

„Vector-E“, ein Fesselflugmodell für Kunstflug

Fesselflugmodelle für Kunstflug werden vom Piloten nach konventioneller Art, d.h. aus Holz, selbst gebaut und dann bei hoher Geschwindigkeit in Bodennähe durch komplizierte Manöver geflogen. Dies ist durchaus anspruchsvoll, sind doch handwerkliches Geschick, Geduld und fliegerisches Gefühl Voraussetzungen, um dabei viel Freude in einer kleinen Gemeinschaft zu erleben. Das befriedigend langsame Fortschreiten eines Bauprojektes, das spannende Einfliegen und das glücklicherweise nie endende Bestreben schwierige Flugmanöver mit eigener Hand zu erlernen und zu perfektionieren; sie alle sind Elemente des inneren Wertes unseres Sportes.

Die internationalen Regeln der FAI Klasse F2B (Kunstflug mit Fesselflugmodellen) sehen vor, dass der Pilot das Laufverhalten seines Motors im Flug nicht beeinflussen darf, d.h. er hat keinen Gashebel. Da nun aber eine angepasste Leistungsabgabe des Motors für das Fliegen von Manövern vor Bedeutung ist, wird das Verstehen und Beherrschen des Laufverhaltens des Verbrennungsmotors zur oft schwierig zu erfüllenden Grundvoraussetzung. Mit der Verbreitung von sicher und reproduzierbar funktionierenden, elektrischen Antrieben existiert diese Problematik nicht mehr und so fliegt heute schon ein erheblicher Teil der F2B Wettbewerbsmodelle mit einem Elektromotor.

Was bleibt, ist die Frage nach der Beschaffung von geeigneten Material, denn unsere bewährten Fachgeschäfte können aus naheliegenden Gründen den speziellen Bedarf einer so kleinen Gruppe von Käufern nicht immer decken. Die folgende Aufstellung geeigneter Produkte umfasst deswegen auch Hinweise zu Beschaffungsquellen.

Das Flugzeug

Die Firma Brodak Manufacturing in den USA führt einen auf Fesselflug spezialisierten, Internetshop und liefert Material hoher Qualität zuverlässig und in der Regel innerhalb von 4 Wochen. Neben fast flugfertigen ARF Modellen bietet Brodak auch ausgezeichnete, weitgehend vorgefertigt Bausätze an. Die Preise sind akzeptabel, wobei zu beachten bleibt, dass die Frachtkosten für einen Baukasten bei ungefähr 60 Dollar liegen.

www.brodak.com

Der Vector ist ein Wettbewerbs-Kunstflugmodell der, mit einer Spannweite von 130 cm, mittleren Grössenklasse für F2B Modelle. Ich schlage vor, das Flugzeug elektrisch anzutreiben. Korrekt und vor allem leicht gebaut und fachmännisch eingeflogen ist der Vector uneingeschränkt wettbewerbsfähig.

<http://brodak.com/vector-40-kit.html>

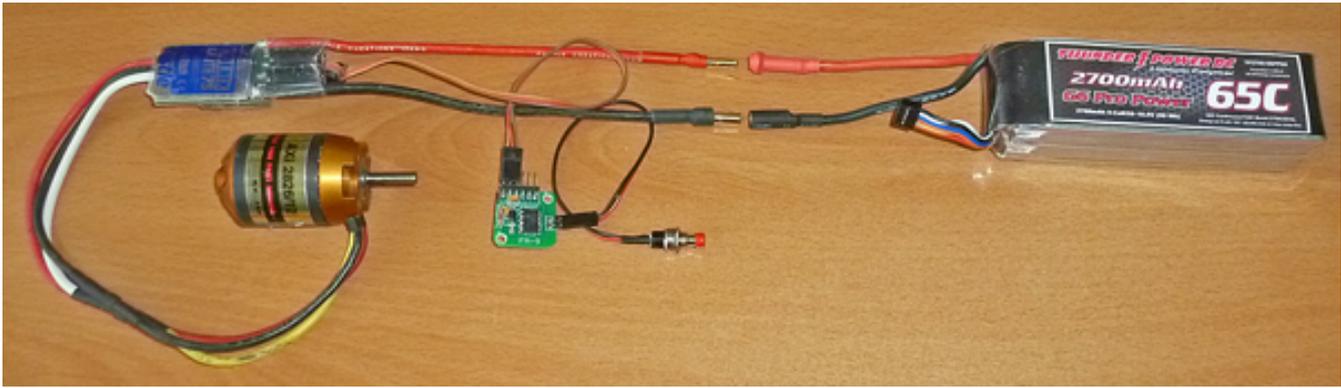


E-Version:

