

F1E-Flieger mit 6 g/dm² Flächenbelastung

So wurde er entwickelt / Wolfgang Höfs

Die FAI hat ja gesagt, wenn in der Corona-Zeit keine Wettbewerbe stattfinden, soll man Modelle bauen. Angespornt durch eine Diskussion mit Werner Ackermann haben wir uns im März zum Ziel gesetzt, einen Flieger zu entwickeln, der auf das Minimum reduziert noch folgende Randbedingungen erfüllen sollte.

- Wurfstartfähig
- einfach im Handling
- stabil bei Baumbergungen
- Flugfähig bei Windstärken bis 4 m/s
- elektronische Steuerung von Werner Ackermann /1/

Meistens ergibt sich die Robustheit bei Reduzierung auf das Minimum von alleine. Siehe auch die Stabilität bei Saalflugmodellen im Flug. Doch wir wussten damals nicht was uns erwartet, da einige Komponenten stark abgespeckt werden mussten. Meine Erfahrung im Formen- und GFK-Bau sowie Werners in der Elektronik und 3D-Druck machten einige schwierige Schritte möglich. Doch zunächst im Einzelnen.

Gewichtsschätzung

Am Anfang steht natürlich die Überlegung, welche Gewichte realisiert werden können. In der nachfolgenden Tabelle sind die ersten Schätzungen in der ersten Spalte wiedergegeben.

Tabelle 1: Schätzwerte fürs Modellgewicht

Rumpf inkl. Baldachin und Leitwerksträger	50 g
Höhenleitwerksauflage	5 g
Seitenleitwerk vorne	15 g
Lager Seitenleitwerk	2 g
Rumpfkopf ohne Platine	15 g
(original mit Platine und Ruder von Ackermann 68 g)	
Akku 2 Zellen	20 g
Platine	5 g
Kabel	10 g
2 Servos	20 g
Rumpf gesamt	142 g
Höhenleitwerk	10 g
Seitenleitwerk hinten	3 g
GPS	40 g
Tragfläche	150 g
Summe:	345 g

Mit diesen Daten errechnet sich eine Gesamtfläche von ca. 57,5 dm². Nimmt man 15% fürs Höhenleitwerk, verbleiben ca. 49 dm² für die Tragfläche. Bei einer mittleren Flächentiefe von 150 mm kämen somit ca. 3,20 m Spannweite zustande. Das war uns aber ein bisschen zu groß um die Robustheit bei geringstem Gewicht von 150 g zu gewährleisten.

Somit musste weiter theoretisch abgespeckt werden. Zuerst fiel das GPS dem Sparzwang zum Opfer, da davon ausgegangen wird, dass das Modell nur bei geringen Windstärken und im Stechen eingesetzt wird. Die Option mit GPS erhöht dann automatisch die Flächenbelastung ohne Bleizuladung. Damit waren die Komponenten mit den größten Gewichten dran. Beim Rumpf wurde kein weiteres Potential gesehen, da die bekannten Treger-Rümpfe ohne Baldachin schon 40 g wiegen. Einzigstes Opfer war nun die Tragfläche, die kräftig abgespecken musste. Nun benutze ich seit neuestem für die Erstellung meiner Fräsdateien das Programm „devWing2“ /2/. Das Programm bietet neben der Konstruktion und dem Verbund zur Profildatenbank „Profil2“ /3/ die Ermittlung von Gewichten aus dem konstruierten Flügel. Als Ziel wurde nun ein Flügel von 100 g Gesamtgewicht anvisiert. Somit konnten wir nun ein Gesamtgewicht des Fliegers von 255 g anpeilen.

Ermittlung der Tragflügelgröße

Nach mehreren Durchläufen im „devWing2“ ergab sich eine Tragfläche von ca. 2,10 m Spannweite mit geradem Mittelteil, welches auf den Rumpf geschraubt wird und ansteckbare Ohren besitzt. Das Gewicht sollte nach „devWing2“ bei 80 g liegen. Für unser Empfinden würde mit dieser Spannweite und der Konstruktion eine wettbewerbstaugliche Tragfläche geschaffen, die die oben genannten Randbedingungen erfüllen kann. Die Abmessungen der Tragfläche können dem Plan entnommen werden.

