

Flugzeugbau : Neuer Rumpf und Flächen mit der Elektronik vom Rainbow

<http://www.freewebs.com/gtslehrer/> - [mailto: gtslehrer @ yahoo.com](mailto:gtslehrer@yahoo.com)

28. Mai 2008 – 11. Oktober 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Intro	3
2	Vom Flugzeugbau	3
2.1	Nachtrag 2008-06-07	3
2.2	Nachtrag	4
2.3	Zusammenfassung	4
2.4	Winkel in Prozent ??!	4
2.5	Nachtrag: Querstabilität, Schwerpunkt, Neutraler Punkt und Einstellwinkeldifferenz (ESD) (2008-06-07)	4
3	Tragflächenbau. 2008-06-09	5
4	Notizen	6
4.1	Toom Dudenhofen	6
4.2	Massen und Maße	6
4.3	Versuche und Gleitzahl	6
4.4	Profil	7
5	Aufbau	7
6	Vorne 90mm abgesägt und mit Rumpfspanten neu aufgebaut	9
7	Versuche mit dem PalmZ - 07.06.2008	12
8	Ende des Projekts Tragflächenbau	14
9	Heute ist er gesegelt. 2008-06-15	17
10	Plan	18
11	Tragfläche	18
11.1	Wohin, wohin mit den 2 Knicken?	18
11.2	Profil	18
11.3	Holm	18
11.4	Bespannung	18
12	Bauen	19
13	Einfliegen	21
14	Erstflug	21
15	Auf der Wasserkuppe 20.08.2008	23
16	Motorschaden 23.07.2008	23
17	25.07.2008	24
18	26.07.2008	25

19 01.08.2008	26
20 02.08.2008	27
21 Trittschall-Dämmfolie	29
22 Wir basteln uns einen Fußball	30
23 WIR BASTELN UNS EINEN STABIL FLIEGENDEN ENTENFLIEGER	31
24 Entenflieger können stabil fliegen	33
24.1 Schwanz-Flieger, 1. Bedingung	33
24.2 Schwanz-Flieger, 2. Bedingung	33
24.3 Canard, 1. Bedingung	33
24.4 Canard, 2. Bedingung	34
25 Nachrechnen einiger Flieger	35
25.1 Danke an...	35
25.2 Die Formeln	35
25.3 Neutraler Punkt bei rechteckiger Tragfläche und rechteckigem Höhenruder	35
25.3.1 Am mod. Rainbow gemessen	35
25.3.2 Am mod. Rainbow gerechnet	36
26 Flügel mit Kiefer	37
26.1 Konzept	37
26.2 Erprobung und Mods	37
26.3 Weitere Pläne	37

1 Intro

Mein Nur-Fliegen-Tagebuch gibts unter
<http://www.geocities.com/sachverstand2/flugmodell.pdf>.

2 Vom Flugzeugbau

Ich will doch gar kein Buch schreiben, sondern ein Tagebuch. Hm. Wo fang ich an.

Flugzeuge müssen sehr leicht und stabil sein. Außerdem zuverlässig, präzise und komfortabel, aber ohne leicht und stabil bekommt man sie nicht einmal in die Luft.

Die Flugzeugbauer haben sich daher für leichte, stabile Strukturen die leichten Materialien genommen (Holz, Kiefer und Balsa. Später Alu und CFK.) und bauen die auf Biegung belasteten Balken klein und schmal - aber unglaublich weit von der Neutralen Faser¹ weg.

Da keiner weiß, wie rum ein Flugzeug gebogen wird (ob Hoch-, Quer- oder Langsachse, bzw Kombinationen daraus), entstehen für die Rumpfe filigrane Rohren aus lächerlich dünnen Stangen, die über ansatzweise kreisförmige Spanten laufen. Die Spanten sind innen hohl gesägt und haben außen Schlitz, wo die Randprofile genau reinpassen und gut kleben.

Die Flügel bestehen auch aus Spanten mit Nasenleiste, Schlußleiste und einem senkrechten Träger oder Nasenleiste, Schlußleiste und zwei kleinen Trägern (einer oben, einer unten).

Flügel und Rumpf sind verbunden durch zwei diagonal gespannte Gummibänder. Der Flügel hat zwei Löcher (oder ein Loch und eine Nut), damit er einerseits paßgenau auf dem Rumpf liegt, andererseits aber bei Bodenberührung nicht den Rumpf zerreißt.

Der Flügel ist in der Mitte am stärksten auf Biegung belastet (und zusätzlich durch die Gummibänder) und wird hier auch mit 1mm Sperrholz beplankt.

Eigentlich fliegt jeder Flügel, Hauptsache er wirft Luft nach unten weg. (In JEDEM Lehrbuch steht etwas ganz anderes, aber da glaub ich nicht dran.) Es genügt sogar ein Stück Pappe oder Balsa.

Problem: Leider wirft er einen Großteil der Luft mit seinem hinteren Ende weg (d.h. runter) und entwickelt so eine blödsinnige Neigung, beim Erzeugen von Auftrieb zu kippen, d.h. den Flieger die Nase runternehmen zu lassen. Lösung:

- ein spezielles, kompliziertes Profil, das wenig von dieser Eigenschaft hat oder
- ein bißchen Höhenruder. Das Höhenruder muß dabei nach oben weisen, d.h. negativen Auftrieb erzeugen (also Abtrieb), damit der Flieger die Nase oben, d.h. vorne behält.

Wenn das Höhenruder zudem im abwärts gerichteten Abwind der Tragfläche liegt, muß es noch kraftiger Abtrieb erzeugen. Richtige Segler haben ihr Höhenruder daher weit oben am Seitenruder.

Neutrale Faser ist die (gedachte) Linie, die beim Biegen nur krumm, aber nicht länger wird. Außen wird länger. Innen wird kürzer.

Der Flügel sollte mit Gummi diagonal auf dem Rumpf verzurrt werden. Wenn, wie bei meinem Rainbow-Nachbau, der Rumpf viel schmaler ist als der Flügel tief, hält das nicht ordentlich. Bauen Sie daher eine etwa quadratische Flügelhalteplatte, die hinten und vorne am Flügel herausragt und hier mittels Gummi die Tragfläche stabil UND verrutschbar (für spezielle Landungen) aufnimmt.

Nachtrag: Ein mit 1..2 % angestellter Flügel produziert

- eine Auftriebskraft (Lift), die nach oben wirkt;
- eine Luftwiderstandskraft (Drag), die nach hinten wirkt;
- ein Kippmoment, das die Nase nach unten und den Schwanz nach oben drehen will.

Dieses Kippmoment müssen wir leider mit dem Höhenruder (besser: seiner Dämpfungsfäche) eliminieren. Praktikable Werte scheinen 2..3 %, kommt auf die Größe der Dämpfungsfäche an.

2.1 Nachtrag 2008-06-07

Mit ESD = 2 Grad kommt am besten: Tragfläche Anstell +1 Grad, Höhenruder Anstell -1 Grad.

Puh. So präzise. Na klar der gleiche Winkel. Das Höhenruder ist zwar kleiner - aber dafür ist es weit weg und hat den laaaangeren Hebel. Nachtrag Ende.

+/-1,5 Grad kann man auch probieren, die Änderungen der Flugeigenschaften sind (LEIDER, LEIDER) signifikant. Die Höhen-Dämpfungsfäche sollte 15% der Tragflächen-Fläche haben, das Höhenruder kommt mit 5% aus. Soweit in Kurze.

2.2 Nachtrag

Profile und Holme haben Extra-Kapitel.

2.3 Zusammenfassung

Ein Flugzeug ist ein fragiler Wahnsinn aus Holz, mit Papier oder gelbem Sack bespannt, die Tragfläche beim Segler 1 bis 3 Grad angestellt und das Hohenruder ein wenig runtergestellt. Und nun wollen wir den Rainbow schlachten und sehen, ob wir da etwas Fliegendes zustandebringen.

2.4 Winkel in Prozent ??!

Jetzt reicht's. 2 Grad sind furchtbar schwierig umzurechnen auf die wirkliche Geometrie. Aber eine Höhe und eine Tiefe, die kann ich leicht messen. Insbesondere, wenn die Flügeltiefe an meinem 1000mm-Prototyp 100mm ist. 1 Grad sind ca. 1,7%. 2 Grad sind ca. 3,4%. Basta.

2.5 Nachtrag: Querstabilität, Schwerpunkt, Neutraler Punkt und Einstellwinkeldifferenz (ESD) (2008-06-07)

Es ist wie zu Zeiten der Linux-Doku-Leserei. Je mehr Leute das toll finden, desto mehr schreiben drüber, und schreiben größtenteils voneinander ab. Man muß sich durch Tonnen bzw. MegaBytes von Doku wühlen, um die entscheidenden 2 oder drei Satzelein zu finden:

- Querstabilität ist die Stabilität um die Querachse. Die Querachse geht von Flugelspitze zu Flugelspitze. Stabilität sieht so aus: wenn der Flieger gleitet und irgendetwas ihn stört (zB er schneller wird), dann geht er VON ALLEIN in den vorigen Gleitzustand zurück. Stabilität vermeidet folgende Zustände: Flieger gleitet los, geht in Sturzflug und bohrt sich in Wiese. Flieger gleitet los, steigt, halt an, fliegt steil abwärts, wird zu schnell, steigt wieder ... Flieger fliegt wie ein Spatz.
- Die Einstellwinkeldifferenz ist die Differenz zwischen Anstellwinkel der Tragfläche und Anstellwinkel der Hohenruder-Dampfungsfläche.
- Die Anstellwinkel werden normalerweise gegen die Rumpf-Langs-Achse gemessen. Das ist im Prinzip aber egal; sie dürfen sie auch gegen eine (gerade) Rumpfunterseite oder eine (gerade) Seitenruderante messen. Schließlich kommt es nur auf die Differenz an.
- Ich definiere: Anstellwinkel, die Auftrieb ergeben, sind positiv.
- Ich definiere: Eine ESD, die Auftrieb an der Tragfläche und Abtrieb am Hohenruder macht, ist positiv. Querstabilität funktioniert wie folgt:
- Zu Beginn fliegt der Flieger im Gleitwinkel abwärts.
- An vertikalen Kräften haben wir
 - von vorne nach hinten aufgezählt:
 - Gewichtskraft. Greift im Schwerpunkt an. Der ist relativ weit hinten, d.h. bei ca 25% der mittleren Flügeltiefe) (sonst funktioniert das nicht) und will den Flieger mit der Nase aufwärts drehen. Der exakte Faktor ist : $PI / 180 * 100\%$. Also ca. $314 / 180 = 1,744444$.
 - Auftriebskraft. Greift im Druckpunkt der Tragfläche (ca 25% der mittleren Flügeltiefe (MAC)) an. Sie will den Flieger mit der Nase abwärts drehen.
 - Kunstlicher Abtrieb vom Hohenruder. Greift am Hohenruder an. Er will auch den Flieger mit der Nase aufwärts drehen.
- Im Gleichgewicht dreht er sich also überhaupt nicht, sondern gleitet weiter.
- Bei einer Störung. ZB Flieger wird schneller. Wir hatten dann gern, daß er die Nase ein bißchen hebt. Nun: Die Gewichtskraft bleibt gleich. Auftrieb und Abtrieb werden größer ergo hebt er die Nase tatsächlich!!
- Bei einer Störung. ZB Flieger wird langsamer. Wir hatten dann gern, daß er die Nase ein bißchen senkt. Nun: Die Gewichtskraft bleibt gleich. Auftrieb und Abtrieb werden kleiner ergo senkt er die Nase tatsächlich!!