Die Konstruktion des Vector ist für den Einbau eines Verbrennungsmotors ausgelegt. Bereits seit längerer Zeit steht jedoch ein Nachrüstsatz für den Umbau auf Elektroantrieb zur Verfügung:

<http://brodak.com/electric-accessories-1/conversion-kits/vector-40-electric-conversion.html>

E-Antrieb für F2B Modelle



Motor

Für den Vector geeignet ist ein Aussenläufer mit einer spezifischen Drehzahl in der Grössenordnung von 900 U/min/Volt. Ausgelegt für 3 - 6 Zellen und mit bis zu ca. 600 Watt belastbar:

<http://www.leomotion.com/pi.php/LEO-2826-0910.html>

Batterie

Sie wird im Fesselflug erheblich belastet und sollte deswegen nie komplett entladen und nur mit einem LIPO Ladegerät bei 1 C geladen werden. Für den Vector ist hier eine passende 4-Zellen Batterie mit einer Kapazität von 2'600 mAh:

http://www.leomotion.com/shop/USER_ARTIKEL_HANDLING_AUFRUF.php?Kategorie_ID=1095&Ziel_ID=7904

Propeller

Gut bewährt haben sich die leichten und effizienten Elektroflug-Propeller von APC thin electric. Bei einer Drehzahl von ca. 10'000 wird ausreichend Schub für eine Geschwindigkeit von 5 sec pro Runde erzeugt:

<http://www.leomotion.com/pi.php/APC-Thin-Electric-110-x-55-E.html>

Regler

Ein Regler für e-Fesselflug sollte möglichst weitgehend programmierbar sein und dabei eine Funktion zur Konstanthaltung der Drehzahl bei veränderlicher Last sowie eine programmierbare Bremsfunktion anbieten. Die „Edge“ Regler des US Herstellers Castle Creation ermöglichen dies und können darüber hinaus während dem Flug viele verschiedene Parameter zu nachträglichen Prüfung am PC aufzeichnen:

<http://www.leomotion.com/pi.php/50A-Castle-Phoenix-Edge-Lite-50.html>

Um den Regler am eigenen PC (nicht MAC) zu programmieren, wird eine Schnittstelle benötigt:

<http://www.leomotion.com/pi.php/Castle-Link-Kabel-Interface.html>

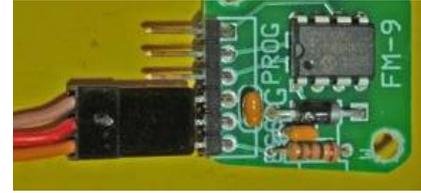
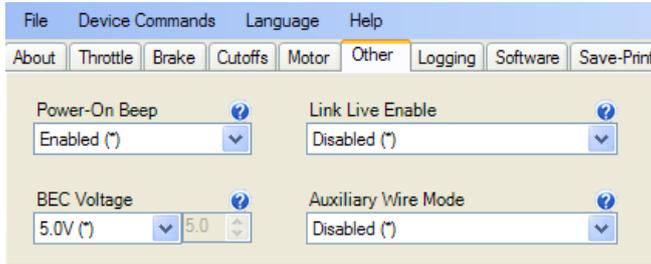
Die zugehörige Software „Castle Link“ kann kostenlos von der Castle Homepage heruntergeladen werden:

