

Bauanleitung für den Nurflügel "Parabola-2"

Version 10.12.2009

B. Melchisedech

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
Historie.....	3
Technische Daten.....	3
Hinweise zum Einsatz.....	4
Haftungsausschluss.....	4
Hinweise zum Teilesatz.....	4
Zusätzlich zu beschaffendes Material.....	4
2. Auslegung.....	5
Übersicht.....	5
Schränkung.....	5
V-Form.....	6
Ruder.....	6
3. Bauvorbereitungen.....	8
Optionen.....	8
Baureihenfolge.....	8
Vorbereitung der Rohrholme.....	9
Vorbereitung der Frästeile.....	10
Baubrett.....	10
4. Rechter Innenflügel.....	10
5. Rechter Außenflügel.....	13
Außenflügel.....	13
Randbogen.....	13
Querruderholme.....	13
6. V-Form und linker Innenflügel.....	16
7. Linker Außenflügel.....	18
8. Massenausgleich bei einseitiger Flügelsteckung.....	19
9. Nasenleisten und Turbulenzholme.....	19
10 Querruder und Mittelflügel.....	21
11 RC Einbau.....	22
12 Bespannung.....	24
13 Trimmung und erste Flüge	25

1. Einleitung

Historie

Parabola 2 ist ein Horten-Nurflügel im HLG Format. Es ist der zweite Entwurf dieser Reihe. Der Vorgänger, Parabola 2005 (www.zanonia.de/parabola.php), zeigte ansprechende Flugeigenschaften, war aber nur als reines Versuchsmodell ohne Anspruch auf Leistung ausgelegt.

Ein erfolgreicher Nachbau der Parabola 2005 fliegt in Neuseeland.

Der Erfolg der Parabola 2005 sowie zahlreiche Anfragen nach Frästeilesätzen führten zur Entwicklung der Parabola-2. Hierbei wurden einige Aspekte der Auslegung verändert, um bessere Gleitflugleistungen zu erreichen.

Die mechanische Konstruktion wurde überarbeitet. Insbesondere wird jetzt der Bau der gekrümmten Teile der Nasen- und Endleiste durch Frästeile unterstützt, so dass der Nachbau dieser Formen nun einfacher möglich ist. Ferner wurde auf tragende Holzholme mit Verkastung verzichtet, sondern im gesamten Flügel nur noch Rohrholme verbaut.

Da die klassischen Drachenrohre doch erhebliche Toleranzen und Krümmungen aufweisen, werden für die inneren Rohrholme Pfeilrohre verwendet, die mit sehr geringen Toleranzen gefertigt werden.

Durch die Vergrößerung der Wurzeltiefe auf 220 mm (160 mm bei der Parabola 2005) und die Verwendung dickerer Profile in diesem Bereich kann auf einen Rumpf verzichtet werden. Lediglich beim Bau als Motorsegler ist noch ein kleiner Motorträger anzufertigen.

Eine ausführliche Erörterung und Erläuterung der aerodynamischen Auslegung findet sich auf dem Internetportal rc-network.de in dem Thread „Parabola 2009“.

Danken möchte ich an dieser Stelle den Mitgliedern des RC Network Nurflügel Forums, insbesondere Uwe Heuer, für ihre Unterstützung und ihren Rat bei der Auslegung und bei der Flugerprobung.

Weiterhin danke ich Michael Nitter, der die ersten Prototypen aus der Serie gebaut und intensiv erprobt hat, sowie Thomas Schikora, der alle Teilesätze der Serie gefräst hat.

Last but not least Dank an alle Kunden für ihr Interesse und Vertrauen.

Technische Daten

Spannweite: ca. 1800 mm

Flügelfläche: ca. 26 dm²

Gewicht Elektro: ab 500 g

Flächenbelastung: ab ca. 20 g/dm²

Steuerung: gemischte Höhen/Querruder am Außenflügel

Motorisierung: Brushless Außenläufer ab 50 Watt

Auslegungs-Ca: 0,6

Hinweise zum Einsatz

Das für einen Nurflügel relativ hohe Auslegungs-Ca definiert schon die wesentlichen Einsatzbedingungen: leichter bis mittlerer Hangwind sowie Thermikfliegen bei leichten Bedingungen. Nicht geeignet ist das Modell für Starkwindbedingungen und extreme Thermikwetterlagen. Auch sollte man beachten, dass dem großräumigen Fliegen aufgrund der schlechteren Sichtbarkeit eines reinen Nurflügels ohne jede senkrechte Flächen Grenzen gesetzt sind.