- Je mehr ESD, desto mehr Querstabilität und desto weniger Reaktion aufs Höhenruder, speziell bei Langsamflug. ·
Ubliche Werte sind um 2 Grad.
Meiner zB hat Tragflächen-Anstellwinkel α_h 3mm auf 150mm α_h 2% also 3,4 Grad. Und Höhenruder-Anstellwinkel 0 (Null). Macht übrigens eine ESD von 3,4 Grad. Bei Fliegen stellt er sein Höhenruder MIT DEM GANZEN RUMPF DAZU auf -2 Grad. d.h. der Schwanz geht hoch. Blod für Luftwiderstand. Blod für Optik. Fliegt aber.
- Man braucht sich keine Sorgen machen, ob der Flieger das nun hat oder nicht er stellt sich selbst so ein.
- Wenn ESD = Null dann keine Querstabilität. Selber lenken/trimmen müssen. · Wenn ESD zu groß dann mieser Gleitwinkel und miese Reaktion auf Höhenruder. ESD und Schwerpunkt richtig zu finden ist also ein Optimierungsproblem. Den Schwerpunkt verschiebe ich am liebsten zusammen mit dem Akku, der wiegt ja fast soviel wie der Flieger. Naja: ein Drittel vom Flieger. Verschieben des Akkus um 3 mm verschiebt den Schwerpunkt also um 1 mm Den ESD kann man einstellbar machen, indem man Flügel und Höhenruder mit Gummis am Rumpf festmacht und kleine Balsa-Keile unterschiebt. Vorher gut merken, wo sie sitzen. Nach der Landung sitzen sie WOANDERS. Oder sonstwo. Nimm ein paar Reserve-Keile mit auf die Wiese.

3 Tragflächenbau. 2008-06-09

1. Eine Tragfläche soll den Flieger tragen. Auch beim Abfangen: sie muß in der Mitte das doppelte Fliegergewicht tragen. Halten Sie sie dabei auf jeder Seite in der Mitte der Hälfte der Tragfläche.
2. Sie soll viel Auftrieb, aber wenig Luftwiderstand bieten. Viel Auftrieb gibts bei viel Anstellwinkel, viel Fläche und viel Wölbung. Wenig Widerstand gibts bei wenig Anstellwinkel und wenig Wölbung.
Ergo sind gleitoptimierte Flächen gaaaaanz lang und schmal: "gestreckt", mit hoher Streckung.
3. Sie soll ein mit irgendwas bespanntes Tragflächenprofil haben.
4. Sie soll der Biegung widerstehen. Deshalb werden wir ganz wenig sehr stabiles Material möglichst weit weg vom Profilmittelpunkt anbringen und durch Zwischenlagen dafür sorgen, daß das Zeug nicht ungewollt verrutscht. Das Teil können wir einzeln bauen und dann den Flügel drumherum: es heißt Holm. 5. Sie soll der Torsion widerstehen. Das geht am besten mit geschlossenen Profilen. Ein O ist viel besser als ein U oder X, ein D geht auch noch. Unser D wird gebildet von Holm und Nase.

Nachtrag 2008-06-15: Das ist ne tolle Idee, aber mein Balsa geht da nicht herum, ohne zu brechen. Vielleicht weil ...

- ich keine ordentliche geschliffene Nasenleiste nehme.
- ich das Balsa nicht warm oder naß genug mache.
- mein Flieger und damit meine Radien zu klein sind. hab aber errechnet, daß ein Holm aus 2 stehenden Profilen 2x15 + 2 Gurten (oben und unten einer) 2x15 eine akzeptable Torsionssteifigkeit bei guter Biegesteifigkeit haben müßte.

nachtrag ende.

5. Sie soll der Wiese widerstehen. Das verlangt stabile Nasenleisten oder Beplankung und stabile Endleisten. Die vorderen Knickecken dürfen gepanzert werden.
6. Sie soll ordentlich fliegen, aber bei einer harteren Landung weder sich selbst noch den Flieger zerreißen. Er braucht eine wackelsichere, überlastbare Befestigung mit Gummis.
7. Ich mag formschlussige Verbindungen, aber Locher und Zapfen sind unglaublich umständlich zu laubsagen (???). Also... Lochen in Kantennahe geht, und da kann man dann eine 5x5-Leiste rein drücken...

4 Notizen

4.1 Toom Dudenhofen

Beim Toom gibts Balsa, Kiefer und Buche in 1000x (5x5 8x8 10x10 15x15 5x8 5x15 5x20 10x20 100x (2 3 4 5 6 8 10)) für kleines Geld.

In Kiefer gibts auch 1000x (3x (5 7 10 13), 4x4, 5x5, 6x6, 9x9 und 5x10 sowie Ø5, Ø8, Ø10).

Nachtrag 2008-10-10: 24x40cm oracover light (mit dranner folie) wiegen 8g, also kommt das mat. auf $8g/(0,24x0,4qm) / 2 = 40 g/qm$.

4.2 Massen und Maße

? Rumpf, Styro

? Hohenruder=Flache+Ruder

? Seitenruder=Flache+Ruder

80g Motor. Ø27.8x50 (über Stirnwand und Klemmen), Nase Ø10, Achse Ø2,3x10

18g Empfänger. 36x25x20, nein - hohe=30! denn da kommen stecker rein

6g Servo. 13x26x ca20 mit armchen. 2g Draht mit Hülle.

150g Akku. 120x30x18 + Kabel

5g Spinner. Ø40 x 35

18g Klappfluschaube kompl., mit Blättern und Klemmung. Propellermaß: 5"x3" (Durchmesser x Steigung)

1g Fahrtschalter.

gemessen am 01.06.2008:

114g powertrain

14g Empfänger

0g Rumpfspant 35x35x8x8x3 MFP

6g drei Gummiringe (da kommt wohl einer zu 2g...).



Vor dem Einbau der Elektronik...

4.3 Versuche und Gleitzahl

Flugversuche mit dem 1000-mm-Balsabomber (100g schwer) ergaben: Flugstrecke 16m, Flugzeit 3sec, Hohendifferenz 2m. Daraus kann man Sinkgeschwindigkeit und -leistung und Gleitzahl errechnen. Die Sinkleistung wird vollständig in Luftwiderstands-Verlustleistung umgesetzt, es ergeben sich

Auftrieb = 1N,

$v = 5m/s$,

$v_{sink} = 0,66m/s$,

Gleitzahl = 8,

$P_{sink} = P_{drag} = 0,347W$,

Luftwiderstand bei 5m/s = Drag = Auftrieb / (Gleitzahl)² = 0,016 N

Wer also die Gleitzahl verdoppeln will, muß den Luftwiderstand vierteln bei gleichem Auftrieb.

Insgesamt bleibt es dabei: Flugzeuge brauchen viel Auftrieb bei wenig, am besten gar keinem Luftwiderstand.

4.4 Profil



Dieses Profil hat unten eine ebene Fläche. (Das ist böse, aber leichter zu bearbeiten.) Sein effektiver Anstellwinkel ist von der Mitte der vorderen Rundung bis zur hinteren Spitze - ach warum messen Sie's nicht selber aus...

$0,0714 = 7,14\% = 4,086$ Grad. Doch so viel.

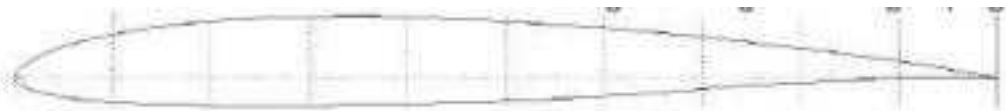
Nachtrag 2008-06-15 : Das Profil oben ist böse:

1) Es ist zu dick, was Luftwiderstand produziert.

2) Beim schnellen Fliegen reißt die Stromung oben hinter der dicksten Stelle ab und produziert fette, bremsende Wirbel.

Nachtrag 2008-07-15 : Es gibt viele Profile...

unter http://www.ae.uiuc.edu/m-selig/ads/coord_database.html. Bekannt sind die HQ-Profile, die Eiffel-Dinger und rg. Hier ist rg15.png:



5 Aufbau



To begin with somethink, I began with 4 balsa rods 8x8mm, cut to 900m length.



Connected with 10 plates 80x35mm, with obviously wrong fibre direction.



and this is how it looked like, 20 flights, 10 hard landings and one broken klappfluffschraube later...



at a total of 550 g.

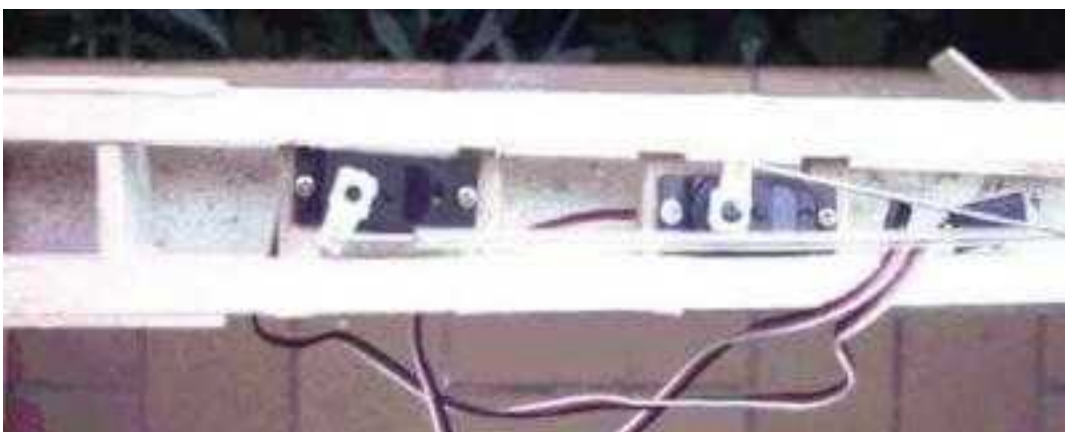


Sieht aus als mußte ich so etwas eher aus Rumpfspanten aufbauen. Gut. Wieder was gelernt.

