

2,14m ASW20

März 2013

Tragflächenbau

Die Gretchenfrage: welches Tragflächenprofil verwenden?

Am Rumpf ist ein „altes“ HQ 2.0-12 Profil angeformt.

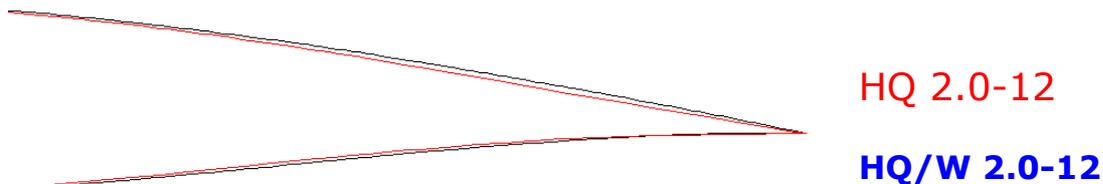
Die HQ/W – Profilsreihe ist tausendfach bewährt und bietet für alle gewünschten Anforderungen passende Vorlagen.

Aus dieser Serie lässt sich mit ein wenig Hintergrundwissen eine den eigenen Vorstellungen entsprechend sinnvolle Profilkombination zusammenstellen. Gute Ergebnisse sind dann keine Zufälle mehr.

Profilwölbung: Im Flug bietet ein Profil mit 2% Wölbung wenig Widerstand, für den geplanten Einsatz am Hang also eine gute Wahl. Maximale Auftriebsbeiwerte spielen eine untergeordnete Rolle – zum Fliegen in der Ebene würde ich mich selbstverständlich für eine andere Auslegung entscheiden.

Ich werde jedoch das „neuere“ HQ/W 2.0-12 einsetzen. Es besteht ja theoretische die Aussicht, dass der Flügel noch besser fliegt.

Im Vergleich zur Urversion besteht lediglich im Endleistenbereich ein minimaler Unterschied. Sofern überhaupt erforderlich, passe ich später die neue Profilkontur dem Rumpf an.



Profildicke: Dünn ist schick weil wenig bremsend, jedoch auch anspruchsvoll bei der Holmkonstruktion. Da ich persönlich nie der schnellste bin, verlange ich das auch nicht von diesem Fliegerlein.

Entlang der Spannweite wird die Profildicke beginnend an der Wurzel von 12% zum Randbogen hin auf 10% ausgedünnt – mit diesem Dickenverlauf ist die Tragfläche mit einer einfachen Holmkonstruktion und wenig Aufwand sehr biegesteif zu bauen.

So, mit dieser Auslegung ist der Flügel schon mal sportlich flott zu bewegen und ausreichend biegefest.

Damit im Langsamflug der Spaß kein abruptes Ende durch Strömungsabriss findet, bedarf es noch einer einfachen und sehr wirksamen Tuningmaßnahme:

Nullauftriebswinkel am Außenflügel erhöhen!

Für exzellente Kreisflugeigenschaften und spät erfolgende, harmlose Strömungsabriss wird konstruktiv der Nullauftriebswinkel des Außenprofils erhöht. Im überzogenen

Flugzustand reißt durch diese Maßnahme die Strömung zuerst am Innenflügel ab. In Folge taucht das Modell stets über die Nase ab. Das brandgefährliche Abkippen über eine Tragflächenseite mit massivem Höhenverlust wird verhindert.

Es gibt zwei Möglichkeiten dem Flügel diese Eigenschaft anzuzüchten:

1. geometrisch: wird auch „Schränken“ genannt.

Das Flügelprofil (Wölbung) bleibt unverändert – jedoch wird die Schneiderippe negativ verdreht (*Endleiste angehoben*) an den Styroporblock angebracht und dann der Flügelkern geschnitten.

Der Verdrehwinkel beträgt bei den älteren originalen Baumustern teilweise mehr als -3° . Beim Modell reicht da die Hälfte.

2. aerodynamisch: Das Profil wird modifiziert.

Die Profilwölbung wird hierbei an der Endrippe im Bezug zur Querruderrippe erhöht.

Vorteil: Kein verdrehter Flügel – weniger Torsionsprobleme!

Faustformel: Profilwölbung Endrippe = Profilwölbung QR + 0,5%

Wo Licht, da leider auch Schatten:

Die Außenflächen eines so modifizierten Flügels können bei sehr hohem Tempo nach unten abtauchen da in diesem Flugzustand ein negativer Auftriebsbeiwert entsteht, der dann früher oder später übermächtig wird. Wenn dieser Fall eintritt, liefert das Profil Abtrieb – die Tragflächenspitzen wollen mit Gewalt nach unten!

Synchron entsteht ein weiterer, unerwünschter Effekt:

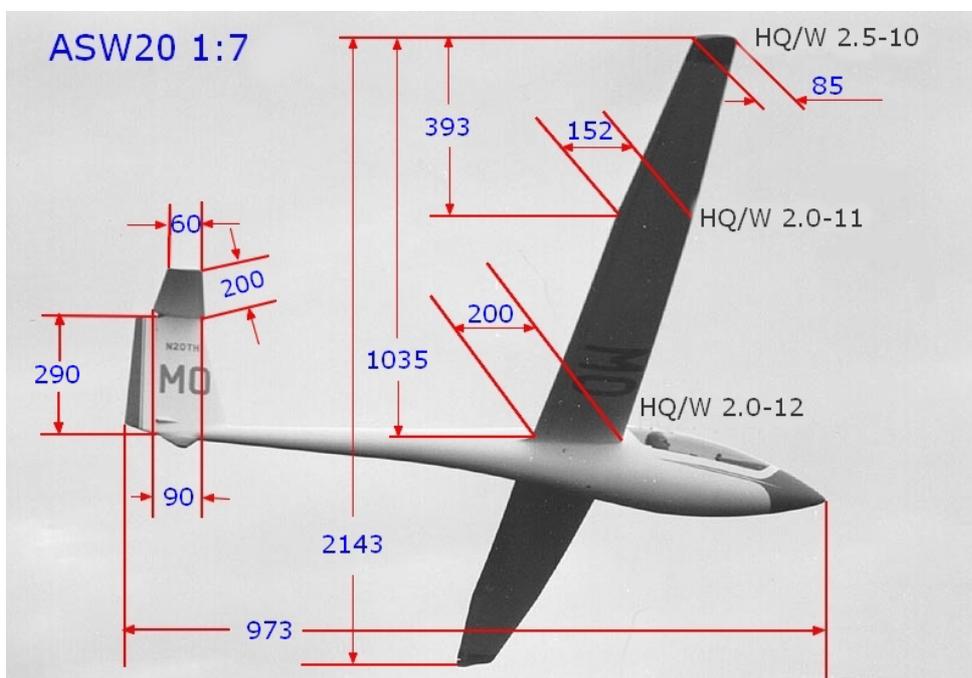
Mit zunehmender Geschwindigkeit möchte ein Flügelprofil(mit allem was daran befestigt ist, nämlich dem Rumpf) noch heftiger um die Querachse nach vorne rotieren.

Damit das auf keinen Fall passiert, hat ja das Flugzeug ein Höhenruder.

Ist eine Tragfläche nur gering torsionssteif gebaut, verbleibt zwar der Rumpf in seiner horizontalen Flugbahn, dem folgt aber ein stark rhythmisches Verwinden (Torsion) des gesamten Flügels.

Am Boden stehend erlebt man dann, dass die Flügel plötzlich flattern und unmissverständlich ihre Suizidabsicht gut hörbar für alle Anwesenden ankündigen.

Da die beschriebenen Problematiken bei einem aerodynamisch veränderten Flügelprofil im Außenflügel später auftreten als bei einer geometrisch geschränkten, wähle ich die aerodynamische Maßnahme.