Versuche mit Aufballastierung habe ich nicht gemacht, diese könnten sich aber lohnen. Die Parabola 2005 hatte nur 20 dm² Fläche, der Nachbau fliegt mit 600g Abfluggewicht einwandfrei.

Extremer Leichtbau lohnt sich nicht, da dann die Steuerbarkeit schlechter wird. Die 20 g/dm² Belastung des Prototypen sind ein Minimalwert.

Haftungsausschluss

Ein Flugmodell ist kein Spielzeug, sondern ein Luftfahrzeug im gesetzlichen Sinne. Für den Betrieb der Parabola gelten die gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Ich bitte um Verständnis, dass ich als Anbieter des Teilesatzes keinerlei Verantwortung für die Bauausführung und den Betrieb des Modells übernehmen kann, da ich weder den Bau noch den Betrieb überwachen kann.

Hinweise zum Teilesatz

Der Bausatz wendet sich an erfahrene Modellbauer. Parabola-2 ist nicht geeignet als erstes Selbstbau-Modell. Auch als Einstieg in die RC Nurflügel Materie ist das Modell nicht geeignet!

Grund hierfür ist im Wesentlichen die ungewöhnliche Flügelform, die etwas Erfahrung beim Bau und im Umgang mit dem Material voraussetzt.

Details wie RC-Einbau, Antriebseinbau, Zugangsöffnungen müssen selbst gelöst werden. Solche Teile würden den Fräsatz nur weiter verteuern und viele Kunden realisieren lieber eigene Lösungen hierfür.

Zusätzlich zu beschaffendes Material

Den neuen Komplettsätzen seit Dezember 2009 liegen die Holzleisten nun bei. Je nach gewählter Lösung für den Mittelflügel wären dann noch zu beschaffen:

- Sperrholz 1 mm, ca. 5 *20 cm , für Mittelflügelbeplankung
- Sperrholz 0,5mm, ca. 5*20 cm, für Zugangsklappe an Flügelunterseite
- Balsa- und Sperrholzreste nach Bedarf, für Motorträger, Öffnungen etc.
- Kleber: Sekundenkleber und/oder Epoxi, nach Wahl und Vorliebe. Für Verbindungen zwischen Holzteilen wird wasserfester Weißleim empfohlen.
- Kohlegewebeslauch und Kohlerovings
- Bespannmateriel, empfohlen: Oracover light

2. Auslegung

Übersicht

Die Flügeltiefe nimmt linear von innen 223 mm nach außen 90 mm ab. Das entspricht einer Zuspitzung von 2,5, für Hortenflügel ein eher moderater Wert, der aber wegen der Re-Zahl Problematik eines so kleinen Modells nicht höher gewählt wurde.

Als Profil kommt ein Clark Y mit 11% Dicke zum Einsatz. Hierzu wurde das Original Clark Y mit 12.6% linear auf 11% verdünnt, d.h. auch die Wölbung ist entsprechend geringer. Bei den inneren Rippen wurde dann die Dicke, unter Beibehaltung der 11er Mittellinie, auf 12,6% erhöht, um den Einbau der RC Komponenten in den Flügel zu ermöglichen.

Diese Dicke erschien bei 220 mm Profiltiefe vertretbar und besser als ein dünneres Profil, das dann einen Rumpf erfordert hätte.

Von Rippe R7 an wird linear auf ein NACA 0010 geschränkt. Durch diese aerodynamische Schränkung kann die Verwindung geringer ausfallen. Parabola 2005 verwendete durchgehend ein Clark Y 10% und eine Schränkung von 16 Grad. Bis zum Querruderbeginn sind bei der Parabola 2 nur ca. 4,5 Grad zum Innenflügel erforderlich. Erst im Querruderbereich wird kräftig auf etwa 8 Grad geschränkt.

Somit bewegt sich der größte Teil des Flügels in einem moderaten Schränkungsbereich, was man auch deutlich an der besseren Gleitflugleistung erkennt.

Die Nasen- und Endleiste verlaufen im Grundriss von Innen bis Rippe R16 geschwungen, ab dort geht es linear bis zum Randbogen weiter.