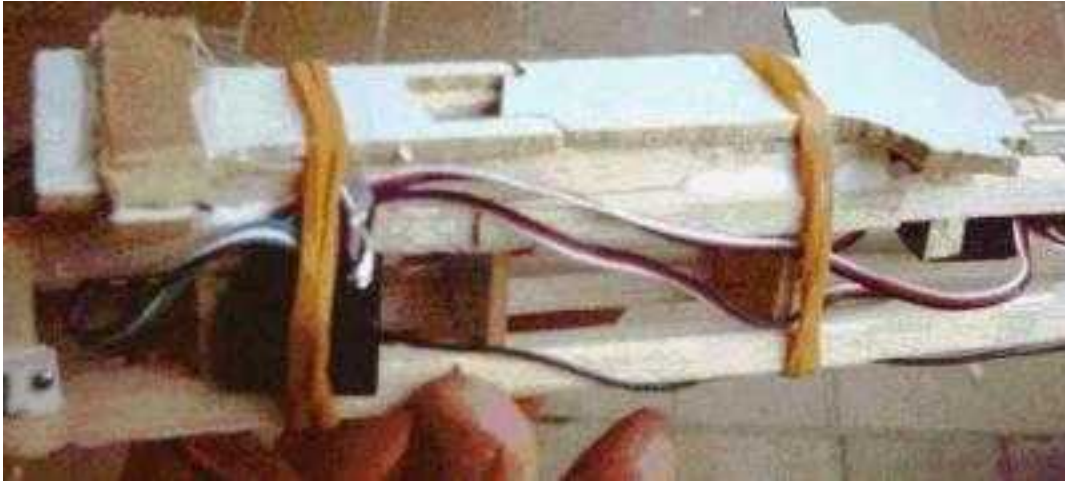
6 Vorne 90mm abgesägt und mit Rumpfspanten neu aufgebaut



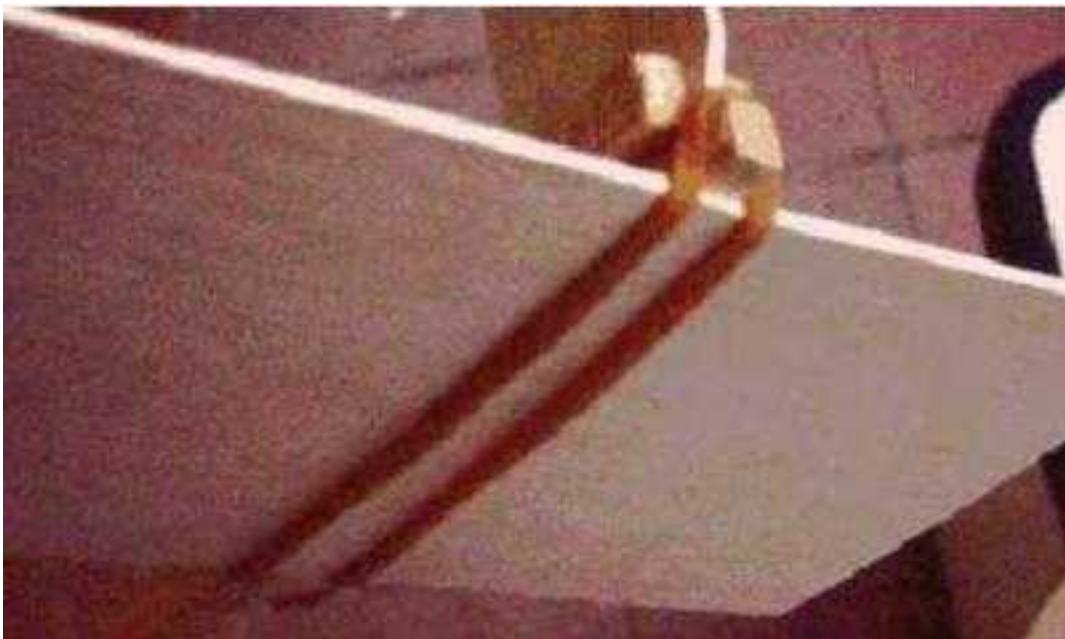
Beim Leimen. Zusammengehalten mit Gummis. Gummis werden auch Motor 2x, Akku 1x und Tragfläche 2x halten, jeder wiegt 2g. Die Servos sitzen tiefer nun, an Raketen-Stabchen-Stückchen. Wer hatte gedacht, daß man da 1,5mm vom Rand eine 2mm-Schraube (gespendet von kaputtem China-Spielzeug) reindreihen kann, ohne daß es ausreißt.



Elektronik rein und ab zum Platz!



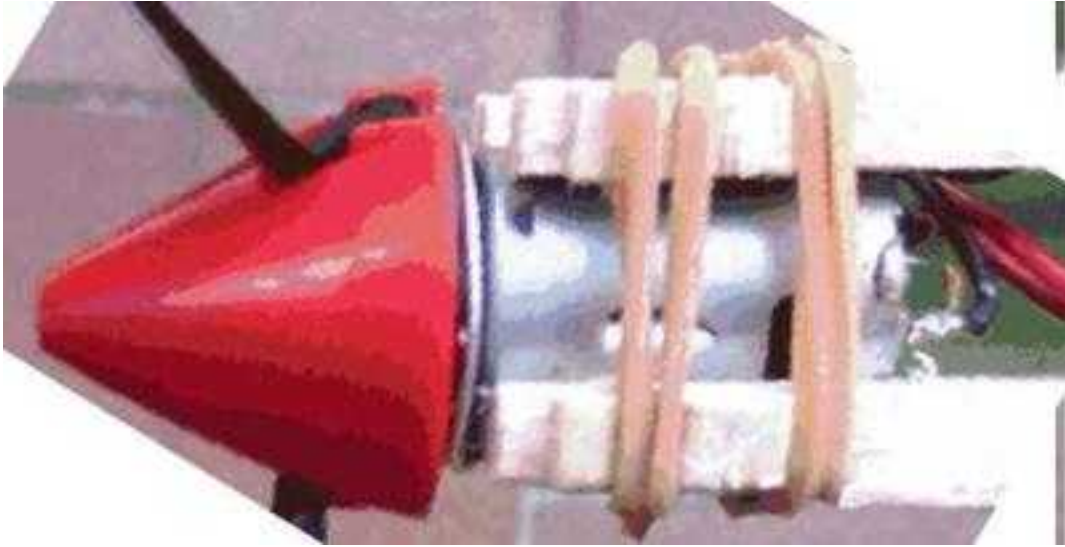
Es ist keine gute Idee, den Empfänger mit einem Gummi festzulegen. Noch blöder wäre es, die Langs-Stangen dafür anzubohren...



Der 1000mm-Balsabomber hat nun ein mit Gummi festgelegtes Höhenruder, das man ganz easy mit Holzstückchen einstellen kann. Diese Verbesserung brachte 20 % mehr Gleitweg.



Front top view. Beachte den hochgelegten (8mm) Tragflächenhalter und den eingeleimten Schalter/Knopf.



Motorbefestigung. Reicht doch.



Der Fahrt-Schalter linst raus, stört aber nicht. Der Einstellwinkel der Tragfläche wurde mit einem 3mm-Holzchen verbessert.



Unter-Überblick.



Wahrscheinlich die unpräzisesten Ruderhorner der Welt. Pizzakarton mit Tackernadeln. Schauderhaft unpräzise, aber insgesamt ist der Flieger viel kontrollierbarer als vorher. Ob das was mit dem geänderten Neutralen Punkt zu tun hat?

GRINS

Gestartet und 15 min lang Akku leergeflogen. Ist besser kontrollierbar und hängt dank $3\text{mm} = 2\% = 1,7$ Grad Einstellwinkel nicht so scheußlich mit dem Schwanz herunter.

7 Versuche mit dem PalmZ - 07.06.2008

Jetzt reicht's. Neues häng ich hinten dran, basta.

Also der PalmZ fliegt ja nicht richtig, wenn er aus der Schachtel kommt. Er gleitet auch nicht richtig.

Das Gleiten kriegen wir hin, indem wir den Schwerpunkt an $1/4$ der Tragflächentiefe unterbringen. Nun ist meiner ein Doppeldecker, und die untere Tragfläche ist etwas kleiner.

Nach genügend langem Schatzen erkannte ich, daß $1/3$ der oberen Tragfläche reicht. Ich hatte einen langen Balsa-Vorbau gebastelt, damit er nicht so arg schwer wird.

Aber der ist nach genügend vielen Nasenlandungen zerbrochen. Und das Lenkverhalten wird davon sehr träge (wegen dem großen Tragheitsmoment, vermute ich). Und bei Seitenwind wird man auch nicht glücklich damit. Also Schraube. So sieht sie aus:



Habe versucht den Schwanz zu beschneiden. So sieht er jetzt aus. Brachte aber keine nennenswerte Schwerpunktverschiebung.

Im Waschzettel steht: Du sollst vorne keine Schrauben reindreihen!!! Also tus nicht!!!



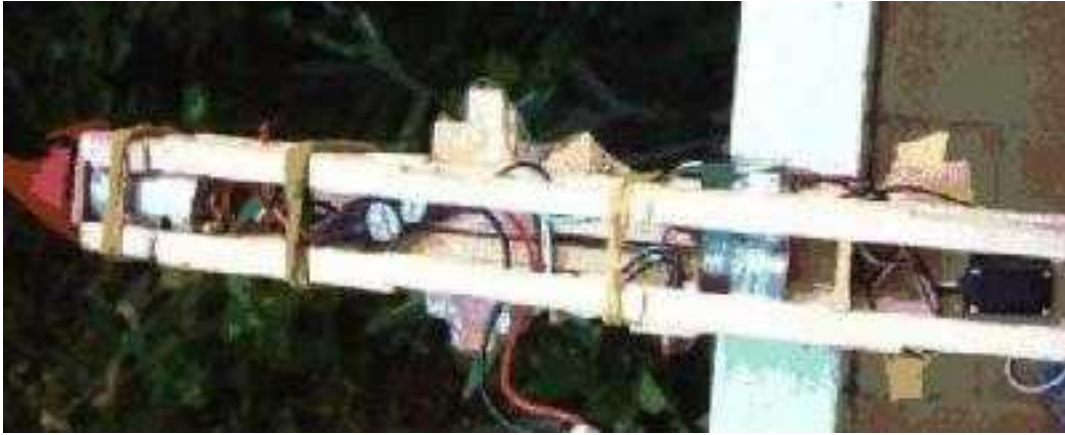
Abhilfe brachte diese Schraube nicht viel, aber merklich. Das Gewinde ist 3mm lang!!! Der gewindelose Schaft ist 2mm lang!!! Die Schraube die danebenliegt ist größer als die eingebaute!!! o Im Waschzettel steht: Du sollst vorne keine Schrauben reindrehen!!! Also tus nicht!!!



Die Balsa-Leisten sind inzwischen mehrfach gebrochen. Eigentlich immer oben. Mein nächster Flieger kriegt WANDE aus STABLEM BALSA. MAUERN, 8mm dick. Statt Rumpfspanten die knicken eh nur weg. Jedenfalls im Bereich zwischen Motor und Tragfläche.



Hab wieder die Original Ruderhomer ausm Mull geholt und angeklebt. RUMMS im Treppenhaus wo gegengehauen und lose waren sie. SCHRAUBT sie an.



Einblick. Man sieht die innenliegenden angeleimten Schienen. Sie liegen so nah, daß sie sich gegenseitig stützen - das halt.



Also eh mir das Balsa vergammelt verbau ichs lieber. Die Profile hab ich mit Stecknadeln senkrecht gestellt. Ihre Unterseite ist gerade.



Gegenseite druntergeschoben, 2mm neben den Spanten Leim dran, hingeschoben, beschwert. Mal gucken. Die Fläche gibt statt $140 \times 14 = 1960 \text{ cm}^2$ (original Rainbow) $19 \times 100 = 1900 \text{ cm}^2$. Mußte, mit Randbogen und 2mm-Balsa-Winglets, locker fliegen.

8 Ende des Projekts Tragflächenbau

Tat er auch. Dreimal nach linksrum, dann war die Tragfläche hin. Linksrum? Wieso linksrum? Weil der Flügel in sich tordiert war. Die rechte Fläche stand ein bißchen steiler, also bescherte sie mehr Auftrieb. Wir reden hier von Winkelfehlern von 1 bis 2 Grad.



Winglet-Anschluß. Originell und halt. War jedenfalls nicht das Problem.