<http://www.castlecreations.com/downloads>

Speed Controller Setup Checklist	Castle Edge lite 50A für 4S und 910 U/V bei 14 Polen
Vehicle Type: Control Line	Motor Timing: Normal (5)
Throttle Type: Governor Mode	Direction: Forward
Governor Mode Setting: Governor High	PWM Rate: 8 Khz
Governor Gain: High (35)	Gearing Info: No Gearing/Direct Drive
Initial Spool Up Rate: Medium (5)	KV of Motor: 910
Head Speed Change Rate: High (8)	Magnetic Poles in Motor: 14
Brake Strength: 100%	Power-On Beep: Enable
Brake Delay: 0.5 sec	BEC Voltage: 5.0 V
Brake Ramp: Fast	Link Live Enable: Disabled
Cutoff Voltage: 12.0 V	Auxiliary Wire Mode: Disabled
Voltage Cutoff Type: Soft Cutoff	Logging; 1 samples/second: Batt. Voltage, Batt. Current, Contr. Temp.,
Current Limiting: Normal (70A)	Contr., Input Throttle, Controller Motor Power Output, Motor RPM, BEC
Current Cutoff Type: Hard Cutoff	Voltage.
Auto-Lipo Volts/Cell: Inactive	Automatic Data Reset: 98%
Battery Pack Voltage: 14.800	Firmware: V 4.22
Motor Start Power: Low (39)	

Timer

Um den Regler anzusteuern benötigen Fesselflieger ein Bauteil, welches einstellbare Drossel-Signale erzeugt und diese über das 3-adrige Servokabel an den Regler schickt. Der programmierbare Timer FM-9 von Wilbert Hubin (USA) wird mit einer extern zu montierenden Start/Stopp Drucktaste geliefert. Er wiegt ca. 10 Gramm. Die 5 Volt Stromversorgung geschieht über das Servokabel des Reglers. Dazu muss dessen BEC Funktion (Battery Elimination Circuit) auf 5.0 V eingestellt werden:



Der „FM-9 Timer with extd. leads“ ist bei Will Hubin whubin@kent.edu zu bekommen. (ca.12.- \$. PayPal)

VORSICHT: Wird, bei angesteckter Batterie, der vom Regler kommende 3-polige Servostecker vom Timer abgezogen, so beginnt der Motor hochzulaufen!

Zur **Programmierung des FM-9 Timers** auf dem Flugplatz benötigt man das **FM-9 Programmiergerät**.



Um den ausgeschalteten FM-9 Programmer in Betrieb zu nehmen, wird der Servostecker vom Timer abgezogen (**VORSICHT; Verbindung Batterie-Regler zuerst trennen**) und die 6-adrige Verbindung zum Programmer angesteckt. Die **rote Markierung** ist **rechts**.



Jetzt wird die Start/Stopp Taste gedrückt gehalten und **gleichzeitig** der „Programmer“ eingeschaltet. Danach die Start/Stopp Taste wieder loslassen. Die Meldung „ FM-9 Progr: Press OK to continue“ erscheint und zeigt an, dass der Computer des „Programmiers“ gestartet wurde. Bestätigen mit der Taste OK und weiteren Anweisungen folgen. Nicht vergessen; Nach der Programmierung den Hauptschalter am Programmierer ausschalten. Für den Betrieb des Vector mit dem FM-9“ Programmier“ sollten diese Funktionen des FM-9 Timers gewählt werden:

Anzeige	Funktion	Bereich
Flight Time	Motor Laufzeit ab Ende Hochlauf bis Stop.	1'00" – 9'59"
Delay	Startverzögerung bis Hochlauf	2" – 99"
ESC Mode Phoenix New High	Für Phoenix / Edge Governor High Betrieb	7'300 – 11'990 U/min

Der „FM-9 Programmer“ (w/o retractable gear) ist bei Will Hubin whubin@kent.edu zu bekommen. Ca. 90.- \$

Allgemeines Fesselflug Zubehör

Leinen

Die „Lebensversicherung“ des Fesselfliegers. Immer äusserst sorgfältig behandeln, nicht verdrillen und nie drauftreten. Locker, ohne Spannung aufwickeln. Nach jedem Flug sauber wischen und dabei auf Knickstellen / Beschädigungen prüfen. Im Zweifel entsorgen.

Rostfreie Stahlseile mit Durchmesser 0.38 mm x 18.30 m. Länge. Fertig konfektioniert.

<http://brodak.com/control-line-parts/control-lines/sullivan-ready-to-use-control-line-cable-015-dia-x-2-60.html>

Zugprobe

Mit am Modell angeschlossenen Leinen und Griff ist eine Zugprobe mit dem 10-fachen des Modellgewichtes obligatorisch vorgeschrieben.

