponenten des „Zyvko Edge“ standen nun fest. So konnte ich mit dem Bau, beziehungsweise der Fertigstellung des Modells beginnen. Der hohe Vorfertigungsgrad und die hohe Passgenauigkeit ermöglichten einen zügi-



**01** | Die Anordnung der Antriebskomponenten und der Rahmen für die Rumpfföffnung zur optimalen Belüftung  
**02-04** | Die Zwangsbelüftung mit einem abgewinkeltem Nylonrohr aus dem Sanitärbereich **05** | Das Modell bietet ab Werk viele interessante Details, wie zum Beispiel die Kabelhalterung in den Wurzelrippen

gen Aufbau des Modells. Nur mit wenigen Ausnahmen wich ich von der gut bebilderten englischen Anleitung etwas ab. Geisterflieger mag ich nicht. Daher musste ein leichter Pilot her. Aus dem Internet zog ich mir ein Foto des „Red Bull Air Race“-Piloten Peter Besenyei, druckte es gespiegelt auf Fotopapier aus und fertigte daraus einen gerade mal sieben Gramm leichten Piloten.

Aus der Antriebsberechnung war zu erkennen, dass dem Antrieb ausreichend Belüftung zu gönnen ist. Dies erreichte ich durch gezielte Kanalisierung des Luftstroms an Motor, Regler,

BEC und Akkus vorbei wieder ins Freie. Dazu wurden alle „überflüssigen“ Öffnungen mit Papier abgeklebt und eine zusätzliche Rumpfföffnung mit einem Hilfsrahmen im mittleren unteren Rumpfbereich angebracht. Zusätzlich habe ich durch die mittlere Motorhaubenöffnung und einem passendem, abgewinkeltem Waschbecken-Abflussrohr aus dem Sanitärzubehör eine Zwangsbelüftung des Motors erreicht. Durch diese einfachen baulichen Maßnahmen wurde ein effizienter kühlender Luftstrom am Motor, Regler, BEC und den Akkus vorbei Richtung Rumpfföffnung realisiert. Außerdem setzte

ich statt des mitgelieferten, weißen Spinners einen 89 Millimeter großen Spinner von Aero-naut im Carbon-Design ein.

So entstand an gerade mal zehn Abenden der „Zyvko Edge 60cc“ von AeroPlusRC. In der nächsten Ausgabe von AUFWIND berichte ich über die Vorbereitungen (Verifikation von Schwerpunkt und Einstellwinkeldifferenz) für einen erfolgreichen Erstflug.

Markus Müller  
[www.eCalc.ch](http://www.eCalc.ch)

## SPERRHOLZSHOP

### Zembrod

Der Shop für Sperrholz, Balsa und Zubehör

- Hochwertige Sperrhölzer für Ihr Flugmodell
- Härtegradselektierte Balsabrettchen und Balsa-Stirnholz
- Formleisten aus Kiefer, Balsa und Buche
- Flugzeugsperrholz nach DIN für Ihre ganz großen Modelle
- Depronplatten und Modellbauschaum für Ihre leichten Projekte
- Mehr als 25 Furniere für Ihr individuelles Modellflugzeug
- GFK Platten von 4mm bis hauchdünn
- Werkzeuge, VHM-Fräser, Holzklebstoffe und Schleifmittel
- 2D CNC-Frässervice für Holz, Depron und Kunststoffe

Oldlandstraße 5  
 72505 Krauchenwies

Telefon 07576 / 2121  
 Fax 07576 / 901557

[www.sperrholzshop.de](http://www.sperrholzshop.de)  
[info@sperrholz-shop.de](mailto:info@sperrholz-shop.de)

**TORCMAN**<sup>®</sup>  
 E-Machines  
 Made in Germany...

[www.torcman.de](http://www.torcman.de)

[www.fes.torcman.de](http://www.fes.torcman.de)

[www.aufwind-magazin.de](http://www.aufwind-magazin.de)