Merke:

Tragflächen müssen biegesteif und torsionssteif sein. Manche glauben, durch Spannschlosserchen in den Balken da noch was reißen zu können... naja... von vornherein gerade ist besser. Und nach dem Winglet-Einbau und nach dem Bespannen immer noch gerade ist Bedingung, sonst geht das nicht.

Insofern ist der Serienflügel meines Rainbow gar nicht so schlecht, bei Spannweite / MittlereTragflächentiefe = Streckung = 10. Besser war er mit einer Streckung von 15 bei gleicher Fläche mit einem etwas sturzflug-freundlicherem Profil.

Aber 1870 x 120 mm krieg ich nicht torsionsfrei hin, denke ich. Nicht als 4kant-Balsa-Holm mit eingeleimten Rippen. Nicht als CFK-Rohr mit draufgesteckten Profilen.

(Nachtrag 2008-06-24: Das heißt aber nicht, daß ichs nicht mal probieren werde. Sobald ich ein Programm habe, das mir die benötigten 20 verschiedenen Profile berechnet.)

Nicht als 1mm-balsa-beplanktes Styro-teil. Ergo laß ichs.

NB Sturzflugfreundlich bedeutet: kein Stromungsabriß bei höheren Geschwindigkeiten auf der Oberseite. Oder wenn schon, dann möglichst weit hinten am Flügel. Das heißt, daß der Flügel seine größte Dicke von ca. 20% bis ca. 50% beibehalten muß. Wie bei den hq-ds profilen auf hq-modellflug.de.



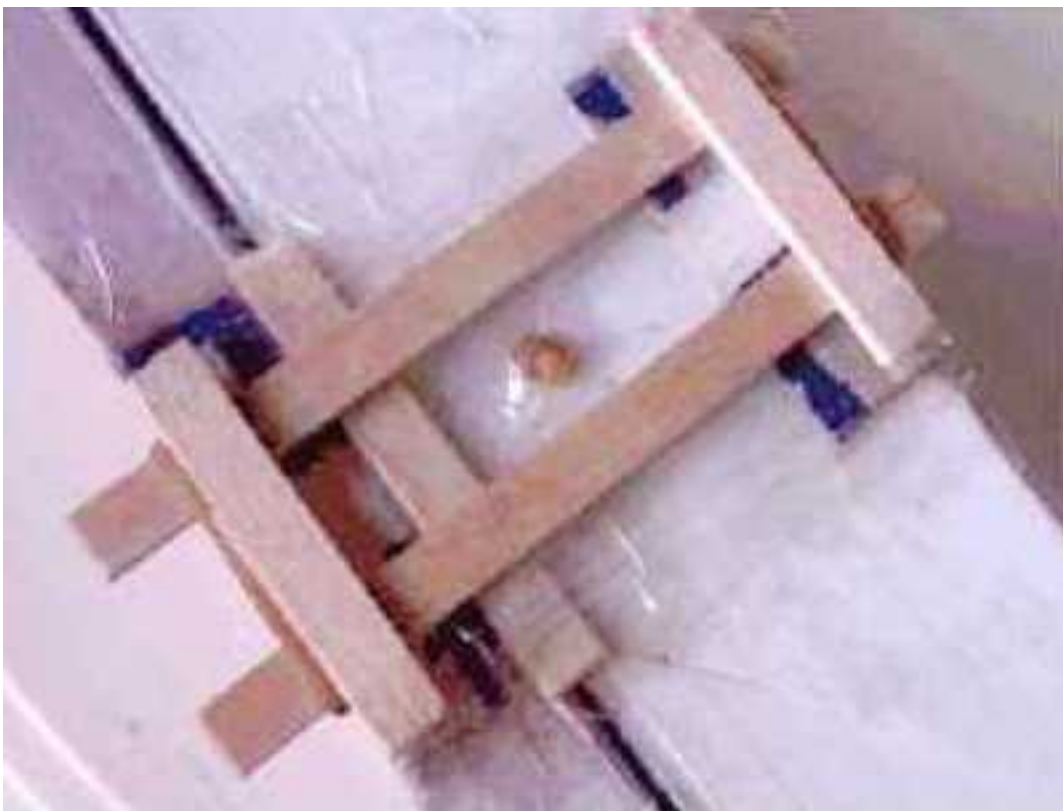
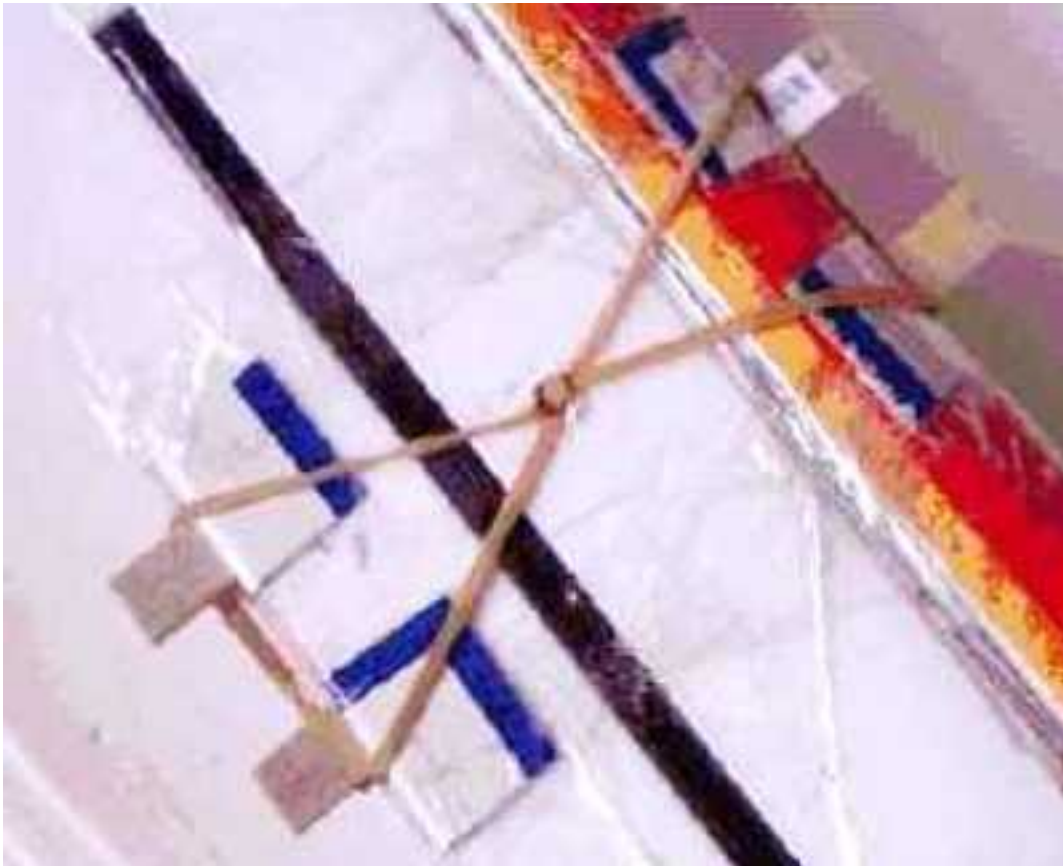
is auch ordentlich ausgewogen...



... aber fetzt nach 3 linkskurven den Flügel.

9 Heute ist er gesegelt. 2008-06-15

GRIN. Wenn ich ihn trotzdem in die Luft krieg, bin ich gut. Sogar ein bißchen besser. Und heut war er in der Luft! Ist erst in großen Kreisen mit Motor gestiegen und dann, mit Motor aus, laaaaaansam wieder runtergekommen.



Neue Flügelversträpfung aus 5x15mm Balsa. Synchro-fläche 150x60mm. Zwei Paketgummis. Halt wenn es soll... .. und macht Platz wenn es soll.
end of document tschus ich geh jetzt fliegen...

10 Plan

Meine Tragfläche (= Original-Tragfläche mit geänderten Ohren und eingezogenen 8mm-Carbon-Rohr) ist toll. Hm. So toll auch wieder nicht. Anscheinend sind die Akkus muder geworden, oder ich flieg schlechter (???), oder ich weiß nicht... Und überhaupt muß das ganze Lesen im Internet ja für was gut sein.

Zum Beispiel zum Bau genügend torsionssteifer Teile, die 100:10:1 breite:tiefe:höhe sind. Und dann ist da noch die Lucky Lilly, blauthermik-rostock.de/Modellflug/Lilly.html. 2m breit, 800g schwer in nc-Ausführung. Mit korrekter Beschreibung und Begründung: wie man Rumpf und Flügel aus Balsa und Kiefer baut - und Langen etc. konzipiert und nach Crash repariert. (Und auf LiPo umrustet - ja nun...)

2m Spannweite, weils einfach ist und weil seine Tragfläche mittig teilbar ist und man 1-m-Stangen im Baumarkt bekommt, Streckung 10 weil leichter zu bauen als zB 20, auftriebsstarkes Profil mit Schnellgleitqualitäten, Fotos vom Rippenschneiden, zusammenkleben und Flügelknicken... das überzeugt.

Hmmm... Ich will aber meine Spielzeug-Elektronik incl. 400er-Motor-Nachbau behalten. Großartig schwerer oder leichter darf meins auch nicht werden ein Pfund = 500g, davon 150g Akku, scheint genug für den Motor...

Dann müßte ich die Lilly nehmen und alle LANGEN um DritteWurzel(2) = $2 \text{ hoch } 1/3 = 1.259921$ schrumpfen. Ah, beziehungsweise mit EinHalbHocheinDrittel = 0,7937 malnehmen oh, also ein Nachbau im Maßstab 80%. Und mit der Tragfläche fangen wir an, dann haben wir das Schwierigste im Sack.

11 Tragfläche

Ideen kommen mir unter der Dusche oder auf der Toilette (nie, NIE vorm Fernseher sehen Sie zuviel fern?).

11.1 Wohin, wohin mit den 2 Knicken?

Hochgebogene Ohren find ich gut, aber zwei Knicke und eine Trennung in der Nähe der größten Biegung sind mir einfach zuviel. Na da kram ich doch schnell das "Werkbuch für Jungen", Ausgabe 1943, hervor und schaue nach den Freifliegern: Ungeteilte Tragfläche. Knick weit außen. Wie bei meinem Rainbow. Alles klar.

11.2 Profil

Alle Welt fliegt das SD 7037 (Lilly das SD 7032), ich will was anderes. Ich will außerdem ein Profil, das ein Zehntel so hoch ist wie lang (also breit also tief ach, von links nach rechts halt). Und da paßt das RG15, geklaut von http://www.ae.uiuc.edu/m-selig/ads/coord_database.html, in mein Beuteschema. Vielleicht kopier ich ja nochmal, was "Rolf Girsberger RG 15 low Reynolds number airfoil" bedeutet. Am besten gefiel mir, daß ich das fertige Bild "rg15.gif" auf 160mm skalieren und anschließend noch ein 10x10mm Loch hineinzeichnen konnte. Für einen 10x10mm Balsa Hauptholm. Oder später vielleicht Carbon.

11.3 Holm

Carbon ist aber teuer. Und ich hab einen RiesenRespekt vor Torsion. Mir wird übel beim Gedanken, daß die Tragfläche nach dem Bespannen verzogen ist wie ein Propeller. Im Baumarkt stelle ich erfreut fest, daß es Kiefer und Buche auch in rund gibt. Komischerweise ist Kiefer biegesteifer und torsionssteifer als der Buchen-Kollege. Also hopsten 2x 8mmØKiefer in meinen Wagen, und 1x 2x100x1000 Balsa.