Schränkung

Um die erforderliche Schränkung zu realisieren, musste auf einige Randbedingungen Rücksicht genommen werden:

Die Durchdringung der Holmrohre sollte bei allen Rippen möglichst mittig sein. Das Querruderscharnier an der Flügelunterseite muss linear verlaufen. Der Flügel weist eine V-Form auf, was bei der Position des Rohres H1 beachtet werden muss.

Abbildung 2.1 zeigt den Verlauf der Nasen- und Endleiste an einer Flügelhälfte von innen nach außen (ohne Berücksichtigung der V-Vorm, bezogen auf das Baubrett)

Wie man erkennt, gibt es bei der Nasenleiste einen Knick nach unten, der bei geteiltem Flügel genau an der Position der Steckung liegt. Zuvor verläuft die Nasenleiste linear.

Die Endleiste verläuft ab Rippe R4 weitgehend linear, die kleinen Abweichungen werden bei dieser Bauweise ohnehin nicht genau realisiert.

V-Form

Der Flügel weist auf dem Baubrett eine leichte V-Form auf. Im Normalflug, mit einem Anstellwinkel von 7 Grad, wird die V-Form an der Nasenleiste wieder zu Null. Bei solch stark gepfeilten Flügeln besteht immer die Gefahr der Überstabilität, wenn zusätzlich noch V-Form eingebaut wird. Dieser Effekt äußert sich durch Taumelbewegungen um die Längsachse. Diese konnte bei der Parabola 2 nicht beobachtet werden. Die V-Form ist also klein genug.

Ruder

Die Ruder sind kleiner als bei der Parabola 2005, insbesondere reichen sie nicht so weit nach innen. Dies, um die Ruder aus dem inneren Bereich mit relativ hohen Zirkulationswerten herauszuhalten und die glockenförmige Verteilung durch Ruderausschläge nicht zu sehr zu verzerren.

