

Modestia

Stand: 15.07.2020

Stand der Dinge

Nach der Erprobung von „Modestia“ im Frühjahr 2020 habe ich zusammenfassend geschrieben:

... „Modestia“ ist geeignet für Basistraining F2B. Das Flugzeug benötigt aber ständige Aufmerksamkeit und zeigt im Flug ein nicht ganz so stabiles Bild wie eine „grosse Maschine“. Für fortgeschrittene Piloten und Wettbewerbsteilnehmer ist „Modestia“ weniger geeignet....

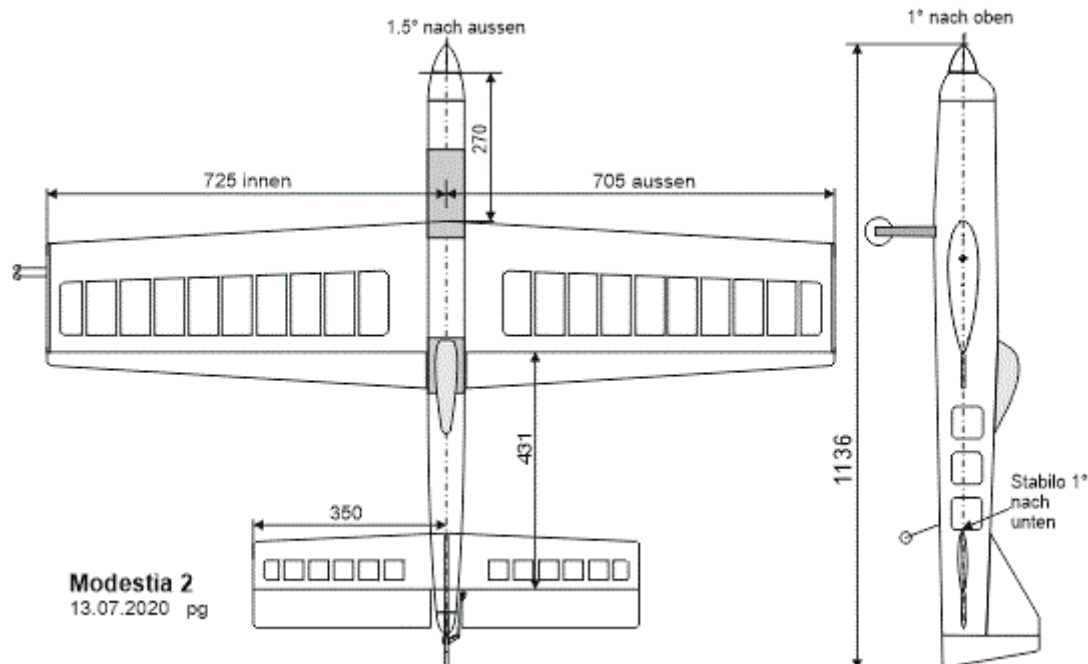
Nun, wie es so zutreffend heisst: „All you can do is try again“ Deswegen jetzt das Ganze noch einmal.

Vorbemerkung

Zum heutigen Zeitpunkt im Juli 2020 ist „Modestia 2“ ein Projekt. Ob die Maschine so funktioniert wie ich es mir vorstelle ist durchaus möglich, aber keineswegs sicher. Die freie Veröffentlichung aller Detailzeichnungen und Zusammenstellungen, sowie dieser Erläuterungen, erfolgt unter diesem ausdrücklichen Vorbehalt.

Modestia 2

Dies ist mein zweiter Versuch, dem Kunstflug-Einsteiger vollständige Unterlagen für den Bau eines einfachen F2B Flugzeuges zur Verfügung zu stellen. Der bewusste Verzicht auf elegante Optik, auf neueste Composite Fertigungstechniken und auf perfektes Finish ermöglicht den Bau mit herkömmlichen Mitteln. Mit wiederverwendbaren Komponenten im Wert von weniger als 250 € und einer geschätzten Bauzeit von weniger als 100 Stunden ist dieses Modell gut geeignet, um die theoretischen und praktischen Grundlagen des Bauens und des Fliegens von F2B Maschinen zu erlernen. Die, im Vergleich mit „richtigen“ F2B Maschinen, reduzierte Größe (Spannweite 1.43 m) erleichtert zudem das Fliegen an kurzer Leine (0.39 mm x 18 m). Erfahrungen aus der Erprobung der ersten Version, Ratschläge kompetenter Kameraden, und Wissen aus dem Betrieb „großer“ Wettbewerbsmodelle sind in die Konstruktion von „Modestia 2“ eingeflossen. Die Ausgestaltung vieler Details macht den Erbauer mit dem Aufbau moderner Flugzeuge in Holzbauweise vertraut. Allerdings setzt der Nachbau einige Erfahrung aus dem Bau von Modellflugzeugen aus Holz voraus.



„Modestia 2“ ist ein elektrisch angetriebener In-line Pusher* und ist eine um ca. 8 - 12% verkleinerte Version von „My Way“. Das Verhältnis der Hebelarme und die Flächenbelastung sind ähnlich wie bei heute üblichen F2B Wettbewerbsmodellen. Der Einstellwinkel der Zugachse zum Ausgleich der Propeller-Kreiselkräfte und der Anstellwinkel des Stabils zur Kompensation des Luftwiderstandes der Fahrwerke beruhen auf Berechnungen und Erfahrungen mit mehreren Modellen der Baureihe „My Way“ von 2017-20.

* „In-line“ bedeutet Anordnung auf der gleichen Linie von Motor, Tragfläche und Höhenleitwerk. „Pusher“ sind Propeller für umgekehrt bzw. links herum laufende Motoren.

Tragfläche

- 38.2 qdm (mit Klappen)
- Spannweite 143 cm.
- Symmetrisches Profil (19.5% MAC) mit einem Nasenradius von 8 mm.
- Flächenbelastung 37 Gr./qdm.

Höhenleitwerk

- 11.2 qdm (mit Höhenruder)
- Anstellwinkel Stabils nach unten 1°
- Spannweite 70 cm
- Stabils symmetrisches Profil (9% MAC) mit einem Nasenradius von 1.5 mm.

Rumpf

- Kastenbauweise
- Hebelarme ausgelegt für hohe Wendigkeit bei ausreichender Stabilität.
- E-Motor mit Heckmontage.
- Anordnung von Motor, Flügel und Höhenleitwerk auf gleicher Ebene (in-line)
- Einstellwinkel Motorzugachse 1.0° nach oben für Betrieb mit Pusher (Druck-) Propeller.
- Bewegliches Seitenruder, gekoppelt mit dem Höhenruder.