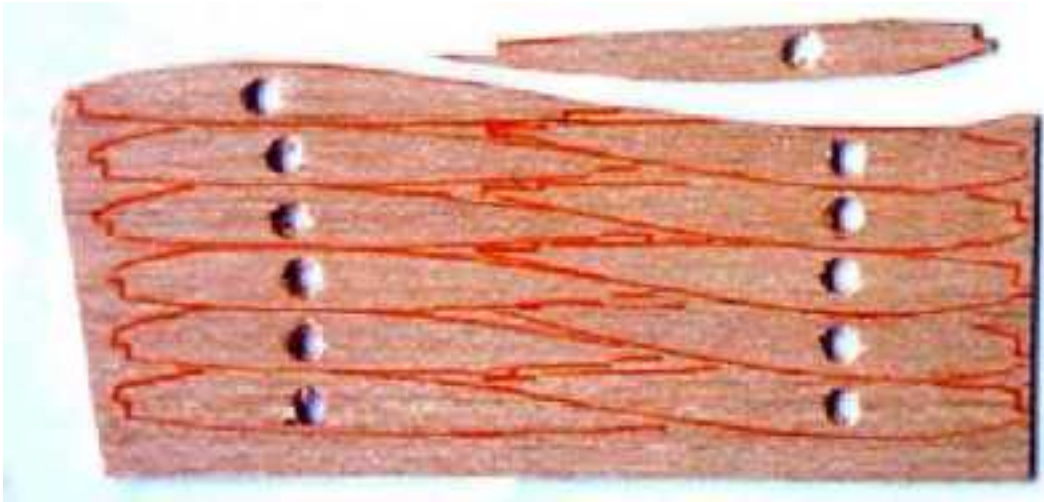
11.4 Bespannung

Oracover kostet 16 Euros, 2x1m. Boah. Dafür stabilisiert es zusätzlich.

Buchbespann-Folien kostet 2 Euro, 0,5x15m. Das ist saugünstig und transparent oder rot-transparent. Rot-transparente Trummer sind leichter auf ner grünen Wiese zu finden... .. und nächstes Mal nehm ich selbstklebende Buchfolie! Damit überhaupt was außer dem Paketband klebt!!!

Nachtrag 2008-10-10: Mit Paketband aufgeklebte Bucheinbindefolie macht zwar nicht torsionssteifer, aber ansonsten funktioniert sie überraschend gut. 5qm = 1 EUR.

12 Bauen



In die Rippen erst die Locher schnitzen, dann mit 8mm Kiefer durchpieksen, gibt Schiebesitz.



Auffadeln, aber nicht kleben. Nasenleiste dran...



... und Endleiste. Mit den 300mm-EndStücken fangen wir an. Erst anschließend Rippe für Rippe 2mm zur Seite schieben, Kleber drauf, und dann Flügel auf ebene Fläche legen.



Den Mittelteil genauso.



Verkleben mit Pritt Alleskleber halt nicht gut.



Haßliche, zu lange Flächenstecker aus Fahrradspeiche.

13 Einfliegen

1. Gehstu in die Garten.
2. Baustu Flügel drauf und Akku dran.
3. Wirfstu. Fliegt zu steil runter.
4. Schiebstu Akku 1cm nach hinten. Wirfstu. Immer noch nicht gut.
5. Unterlegst du Nasenleiste mit 5x15mm Balsa. Wirfstu. Gut. Kelebeband dran, fertig.

Heute ist Mi. 16.07.2008. Sturmische Boen. Kann nicht raus, fliegen. Also sitz ich hier und texte... ah. endlich windstille...

14 Erstflug

Es ist wirklich fast windstill. Ich ziehe die Antenne raus, schalte Sender und Empfänger an und prüfe die 2 Servos. Alles okay. Motor an und los!! Der Vogel mit der komischen roten Tragfläche schwebt davon als hätte er nie was anderes gemacht. Er steigt sogar ein bißchen. Trotz der Tropfchen, die gelegentlich aus den Wolken fallen. Enge Kurven etc. kein Problem. Beim Abfangen dreht er sich komisch zur Seite, ansonsten ist dieser Erstflug barbarisch problemlos.

Ich versuche einen Looping. Im Looping macht er eine halbe Rolle und knallt aus drei Meter Höhe Nase voran in den Boden. Motor verrutscht. Flügel weggeflogen, aber unbeschädigt. (Waren beide mit Gummis festgemacht.)



Hohen-Servo aus Halterung gerissen.



Hohenruder beschädigt. Die Stelle wollt ich immer schon verstärken... Das war vor ner Stunde. Ich geh jetzt nochmal fliegen... 21:12.

15 Auf der Wasserkuppe 20.08.2008

Die ist ca. 110km von Rodgau entfernt und eher ein großer Hügel. Oben ist sie kahl. Auf der einen Straßenseite tummeln sich die Segelflieger, auf der anderen Segelflieger und Gleitschirme.

Es sind zwei Modellfluggebiete ausgewiesen, eins links, 100m vom Parkplatz, eins ganz weit rechts, jenseits des Fliegerdenkmals. Die Frequenzschnackse muß man selber mitbringen. Auf den Schildern steht, daß man sich anmelden und bezahlen muß und nicht ohne Flugleiter (=Kassierer) starten darf. De facto kommt wohl gelegentlich jemand vorbei, kassiert, meckert, wenn jemand über 50m hoch fliegt, und verpißt sich dann wieder.

Wir hatten Windstärke 4-5. Ich war erstaunt zu sehen, wie mühsam die Segler Höhe gewinnen. Das lag wohl kaum am quasi serienmäßigen Elektroantrieb (sie sind mehrheitlich zu faul ins Tal zu laufen), denn wenn ein Flieger zu leicht ist, kommt er gegen den Wind nicht an. Nicht mal talwärts. Unter den anwesenden Modellen zeichnete sich ein Multiplex EasyGlider aus: Er blieb in der Luft, drehte gelegentliche Loopings und flog stabil, aber nicht langweilig, ohne in einer Tüte wieder nach Hause zu müssen.

Das Internet ist voll von Anleitungen, wie man da Querruder reinbauen kann. Mit seinen 1400mm Spannweite ist er mit einem 400er Motor korrekt ausgerüstet.



Der war nicht da, aber ihr habt die Idee.

*

Wie man selbstgebaute Flügel torsionsfest bekommt, Balsa biegt oder ob 1600mm Spann für meinen Flieger einfach zuviel sind, konnte ich nicht rausfinden. Carry on.

16 Motorschaden 23.07.2008

Klar ist mein Rainbow inzwischen wieder geklebt. Aber gegen Fliegen wehrt er sich immer noch. Die Motoraussetzer wurden auch immer schlimmer, bis er schließlich gar nicht mehr ansprang. Und ich dachte, es läge an den falschen Batterien...

Nun, habe erstmal ein 8-ZellenPack ausm Rennauto eingebaut. Ergebnis: Motor steht. Dann den Regler in Verdacht gehabt. Schrumpfschlauch abgeschnitten. Ein fetter 3-beiniger Halbleiter hier, einer auf der anderen Seite, neben einem 20-fußigen IC, natürlich alles SMD. Das Datenblatt für den dicken Halbleiter war schwer zu finden aber es ist ein Power MOSFET mit 115A Nennstrom. Sowsas geht nicht kaputt.

Blieb nur noch der Motor. Kabel abgelötet, andere dran, direkt an 3 verschiedene Akkupacks gehalten: kein Muckser. Wir haben die Diagnose: Der Motor ist's. Ist er tot oder bloß blöd?

Entstörkondensatoren ablöten. Mit der Zange Gehäuse aufbiegen, Laufer GEMEINSAM mit Kontaktschild herausklopfen. Die Bürsten sind völlig in Ordnung. Die Windungen auch. Der Kollektor ist etwas eingelaufen und minimal schwarzlich, von den Bronzebürsten. Leider keine Fotos gemacht. Kollektor zerkratzt, montiert. Motor läuft wieder und macht Krach mit seinen Lagern. Lager gefettet. Seitdem läuft er wieder.

War dann natürlich fliegen, bei Brise. Überlege zur Sekunde eine leichte unkaputtbare Rumpfnaukonstruktion mit soooooooooo langen Klebeflächen (¿ 50mm) und texte hier nur, solange der Leim für die breiteren Servobrettchen anzieht. Hups, 20min sind rum. Ciao.

17 25.07.2008

Hm. Die Rumpfkonstruktion konnte ich aus 2mm Balsa ausschneiden. Wie bei einem Hangflieger: Vorne ein Zylinder, mit Motor Batterien + Regler Empfänger Servos drin. Dann ein Rohr. Da es kein 8mm-Kiefer-Rohr gibt, darf es wohl GFK oder gar CFK sein.

V-Leitwerke sehen dabei besonders geil aus. Muß mir nur vorher noch einen mechanischen Mischer ausdenken: rechtes V soll hoch, wenn Höhenruder hoch oder links; linkes V soll hoch, wenn Höhenruder hoch oder rechts.

*

Ich wußte immer noch nicht, ob der Motor oder der Akku breit sind. Ich wußte bloß: Mit diesem Motor ist der Vogel mal geflogen. Im Internet, die Lucky Lilly, mit 2000mm Spannweite, fliegt doch auch mit 400er. Und 1:4-Getriebe und fettem Ruhrloffel aka Klapp-Propeller. Aber ein Getriebe transformiert Drehzahlen runter (1:4 halt) und Drehmomente hoch (1:4 halt) - das wars; es erhöht nicht die Leistung.

Nun kann ich auch nicht an Akkus schrauben. Also hab ich die Bürsten vom Motor mal wieder ausgebaut. Und angeguckt. Ja, da klebte etwas Dunkles drauf. Falls es stört, muß es verschleißfest sein, temperaturfest, und isolierend (sonst könnte es keinen Strom behindern). Ob es das ist, was stört, ließ sich nur durch Abschleifen feststellen.

Dabei hab ich doch tatsächlich eine Bürste an der Sollbruchstelle (ein 1-mm-Loch in dem Hartkupfer-Bürstenhalter) halb durchgebrochen und sie anschließend gelötet. Ja, ich weiß: das kann nicht halten. Andererseits halten diese dünnen Kupferbleche mindestens 4 Ampere aus, ohne weichzugluhen...

Die Probe ergab: JA, DAS SCHWARZE ZEUG AUF DEN BURSTEN WARS. Ich war so verblufft, daß mir gleich ein Rotorblatt brach... So. Jetzt hat er wieder ungefähr die Leistung wie als er neu war.

Morgen wird geflogen was das Zeug halt. Es ist SOMMER, verdammt...

*

Grunz. Der Motor lief nur 2 Minuten gut. Na wenigstens hatte ich so die Diagnose und hab mich tatsächlich nach ConradFFM begeben, um einen neuen zu erstehen. Er heißt übrigens Xfly 400, von Maxxtron, CE (Chinese Engineering) und kostete lt. Webportal 12,50 EUR. An der Kasse kostete er noch 8,75 EUR, aber das war nicht schlimm.