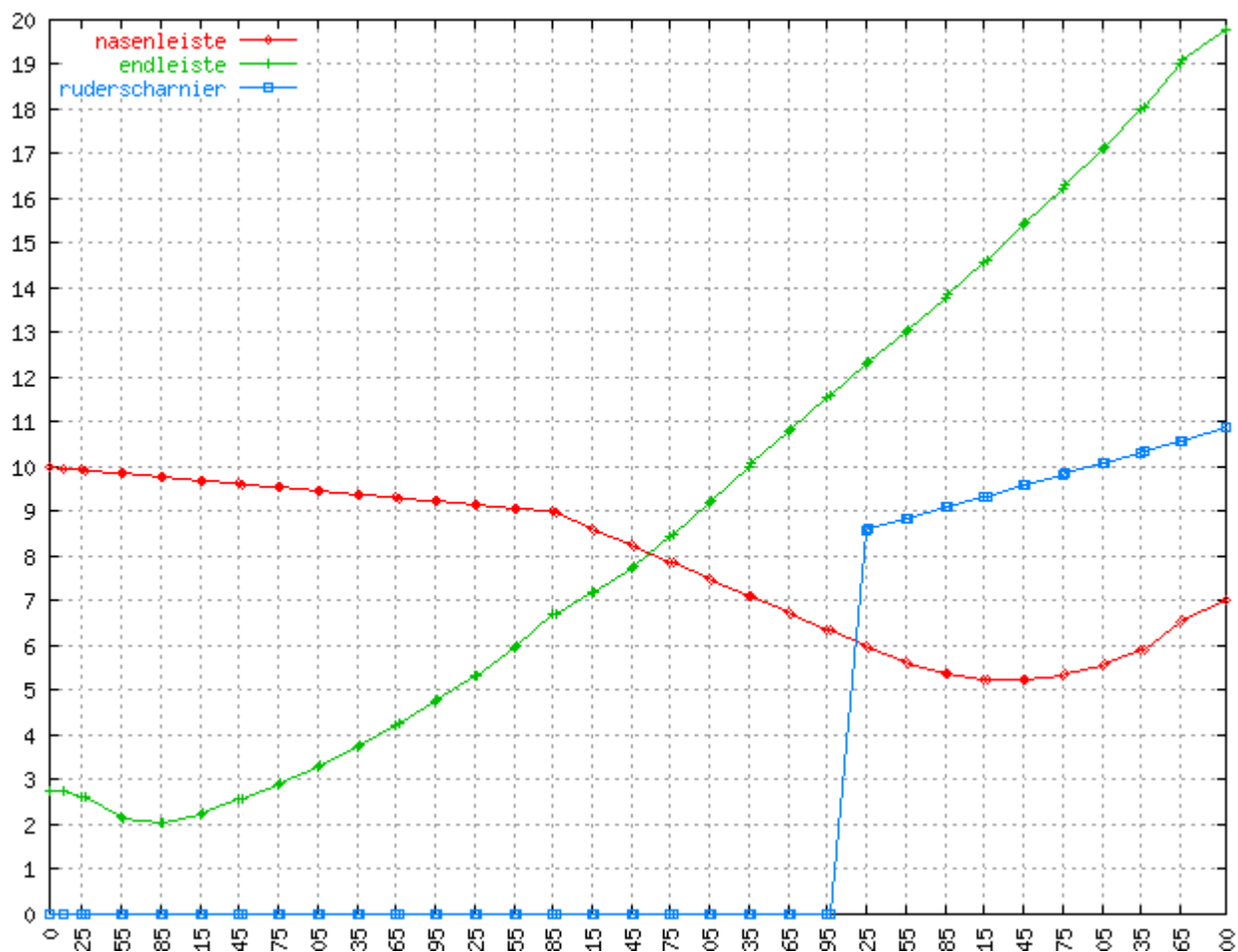


Abb. 2.1: Verlauf der Nasen- und Endleiste über der Halbspannweite. Einheit: Millimeter