Antrieb

- | | | |
|-----------------|--------------------------|------------------------|
| • Motor | AXI 2820/14 Long | 890 KV |
| • Propeller | APC Thin Electric Pusher | 12 x 6 EP F2B |
| • Regler | Castle Edge Lite 50 A | 50 Ampère |
| • Betriebsart | Control Line Mode | Für Fesselflug |
| | Konstante Drehzahl | Governing high |
| | BEC | 5.0 V |
| | Bremse aktiv | 100%, ohne Verzögerung |
| | Automatic Timing | |
| | Datenspeicher | PC kompatibel |
| • Timer | Hubin | FM-9 |
| • Batterie | 14.8 Volt | 4S |
| • Kapazität | 2'600 mAh | |
| • Belastbarkeit | Spitze 104 Ampère bzw. | 40 C |

Gewichte

Die Berechnungen zu Gewicht und Schwerpunktlage ergeben diese Werte:

Rumpf, mit Antrieb & Fahrwerken, Gramm	863
Tragfläche mit Klappen	394
Höhenleitwerk	98
Seitenleitwerk	12
Seitenruder	7
Trimmunggewicht Nase	0
Trimmunggewicht Heck	0
Aussengewicht	25
Zugstange Seitenruder m. M2 Kwiklink	5
Startgewicht, Gramm	1404

Wobei der Schwerpunkt, ohne Trimmungsgewichte und gemessen auf der Linie der mittleren Flächentiefe MAC, bei 52 mm bzw. 19.6% liegen sollte.

Hinweise zum Bau

Der Bau des Flugzeuges ist nicht anspruchslos. Insbesondere die sorgfältige Auswahl des Holzes, die exakte Einhaltung der Masse aller Bauteile nach Zeichnung und eine kompromisslose, laufende Gewichtskontrolle sind unverzichtbar.

Steuerungsteile

Die Hörner für Klappen und Höhenruder bestehen aus verkupferten Autogen-Schweißdraht von 3 mm Durchmesser, aus dem Baumarkt, mit hart- (Silberlot) aufgelöteten Armen aus Messing. Dieser Schweißdraht ist ausreichend drehstabil, lässt sich jedoch, im Gegensatz zu 3 mm Federstahldraht, wenn nötig beim Trimmen des Flugzeuges gut und nachhaltig stabil verdrehen.

Tragflächen, Klappen und Leitwerke

Die Rippen werden nach Schablonen im Block aus Balsa der Dichte 0.1 (d.h. Brettchen von 10 Gr. pro mm Dicke) gefertigt. Die Holme bestehen aus hartem Balsa der Dichte 0.3. Wo eingezeichnet, werden die Holme durch das Aufkleben von Kohlefaserstreifen 3 x 0.13 mm verstärkt. Ohne diese „Carbon Strips“ ist genügende Festigkeit nicht in jedem Fall gegeben. Vor dem Zusammenbau werden die Rippen und die Innenseiten der Beplankungen mit zu 70% verdünntem Spannlack gegen Verziehen durch das Aufnehmen von Feuchtigkeit versiegelt. Zur wichtigen, exakten Formgebung der Flügel Nase siehe Zeichnung „Rippenschablonen Modestia 2“.

Vor dem Aufbringen der Beplankung in der Mitte wird das Segment exakt auf Neutral eingestellt und provisorisch blockiert. Die Mitte der Kabelführung im inneren Randbogen wird auf einer Position 168 mm vor der Hinterkante der Tragfläche fixiert. Danach werden die beiden Leadoutkabel so konfiguriert, dass sie bei der Neutralstellung des Segmentes genau gleich lang sind und farblich markiert.

Beim Bau und der Bespannung aller Flächen und Klappen ist peinlich genau auf das Vermeiden jeglicher Verwindung zu achten

Vor dem Bespannen werden die Kanten aller offenen Flächen ganz leicht gerundet und die Flächen einmal mit wenig unverdünntem Spannlack gestrichen und sorgfältig (240er) angeschliffen. Die Tragfläche und die Klappen werden vor dem Zusammenbau mit dem Rumpf mit „Silkspan Medium“ Papier bespannt, mit ca. 4-6 Anstrichen Spannlack grundiert und geschliffen, aber noch nicht lackiert.

Hinweis: Alle Bauteile werden nach dem Aufbringen des Papiers und nach jeden Anstrich mit Spannlack mindestens während 12 Stunden verwindungsfrei aufgespannt.

Stabilo

Im Horizontalflug bewirkt der Luftwiderstand des Fahrwerkes eine Kraft welche die Nase des Flugzeuges nach unten drückt. Der Einbau des Stabilo mit einem negativen Anstellwinkel von 1° dient dazu, dieses Kippmoment auszugleichen.

Auch beim Bau des Stabilo sind die eingezeichneten Kohlefaserstreifen einzubauen. Zur Formgebung der Profilnase siehe die entsprechende Zeichnung.

Das Höhen- und das Seitenleitwerk werden vor dem Zusammenbau mit dem Rumpf mit „Silkspan Medium“ Papier bespannt, mit ca. 4-6 Anstrichen Spannlack grundiert und geschliffen, aber noch nicht lackiert.

Rumpf

Im Horizontalflug erzeugt der drehende (Pusher-) Propeller eine nach unten wirkende Kraft. Diese wird durch eine um 1° nach oben geneigte Zugachse ausgeglichen. Die Seitenwände werden aus 3 mm „Quarter-Grain“ Balsa mit einer Dichte von ca. 0.12 (36 Gr. für ein 3 mm Brettchen) hergestellt. „Quarter-Grain“ ist verdrehfest und biegesteif. Die Ausschnitte für Flügel und Stabilo werden mit Hilfe der Schablonen sehr genau und deckungsgleich ausgeführt. Der Flügel muss möglichst spaltfrei eingepasst werden und das Stabilo soll, um es bei der Endmontage ausrichten zu können, mit einem umlaufenden Spalt von ca. 0.5 mm eingepasst werden. Vor der dem weiteren Zusammenbau werden die Seitenwände innen mit verdünntem Spannlack versiegelt und die Außenseiten vor dem weiteren Zusammenbau mit „Silkspan Medium“ Papier bespannt, mit ca. 4 Anstrichen Spannlack grundiert und geschliffen, aber noch nicht lackiert.