Verbinder

Zwischen Modell und Leinen bzw. Leinen und Griff. Benötigt werden 4 Stück. Leider gehen sie häufig verloren....:

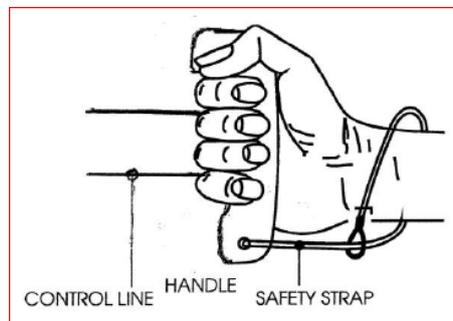
<http://brodak.com/control-line-connector-large-15-to-29.html>

Griff

Und damit hat man die Sache im Griff:

<http://brodak.com/reycos-control-line-handle-walnut-large.html>

Die vorgeschriebene Sicherheitsschleife um das Handgelenk ist zusätzlich anzubringen:



Hinweise zum Bau des Vector

Konstruktion und Bau sind kritisch, geht es doch darum, bei möglichst geringem Gewicht, hohe Präzision bei gerade noch ausreichender Festigkeit und Starrheit zu erreichen. Auch wenn beim Vector die eigentliche Konstruktion durch den Bausatz vorgegeben ist, so setzt der Aufbau doch Erfahrung mit dem konventionellen (Holz-) Bau von Modellflugzeugen voraus.

Steuerungsmechanik

Das Steuersegment wird so eingebaut, dass die Achse der beiden Steuerseile parallel zur Längsachse des Rumpfes liegt. Dabei zeigen sowohl die Klappen als auch das Höhenruder 0° Ausschlag und die beiden Steuerseile sind exakt gleich lang. Alle Bauteile zur Bewegung von Höhenruder und Klappen sind so nachzuarbeiten und einzubauen, dass perfekte Leichtgängigkeit über den ganzen Ausschlagbereich von +/- 45° sichergestellt ist. Dies ist dann erreicht, wenn die Klappen bzw. das Höhenruder durch das Eigengewicht in ihre Endstellungen laufen. Dazu ist es hilfreich, herkömmliche Nylonscharniere zu zerlegen und die eine Hälfte um 0.2 mm grösser als die Dicke des Stiftes aufzubohren. Bei M3 (Nicht kleiner) Kugelgelenken wird die Kugel herausgedrückt, mit Schleifpapier auf einem rotierenden Dorn in der Bohrmaschine etwas abgeschliffen und dann wieder eingepresst. Wo möglich ist es sinnvoll Steuerung so zu gestalten, dass die Ausschläge des Höhensteuers (+/- 45°) im Verhältnis zu denen der Klappen (von +/- 30° bis zu auch +/- 45°) am fertigen Modell verstellt werden können. Der Spalt zwischen den Klappen und dem Flügel bzw. dem Stabulo ist schmal wie möglich zu halten (deutlich weniger als 1 mm) und er sollte auf ganzer Länge gleichmässig breit sein.

Klebstoffe

Für passgenaue Verbindungen eignen sich dünnflüssige Sekundenkleber sehr gut und für etwas breiteren Spalte sind auch dickflüssige Cyano Kleber geeignet. Bei Klebestellen welche anschliessend glatt überschliffen werden sollen dürfen weder Sekundenkleber, noch Weissleime, noch 2-K Klebstoffe eingesetzt werden, da sich diese nicht sauber verschleifen lassen. Besser geeignet sind dafür Zellulosekleber wie z.B. Uhu hart. Schwerer Epoxy 2-K Kleber wird nur bei der Verklebung hoch beanspruchter Teile/Baugruppen wie z.B. Motorbefestigung, Fahrwerktaufnahme und Holme bzw. Steuerungsteile in der Flügelmitte eingesetzt. Partielle Verstärkungen, vorzugsweise aus leichten Kohlegeweben oder vorgefertigten, dünnen Bändern, können Sinn machen, sind aber nicht ganz leicht.