In jedem Fall muss zur Erhöhung der Torsionssteifigkeit mit Glasgewebe ($80\text{g}/\text{m}^2$) das Abachifurnier komplett und diagonal unterlegt werden!

Diese Abmessungen wird das fertige Modell später haben:

Flugphysik zum büffeln: <http://www.aerodesign.de/> -> aero

Von der ASW20 finden sich im Web alle relevanten Angaben für einen maßstäblichen Modellnachbau.

Das hier von den Tragflächen die Profiltiefen, bzw. der Tragflächeninhalte nicht im Verhältnis 1:7 übernommen werden dürfen, ist der Flugfähigkeit des Modells geschuldet – außer, es genügt einem ein hübsches Standmodell gebastelt zu haben.

Die Längenverhältnisse von Wurzelrippe zu Querruderrippe und Tragflächenende können und sollten übernommen werden, damit die Ähnlichkeit zum Original bestehen bleibt.

Das Original hat an der Wurzel eine Tiefe von 920mm.

Setzt man diesen Wert auf 100% errechnet sich für das QR-Profil mit einer Tiefe von 700mm ein Wert von 75%.

Für die Endrippe mit einer Länge von 390mm ist das Ergebnis 42,5%

Nun zum Modell:

Das angeformte Profil ist 200mm lang, folglich 100%

Die QR-Rippe mit 75% ergibt rechnerisch 152mm

Die Endrippe mit 42,5% ist 85mm lang.

Die t/4 –Linie, welche die Pfeilung der Tragfläche beschreibt, verläuft über die gesamte Spannweite im rechten Winkel zur Rumpfachse und wird natürlich so für das Modell übernommen.

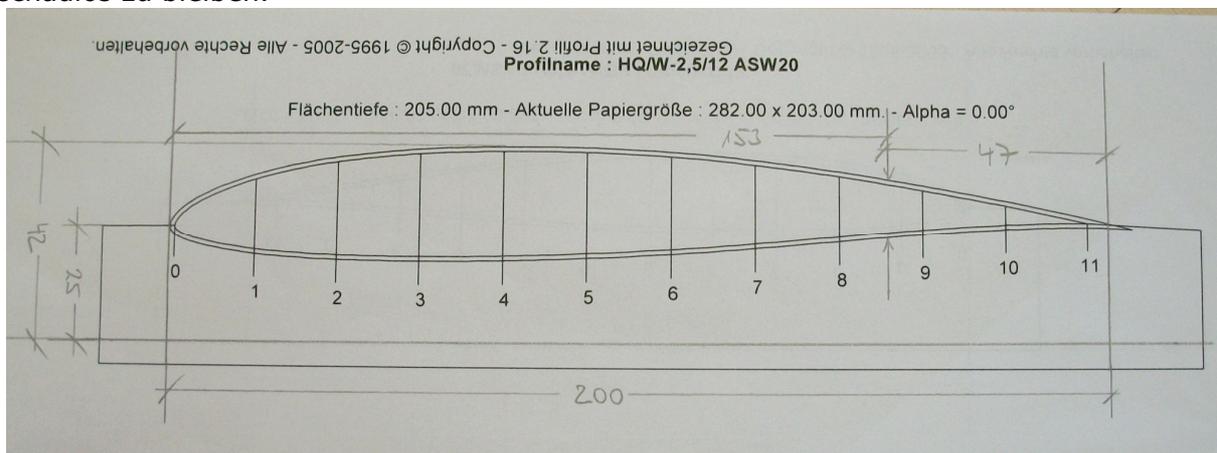
Mit diesen Daten kann nun der eigentliche Tragflächenbau beginnen.

Schneiderrippen:

Zeichne ich mit dem Profileprogramm „Profili“.

Ein kostenloses Profileprogramm gibt es auch hier -> <http://www.extremflug.de/seite055.htm>

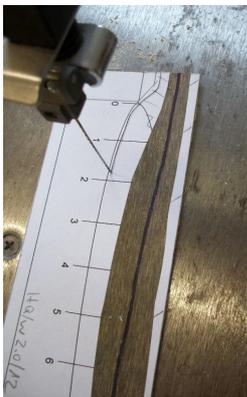
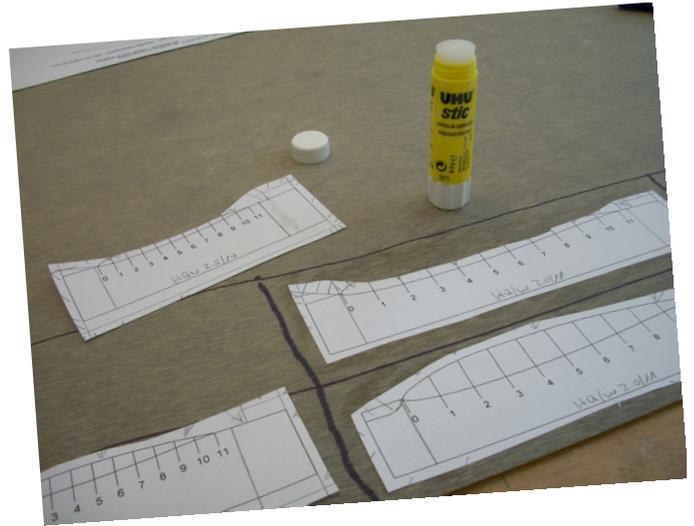
Wer seine Tragflächen **nicht** in Schalenbauweise erstellt ist gut beraten, das gewünschte Profil um 3-5mm größer, also länger, auszudrucken. Eine Endleiste aus Holz, selbst mit eingearbeiteter Glasverstärkung, ist nicht fest genug um an der Endkante dauerhaft schadlos zu bleiben.



Ein Beplankungsabzug von 1mm (Abachi) ist berücksichtigt. Die Scharnierlinie für eine mögliche WK ist auch eingezeichnet.

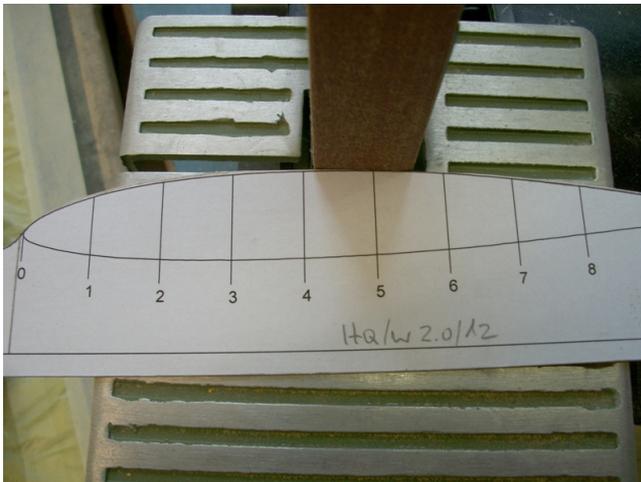
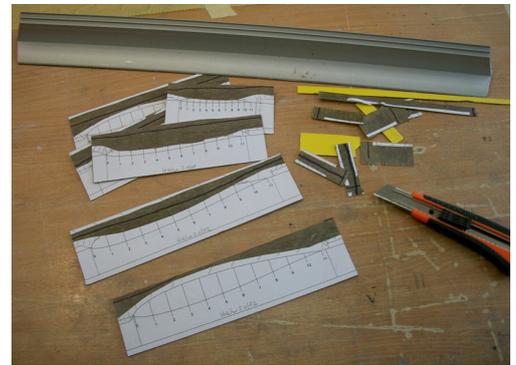


Als Schablonenmaterial verwende ich faserverstärktes Pertinax – zu bekommen in Tafeln beim örtlichen Schreiner. (Ich bei meinem Fliegerfreund Benni)



Die geraden Schnitte bekommt man mit einem Cuttermesser am schnellsten hin. Nach dem mehrmaligen Anreißen behutsam den Abschnitt abbrechen.