Die Spanten F1 – F9, der Boden des Batterieraumes, der Träger für den Timer, der Fahrwerkträger und die Längsstreben S1 – S4 werden auf der Äußeren Seitenwand genau ausgerichtet und verleimt.

Zusammenbau mit Flügel und Stabilo

Die äußere Seitenwand mit den fertig verleimten Spanten und Trägern wird auf der Tragfläche in beiden Achsen rechtwinklig ausgerichtet und frei von Verdrehung verleimt. Danach wird das Stabilo, mit Schubstange, eingeschoben, aber noch nicht verklebt,

Die innere Seitenwand wird angefügt und auf Deckungsgleichheit geprüft. Wenn i.O. werden die Seitenwände hinten symmetrisch zusammengebogen und am Spant F15 verleimt. Anschließend werden die Spanten F10 – F14 eingeschoben und verleimt.

Erst jetzt wird das Stabilo ausgerichtet:

- Parallel zum Flügel. +/- 1 mm
- Hinterkante parallel zur Hinterkante des Flügels. +/- 1 mm
- Anstellwinkel gemäß Zeichnung -1° bzw. 1.7 mm nach unten.

Mit der Einpassung von Deckeln, Böden, dem Heckkonus und der Motorverschalung wird der Rumpf fertig aufgebaut, mit Papier bespannt und geschliffen, aber noch nicht lackiert.

Bespannung mit Papier

Das amerikanische „Silkspan Medium“ (Brodak No. BH-926), mit Wasser angefeuchtet, lässt sich gut, soweit wie möglich vorgespannt, und faltenfrei aufbringen. Nach dem Trocknen benötigt es nicht viel Spannlack und bringt zusätzliche Festigkeit. 4-6 kreuzweise ausgeführte Anstriche mit zu 50% verdünntem Spannlack sollten ausreichen. Nach jedem Anstrich beträgt die Trocknungszeit min. 12 Std. Nach je 2 Anstrichen wird sehr sorgfältig mit 240er trocken geschliffen. Durchgeschliffene Stellen (rau) werden mit unverdünntem Spannlack nachgestrichen und nachgeschliffen. Wo nötig wird ein „Flicken“ feucht aufgebracht. Dieser wird nicht ausgeschnitten, sondern ausgerissen und sauber verschliffen.

<https://brodak.com/silkspan-medium-white-only-2-sheets.html>

oder, alternativ:

<https://www.flight-depot.com/111-0-AN+761006-FD-Bespannpapier%2Bsonstiges%2BBespannmaterial%2BJapico%2B19g%2Bweiss.html>

Flügel-Rumpf Übergänge

Nach dem Bespannen mit Moltofill Reparaturspachtel für Innenbereich (Weiß) eine ca. 2 mm breite Hohlkehle auf-bringen, nachschleifen und mit Spannlack lackieren/schleifen.

Lacke

Die im Baumarkt angebotenen Acryl Spraylacke, sie sind mittlerweile fast frei von aggressiven Lösungsmitteln, sind für unseren Zweck gut geeignet. Wichtig sind:

-Nur gleiche Produkte des gleichen Herstellers verwenden.

-Dose sehr gut und lange schütteln.

-Dose vor dem Spritzen gut handwarm erwärmen.

-So dünn wie möglich aus genügender Distanz auftragen. Eher im Abstand von 15 Min. zwei Schichten als eine Einzige.

-Vor dem Abdecken für eine weitere Farbe mind. 24 Std. trocknen lassen.

-Farbkanten mit einer Kreditkarte vorsichtig abhobeln.

Am Schluss mit einem dünn aufgetragenen Spray-Klarlack desselben Herstellers versiegeln. „Matt“ sieht eher besser aus...

Endmontage

Die fertig bespannten und lackierten Klappen und Höhen- bzw. das Seitenruder werden am Schluss montiert, wobei ein Scharnierspalt von nicht mehr 0.5 mm einzuhalten ist. Siehe dazu die Zeichnung „Scharniereinbau“.

Die Batterie wird mit zwei 20 mm breiten Klettverschlussstreifen im Schlitten befestigt. Zur Einstellung des vertikalen Schwerpunktes werden zwischen dem Batterieschlitten und dem Boden des Batterieraumes 2 mm Distanzstücke eingelegt. Nach Einbau von Motor, Regler, Timer und Batterie wird (**ohne** Propeller) die Drehrichtung geprüft und, wenn nötig durch das Vertauschen von 2 Motorkabeln, eingestellt. Die Motorkabel werden danach unverwechselbar markiert.

Einfliegen

1. Voreinstellungen

Abdichtung Scharnierspalte Klappen

Abdichtband: 3M 850 Polyester Klebeband klar (0.05 x 19 mm).

- Beide Schubstangen vom Horn der Klappen lösen.
- Klappen 45° ausschlagen und mit Klebeband fixieren.
- Abdichtband auf ganzer Länge auf der Hinterkante des Flügels anheften.
- Mittels dünnem Sperrholz Band in den Spalt hineindrücken und nach hinten auf die Klappe umlegen.
- Auf ganzer Länge gut andrücken und die Beweglichkeit der Klappen kontrollieren.

Das Abdichten des Scharnierspaltes am Höhenruder ist nur dann notwendig, wenn der Spalt breiter als 0.5 mm und/oder ungleich breit ist.

Einstellung Klappen

Segment den gleich langen Leadoutkabeln auf neutral einstellen und provisorisch fixieren.

Mittels Stift 3 mm beide Klappen auf 0° Ausschlag fixieren. Siehe „Einstellehre Klappen“ auf „Kleinteile Modestia 2“.

Schubstange zum Segment auf dem M3 Stehbolzen in Position 25 mm (mittlere Bohrung) am Horn der Klappen anschliessen. Bei einer Bewegung von +/- 45° am Segment ergibt sich so ein Ausschlag von **+/-36° der Klappen**.

Einstellung Höhenruder

Klappen auf 0° Ausschlag fixieren.

Schubstange am Horn des Höhenruders auf der untersten Stellung (25 mm) festschrauben.

Schubstange des Höhenruders auf dem Stehbolzen der Klappen montieren und dabei die Länge so einstellen, dass das Höhenruder 1 mm nach oben steht. Damit liegt die Achse des Ruders auf der Achse des um 1.7 mm bzw. 1° nach unten eingebauten Stabils.

Bei einer Bewegung von +/- 45° am Segment ergibt sich damit ein Ausschlag von **+/-36° des Höhenruders**.