Beim Abloten hab ich die Entstör-Keramik-Kondensatoren zerstört, aber ich hoffte, der fliegt auch ohne. (Nachtrag: Ja. Ob das die Bürsten oder den Schalter oder weißDerHenkerWas zerstört, weiß ich nicht.)

Gut. Motor montiert, Propeller montiert, rubergelaufen zur Wiese, 5sec geflogen, dann hats ein Rotorblatt in der Luft zerrissen.

18 26.07.2008

Gut. Zurückgelaufen, Propellerblatt gewechselt, rubergelaufen zur Wiese, 5sec geflogen, dann hats erneut ein Rotorblatt in der Luft zerrissen. Hat aber Kraft, der Kleine. Und ich hatte nur noch ein schwarzes Rotorblatt.

Okay. Hab ich ja auch noch weiße Propellerblätter. Die passen zwar nicht (kann man passend machen), und sie zerreißen den Rainbow-Propellerblatt-Halter. Also war eine Neukonstruktion fallig. Mit viel Geduld und etwas Mut passen die Teile beider Systeme ja doch zusammen und fallen nicht gleich ab. Das Loch im weißen Spinner ist nicht tief genug für die andere Spinnerhalteschraube, aber ich hab noch viele kleine schwarze Distanzstückchen... .. ehemalige Rotorblattwurzeln, nämlich...



Motor befestigt mit 4 Lagen Gummi. Man sieht die Rippen des Flügels durch die Buchbeschlagnfolie. Wer genau schaut, sieht das Distanzbrockchen.

Und damit isser zweimal laut und hastig auf 50m gestiegen und anschließend ohne Thermik, aber trotzdem gern sanft runtergesegelt. Loopings hab ich nicht probiert. Anschließend waren Akkus und Motor so warm, daß der Propeller nicht mehr anlief, sondern nur noch zuckte.

Jou. Nach viel Auf und Ab hab ichs mal wieder geschafft. Jetzt wird geladen, dann gibts Abendessen... und dann geh ich auf die Wiese.

*

Mittlerweile steht fest: es geht sogar noch besser, ohne Distanzbrockchen. Aber wie werd ich hier nicht schreiben, sonst mußte ein juristendichter Kasten "Auf Eigene Gefahr" dazu.

19 01.08.2008



Ist in weichen Busch gefallen.

Der Flieger hat beim Anstechen so eine damliche Tendenz mit den Ohren zu wackeln... Torsionsschwingungen. Vielleicht hatte ich statt 8er Kiefer mit 20g doch ein 10er Rohr aus Alu (76g) oder Carbon (20g) nehmen sollen...



Brettchen für die Servos. Stabchen halten nicht.

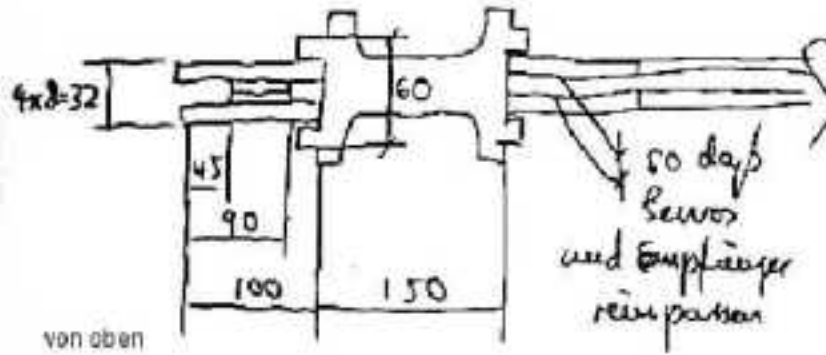
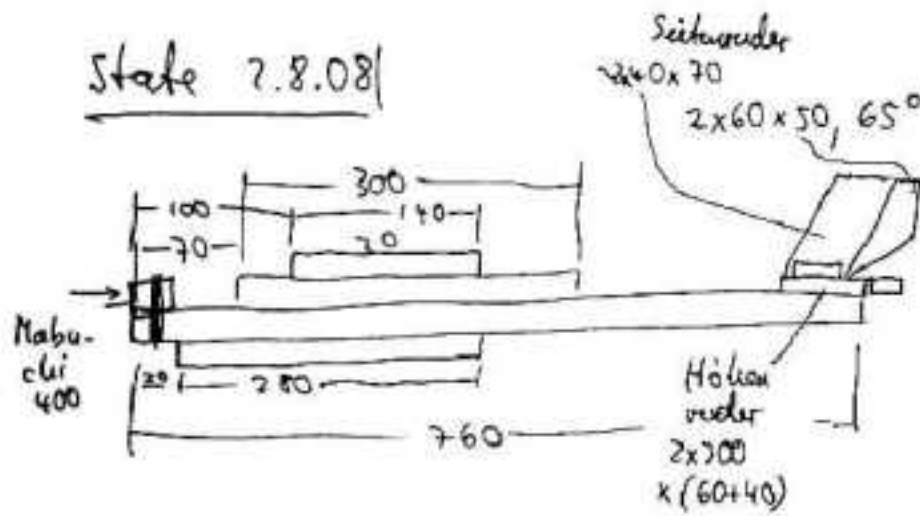


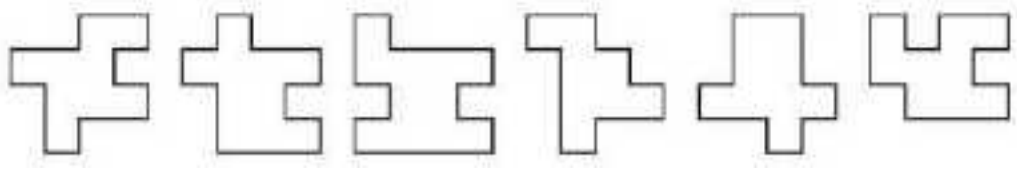
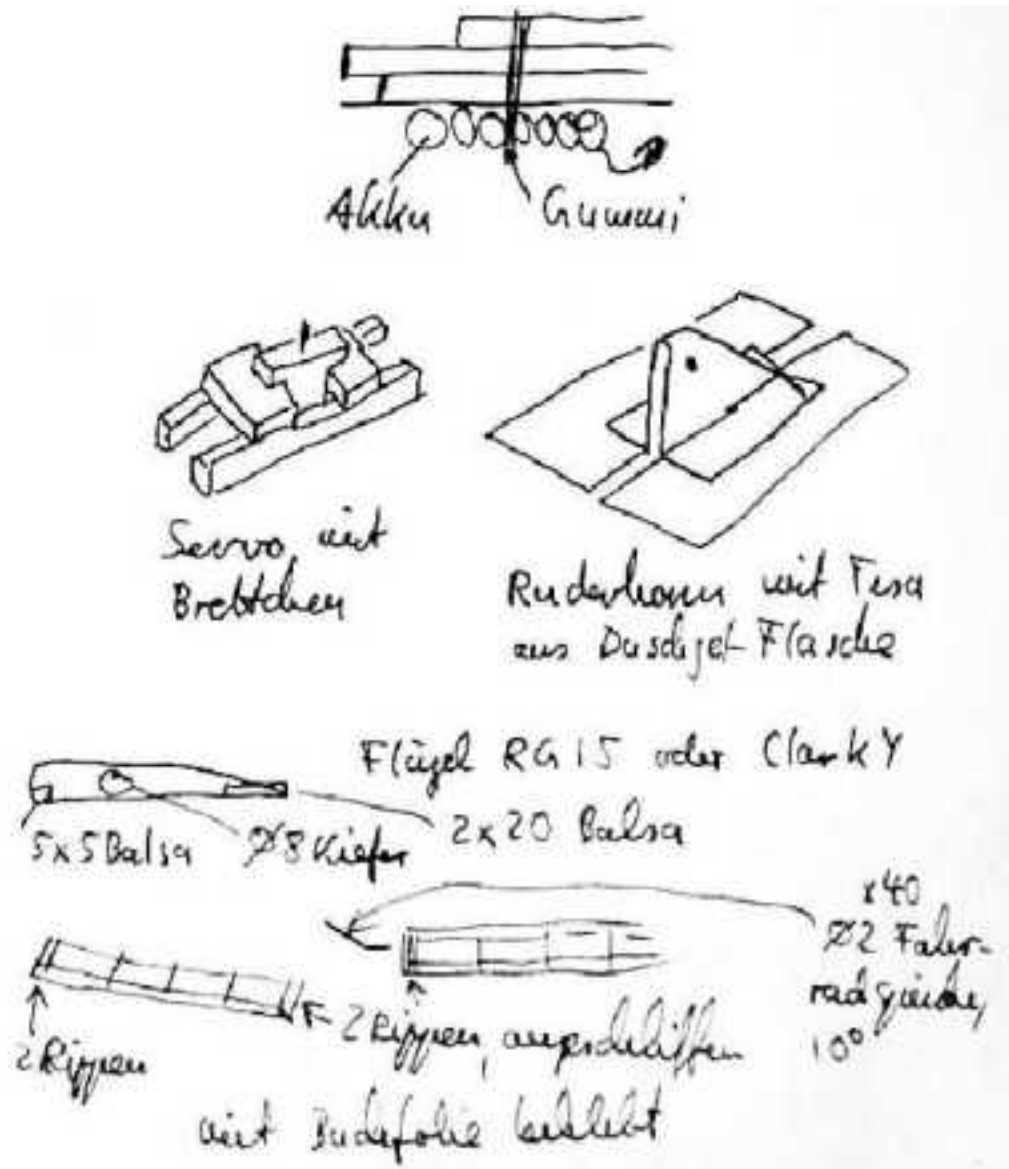
Schrages Seitenruder. ACHTUNG: Dieses ist zu klein, der Vogel lenkt nicht beim Segeln. Korrekte Maße s. unten.

Schrag angelenkte Seitenruder geben bei Seitenruder auch ein bißchen Höhenruder. Das funktioniert nicht nur theoretisch, sondern bei diesem Vogel sogar praktisch. Endlich kann ich Ruderhorne bauen. Leider sind Aldi-Duschgel-Flaschen durchsichtig, so daß man sie auf diesem Foto gar nicht sehen kann...

20 02.08.2008

Stabiler, fliegbarer Zustand z Zt, deshalb Doku.





Und zur Abwechslung basteln wir uns aus vielen kleinen Würfeln ein lustiges Puzzle, das, zusammengesetzt, einen großen Würfel ergeben soll.

21 Trittschall-Dämmfolie

Viel gelesen über Depron. Kann man unter diesem Namen nicht im Baumarkt kaufen. Das 3mm-Zeug zum Warmedämmen von Heizkörpern ist aber richtig. Das grüne 2mm-Zeug für Trittschalldämmung auch. Es hat eine Faserrichtung. Quer dazu läßt es sich wunderbar biegen, mit Innenradius unter 5mm. Aber das Beste ist: es liegt bei mir im Keller. Drum nahm ich meine Tragfläche und beklebte sie flachig damit. Naja - den Mittelteil.



Trittschallfolie macht torsionsfester und wiegt 80g/m² .



Vorteile:

- Fühlbar torsionssteifer.
- Schon grün.
- Mit Paketklebeband befestigt, in 20min erledigt.
- Endlich ein Name für meinen Flieger: 20 dB (A).