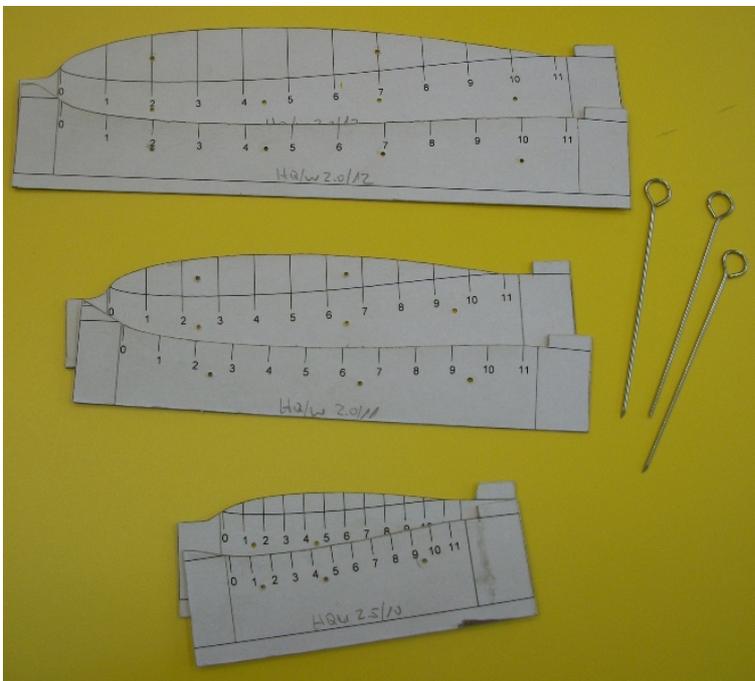
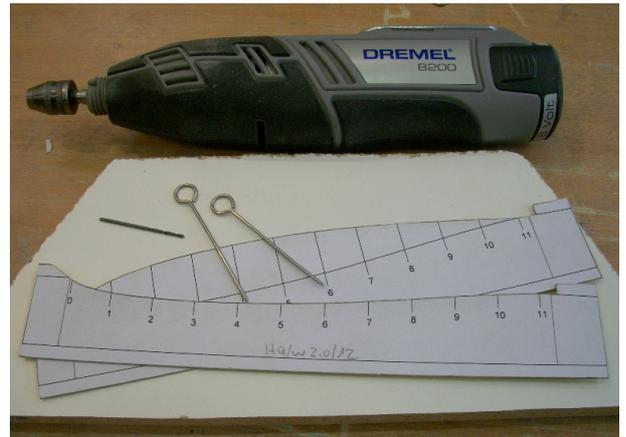
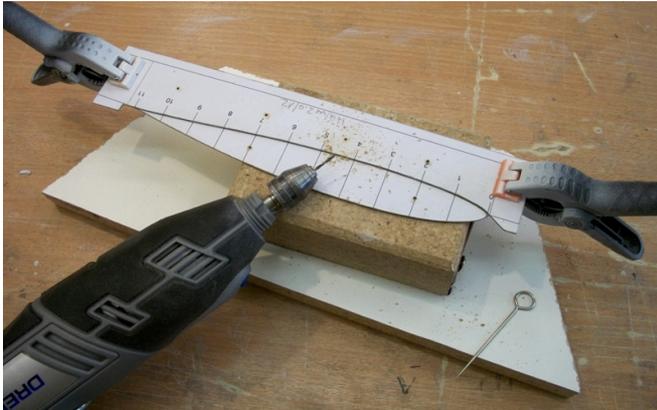
Grob Aussägen genügt, der Bandschleifer sorgt für eine präzise Kontur.



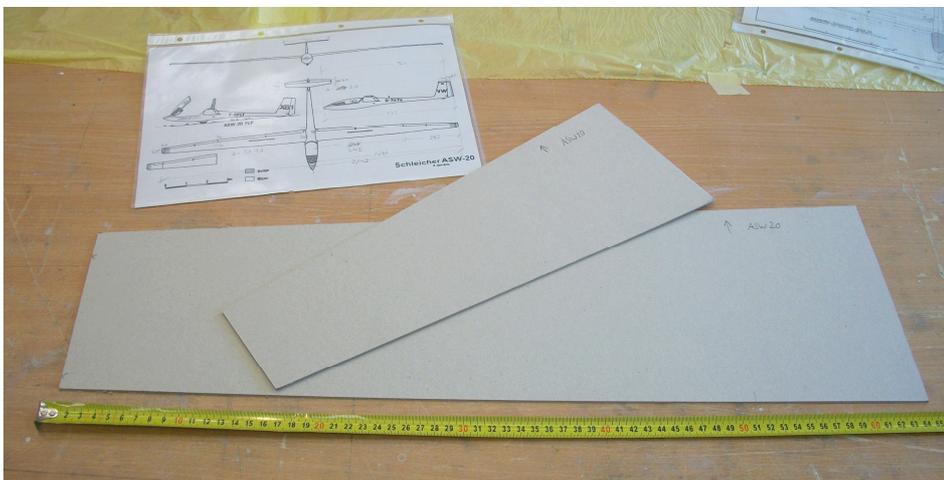
Das 400er Schleifpapier lässt eine superglatte Oberfläche entstehen.



Die Schablonen werden mit Nadeln (Rouladenspieße) an die Styroblöcke gesteckt. Damit beim Wechsel vom Unterzug auf Oberzug die Steckpositionen identisch sind, werden beide Schablonen miteinander durchbohrt.



Die Schneiderippen sind fertig und können nun zum Einsatz kommen!



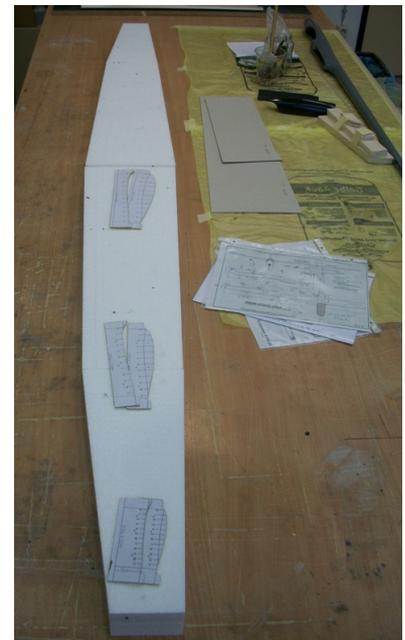
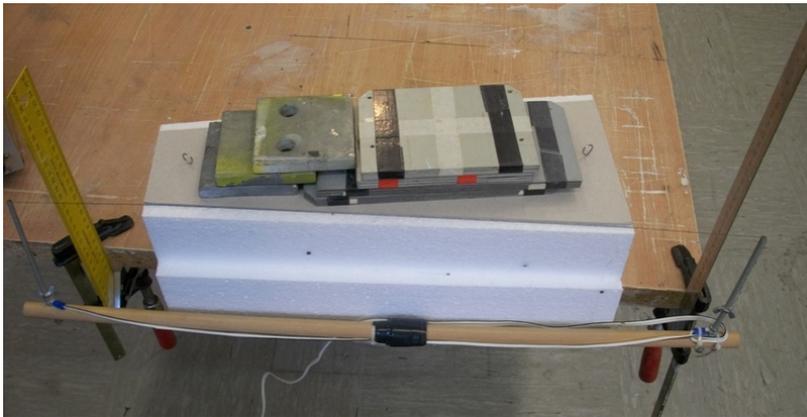
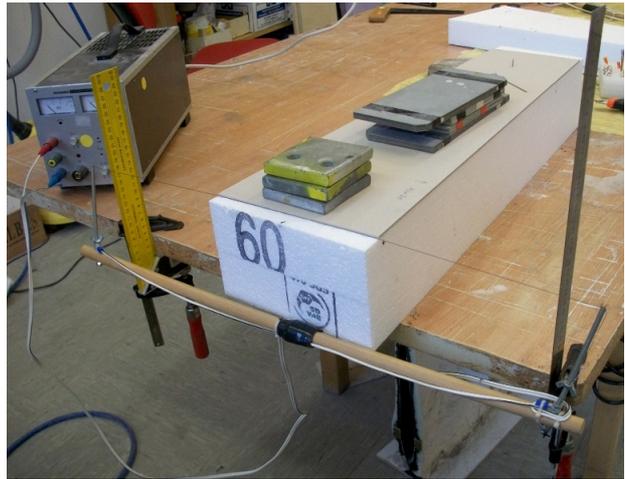
Styroporverarbeitung:

Aus fester Pappe erstelle ich nun Schablonen vom Flügelgrundriss. Diese stellen so gesehen einen Bauplan dar.....