Einstellung des Gierwinkels:

Zur visuellen Beurteilung des Gierwinkels aus Sicht des Piloten werden Marken von 1 cm Breite am Rumpf und am inneren Randbogen angebracht, beide ca. 170 mm von der Hinterkante der Tragfläche nach vorn. Siehe auch „Einstellung Gierwinkel“

Trimmgewicht aussen: Im Bau werden die beiden Hälften der Tragflächen so ausgewogen, dass sie gleich schwer sind. Das Aussengewicht kann deswegen so bemessen werden, dass es der Hälfte des Gewichtes der Leinen (ca. 20 Gr.) entspricht. Für die ersten Flüge ist es sinnvoll, eine Reserve von 5 Gr. hinzuzufügen. Wird dann der äussere Randbogen auf die Waage gelegt, ergibt sich so ein Aussengewicht von 25 Gr.

Batterie

Je ein 2 mm Distanzstück unter den Batterieschlitten einlegen.
Batterieschlitten auf mittlere Position einstellen.

Schwerpunkt

Zur Vermessung der Lage des Schwerpunktes ist die „auf die Finger auflegen“ Methode nicht genau genug. Es macht durchaus Sinn, dafür eine einfache Vorrichtung zu bauen und damit, den SP mit einem wieder entfernbaren Stift genau zu markieren. Definiert wird die Lage des SP durch seine Entfernung von der Scharnierlinie der Klappen. Durch Verschieben der Batterie ganz nach vorne wird der Schwerpunkt für die ersten Flüge auf eine Position 172 mm, gemessen von der Hinterkante der Tragfläche nach vorn, eingestellt.

Position der Kabelführung im Randbogen

Zum Ausgleich der Durchbiegung der Leinen durch den Fahrtwind im Flug wird die Mitte der Kabelführung auf eine Position 147 mm von der Hinterkante der Tragfläche nach vorn eingestellt.

Grundeinstellung des Seitenruders

Für die ersten Trimmflüge wird die Zugstange zum Seitenruder am Höhenruder ausgehängt und provisorisch am Rumpf so fixiert, dass ein Ausschlag von 0° resultiert.

Programmierung Regler Castle Edge lite 50 und Timer FM-9

Programmierung Regler Edge Lite 50A	Zu Motor AXI 2820/14 und Batterie 4S
Vehicle Type: Control Line Throttle Type: Governor Mode Governor Mode Setting: Governor High Governor Gain: Medium (25) Initial Spool Up Rate: High (8) Head Speed Change Rate: High (8) Brake Strength: 100% Brake Delay: No Delay Brake Ramp: Medium Cutoff Voltage: Custom 12.8 V Voltage Cutoff Type: Soft Cutoff Current Limiting: Very Sensitive (50A) Current Cutoff Type: Hard Cutoff Auto-Lipo Volts/Cell: Inactive Battery Pack Voltage: 14.800 Motor Start Power: Medium (59)	Motor Timing: Normal (5) Direction: Reverse PWM Rate: 8 kHz Gearing Info: No Gearing/Direct Drive KV of Motor: 860 Magnetic Poles in Motor: 14 Power-On Beep: Enable BEC Voltage: 5.0 V Link Live Enable: Disabled Auxiliary Wire Mode: Disabled Logging; 2 sample/second: Batt. Voltage, Batt. Current, Contr. Temp., Contr., Input Throttle, Controller Motor Power Output, Motor RPM, BEC Voltage. Automatic Data Reset: 98% Firmware: V 4.25
Programmierung Timer FM-9	FLIGHT TIME: 5:20" DELAY TIME: 40 seconds ESC Mode: Phoenix ICE Edge Drehzahl: Nach Bedarf

2. Standlauf

Propeller: APC Thin Electric Pusher 12 x 6 EP F2B
Regler: gemäss Anweisung programmiert
Startverzögerung: 5 sec.

Eingestellte Drehzahl: 9'500 RPM
Batterie: vollständig geladen
Drehrichtung: Reverse (umgekehrt) **kontrolliert**

Grenzwerte Standlauf

Max. Laufzeit im Stand: Prüfen der Castle Link Aufzeichnung:
Nicht mehr als **15 sec** (Ausschalten durch 2. Druck auf den Startknopf)
Max. Strom: kleiner als 30 Ampère
Max. Leistung: kleiner als 480 Watt
Aufgezeichnete Drehzahl: Diese entspricht, bei korrekter Programmierung des Reglers und des Timers (14 Pole und 860 KV sowie „Phoenix ICE EDGE“) recht genau der wirklichen Drehzahl.

Stabilität der Drehzahl: Innerhalb von +/- 200 U/min.
Throttle In, Avg.: Stabiles Signal, ca. 1.4 ms (gerader Strich)
Max. Power Out: weniger als 100%
Max. Temp. Regler: nicht mehr als 60° C
Max. Temp. Motor: nicht mehr als 60° C
Geräusch: gleichmässig

3. Erste kurze Flüge (ohne Wind)

Alle Verschraubungen: **kontrollieren**
Programm: Horizontalflug auf 1.5 m Höhe.
Batterie: vollständig geladen
Leinen: 0.39 mm x 18 m (Oese-Oese)
Propeller: APC Thin Electric Pusher 12 x 6 EP F2B
Datenspeicher im Regler. gelöscht.
Startverzögerung **40 sec.**
Eingestellte Drehzahl: 9'500 RPM
Eingestellte Laufzeit: **1 Min**

Geschwindigkeit einstellen

Drehzahl in Stufen von ca. 250 U/min anpassen bis Rundenzeit 5.0 sec erreicht wird.

Aussengewicht prüfen 1

in den senkrechten Steigflug hochziehen und vor dem Erreichen der 45° Höhe abrupt in den Horizontalflug ausleiten. Bei diesem Manöver muss die Tragfläche in der Ausleitung genau auf der Achse der Leinen bleiben.

Fläche kippt nach oben: Aussengewicht um 5 Gr. erhöhen.

Fläche kippt nach unten: Aussengewicht um 5 Gr. verringern.