Nachteile:

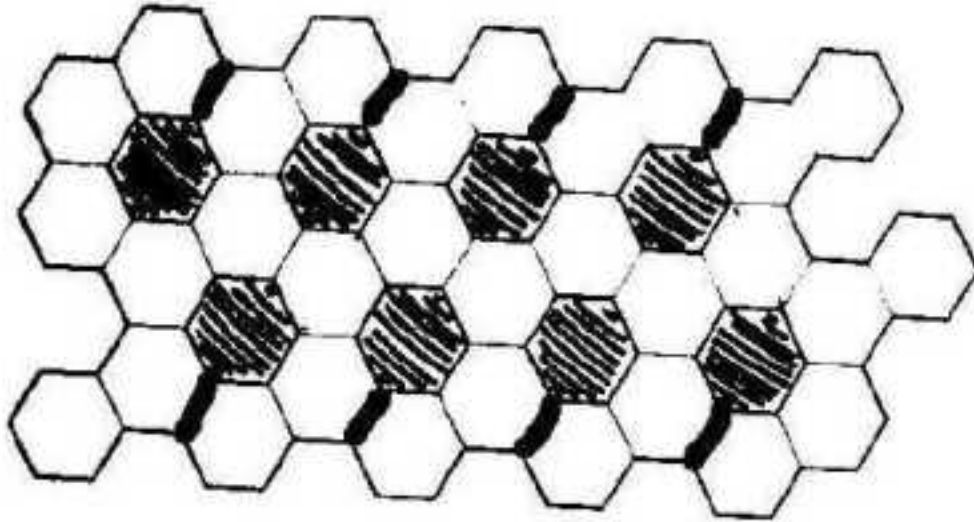
- Nicht durchsichtig, man sieht die Holme und Rippen nicht mehr.
- Obwohl ich in der Mitte angefangen habe, war das Mittelstück propellerartig verzogen. Flugverhalten: Starten - Linkskurve - bauz. Starten - Linkskurve - bauz. Doof.
- Habs dann auf der Wiese ent-tordiert = gebogen.

Anschließend flog der Flieger. Mit mir. Also andersrum wie es sein soll. Ist genau richtig, wenn Sie auf spontane Akrobatik stehen. Mit kontrolliertem Fliegen hat das aber nix zu tun.

- Das Depron liegt nicht richtig an und vergrößert die Dicke. Und den Auftrieb. Sehr. So viel NaseRunter konnte ich gar nicht trimmen. Der Widerstand scheint aber nicht größer geworden zu sein.
- Das Stallverhalten ist zum Kotzen. Langsam werden = abkippen. Wohin, weiß der Flieger allein - aber immer kostet es Höhe. Doof.

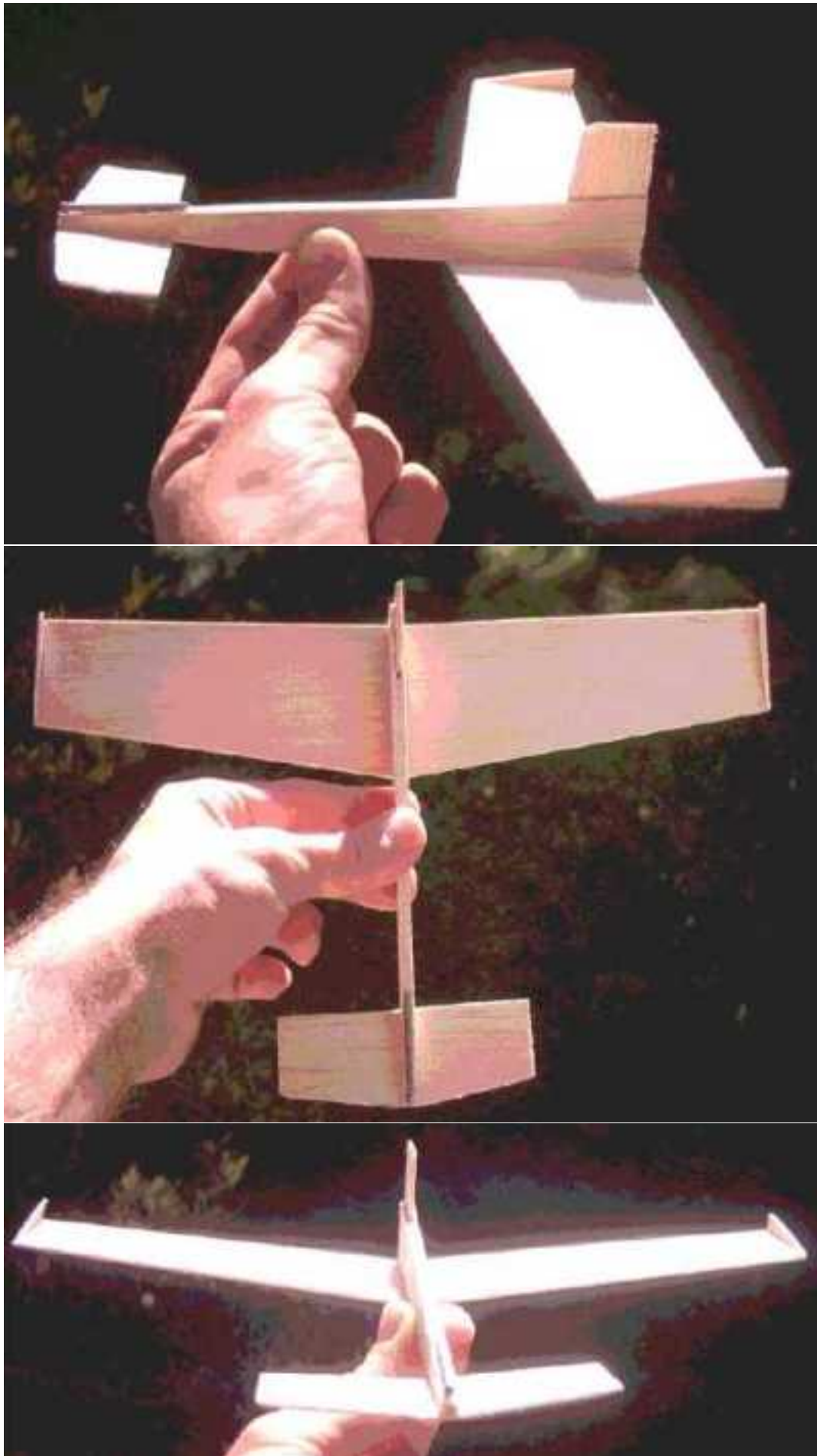
Ruckbau auf rote Bucheinschlagfolie ist bereits erledigt. 15min.

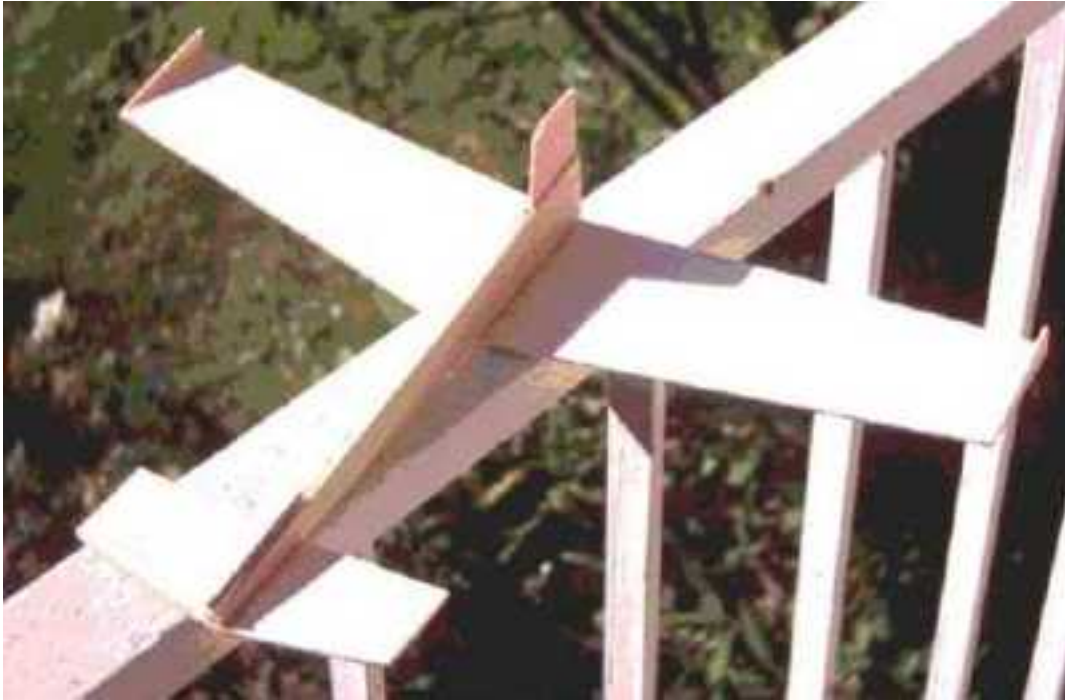
22 Wir basteln uns einen Fußball



Entlang der Außenlinien ausschneiden. Dicke Linien einschneiden. Sechsecke rausschneiden. Kleben. Fertig.

23 WIR BASTELN UNS EINEN STABIL FLIEGENDEN ENTENFLIEGER





Dieser Entenflieger fliegt stabil, wenn man ihn schnell genug wirft.

24 Entenflieger können stabil fliegen

fmsg-alling.de/Technik/GerFlug.htm incl. GerFlug1.htm, GerFlug2.htm, GerFlug3.htm.
Stabilität um die Querachse verlangt:

1. Die Summe der Nickmomente sei Null.
2. Bei Störungen trete eine rückstellende Kraft in Erscheinung.
Beim Schneller-Werden zB trete ein Nase-Hoch-Moment auf.
3. Die Transiente (= Übergangsfunktion) darf schwingen, soll aber nach genügend kurzer Zeit (wer definiert das???) ausklingen.
Transienten behandle ich hier auch nicht.

Beim normalen Flieger haben wir die Qual der Wahl, was den Momenten-Bezugspunkt angeht. Ich wähle den Auftriebspunkt des Flügels - dann kann ich mir die Betrachtung des Auftriebs schenken. (Es funktioniert aber auch mit anderen Punkten, zB der Nasenspitze.)

24.1 Schwanz-Flieger, 1. Bedingung

Im stabilen Geradeausflug (d.h. beim Gleiter: mit Gleitzahl 10 oder 20 bodenwärts) dreht der Schwerpunkt die Nase runter.

Der Flügel will kraft seines eingebauten Nase-runter-Momentes

$$M = c_m * \rho / 2 * v^2 * FTF$$

c_m näherungsweise = c_{m0} , beim RG15 zB -0,05

ρ Luftdichte = 1,3 kg/m³

v Geschwindigkeit in m/s

FTF Fläche der Tragfläche in m²

die Nase runter nehmen. Alle Größen außer v sind konstant.

Das Höhenleitwerk HL erzeugt dank seiner negativen Anstellung seinen Abtrieb:

$$AHL = c_a * \rho / 2 * v^2 * FHL$$

dabei ist c_a falls es eine ebene Platte ist

$$c_a = 2 * \pi * \sin(\alpha)$$

FHL ist die Fläche des HL in m².

Mit diesem Abtrieb dreht es die Nase hoch.

Bei einer bestimmten Geschwindigkeit v gleichen sich die drei aus. Dabei ist das Runterdrehmoment des Flügels kleiner als das Hochdrehmoment des HL.