Die Schablone wird mit den Nadeln auf das Styropor gesteckt und mit Gewichten beschwert.

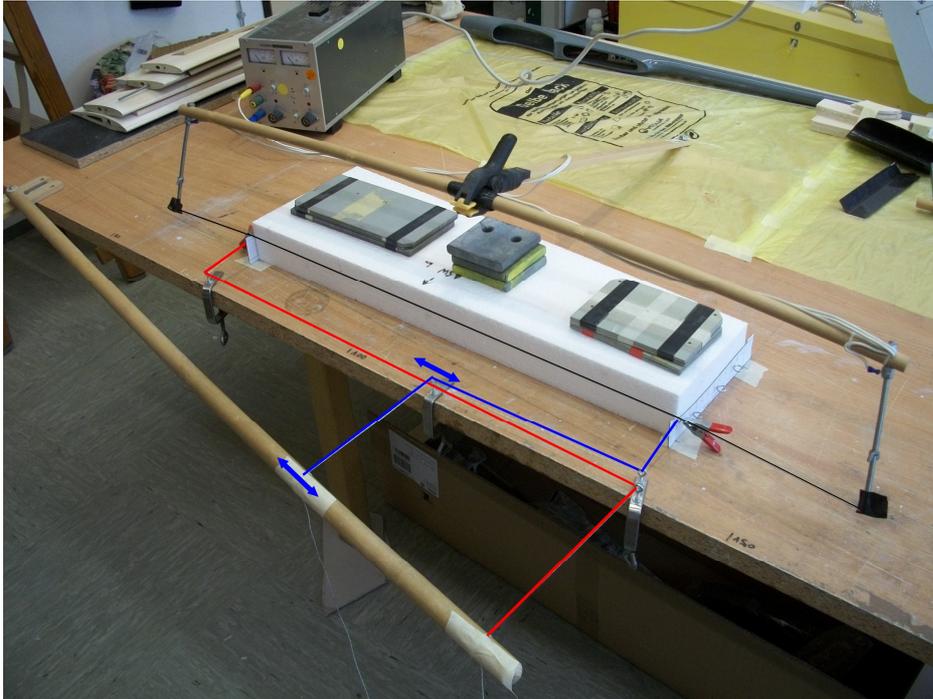
An der „Gattersäge“ wird das ganze Paket in Flucht zum Anschlag des Schneiddrahtes-Pappschablone ausgerichtet und es kann losgehen....

Tipp: Ich verwende Baumarkt-Styropor Typ EPS40. Styropor will wie Wein behandelt werden – soll heißen, erst mal einlagern. Nur durchgetrocknet ist es problemlos zu schneiden. Turbotrocknen ist im Auto möglich – einfach mal in der prallen Sonne parken!



Flügelkerne schneiden

Das Schneiden mit einem humanoiden Helferlein ist bisweilen recht lustig, das Schneideergebnis oft auch akzeptabel - *garantiert ist das aber nicht!* Allein bekommt man hingegen mit einer Schneidemaschine regelmäßig saugute Ergebnisse hin.



Hier habe ich mir die Idee abgeguckt: <http://www.rainers-modellflugseite.de/> - > Tipps -> Styropor schneiden

Rot: hier wird der größere Weg beim Auslenken des Hebels zurückgelegt. Rot wird deswegen immer am längeren Profil angeschlossen.

Blau: hier wird der kürzere Weg beim Auslenken des Hebels beschrieben – logischerweise

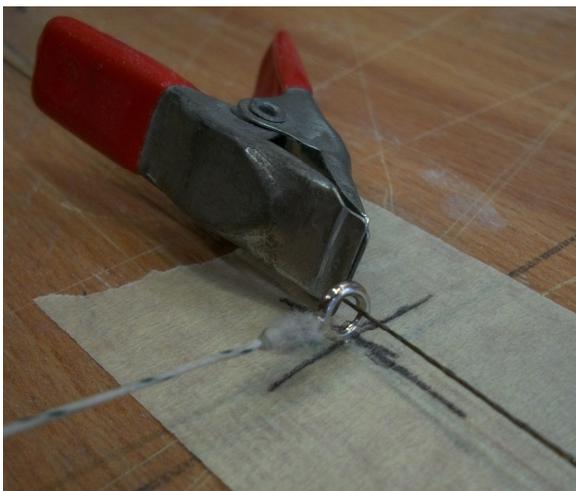
erfolgt hier der Anschluss am kürzeren Profil.

Das Einstellen des erforderlichen Scheideweges am kürzeren Profil erfolgt durch das Verschieben des Umlenkpunktes.

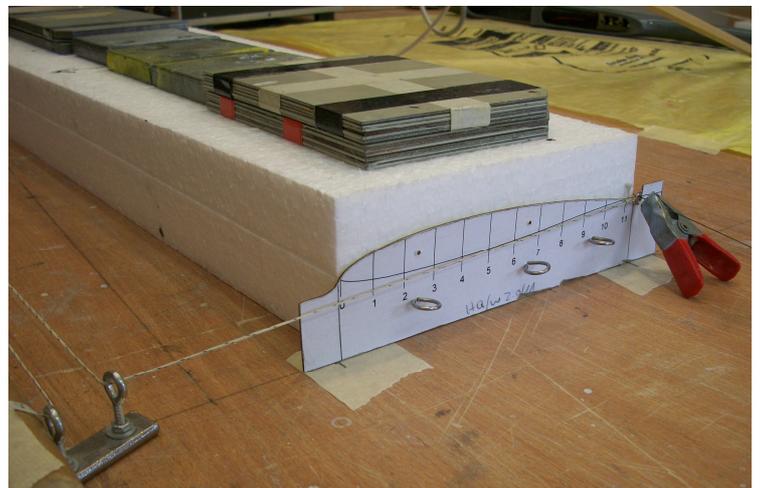
Hierzu zeichne ich mir die Lage des jeweiligen Flügelsegmentes direkt auf die Arbeitsplatte und fahre solange „kalt“ mit dem Bogen die Profilkonturen ab, bis die richtige Einstellung gefunden ist.

Die Zugseile; Drachenschnur aus Kevlar – so gut wie keine Dehnung; werden lose um den Hebel gewickelt und nur mit Kreppband gesichert.

Jetzt wird das Flügelsegment wieder aufgelegt und ausgerichtet. Der Schneidebogen wird positioniert und los geht`s....



Die Klammer verhindert ein mögliches „Auswandern“ der Befestigungsöse beim Schneiden.