Aufbau

Lasergeschnittene Bauteile sind sehr genau und passen exakt ineinander. Dabei ist jedoch zu beachten, dass beim Zusammensetzen kein Druck ausgeübt werden muss, dies könnte zu Spannungen und damit einem Verzug führen. Freihändiger Aufbau ist daher nicht möglich und die Anwendung einfacher Hilfsmittel, z.B. ein verzugsfreies Baubrett und zahlreiche, sauber eingepasste Unterlagen, ist Grundvoraussetzung.

Auch wenn die Lage aller Achsen durch vorgefertigte Bauteile gegeben ist, so ist deren Kontrolle vor der endgültigen Verklebung sehr wichtig. Ausgangsebene dafür ist die horizontale Mittellinie des symmetrischen Flügelprofils (0°). Dabei gilt:

Anstellwinkel fester Teil des Höhenleitwerkes (Stabilo); 0° +/- 0.5°

Zugachse Motor: 0° +/- 0.5°

Scharnierline Klappen zu Längsachse Rumpf: 90° +/- 0.25 °

Parallelität Scharnierline Klappen zu Scharnierline Höhenleitwerk: +/- 0.25 ° in beiden Achsen

Als Faustregel gilt: 1° ist gleich eine Abweichung von 1 cm auf einer Länge von 60 cm.

Das Startgewicht, mit Batterie, des Vector sollte bei ca. 1'350 Gramm liegen

Versiegelung

Um einem nachträglichen Verzug vorzubeugen, macht es Sinn alle innen liegenden Oberfläche aller Bauteile vor deren Montage vor der Aufnahme von Feuchtigkeit zu schützen. Dafür genügt ein einfacher Anstrich mit sehr stark (90%) verdünntem Spannlack oder Nitro-Hartgrund.

Einbau der Batterie

Bei einem E-Fesselflugmodell muss es aus Sicherheitsgründen einfach und rasch möglich sein, die Stromversorgung zwischen Batterie und Regler zu unterbrechen. Die Batterie wird deswegen so eingebaut, dass sie von oben erreicht werden kann und der Zugang vorzugsweise ohne Werkzeug möglich ist. Darüber hinaus dient die recht schwere Batterie dazu, den Schwerpunkt des Flugzeuges ohne zusätzlichen Ballast einzustellen. Die Batterie wird zu diesem Zweck in Längsrichtung um ca. +/- 25 mm verschieb- und fixierbar eingebaut.

Finish

Eine besondere Herausforderung beim Bau einer F2B Maschine ist es, diese sehr leicht zu bauen und danach möglichst aufwendig und perfekt zu lackieren. Die Bewältigung des sich daraus ergebenden Widerspruchs macht in der Tat einen Teil der spannenden Faszination unseres Sportes aus. Nachdem nun aber grundsätzlich die Flugeigenschaften im Vordergrund stehen (sollten...) macht es wenig Sinn, ein an sich gut gelungenes Flugzeug durch den Versuch einer „professionellen“ Lackierung mit unnötigem Gewicht zu belasten. Anstelle sehr arbeitsaufwändig aufgebaute Mehrschichtlackierungen ist deswegen die Anwendung leichter Folien, besonders bei elektrisch angetriebenen Modellen, durchaus zu empfehlen.

Einstellungen vor dem Erstflug

- Bei genau gleich langen Steuerkabeln im inneren Flügel stehen sowohl das Höhenruder als auch die Klappen auf Ausschlag 0°.
- Das Verhältnis der Ausschlagwinkel von Klappen und Höhenruder wird auf 1:1 eingestellt.
- Der Schwerpunkt, bei eingebauter Batterie, des Vector wird auf 75 mm, gemessen von der Nasenleiste am Rumpf nach hinten eingestellt.
- Die verstellbare Kabelführung im Randbogen des inneren Flügels wird so eingestellt, dass die Mitte der beiden Kabel 60 mm hinter dem Schwerpunkt des Fliegers liegt.
- Zur Bestimmung des Aussengewichtes wird das Modell auf den Rücken gelegt und unter dem (waagrechten) äusseren Flügel am Randbogen eine Waage positioniert. Es wird so viel Ballast zugegeben, bis die Waage 30 Gramm anzeigt.
- Modell, Leinen und Griff werden einer Zugprobe mit dem 10-fachen des Modellgewichtes (inkl. Batterie) unterworfen.
- Die Programmierung des Reglers auf dem PC wird nach Checkliste überprüft und der Inhalt des Datenspeichers gelöscht.
- Am Timer wird eine Motor Laufzeit von 1 Minute und eine Drehzahl von 9'000 U/min eingestellt.
- Ein erster Standlauf von 20 sec. wird ohne Propeller durchgeführt. Dabei wird die Drehrichtung (Vom Cockpit aus gesehen nach rechts) geprüft und auf übermäßige Vibrationen bzw. schabende Geräusche geachtet.