Gierwinkel 1 zum Ausgleich des Durchbiegens der Leinen einstellen:

Für „Modestia 2“ ergibt Berechnung nach „Rake Analysis“ im Internet, bei 0.39 mm x 185 m und 5.0 sec/Runde, eine Rücklage der Kabelführung am inneren Randbogen von **24 mm hinter dem Schwerpunkt.**

<http://www.nclra.org/Programs/LineRake.php>

Daraus sollte ein Gierwinkel (Yaw, bzw. Nase nach Aussen) von 0° resultieren. Obwohl das Programm eigentlich für Speedmodelle geschrieben wurde, so sind die Werte für die Rücklage der Kabel recht genau. Wenn dennoch nötig, dann die Lage der Kabelführung so lange verstellen, bis die beiden Gierwinkel-Marken aus Sicht des Piloten **genau übereinander** stehen und damit ein 0° Gierwinkel anliegt.

Die Kapazität der 2600 mAh 4S Batterie reicht aus um ca. 5 kurze Flüge von je 1 Min. durchzuführen. Sobald die Werte für Geschwindigkeit, Aussengewicht und Gierwinkel 1 erflogen sind den Datenspeicher auslesen und nach Unregelmässigkeiten suchen.

Ohne Befund: Daten auf dem Computer speichern und dann im Regler löschen. Der Speicher wird in der Folge nach jeweils ca. 5 Flügen mit voller Dauer automatisch überschrieben.

4. Reguläre Trimm-Flüge

Batterie:	Voll geladen.
Programm:	F2B, genau nach Reglement
Startverzögerung:	40 sec.
Laufzeit:	5 Min 20 sec.
Eingestellte Drehzahl:	passend für 5.0 sec /Runde

Flügel im Horizontal- und Rückenflug waagrecht einstellen

Fläche hängt sowohl im **Horizontal- als auch im Rückenflug nach unten**:

Aussengewicht zu gross; reduzieren auf nicht weniger als das halbe Gewicht der Leinen (=20Gr.)

Fläche hängt **im Horizontalflug nach oben und im Rückenflug nach unten** (oder umgekehrt):

Klappen und Flügel auf Verzug (bzw. Verwindung) prüfen.

Verwindung korrigieren:

Je zwei Sperrholzplatten 6 x 6 cm oben und unten ganz innen gut auf die Klappen aufspannen und dann die Klappen vorsichtig gegensinnig verdrehen. Eine Differenz von 2-3 mm an der Hinterkante wird in der Regel ausreichen.

Wenn keine Verwindung vorliegt, dann liegt der vertikale Schwerpunkt zu weit oben bzw. unten: Die vertikale Lage der Batterie mittels Distanzstücken korrigieren und / oder versuchsweise leichtere oder schwerere Räder montieren.

Rollbewegung im Geradausflug über Kopf:

Der Schwerpunkt liegt nicht auf der 0-Line des Profiles und daraus resultiert ein Kippmoment im Messerflug über dem Kopf. Vertikale Lage der Batterie korrigieren.

Gierwinkel 2 zur Verbesserung des Leinenzuges über Kopf einstellen:

Das Seitenruder ca. 5 mm nach Aussen verstellen, so dass im Horizontalflug ein Gierwinkel von ca. 2° nach aussen erreicht wird. Dabei sieht der Pilot die Marke am Rumpf ca. 2 cm hinter der Marke am inneren Randbogen.

Trimmung Horizontal und Rückenflug:

Die Anlenkpunkte am Griff in der Länge so einstellen, dass das Flugzeug im Horizontalflug **ohne** Steuerdruck auf Augenhöhe geradeaus fliegt. Ein geringer Rest-Steuerdruck zur Einhaltung der Höhe im Rückenflug ist akzeptabel.

Bemerkung: Im Horizontalflug dreht sich das Flugzeug 1-mal pro Runde um die Hochachse. Aus dieser Drehung von 360° in 5 sec. resultiert, auf Grund der Kreiselkraft des (Pusher-) Propellers, eine Kraft welche die Nase des Fliegers nach unten drückt. Der Einbau der Motorzugachse mit einem Winkel von 1 ° nach oben soll diese Störkraft ausgleichen. Bei Bedarf (Andere Drehzahl und/oder anderer Propeller) kann der Winkel der Motorzugachse durch M3 Beilegscheiben angepasst werden.

Symmetrische Drehgeschwindigkeit bei Innen- und Aussenlooping.

Korrigieren durch Verstellen der Grundstellung des Höhenruders **in Richtung der gewünschten Änderung.**

Wendigkeit:

Den Schwerpunkt mit der Batterieposition so weit nach hinten verschieben, bis die Stabilität im Horizontalflug zu leiden beginnt. Danach den SP wieder nach vorne verschieben bis die Stabilität gerade noch ausreichend ist.

Prinzip: **Schwerpunkt so weit hinten wie möglich und so weit vorne wie nötig.**

Bemerkung: Wird der SP verschoben, so wird das Mass der vorher ermittelten Rücklage (z.B. 25 mm) der Kabelführung hinter dem SP beibehalten.

Einstellung der Radian von Ecken

Die Klappen sorgen für den in engen Ecken benötigten, erheblichen Auftrieb. Reicht dieser nicht aus, so wird der Radius der Ecken grösser. Dabei ist zu beachten, dass die Klappen nicht nur Auftrieb, sondern auch ein gegenläufiges Kippmoment erzeugen und damit der gewünschten Kursänderung entgegen wirken. Was bedeutet, dass es Sinn macht, die Klappen nur gerade so viel auszuschlagen, als braucht um den benötigten Auftrieb zu erzeugen.

Um enge Ecken zu fliegen kann es nötig werden den Ausschlag des Höhenruders auf +/- 45° (Horn 20 mm) einzustellen und die Klappen auf einen maximalen Ausschlag von +/- 30° (Horn 30 mm) zu begrenzen. Werden auch damit die Ecken nicht eng genug, so reicht der Auftrieb nicht aus und die Klappen können auf bis zu +/- 45° (Horn 25 mm) verstellt werden. In besonderen Fällen, z.B. bei hohem Gewicht) kann es helfen, die Breite der Klappen durch provisorisches Anbringen einer 6 x 6 mm Leiste an der Hinterkante zu vergrössern.

Einstellung des aktiven Seitenruders.

Zweck des aktiven Seitenruders ist es, die im Innenlooping nach innen gerichtete Kreiselkraft durch einen Ausschlag des Seitenruders nach aussen auszugleichen.

Erst dann, wenn alle Grundeinstellungen, auch diejenigen des Seitenruders, erfolgen und erfolgreich umgesetzt worden sind, wird das mit dem Höhenruder gekoppelte Seitenruder aktiviert und sein Ausschlag eingestellt.