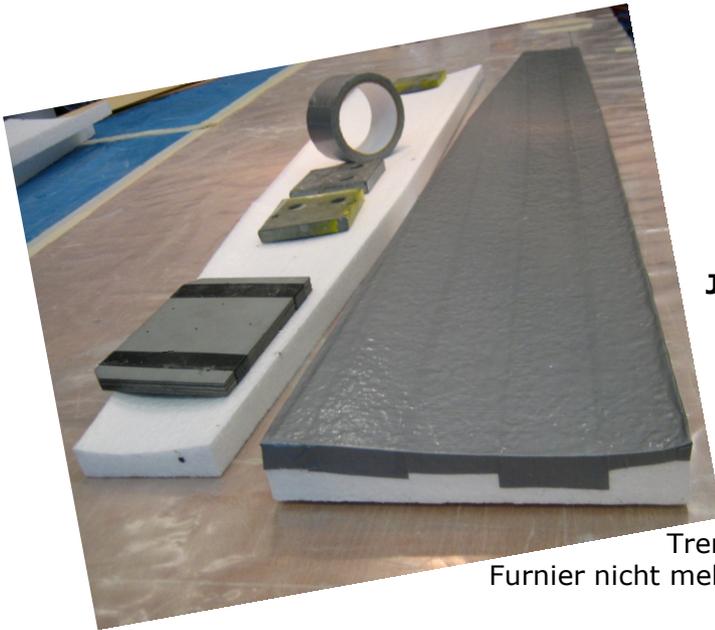


Wichtig, zuerst wird der Unterzug geschnitten, dann der Oberzug. Der Abbrand-Verlust an der Profilunterseite wird hierdurch vollständig kompensiert.

Das „maschinelle“, einhändige schneiden der Flügelkerne nimmt mehr Zeit in Anspruch als wenn man zu zweit ans Werk geht.

Für jedes Flügelsegment müssen die Umlenkpunkte neu justiert werden – das dauert halt ein wenig länger.

Das Ergebnis entschädigt aber für den Aufwand.



Januar 2015

Die Segmente der Styroschalen und Kerne werden mit etwas 5min-Epoxy verklebt, im Anschluss dann mit Klebeband die Schaleninnenseiten beklebt und zusätzlich mit Trennmittel versiegelt. Diese „angeklebte“

Trennfolie wird zwischen Styropor und Furnier nicht mehr blöd herum rutschen.

Hier in Tipp für das Verrühren von dickflüssigem Harz und Härter. Ein Gefäß ist hierfür eher hinderlich. Es genügt ein Stück Kreppband. Nach dem Gebrauch einfach abziehen und in die Tonne kloppen.



Holmbau (die Erste) = Steg und Gurt

Stegbau:

Ein Flügel ohne Holm; nur durch eine harte Schale (Furnier) biegesteif stabilisiert; geht gewiss.....ja.....hmm.

Ich baue lieber einen Tragflächenholm in den Flügelkern hinein.

Ein **Holm** besteht aus je einem Gurt auf Ober,- und Unterseite sowie dem Steg dazwischen.

Geeignete Stegmaterialien gibt es viele wie beispielsweise Balsa,- Pappel,- oder Kieferholz. Man kann auch einen Kohleschlauch über einen exakt vorgefertigten Schaumkern ziehen und diesen in den Flügelkern einkleben.

Meine Lösung, ich bezeichne sie mal als *quick and dirty*, habe ich mir im RC-Network abgekuckt. Eine zuvor an der „Gattersäge“ zugeschnittene Styrodurplatte habe ich beidseitig mit Glas (163g/qm) beschichtet. Die Platte aus dem der spätere Steg entsteht, ist 6mm dick.

Lustig, beim abpfriemeln der Trennfolie (Gelber Sack) hat sie ihren Aufdruck auf das Laminat appliziert.

Tipp: Den Gelben Sack auf links gezogen benutzen, so trennt er später wesentlich besser. Warum das so ist weis ich nicht – iss aber so!

Von dieser Stegplatte lassen sich nun beliebig hohe und lange Stege abtrennen.

Furnierbeplankung:



Damit das Furnier nicht unnötig Harz aufsaugt und so leicht wie möglich bleibt, bekommt die Klebeseite eine sparsame Versiegelung mit einer Holzgrundierung (Schnellschleifgrund). Die Gewichtszunahme durch diese Maßnahme beträgt insgesamt 15 Gramm.



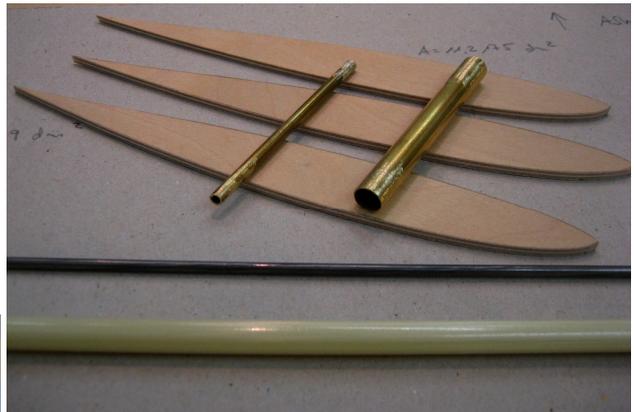
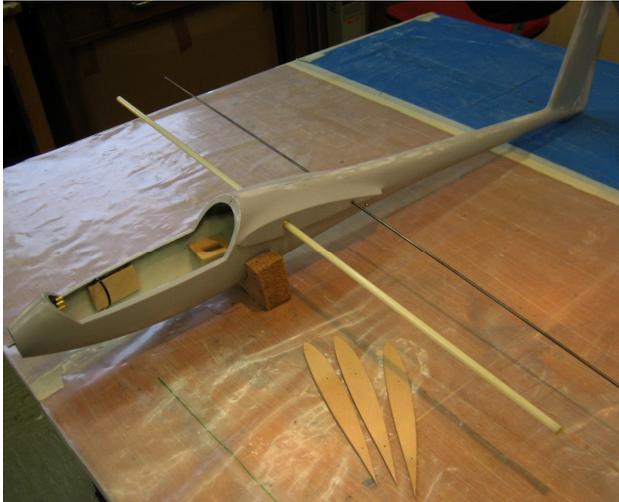
Von einem Styrodeckel wird entlang am Kern (Profil) eine Papierschablone abgenommen – mit dieser lassen sich dann die Furnierbeplankungen anzeichnen und passend ausschneiden.

Zur Verklebung von Holz und Styropor werde ich Epoxydharz verwenden welchem Schaumtreibmittel zugesetzt wird.



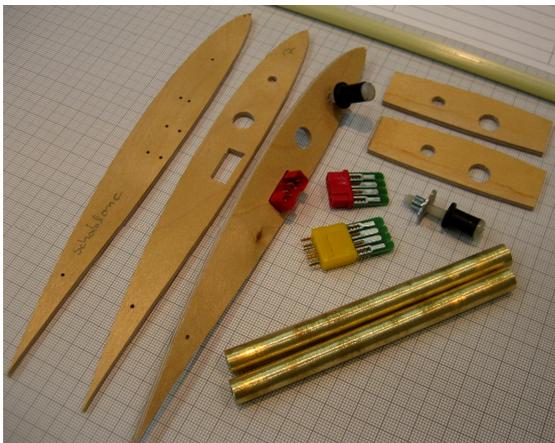
Flächensteckung:

Zwischenzeitlich habe ich die Wurzelrippen ausgesägt. Ein Exemplar wird als Schablone für eventuell weitere Tragflächen hergerichtet. Die Messingröhrchen für die Rumpf-Flügelsteckung liegen einbaufertig bereit.



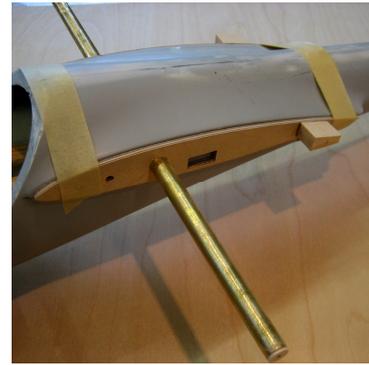
Am Rumpf sind die Lage und Durchbrüche der Flächenaufnahme bereits formseitig einlamiert. In der Form sind hierfür entsprechende Stifte positioniert. Das Einkleben der Steckungsröhrchen geht daher sehr schnell – doch Vorsicht, vorab werden alle Winkel und die Symmetrien der Flächenverbinder einer optischen Kontrolle unterzogen. Mit langen Stäben ist das das sehr gut zu machen. Erst wenn alles passend ist werden die Röhrchen mit dem Rumpf verklebt.