- Mit Propeller wird ein Standlauf von nicht mehr als 20 sec. durchgeführt. Anschliessend werden die gespeicherten Werte des Reglers kontrolliert:
Drehzahl: ca. 9'000 (+/- 200)
Strom: Nicht mehr als 35 Ampère
Temperatur Regler: Nicht mehr als 70°C
Spannung BEC: 5.0 V

Der Erstflug

Vorzugsweise durch einen erfahrenen Fesselflieger. Auf rundherum ebenem Gelände mit feiner Oberfläche. Ohne oder nur ganz wenig Wind.

- Flugzeit 1 Minute, mit einer geladenen Batterie sind 4 – 5 Flüge von je einer Minute möglich.
- Drehzahl so einstellen, dass eine Rundenzeit von 5.1 sec. resultiert. (bei Leinen 0.4 mm x 18 m)
- Länge der oberen oder unteren Steuerleine so einstellen, dass der Flieger ohne ständigen Steuerdruck von selbst eine Höhe von 1.5 m einhält.
- Schwerpunkt so einstellen, dass der Flieger deutlich, aber nicht giftig, auf Steuerbewegungen reagiert.

Trimmung für Flugbetrieb

- Flugzeit 5 Minuten 10 sec, mit einer geladenen Batterie ist nur ein Flug möglich.
- Waagrechte Lage der Tragfläche im Horizontal- und im Rückenflug prüfen:
Bei Aussenfläche hoch sowohl im Horizontal- als auch im Rückenflug; Aussengewicht in Schritten von 5 Gr, erhöhen.
Bei Aussenfläche hoch Horizontal- und tief im Rückenflug; Durch gegensinniges Verdrehen der Klappen aerodynamisch korrigieren.
- Drehrate Innen- und Aussenlooping: Das Flugzeug muss, bei in etwa gleicher Steuerbewegung am Griff, sowohl Innen- als auch Aussenloopings gleich gross fliegen, Prüfmanöver liegende Acht:
Aussenlooping kleiner: Hinterkante Höhenruder 2 mm höher einstellen.
- Radius eckige Loopings: Schwerpunkt so weit nach hinten verstellen, bis das Flugzeug beim Herausfliegen aus der Ecke kurz nachwippt. Dann SP wieder etwas nach vorn.
- Leinenführung im inneren Randbogen: Nach einer Verschiebung des Schwerpunktes die Grundeinstellung (60 mm hinter SP) neu einrichten. Leinenführung in Schritten von 5 mm nach vorne verstellen, bis der Leinenzug über Kopf abnimmt. Prüfmanöver Stundenglas, oberes Segment.

Hinweise zum Flugbetrieb

- Sicherstellen, dass nur mit vollständig geladenen Akkus gestartet wird. Bei Unsicherheit Batterie nachmessen.
- Startverzögerung nicht unter 30“ einstellen.
- Batterie erst unmittelbar vor dem Start einsetzen und anstecken. Dabei muss das Modell festgehalten werden.
- Startsequenz durch kurzes Drücken der Start/Stopp Taste einleiten. VORSICHT, der Regler quittiert den Startbefehl mit einem kurzen Drehen des Propellers.
- Beim Start muss das Modell mindestens so lange festgehalten werden, bis der Pilot den Griff in der Hand hält und die Sicherheitsschlaufe um das Handgelenk gelegt ist.
- Bei Unsicherheit oder Zwischenfällen wird die Startsequenz bzw. ein laufender Motor durch kurzes Drücken der Start/Stopp Taste abgebrochen, bzw. abgestellt.
- Eine abgebrochene Startsequenz kann nicht erneut gestartet werden. Dafür muss zuerst die Batterie aus- und wieder angesteckt werden. Dabei muss das Modell festgehalten werden.