24.2 Schwanz-Flieger, 2. Bedingung

Wenn der Flieger schneller wird, nimmt der Auftrieb an der TF zu. Das ist bei meinem Bezugspunkt egal.

Das Runterdrehmoment des Flügels wächst mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Es war vorher klein und ist nun v^2 -mal so groß.

Das Drehmoment, das vom Schwerpunkt herkommt, bleibt näherungsweise gleich. (Okay: bei 10 grad Sturzflug wird der Hebelarm kürzer um den Faktor $1 - \sin(10grad) = 0,82...$, also um 18%. Ist doch egal.)

Das Drehmoment vom HL nimmt auch mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu, d.h es ist nun auch v^2 -mal größer als vorher. Es war vorher schon größer als das Runterdrehmoment der TF und ist nun vieeel größer. Das dreht die Nase wieder hoch.

Transiente hin, Transiente her... die 2. Bedingung ist erfüllt.

24.3 Canard, 1. Bedingung

Ich nehme denselben Bezugspunkt: den Auftriebspunkt der Tragfläche.

Der Schwerpunkt sitzt davor und dreht nach unten.

Der Nasenflügel sitzt weiiit davor und dreht nach oben. Das gleicht sich bei einem bestimmten v aus.

24.4 Canard, 2. Bedingung

Wenn der Flieger schneller wird, nimmt der Auftrieb an der TF zu. Das ist bei meinem Bezugspunkt egal.

Das Drehmoment vom Flügel nimmt um wenig zu, sagen wir um Faktor f .

Das Drehmoment, das vom Schwerpunkt herkommt, bleibt näherungsweise gleich. (Okay: bei 10 grad Sturzflug wird der Hebelarm kürzer um den Faktor $1 - \sin(10\text{grad}) = 0,82\dots$, also um 18%. Ist doch egal.)

Das Drehmoment vom HL nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu, also auch mit Faktor f . Es war vorher schon größer als das Drehmoment von TF, jetzt ist es vieeel größer. Das dreht die Nase wieder hoch.

–

Wenn der Flieger langsamer wird, nimmt der Auftrieb an der TF ab. Das ist bei meinem Bezugspunkt egal.

Das Drehmoment vom Flügel nimmt um ein wenig ab, sagen wir um Faktor f .

Das Drehmoment, das vom Schwerpunkt herkommt, bleibt näherungsweise gleich.

Das Drehmoment vom HL nimmt auch um Faktor f ab. Es war vorher größer als das TF-Moment und wird nun vieeel kleiner. Das dreht die Nase runter, so daß der Flieger Fahrt aufnehmen kann.

–

Transiente hin, Transiente her... die 2. Bedingung ist erfüllt.

25 Nachrechnen einiger Flieger

Endlich hab ich genug Formeln zusammen, um meine Flieger durchzurechnen. Es war hart.

25.1 Danke an...

- mh-aerotoools.de
- http://www.ae.uiuc.edu/m-selig/ads/coord_database.html
- http://mmpro.ch/Z_Modellbau/Flugmodelle_fuer_wenig_Geld.htm
- <http://www.moneysmith.net/Soaring/soaring.html>
- crrcsim (free software for Linux and windos)
- fmsg-alling.de/Technik/GerFlug.htm
- hometown.aol.de/stburra/Flugmodell/Parkflyer.htm
-
-
-
-
-

25.2 Die Formeln

Zunächst brauch ich eine x-Koordinate. Sie beginnt an der Nasenleiste der Tragfläche und zählt rückwärts (zum Schwanz) positiv. In mm.

25.3 Neutraler Punkt bei rechteckiger Tragfläche und rechteckigem Höhenruder

Der Neutrale Punkt ist definiert als der, um den sich bei Nullauftrieb die Drehmomente des Fliegers aufheben. Das Drehmoment der Gewichtskraft fällt also weg: auftriebslos heißt schwerelos.

Sprich: Nase-hoch-Momente = Nase-runter-Momente.

Sprich: Auftrieb Tragfläche * Hebelarm Tragfläche = Abtrieb Höhenleitwerk * Hebelarm Leitwerk.

Ich schätze als nächstes, daß die Auftriebskoeffizienten gleich sind. Dann verhalten sich die Hebelarme umgekehrt wie die Flächen: FTF sei meine Fläche der Tragfläche, FHL sei meine Fläche des Höhenleitwerks.

Die Auftriebspunkte sind bei den meisten Profilen für rechteckige Flächen bei 1/4 der Flächentiefe.

Den Abstand der Nasenleisten kann ich messen. Und dx_{NL} nennen.

Der Auftriebspunkt der Tragfläche ist bei $x_{TF} = t_{TF} / 4$.

Der Auftriebspunkt des Höhenleitwerks ist bei $t_{TF} / 4$.

Der Abstand der beiden Auftriebspunkte ist $dx_{AP} = dx_{NL} - t_{TF}/4 + t_{HL}/4$.

Der Neutrale Punkt ist dann bei $x_{NP} = x_{TF} + dx_{AP} * FHL / (FHL + FTF)$.

Der Schwerpunkt soll zum Einfliegen bei 10% der mittleren Flügeltiefe vor dem NP liegen, bei etwas mehr Dynamik (und etwas weniger Stabilität) bei 5%:

$x_{SWP} = x_{NP} - 10\% * \text{Tiefe der Tragfläche}$.

25.3.1 Am mod. Rainbow gemessen

Mit einem Lot und den Rainbow an zwei verschiedenen Stellen der Flügel-Nasenleiste gehalten, wurde $x_{SWP} = 60\text{mm}$ gemessen.

25.3.2 Am mod. Rainbow gerechnet

Tiefe der Tragfläche: 140mm = 0,140m

Breite der Tragfläche: 1600mm = 1,600m

Tiefe HL: 100mm = 0,1m

Breite HL: 290mm = 0,29m

Abstand der Nasenleisten: 600mm

=====

xTF = 35

tHL/4 = 25mm

dxAP = 600 - 140/4 + 100/4 = 600 - 35 + 25 = 590 mm

FTF = 0,14 * 1,6 = 0,224 m²

FHL = 0,1 * 0,29 = 0,029 m²

xNP = 35 + 590 * 0,029 / (0,029+0,224) = 35 + 590 * 0,029 / (0,253) = 102,628 mm

x(10%) = 102,628 - 140 * 10% = 88,628mm

x(5%) = 102,628 - 140 * 5% = 95,628mm

Na das ist doch völlig woanders. 28 bis 35mm weiter hinten. Paßt mir ja gar nicht.

$$1. \text{ flächenbelastung} = \rho/2 * v^2 * c_a$$

$$v_{min} = \sqrt{\frac{\text{flächenbelastung} * 2}{\rho * c_a}}$$

Flächenbelastung in N/m² = g/dm²

$$\rho_{Luft} = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

c_a für kleine Reynoldszahlen = 0,55

v in m/s.

$$2. Re = l * v * 70000.$$

l mittlere Flächentiefe

v Auslegungsgeschwindigkeit (ungefähr 1,5 * v_{min})

Re sollte über 100000 liegen. Flieger mit $Re < 50000$ fliegen nicht. – Naja. Nicht mit profilierten Tragflächen, mit ebenen Platten oder gebogenen Platten (Jedelsky) tun sie's irgendwie doch...

3. (TODO: do something on this)

4.

5.

6.

7.

26 Flügel mit Kiefer

26.1 Konzept

In DEM Artikel über Depronflieger¹ steht, daß Kiefer eine Zugfestigkeit hat von 50 N/mm^2 , Balsa nur von 10 N/mm^2 .

Der alte Flügel besteht aus 1m Mittelteil und 2mal 300mm Ohren. Alles 150mm tief; RG 15; Rippenabstand 50mm; Rippendicke 2,5mm (bzw. 5mm an den Enden); 1 Holm 8mm ØFichte, Nasenleiste 5x5 Balsa, Endleiste 20x2 Balsa; bespannt mit roter Bucheinschlagfolie 80g/qm.

Also bin ich los und hab mir ein neues Flügel-Mittelteil gebaut. 1m breit, denn die Leisten vom Toom sind 1m lang. Dabei wollte ich die Biegesteifigkeit und die Torsionssteifigkeit verbessern. Die alten Ohren habe ich gelassen und wie vorher mit 40mm Stückchen Fahrradspeiche und Paketband angeschlossen. Unter ca. 20grad.

Hm. Biegesteifigkeit verbessert man mit steifem Werkstoff: Kiefer. 2 Holme, 3x10, einer oben, einer unten in den Flügel, das muß helfen.

Torsionssteifigkeit verbessert man mit großen hohlen Rohren. Also entweder Flügel ganz oder teilweise mit Balsa bekleben (igitt) oder an beide Gurtseiten stehendes Balsa kleben.

Gesagt, getan.

26.2 Erprobung und Mods

Das neue Mittelteil ist bocksteif!!! und wesentlich torsionsfester als der alte Flügel. Und 40g schwerer: 140 statt 100g.

Leider steigt der Flieger damit nicht mehr. Steuern ist auch ein Alptraum (naja, es war schon ein bißchen windig...).

Na schön. Da ist ja auch noch die Lucky Lilly, und die fliegt mit Flügeln, die in Rumpfnähe schon genickt sind. Und da ist parkflyer.html, der sagt:

V-Form

Eine Tragfläche ohne V-Form läßt jede Stabilität um die Längsachse vermissen. Das kann gewollt sein (Fun-Flyer), erfordert aber ständige Korrekturen am Querruder. Also nur für Experten.

Eine V-Form von 5° bis 10° sorgt dafür, daß der Flieger weniger windanfällig wird und auch mit Seitenruder um die Kurve geflogen werden kann. Die V-Form arbeitet nicht gegen das Querruder, sorgt aber für das Einleiten einer Kurve bei Schräglage. Ohne V-Form fliegt er zwar mit Schräglage, aber geradeaus.

Tragflächen ohne V-Form, aber mit hochgezogenen Ohren, reagieren auf Seitenruder mit starker Verzögerung. Ohne Querruder sehr unangenehm zu fliegen, aber oft als Anfängermodell angepriesen. Ein Modell mit starker V-Form reagiert sofort auf Seitenruder und kann auch bei Wind geflogen werden.

Zweimal geseuft, dann meinen neuen Flügel in der Mitte durchgesägt und aus einer Kiefernleiste 5x15 zwei 8-grad-Verbinder laubgesägt. Der Holm hat innen 8x10mm Platz. Das paßte hervorragend...

... flog auch hervorragend, aber stieg immer noch nicht.

Noch 2 5-grad-Verbinder gesägt, eingeklebt...

... flog weniger hervorragend, aber stieg immer noch nicht.

Dreimal geseuft. Alten Flügel wieder drauf, fliegen gegangen: 3 Steigflüge, anschließend gemütlich runtergesegelt, gesamt 8min.

Fazit: Dieser Flieger muß leichter werden.

26.3 Weitere Pläne

Neuer Flügel mit 6-grad: Rippen alle 70mm, Nase 20x2, Ende 20x2, 2 Holme 5x3 (kleinere hat der Toom nicht). Verbinder aus Kiefer.

Ist leichter als das Ø8mm-Ding!

1600mm Spannweite dürften immer noch reichen... oder soll ich nach den Sternen greifen und auf 2000mm gehen, wie die Lilly?

¹<http://hometown.aol.de/stburra/Flugmodell/Parkflyer.htm>