Eine Wurzelrippe bekommt nun die exakten Markierungen zum Bohren der Steckungsdurchbrüche. Von der gegenüber liegenden Seite wird einfach ein langer Holzbohrer durch die Messingröhrchen geschoben und von Hand die Zentrierspitze in das Holz gedrückt - fertig. Jetzt wird die Sperrholzrippe wieder abgenommen und zusammen mit der zweiten Rippe an der Ständerbohrmaschine „gelocht“.



Einzelteile der Flächensteckung. Wurzel,- und Stützrippen, Tragflächenverriegelung und Steckverbindungen für die RC-Verkabelung.

Der GfK-Flächenverbinder wird eingeschoben, die Messinghülse kommt drüber, die WR (Wurzelrippe) wird aufgefädelt und etwas Krepp fixiert das Ganze. Mit einem Tropfen 5min Harz wird die Hülse mit der WR verklebt.



Die nächsten Bilder beschreiben die **Tragflächen-sicherung** am Rumpf. Die Flügelmontage am Flugplatz benötigt kein Werkzeug!



Das Styro wird zum Einkleben der Steckung mit den erforderlichen „Ausfräsungen“ (frei Hand an der Tischbohrmaschine) versehen.



Die Stützrippe ist so gebohrt, das die das sich die gewünschte V-Stellung der Tragfläche automatisch einstellt.

Wie nun die Einzelteile winkelig zur Rumpfachse (Hochachse) eingebaut werden ist kein Hexenwerk.

Die Tragfläche wird im rechten

Winkel zur Basteltischkante fest ausgerichtet. In meinem Fall orientiere ich mich an der t/4 - Linie des Flügels die über die gesamte Spannweite ebenfalls im rechten Winkel zur Rumpfachse verläuft.

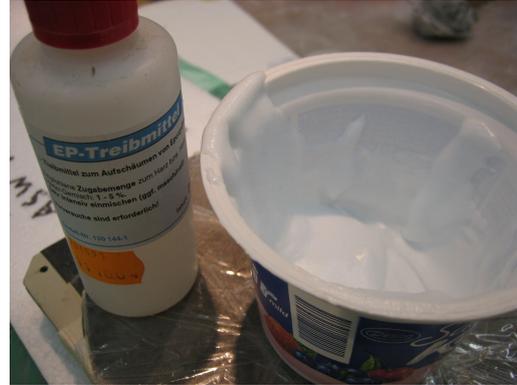
Dann wird der Rumpf mit aufgeschobener Steckung ins Styropor trocken eingepasst und nach x-maliger Kontrolle mit sehr wenig Harz angeheftet.





Die freiliegende Steckung muss noch aufgefüttert werden. Das geht ganz hervorragend mit einer aufschäumenden Epoxy/Mikroballon-Pampe. Ein paar eingerührte Tropfen vom EP-Treibmittel bringt Volumen in die weiche Masse welche bis in die kleinsten Ritzen eindringt!!

Zum Aushärten wird der Flügel in die Schalen gelegt und mit Gewichten ordentlich gepresst. Im nächsten Schritt geht es schon ans Beplanken.



Profiloberseite beplanken:



Glas,- und CfK-Gewebe sind fertig zugeschnitten. Die „Flächenpresse“ ist einsatzbereit. Nun wird Harz angerührt und EP-Treibmittel beigemischt. Das Glasgewebe liegt trocken ausgerichtet auf dem Holz. Mit dem Filzroller ist das Harzgemisch fix und gleichmäßig aufgetragen. Nun werden noch die CfK Gewebestücke aufgelegt und ebenfalls mit Harz getränkt.

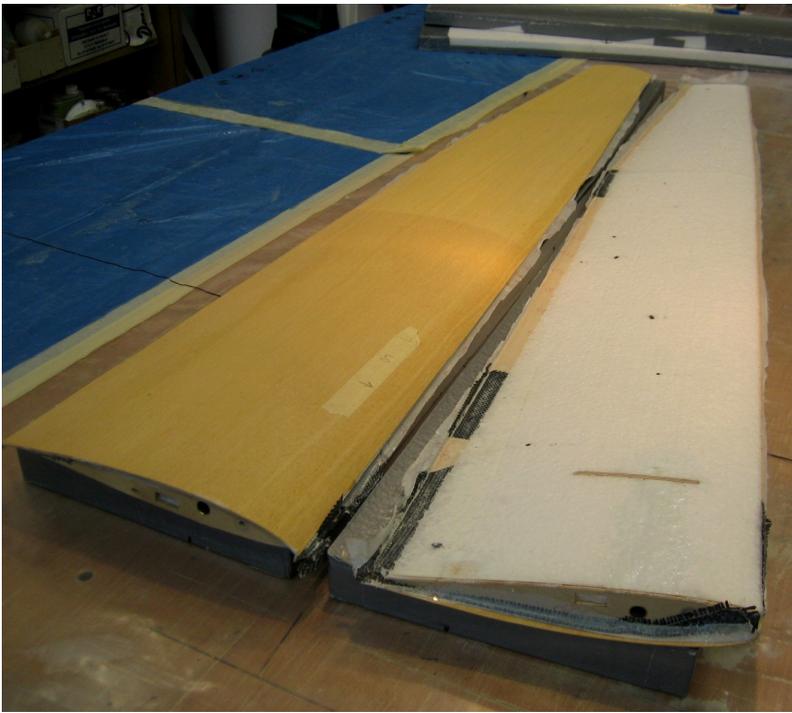
Styrodeckel, Styrokern und Beplankung werden zusammengefügt und mit etwas Krepp umwickelt. Die Pakete wandern nun in die Foliensäcke und die Vakuumpumpe kann eingeschaltet werden.

Die offenen Sackenden werden zum Verschliessen lediglich aufgerollt und mit Klammern gegen Abrollen gesichert – DAS IST SOWAS VON DICHT!

Ich verstehe die Flächenbauer nicht die immer noch mit Silikon und Acryl rumschmieren.

Ach ja, der Unterdruck sollte nie größer -0,2 bar eingestellt sein, sonst wird aus der sogenannten „Sandwichfläche“ ein plattes Knäckebröt!



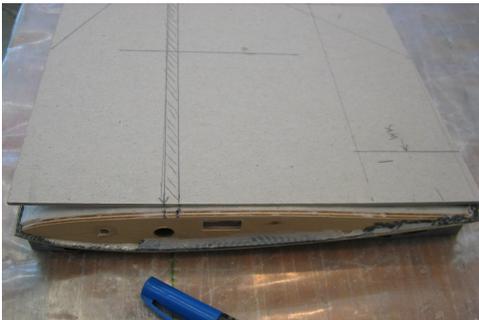


18 Stunden später: Die Flächen dürfen nun wieder ans Tageslicht. Die Verklebungen sind astrein geworden – jetzt werden die scharfkantigen Cfk/Gfk-Überstände besäumt um beim Weiterarbeiten keine Spreissel in die Pfoten zu bekommen.