Theoretische Modelloptimierung

Nachdem die Konstruktion steht, führe ich immer eine Berechnung mittels „Vortex“ /4/ durch. Damit lassen sich einfach der Neutralpunkt, die Widerstände sowie die Auftriebskräfte bestimmen. Durch Variation des Schwerpunktes kann ein optimaler Betriebspunkt gefunden werden, der die EWD, das Stabilitätsmaß und Gleit- und Steigzahl ausgibt. Mithilfe einer Profildatenbank kann das Programm gefüttert werden. Eigene Profildaten können auch eingespeist werden. Die Berechnung erfolgte ohne Blasenwiderstand. Daher muss ein Turbulator an der höchsten Stelle auf der Oberseite gesetzt werden.

Damit das leichte Modell auch Vortrieb besitzt, wurde das gängige Profil BE 50 ausgewählt. Die errechneten Gesamtpolaren zeigt das folgende **Bild 2**.

Man erkennt im Bild 2 ein Optimum bei ca. 3,3 m/s mit einer Gleitzahl von ca. 21.

Das Ergebnis der Rechnung lautet:

Anströmwinkel	2,4°
EWD	ca. 3°
Vorwärtsgeschwindigkeit	3,3 [m/s]

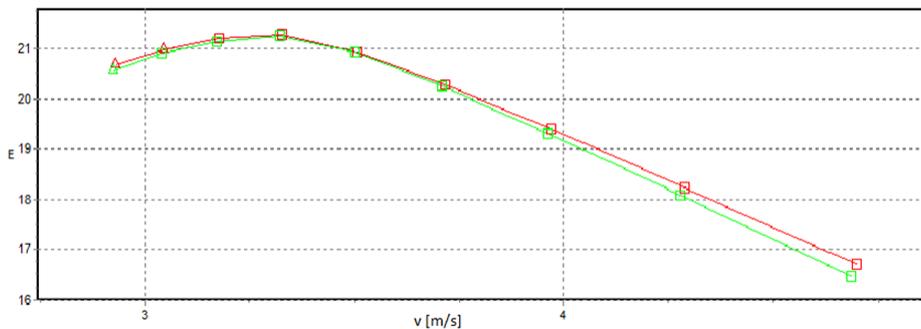


Bild 2: Gleitzahl über der Vorwärtsgeschwindigkeit mit Variation der EWD

Sinkgeschwindigkeit	0,16 [m/s]
Gleitzahl	21,3
Steigzahl	18,9
Stabilitätsmaß	21,2 [%]
Neutralpunkt	118 [mm]
	(von der Nasenleiste Tragflächenmitte)
Der Schwerpunkt wurde mit 85 mm angenommen.	

Wenn auch nicht jeder diesen absoluten Zahlen traut (mich eingeschlossen), so sind sie doch ein guter Hinweis für die Flugleistung. Jedenfalls haben bei meinen Berechnungen Schwerpunkt und EWD für die ersten Flüge immer gestimmt.

Bau des Modells

Der Rumpf wird aus 2 Lagen Aramidgewebe à 36 g/dm² mit einem Kohleschlauch im Leitwerksträger im Blasverfahren gefertigt und anschließend getempert. Das Gewicht von 40 g war vielversprechend. Da die Auflagen der Tragflächen bei Aramid schwierig nachzuarbeiten sind, habe ich mit meiner Portalfräse die Ausschnitte gefertigt und mit Balsaholz aufgefüllt. Das Servo konnte innerhalb des Rumpfes eingebaut werden, was jetzt den Platz fürs GPS versperrt. Aber man wird halt klüger.



Bild 3: Rumpfrohling nach dem Entformen

Beim Höhenleitwerk kam nur die Option eines leichten Rohrholmes aus CFK in Betracht. Mit leichtem Balsaholz und Aussparungen der tragenden Rippen konnten 9 g Fertiggewicht erzielt werden. Die Bespannung wurde mit 6 µm Folie aufgebracht.