Dafür die gefundene Grundeinstellung nach aussen (siehe oben) beibehalten und Zugstange am Höhenruder und im äussersten Loch des Horns einhängen. Damit ergibt sich, bei einem Ausschlag des Höhenruders von 45° nach oben, ein (zusätzlicher) Ausschlag des Seitenruders von 14° nach aussen.

Liegende Acht fliegen und den Leinenzug im Innenlooping mit dem Leinenzug im Aussenlooping vergleichen. Die beiden Zugkräfte sollten in etwa gleich sein. Ist der Zug im Innenlooping deutlich geringer, dann die Zugstange weiter innen einhängen. Bei einer Überkompensation durch das aktive Seitenruder kann es geschehen, dass beim schnellen Wechsel des Höhensteuers eine unerwünschte Gierbewegung des Flugzeuges um seine Hochachse auftritt.

Regelmässige Kontrolle der elektrischen Grenzwerte

Der „Edge“ Regler von Castle wird so programmiert, dass die Betriebsdaten im Flug aufgezeichnet und nach ca. 4-5 Flügen automatisch überschrieben werden. Damit können am PC (nicht am MAC) die Daten der letzten Flüge graphisch dargestellt und analysiert werden. Dies ist, nicht zuletzt zur Verfolgung der Alterung der Batterie und bei unvorhergesehenen Ereignissen, sehr aufschlussreich. Hier sind die Grenzwerte für „Modestia 2“

Flugprofil:	Programm F2B inkl. ca. 5 Runden nach Kleeblatt
Spannung vor dem Start, <u>ohne</u> Last:	16.7 Volt
Geringste, zulässige Spannung im Kleeblatt:	13 Volt*
Aufgezeichnete Avg. Drehzahl:	1 Runde nach Start bis nach Kleeblatt: Innerhalb +/- 200 U/min
Max. Strom in Manövern	30 Ampère***
Max. Leistung in Manövern	500 Watt
Throttle-In (Eingangssignal vom Timer):	ca. 1.5 ms, stabil
BEC Voltage (Spannung für den Timer):	5.0 - 5.1 Volt
Max. Power Out (Regleröffnung):	98%**

Max. Temp. Regler im Flug: 70° C
Max. Temp. Motor nach der Landung: 80° C

* Bei, meistens alterungsbedingtem, Unterschreiten einer Mindestspannung der Batterie unter Last von 12.8 Volt (3.2 V/Zelle) reduziert der Regler die Drehzahl deutlich und ermöglicht so eine (Not-) Landung. Dies zeigt das nahende Ende der Lebensdauer der Batterie an.

** Ab Regleröffnung 100% beginnt der Bereich in dem der Regler keine maximale Leistung mehr abgeben kann.
Dies zeigt das nahende Ende der Lebensdauer der Batterie an.

*** Die sofortige Notabschaltung des Motors geschieht bei einem Strom von 50 Ampère. Dies kann, muss aber nicht, erhebliche Folgeschäden der Blockierung der Motorwelle verhindern.

Unterlagen

Die „Modestia 2“ Konstruktionszeichnungen und Zusammenstellungen wurden mit „Corel Draw“ erstellt. Sie sind als ca. 40 .pdf files mit insgesamt ca. 190 MB hier kostenlos verfügbar:

<https://www.mycloud.ch/s/S00EB1857033DF42F516295541545D3334176810A49>

Die grossen Formate können ab einem Stick im Copyshop günstig ausgedruckt werden.

Nachsatz

Das Trimmen eines F2B Modelles ist kompliziert und langwierig. Das hier empfohlene Vorgehen beschreibt lediglich erste Schritte. Nicht immer sind jedoch Effekte und Ursachen eindeutig zu erkennen und frei von Nebenwirkungen zu korrigieren. Interessante und oft sehr lehrreiche Diskussionen zum Thema gibt es immer wieder auf diesen Foren:

<http://www.rc-network.de/forum/forumdisplay.php/285-FAI-Klassen>

<http://fessel-kunstflug.xobor.de/>

<https://stunthanger.com/smf/index.php#8>

Es ist unverzichtbar geduldig Schritt für Schritt vorzugehen und dabei immer die Richtigkeit getroffener Massnahmen durch Gegenversuche zu verifizieren. Oft ist es dabei so, dass sehr viele Flüge und Monate benötigt werden, um auch nur einen kleinen Schritt weiter zu kommen. Für mich ist diese Herausforderung immer von neuem ein durchaus wesentlicher Teil meiner Freude am Ganzen.

-- Widen, Juli 2020, Peter Germann --

Anhang

Abmessungen	Modestia 2	14.07.2020
Gewicht, Gr	1404	
Rundenzeit 18 m, sec / Km/h	5.0	85
Tragfläche		
Spannweite mm	1430	
Tragfläche inkl. Flaps, qdm	38.2	
Länge innere Tragfläche mm	725	
Länge äussere Tragfläche, mm	705	
Profil dicke MAC (inkl. Klappen)	18.7%	
Achse Segment, ab Flügel Nase	72	

Höhenleitwerk		
Fläche, qdm	11.12	
Spannweite mm	700	
Profil d MAC	9%	
Anstellwinkel Stabulo, nach unten in Grad	1.0°	
Achse HL über Achse Tragfläche, mm	0	

Rumpf		
Auflage Propeller - Flügel Nase mm	270	
Scharnierlinie Klappen- Scharnierlinie HLW mm	431	

Motor	AXI 2820/14 860 Long	
Zugachse Motor unter/über Profilmittte Flügel, mm	0	
Aussenzug Motor in Grad	1.5	
Zugachse Motor nach oben, in Grad	1.0	

Schwerpunkt		
Aussengewicht Gr.	25	
Schwerpunkt vor Scharnierlinie mm	168	Einstellbereich +/- 1.6%
Schwerpunkt Mitte Rumpf mm / % MAC	70	19.6%
Leinenführung hinter Schwerpunkt mm	25	

Steuermechanik	mm	Ausschlag
Abstand Leadouts am Segment	90	45°
Leadouts Versatz nach innen	0	
Hebelarm am Segment	20	
Hebelarm am Horn Klappen 1	20	45°
Hebelarm am Horn Klappen 2	25	36°
Hebelarm am Horn Klappen 3	30	30°
Hebelarm am Horn Höhenruder 1	20	45°
Hebelarm am Horn Höhenruder 2	25	36°

Material und Bezugsquellen

Allgemeines Zubehör für Fesselflug gibt es im Internet:

Bei Alberto Parra: . <http://control-line.eu/offers.html>

Bei Brodak: <https://brodak.com/control-line-parts.html>

Leinen

Rostfreier Stahl, 7-fach. Durchmesser 0.38 mm (0.015inch) x 21.3 m, mit Anschlussmaterial

<https://brodak.com/control-line-parts/control-lines/015-x-2-x-70.html>

oder:

Nach Mass angefertigt, inkl. gewickelter Anschlüsse, farbcodiert:

Roger Ladds

"Rochford" Station Road

Hubberts Bridge

Boston

Lincolnshire

PE20 3QT

United Kingdom

e-mail: busterjudge@googlemail.com

Motor



Hersteller / Typ: AXI 2820/14 GOLD LINE V2 LONG
Leerlaufdrehzahl KV: 860 U/min pro Volt
Anzahl Pole: 14
Max. Spannung (4 Zellen): 14.8 Volt
Strom bei bestem Wirkungsgrad: 15 - 30 A
Bester Wirkungsgrad: 88%
Max. Strom (60 sec): 37 Ampere
Max. Leistung: 529 Watt
Wellendurchmesser: 5 mm
Abmessungen: 35 x 52 mm
Gewicht, m. Stecker, Stern, Mitnehmer: 180 Gramm
Preis ab Werk, ohne Mwst: 65.- €
<https://www.modelmotors.cz/product/detail/419/>
oder im Fachhandel auf Bestellung

Propeller:
APC Thin Electric Pusher 12 x 6 EP (F2B) Product Code LP12060EP (F2B)
Gewicht: 23 Gr.
Bezugsquellen:
<https://www.apcprop.com/product/12x6epf2b/>
oder auf Bestellung bei Fachgeschäften

Batterie
Fullymax Lipo 2600mAh 4s1p 40C
Spannung: 14.8 V (4 Zellen)
Gewicht, mit Stecker: 288 Gr.
Preis: Fr. 58.-
Bezugsquelle:
https://www.leomotion.com/shop/USER_ARTIKEL_HANDLING_AUFRUF.php?Kategorie_ID=4890&Ziel_ID=7904

Regler



Castle Phoenix Edge Lite 50A 8S Brushless ESC mit BEC

Max. Anzahl Zellen: 8

Max. Strom: 50 A

Gewicht, mit Kabel: 66 Gr.

Preis: 85 USD

Bezugsquelle:

<http://www.castlecreations.com/en/phoenix-edge-lite/phoenix-edge-lite-50-esc-010-0113-00>

oder

<https://www.modellmarkt24.ch/pi/Modellflugzeuge1/Antriebe-Modellflugzeuge/Regler/Castle-Phoenix-Edge-LITE/castle-phoenix-edge-lite-50a-8s-brushless-esc-mit-bec.html>

Programmierkabel zu Regler



Castle Link B3 Programmer

Preis: 20 USD

Bezugsquelle:

<http://www.castlecreations.com/en/pc-software-and-cables-4/castle-link-v3-usb-programming-kit-011-0119-00>

oder

<https://www.modellmarkt24.ch/pi/Modellflugzeuge1/Antriebe-Modellflugzeuge/Regler/Castle-Talon/castle-link.html>

Windows PC Programm zur Programmierung des Reglers

Kostenloses Herunterladen(CastleLink Download):

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

Timer

FM-9 with remote switch

Preis: Ca. 15 USD

Bezugsquelle:

Will Hubin

719 Cuyahoga St.

Kent, OH 4240, USA e-mail: whubin@kent.edu

Programmiergerät zu Timer

FM-9 Programmer

Preis: Ca. 85 USD

Bezugsquelle:

Will Hubin

719 Cuyahoga St.

Kent, OH 4240, USA e-mail: whubin@kent.edu

Verschluss zu Batteriedeckel

<https://hopemodell.ch/saas/web/hope/artikel/Kabinenhauben-Verriegelung.aspx>

<https://www.krickshop.de/e-vendo.php?SessionId=&a=search&SearchStr=verriegelung>

Kohlefaser Streifen (Carbon Strips)

<https://shop.swiss-composite.ch/pi/Halbfabrikate/Rundstaebe-und-Profile/CFK-Profile/Carbon-Strips.html>

Ceiba Leichtbausperrholz und ausgesuchtes Balsaholz

https://www.heerdegen-balsaholz.de/home_ger.htm

Bemessung der Komponenten für einen Antrieb mit konstanter Drehzahl und benötigte Leistung

Für F2B Anwendungen mit konstanter Drehzahl benötigen wir einen Regler welcher in der Lage ist, eine einmal gewählte Drehzahl unabhängig von der Belastung des Motors einzuhalten. Eine solche Funktion, sie wird auch „Heli Mode“ oder „Governing“ genannt, bedingt einen der Belastung am Propeller angepassten Leistungseinsatz. Dabei wird die elektrische Leistung (Watt) immer dann erhöht, wenn die Last ansteigt und sie wird reduziert wenn die Last abnimmt. Der Regelvorgang hält die Drehzahl innerhalb von +/- 2% konstant. Die Regelung soll schnell (+/- 1 sec) sein und die Leistung über einen Bereich von ca. +/- 30% anpassen können.

Leistungsbedarf

Die Größenordnung der für ein F2B Modell benötigten, elektrischen Antriebsleistung lässt sich durch eine einfache Faustregel abschätzen:

Das Gewicht des Modelles (mit Batterie) in Gramm dividiert durch 4.5 ergibt die elektrische Leistung in Watt.

<u>Gewicht</u>	<u>Dividiert durch</u>	<u>Benötigte Leistung</u>
1'400 Gr.	4.5	311 Watt
1'800 Gr.	4.5	400 Watt
2'000 Gr.	4.5	439 Watt

Diese so ermittelte Leistung ist ein Mittelwert. Sie erreicht in den Manövern erheblich höhere Werte und ist im Horizontalflug kleiner. Der Mittelwert bestimmt die Belastbarkeit des Motors in Watt und des Reglers in Ampère (Watt dividiert durch Spannung).

311 Watt dividiert durch 14.8 Volt (4 x 3.7 V bzw. 4S) = 21 Ampère

Im Interesse der Betriebssicherheit ist die **Überdimensionierung von Motor und Regler um ca. 50 %** ratsam. Damit sind die Grenzwerte für Motor und Regler bei 4S Betrieb in Modestia:

311 Watt x 1.5: **466 Watt**

21 Ampère x 1.5: **32 Ampère**

Wenn im F2B Flugbetrieb sowohl der Motor als auch der Regler gut gekühlt werden, so ist es zulässig diese Werte in den Manövern für jeweils nicht mehr als wenige Sekunden zu überschreiten.