Holmbau (die Zweite)

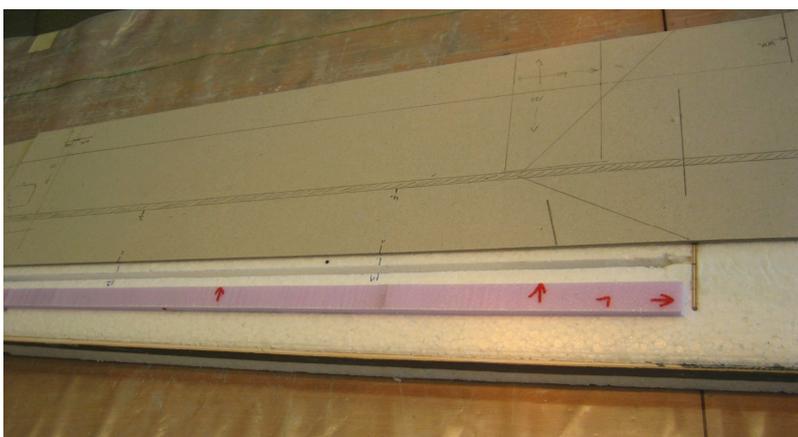
Für den Holm müssen entsprechende Aussparungen ins Styro geschnitten werden. Mithilfe der „Bauplanpappschablone“ werden die Markierungen gesetzt. Mit einer langen Leiste und einem Filzstift werden die Linien auf das Styro gezeichnet.



Damit die Schnitte die Beplankung nicht beschädigen wird die zuvor die Klingenspitze einfach stumpf geschliffen



Mit dem Schraubendreher wird vorsichtig das Styro ausgestechbeitelt.



Die Holmstege sind so weit wie möglich passgenau vorbereitet und werden nach dem Einlegen der Cfk-Rovings direkt mit eingeklebt. Die Rovings selbst werden bis über das Messingröhrchen der Steckung aufgelegt und dort vollkommen mit eingedicktem Harz vergossen. Nö – das wird nicht zu schwer.

März 2015

Insgesamt 8 Rovings je Flügel sind abgestuft einlamiert. Diese Anzahl errechne ich mit der Altenkirch-Formel:

$N = 1,5 \times 10$ (Lastvielfaches) $\times 1,6$ (Modellmasse in Kg) $\times 2,14$ (Spannweite in m) $\times 1/\text{Holmhöhe}$ (mm).



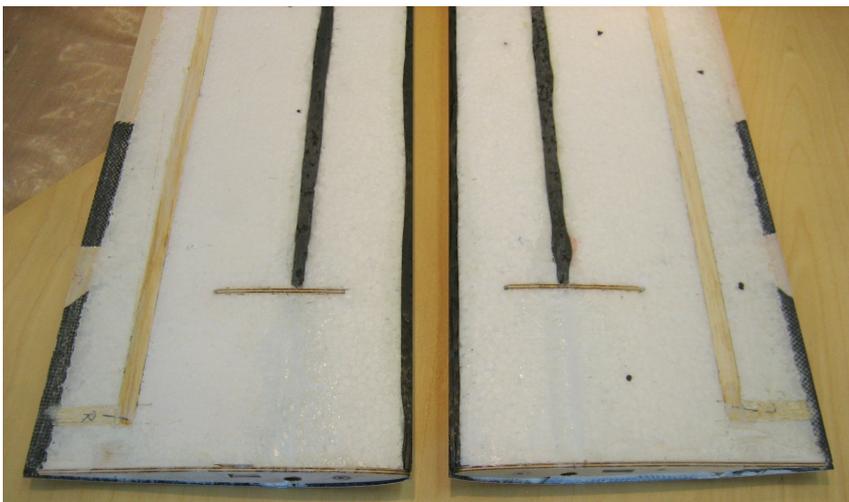
Ruderverkastung

Nach dem Einbau der Balsa Verkastung werden alle Klebeflächen (außer dem Styropor) angeschliffen.

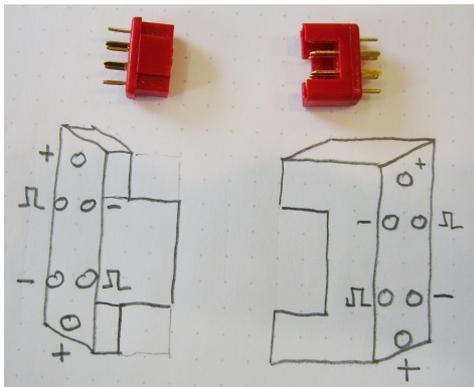
Die übermäßige Beplankung wird auf exaktes Maß geraspelt, bzw. geschliffen.



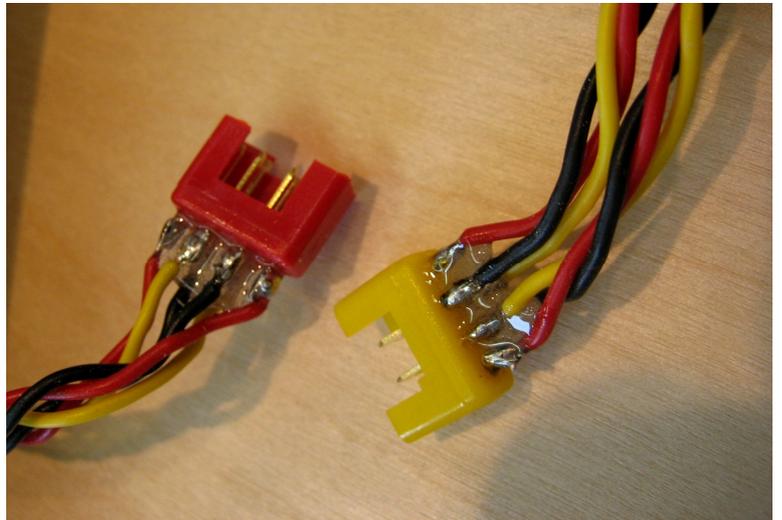
Die „Intro“-Nasenleiste erstelle ich aus Cfk-Rovings. Hierzu wird ein schmaler Streifen Styro entfernt und die Rovings ein,- bzw. aufgelegt.



Servokabel verlegen



Die Lötverbindungen sind mit etwas 5 min. Harz vergossen. Die Stecker können nun mit der Wurzelrippe verklebt werden

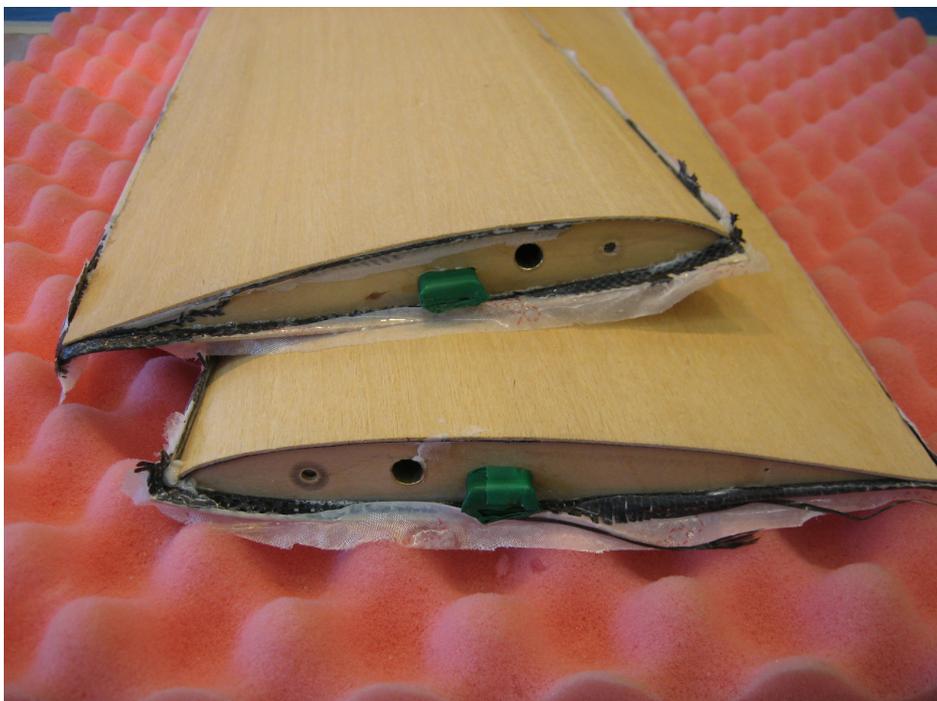
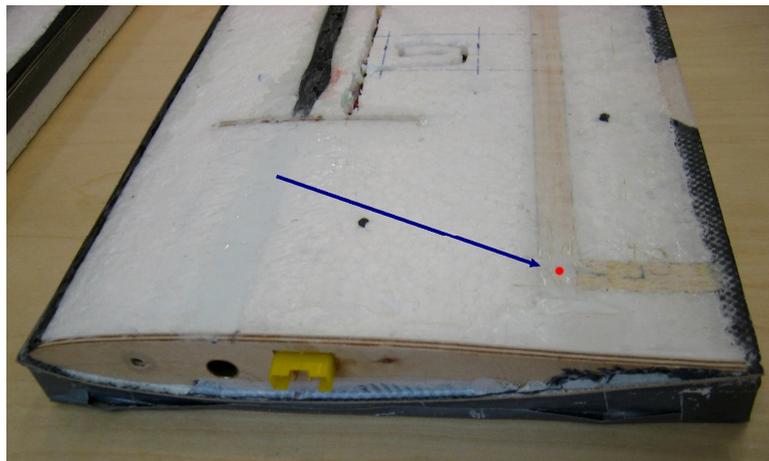