Beim Auswiegen des Schwerpunktes stellte sich heraus, dass der Nylonkopf der Ackermann-Steuerung zu schwer war. Somit habe ich einen Aramidkopf der alten

Magnetsteuerung mit der elektronischen Steuerung versehen und so ungefähr 15 g gespart.

Die Tragfläche besteht im Wesentlichen aus 1,5 mm Balsa in den Rippen und Holmen aus 3x0,6 CFK, bzw. 3x0,4 mm in den Ohren. Die Holmstege sind ebenfalls aus 1 mm Balsa hochstehend mit GFK Verstärkung. Lediglich die Endrippen sind aus 3 mm Pappelsperholz. Die D-Box

soll mittels geodätischer Bauweise realisiert werden, wobei diese Rippen im Mittelteil mit Cap-Strips verstärkt werden, wie auch die übrigen Rippen selber. Das erhöht die Drehsteifigkeit enorm. Die Endleiste wird mit konischen CFK Leisten von „EMC-VEGA“ /5/ gebildet. Als Bespannung soll 12 µm Silberfolie im Mittelteil und durchsichtig im Außenteil, aus den Beständen von Herbert Schmidt, dienen.



Bild 4: Höhenleitwerk im Rohbau

Um bei Landungen Beschädigungen zu vermeiden, musste der Verbindung zwischen Mittelteil und Ohr besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wie das **Bild 6** zeigt, wird ein 2 mm GFK Stab des Ohres in den Holmsteg eingelassen. Die Passung sollte flutschen, damit keine örtliche Spitzenbelastung auftritt. Die Taschen wurden dann mit 0,5 mm GFK gebildet und mit einem Aramidfaden umwickelt.



Bild 5: Rumpfkopf aus Aramidgewebe



Bild 6: Verbindungstab im Mittelteil. Es fehlen noch die seitlichen Abdeckungen aus 0,5 mm GFK.

Das fertige Gewicht der kompletten Tragfläche liegt bei 105 g. Die Abweichung zum errechneten Gewicht von 80 g ergibt sich aus der Nichtberücksichtigung der Cap-Strips, die ca. 15 g wiegen, sowie die des Klebers. Ein Foto des fertigen Modells im Folgenden.

Einfliegen und Fliegen

Mit den o.g. Einstellungen wurde das Modell im Mai an der Wasserkuppe bei ca. 3 m/s eingeflogen. Die EWD kann bei dem elektronischen System mittels des Programmiergerätes eingestellt werden. Die Einstellungen stimmten sofort. Das Modell nahm die Thermik schnell an und kam gegen den auch teilweise bockigen Wind gut an. Der letzte Flug landete natürlich in einer Baumreihe. Auch hier konnte die Robustheit bei einer Stangenbergung überzeugen. Ein kleiner Riss im Höhenleitwerk war die Folge.

Dagegen hatte ich beim Training in Rhoden einige Schwierigkeiten bei 1 m/s Wind. Durch einen Leinensalat in der EWD Steuerung, der mir erst nach ein paar Flügen auf-



fiel, konnten ich keine vernünftige Flugbahn anpassen. Schwierigkeiten bestehen ebenso beim Bremsen. Der Meinung, dass leichte Modell nicht gut bremsen, möchte ich dennoch in weiteren Flügen entgegenwirken.