Der Batterie entnommene Energie

Die über den Zeitraum von 1 Stunde erbrachte Arbeit wird in Wattstunden Wh angegeben. Da wir jedoch nur 6 Minuten, d.h. 1/10 Stunde, fliegen, entspricht die der Batterie entnommene Energie:

Benötigte Leistung in Watt dividiert durch 10 = Entnommene Energie in Wattstunden Wh

<u>Benötigte Leistung</u>	<u>Dividiert durch</u>	<u>Entnommene Energie</u>
311 W	10	31.1 Wattstunden Wh

Benötigte Ladung

Die benötigte Ladung in Amperestunden Ah berechnet sich durch:

Entnommene Energie in Wattstunden dividiert durch die anliegende Spannung in Volt

Dabei ist die Spannung Anzahl Zellen x 3.7 Volt (3.7 V ist die mittlere Spannung einer LiPo Zelle)

3 Zellen = 11.1 V 4 Zellen = 14.8 V 5 Zellen = 18.5 V 6 Zellen = 22.2 V

<u>Entnommene Energie</u>	<u>Dividiert durch</u>	<u>Benötigte Ladung</u>
31.1 Wh	11.1 V (3S)	2.837 Ampèrestunden Ah
31.1 Wh	14.8 V (4S)	2.101 Ah bzw. 2100 Milliampèrestunden mAh
40 Wh	14.8 V (4S)	2.702 Ah
40 Wh	18.5 V (5S)	2.162 Ah
40 Wh	22.2 V (6S)	1.801 Ah

Benötigte Batteriekapazität und zulässiger max. Entladestrom C

Um ausreichende Reserven für die Drehzahlregulierung bei maximalem Spannungsabfall, bei hoher Stossbelastung und zum Ausgleich der Alterung der Batterie zu haben ist es sinnvoll, die Batterie so zu dimensionieren, dass die angegebene Kapazität um ca. 25% grösser als benötigte Ladung ist.

<u>Benötigte Ladung</u>	<u>Reservefaktor</u>	<u>Benötigte Batteriekapazität</u>
2.837 Ah	1.25 (3S)	3.242 Ampèrestunden Ah
2.101 Ah	1.25 (4S)	2.626 Ah bzw. 2600 mAh
2.162 Ah	1.25 (5S)	2.702 Ah bzw. 2600 mAh
1.801 Ah	1.25 (6S)	2.251 Ah bzw. 2200 mAh

Maximal zulässiger Entladestrom

Dieser wird als **C-Wert** ausgewiesen und ist gleich:

Maximal zulässiger, kurzzeitiger, Entladestrom in Ampère = (Kapazität dividiert durch 1000) multipliziert mit C.

$$2'600 \text{ mAh} / 1000 = 2.6 \text{ A} \times 40\text{C} = 104 \text{ Ampère}$$

Im F2B Betrieb an einer 4S Batterie fließen bei „Modestia 2“ kurzzeitig Spitzenströme von ca. 30 Ampère. Eine Batterie mit 15C ($15 \times 2.6 = 39 \text{ A}$) sollte demnach in der Lage sein, diese Ströme in den Manövern abzugeben. In der Praxis zeigt jedoch die Erfahrung, dass dies nicht dauerhaft funktioniert bzw., dass höhere C Werte (über 30) mehr Lade-Entlade Zyklen und damit eine längere Gebrauchsdauer ermöglichen.

Antrieb Modestia 2

Gewicht Modell	1'400 Gr.
Gewicht Antrieb	526 Gr.
Belastbarkeit Motor	400 Watt
Belastbarkeit Regler	50 Ampère
Spannung Batterie	14.8 Volt (4S)
Kapazität Batterie	2'600 mAh
Max. Entladestrom Batterie	40C

- Motor, Außenläufer, ohne Getriebe. Die benötigte Spitzenleistung über 15 sec des Motors liegt bei einer Größenordnung von ca. 400 Watt.
- Regler. Eingesetzt wird ein Regler des Herstellers Castle Creations, Baureihe „Edge Lite“ und zwar die Ausführung bis 50 Ampère, max. 29 Volt und mit 5 Volt BEC Spannungsversorgung. Zudem mit eingebautem Speicher für alle Betriebsdaten, auslesbar am PC. Zu beachten ist, dass infolge der Drosselverluste die Erwärmung des Reglers mit abnehmender Regleröffnung zunimmt. (Wenig % „Power-Out“ = höhere Temperatur)
- Timer. Er erzeugt das vom Regler benötigten Signal zur Festlegung der Drehzahl. Weitere Funktionen des Timers erlauben die Einstellung der Startverzögerung und der Laufzeit des Motors. Eingebaut ist der Timer FM-9 von Hubin.
- Batterie. Eingesetzt wird eine LiPo Batterie, bestehend aus 4 hintereinander (in Serie, bzw. 4S1P) geschalteten Zellen, mit einer Nennspannung von 14.8 Volt. und einer Kapazität von 2'600 m/Ah. Sie wird im Betrieb bis auf ca. 30% entladen.

Logbuch

Die regelmässige Protokollierung der Betriebsdaten ist hilfreich. Hier das Muster eines dafür geeigneten Formulars:

Modestia	Datum	Datum
Leinen	18 m x 0.39 mm	19.5 m x 0.39 mm
Propeller (Pusher)	APC thin electric pusher 12 x 5	APC thin electric pusher 12 x 6
Eingestellte Konstant Drehzahl FM-9	9'499 U/min	9'700U/min
Startverzögerung	40 sec	40 sec
Motor Laufzeit	5'20"	5'20"
Geschwindigkeit sec/Runde	5.0	5.2
Position Batterie +/- von der Mittelposition	+/- mm	+/- mm
Schwerpunkt, ab Scharnierline nach vorn	mm	mm
Leinenführung, ab Scharnierline nach vorn	mm	mm
Äusserer Randbogen schwerer	Gr.	Gr.
Avg. Leistung im Horizontalflug	W	W
Max. Leistung / max. Strom	W / A	W / A
Min. Spannung unter Last,	V	V
Max. Regleröffnung „Power-Out“	%	%
Max. Regler Temperatur	°C	°C
Temp. Batterie nach Landung	°C	°C
Nachladung Batterie	mAh / %	mAh / %