Die Schlitze für die Servokabel habe ich frei Hand ins Styro gedremelt. Zwischen Wurzel,- und Stützrippe ist die Litze unterirdisch eingezogen.

Jetzt kann die Flächenunterseite endlich beplankt werden.

Auf Seite 11 und 12 ist bereits beschrieben wie das gemacht wird – daher gibt es keine Bilder und Kommentare dazu.

EDIT: Hier und an den Schnittpunkten von QR-Anfang wie QR-Ende eine 1mm Bohrung bis durch die Beplankung hindurch setzen. So kann am fertig verpressten Flügel ohne Nachmessen die jeweilige Ruderklappe exakt aufgezeichnet und abgetrennt werden!



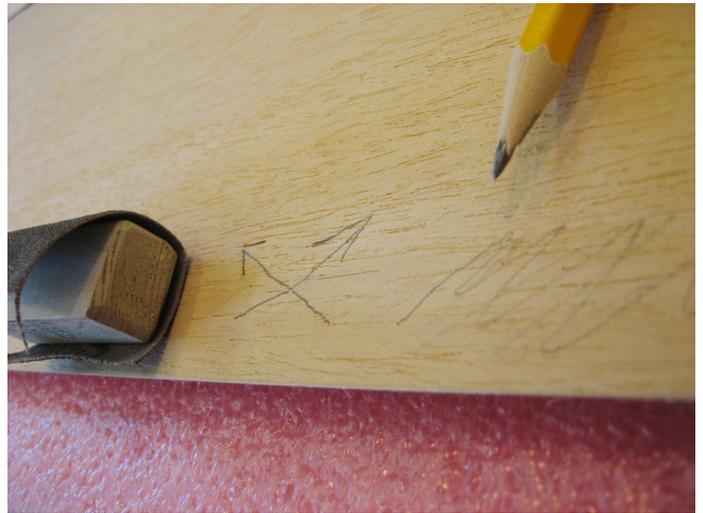
Hier die fertig beplankten Tragflächenrohlinge die nun auf ihren endgültigen Zuschliff warten. Mit Staubmaske auf der Nase geht es jetzt ans Werk.



An der mit Cfk unterlegten Endleiste ist deutlich zu sehen, das die Beplankung stark aufträgt und daher spitz zugeschliffen werden muß. Mit einem weichen Bleistift wird das Holz markiert. Durch diese Maßnahme sieht man beim schleifen die Bereiche, welche noch nicht dem genauen Profilverlauf folgen.

Schulmeister an: NIE in Spannweitenrichtung und NIE in Flugrichtung schleifen !!!

Stets diagonal schleifen – wer sich nicht daran hält macht aus gewölbten Oberflächen eckige. Riefen und Dellen werden zwangsläufig entstehen. Schulmeister aus.



.....ein paar Bastelabende später:

Die Randbögen habe ich aus Kieferholz gefertigt und wiegen bestimmt 3,5 Gramm mehr als solche aus Balsaholz. Wenn das Modell zu schwer werden sollte sind liegt es an denen....

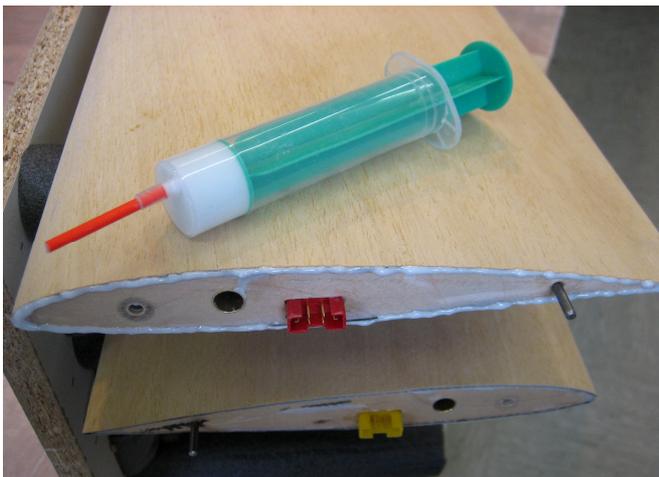




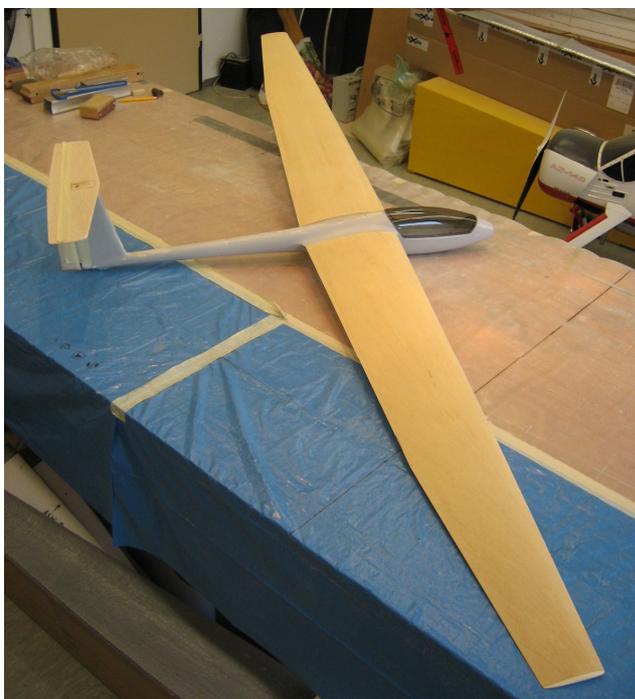
Was noch fehlt sind die Torsionsstifte gegen das Verdrehen der Flügel – sollen ja keine Rotationstragflächen werden. Die Markierung wird mit einem spitz geschliffenen Stahldraht gesetzt. Hierzu wird der Flügel am Rumpf aufgeschoben und die Endleiste in Flucht zur Profilanformung fixiert – die Nadel wird durch das Messingröhrchen des Rumpfes geschoben und in das Holz der Wurzelrippe gedrückt. Die Fläche wird wieder abgenommen und mutig mit der Handbohrmaschine aufgebohrt.

Die kurzen Stahlstifte werden mit Epoxy eingeklebt.

Für einen formschlüssigen Übergang von Rumpf zu Tragflächen wird mit Mumpe die Profilkontour abgespritzt. Dann wird der Flügel aufgeschoben.



Es macht Sinn den Rumpf mit Trennmittel zu versiegeln – es sei denn man will die Tragflächen grundsätzlich am Rumpf belassen.



Unverkennbar – das wird ein Flugzeug.