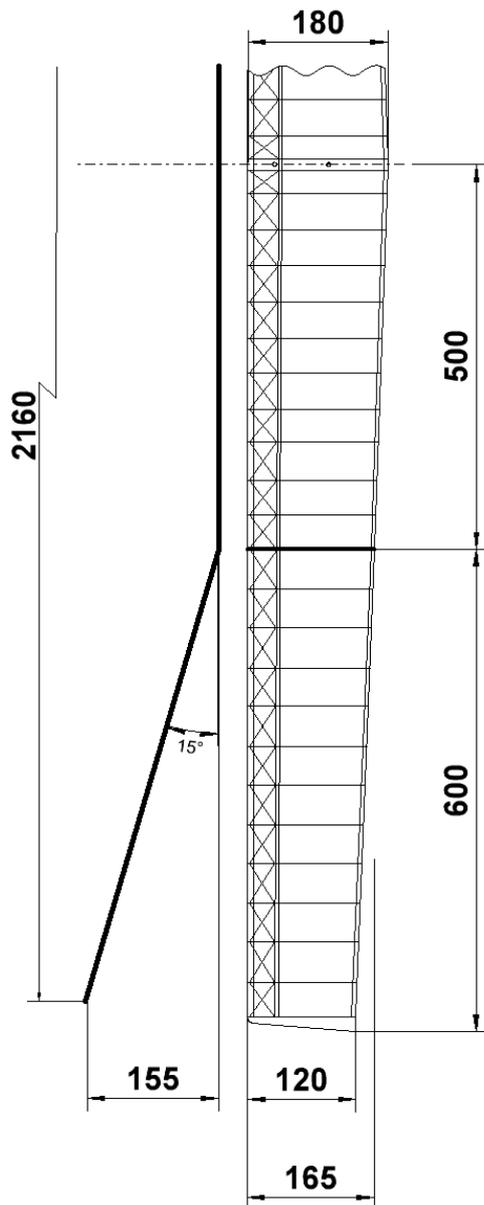
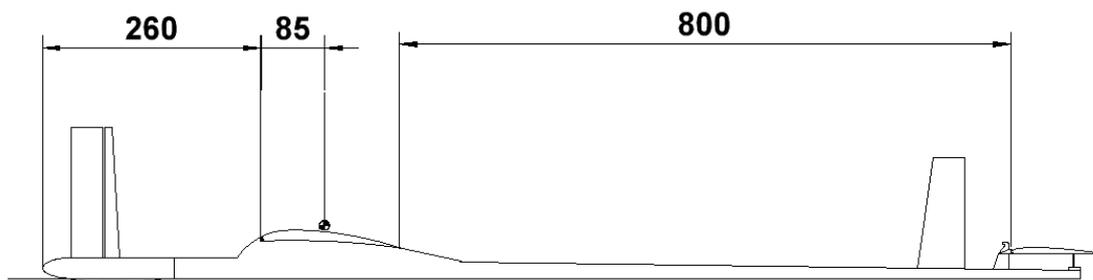
Auch die Nachrüstung des GPS war nicht ohne weiteres möglich, da sich ein Platz außerhalb des Schwerpunktes bei dem leichten Modell direkt auf die Flugbahn auswirkte. Somit bleibt noch ein Winter 2020/21 um die bisher erkannten Fehler zu beheben und eine verbesserte Version zu bauen, die dann auch die „6 g“ Flächenbelastung unterschreiten könnte.

PS: Wer glaubt, wir hätten das nur für den Fortschritt gemacht, irrt sich, wir sind nur zu faul zum Laufen.

Quellen:

- /1/ Elektronische Steuerung von W. Ackermann, Hilders
- /2/ www.devcad.com
- /3/ www.profil2.com
- /4/ <http://flz-vortex.de/>
- /5/ www.emc-vega.de

Plan auf der nächsten Seite



Gewicht: Rumpf 131 gr.
 Leitwerk 10 gr.
 Fläche 105 gr.
 Gesamt 248 gr.

Fläche: Tragfläche 33,8 qdm
 Leitwerk 6,0 qdm
 Gesamt 39,8 qdm
 Fl.-Bel. 6,2 gr/qdm
 Streckung 13,9

Profile: Tragfläche BE50

Leitwerk Dicke 7,3 %
 Wölbung 4,0 %

Steuerung: Elektronische Kopfsteuerung
 mit Kompassmodul zur
 direkten Erfassung des
 Erdmagnetfeldes.

Pusteblyume von Wolfgang Höfs

Zwei Nachträge zum Beitrag oben

Die Berechnung in Vortex kann mit oder ohne Blasenwiderstand durchgeführt werden (nur ein Kreuzchen). Wo der Turbulator oder die Einblasung vorgesehen werden muss, sagt das Programm nicht.

Benutzt wird zurzeit die „Voll-Elektronische Steuerung“ mit komplettem Zeitschalter und Kompassersatz.