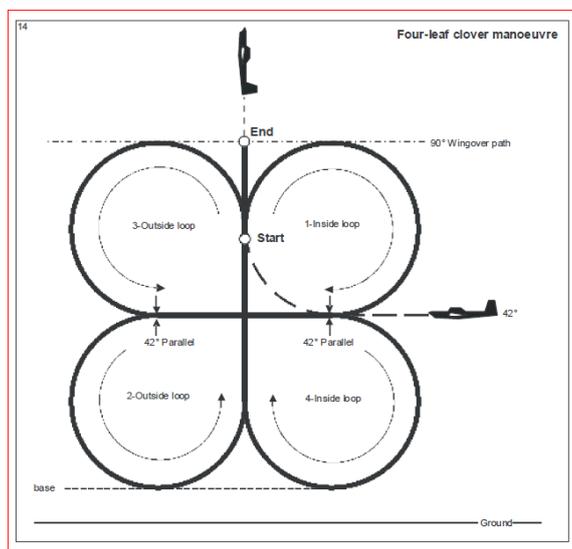
- 5 sec vor dem programmierten Ausschalten des Motors nimmt der Regler für einen kurzen Moment die Leistung zurück und zeigt so das bevorstehende Abstellen an. VORSICHT, dieses Signal kann durch die Programmierung der Bremsverzögerung und/oder der Gasannahme (Phoenix: Head Speed Change Rate) überdeckt werden und ist dann fast nicht mehr wahrnehmbar.
- Nach der Landung muss das Modell von einem Helfer so lange festgehalten werden bis das Antriebssystem gegen unbeabsichtigtes Wiederanlaufen des Motors gesichert ist.
- Das Ende der Gebrauchsdauer (Anzahl Zyklen) der Batterie kündigt sich dadurch an, dass die Regleröffnung (Power Out) im Flug mehrfach den Wert von 100% erreicht. Dies bedeutet, dass die Batteriespannung nicht mehr ausreicht, um die konstante Drehzahl unter hoher Last einzuhalten. Ersetzt werden sollte die Batterie wenn die Spannung unter Last (Im Flug, im letzten Manövern) auf einen Wert von 3.0 Volt pro Zelle abfällt. Bei Einstellung der Unterspannungsüberwachung des Reglers auf 12.0 V bei 4S (3.0 V pro Zelle) spricht dann diese Sicherung an und reduziert die Leistung bis zum Ablauf der eingestellten Laufzeit.

Ein wichtiger Nachtrag

Die leichte Bauweise des Vector widersteht zwar den ganz erheblichen Belastungen in den Flugmanövern, eine harte Landung hingegen kann zu Beschädigungen führen. Deswegen ist das Flugzeug zur Grundausbildung, das heisst um das Fesselfliegen zu erlernen und dabei auch die Angewöhnung an die Drehbewegung zu erreichen, nicht geeignet.

Ich empfehle deswegen Einsteigern sich an einen Fesselflieger in der Region zu wenden und ihn um „Starthilfe“ mit einem einfacheren Fluggerät zu bitten. Auf Anfrage ist die Fachkommission F2 Fesselflug des Schweizerischen Modellflugverbandes SMV sehr gerne bereit, geeignete Kontakte zu vermitteln:

<https://www.fesselflug.ch/>



Weiterführende Information

Einsteiger Reglement Kunstflug: <https://www.fesselflug.ch/common/info/dokumente.html>

Ein elektrischer Antrieb für F2B: <https://www.fesselflug.ch/common/info/dokumente.html>

Das massgebende Internet Forum für Fesselflug (USA, englisch): <https://stunthanger.com/smf/index.php#8>

Besonders interessant sind:

“Gettin all AMP’ed up!” <https://stunthanger.com/smf/gettin-all-amp'ed-up/>

“List your Set Up...” <https://stunthanger.com/smf/gettin-all-amp'ed-up!/list-your-set-up/>

Elektrotechnische Grundlagen, hervorragend illustriert: <http://www.brucewilles.de/grundlagen.html>

Warum überhitzen Modellflugregler? Markus Müller: <http://www.s4a.ch/eflight/reglerleistung.pdf>