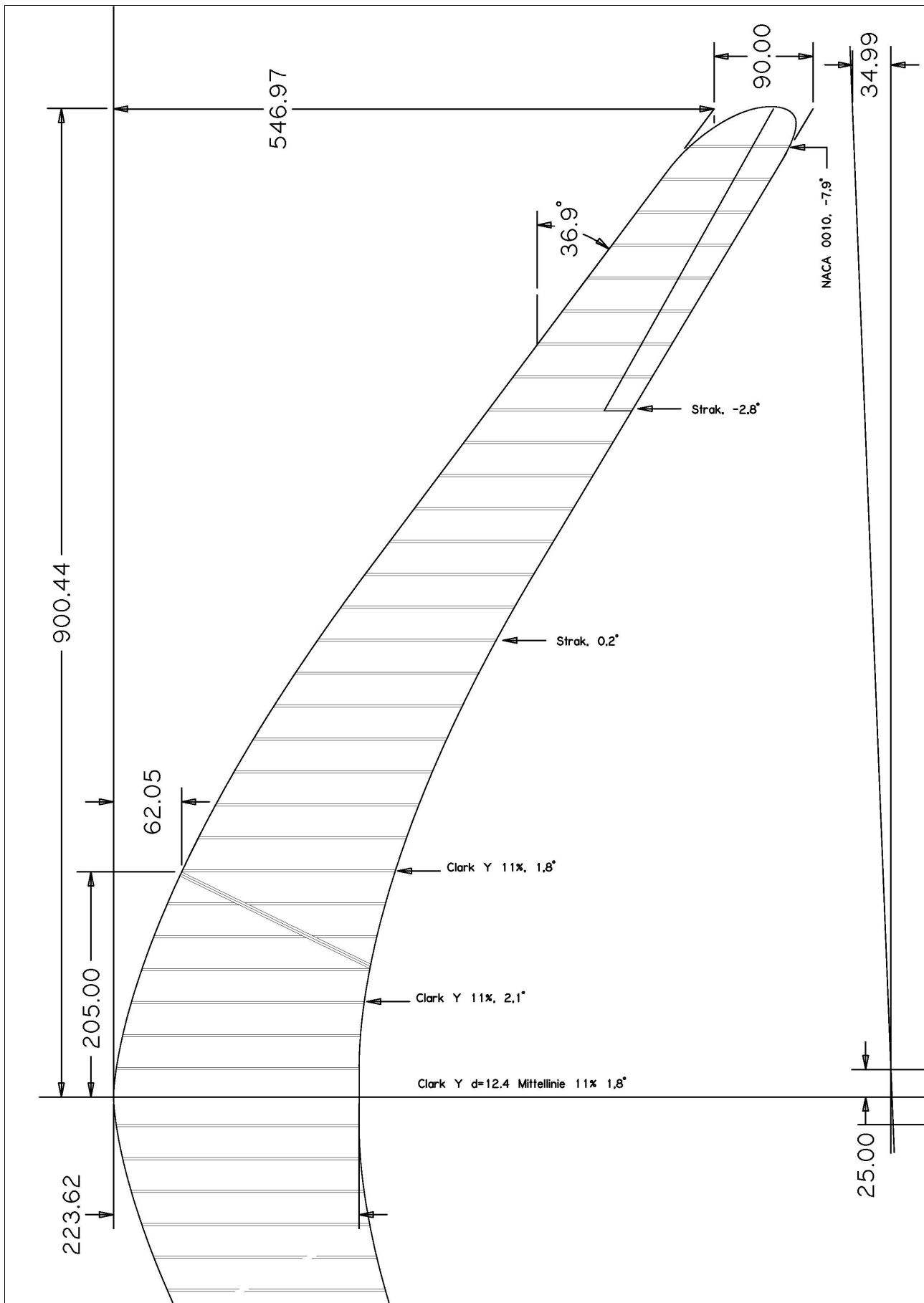


Abb. 2.2: Übersicht Parabola-2

3. Bauvorbereitungen

Optionen

Vor Baubeginn muss man sich für die Art der Flügelteilung entscheiden. Folgende Optionen existieren:

- Einteiliger Flügel. Vorteil: geringer Bauaufwand. Nachteil: nicht transportfreundlich.
- Einseitige Teilung: Diese Option wurde beim Prototypen gewählt. Sie ist auch auf dem Bauplan dargestellt. Vorteile: geringerer Bauaufwand als bei beidseitiger Steckung. Nachteil: Massenausgleich erforderlich (also kein Gewichtsvorteil!), Transportmaß des geteilten Flügels größer.
- Beidseitige Teilung: Hierbei entsteht ein dreiteiliger Flügel. Vorteile: Symmetrie, ausgeglichene Massen, geringeres Packmaß. Nachteil: Bauaufwand.

Ungewöhnlich ist, dass die Teilungssrippen D1, D2 nicht in Flugrichtung verlaufen sondern fast senkrecht zur Achse des Holmrohres H2. Durch diese Anordnung werden die Biegekräfte an der Trennstelle besser beherrscht. Es entsteht nur eine geringe Torsionsbelastung bei Biegebelastung des Flügels.

Der Frästeilesatz enthält alle Teile zum Bau der beidseitigen Steckung.

Für die Holmbrücken wird 8mm unidirektionales Drachenrohr verwendet. Dies passt direkt in die Pfeilrohre H2.

Baureihenfolge

Mit der gewählten Option für die Flügelteilung ist die empfohlene Baureihenfolge festgelegt. Bei geteiltem Flügel wird immer zuerst die Seite mit der Teilung gebaut. Anschließend nimmt man den Flügelaußenteil ab und baut die andere Flügelhälfte. Bei ungeteiltem Flügel baut man erst eine Flügelhälfte komplett auf und dann die andere.

Diese Bauanleitung beschreibt einen einseitig rechts geteilten Flügel. Bei anderen Teilungen geht man entsprechend vor, wobei dann die Begriffe „rechts“ und „links“ entsprechend zu vertauschen sind.

Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über die einzelnen Bauabschnitte. Jede Spalte steht dabei für eine der möglichen Optionen. Der Ablauf der zweiten Spalte von links ist Grundlage dieser Baubeschreibung.

Rechter Flügel geteilt		Rechter Flügel ungeteilt		siehe
Linker Flügel geteilt	Linker Flügel ungeteilt	Linker Flügel geteilt	Linker Flügel ungeteilt	
R5,R6 für rechten Flügel teilen	R5,R6 für rechten Flügel teilen	R5, R6 für linken Flügel teilen		
Rechten	Rechten	Linken	Linken	Kapitel 4

Innenflügel bis D1 bauen	Innenflügel bis D1 bauen	Innenflügel bis D1 bauen	Innenflügel bis R6 bauen	
Rechten Außenflügel ab D2 bauen	Rechten Außenflügel ab D2 bauen	Linken Außenflügel ab D2 bauen	Linken Außenflügel ab R7 bauen	Kapitel 5
Rechten Flügel abnehmen und mit V-Form unterfüttern	Rechten Flügel abnehmen und mit V-Form unterfüttern	Linken Flügel abnehmen und mit V_Form unterfüttern	Linken Flügel abnehmen und mit V_Form unterfüttern	Kapitel 6
R5,R6 für linken Flügel teilen				
Linken Innenflügel bis D1 bauen	Linken Innenflügel bis R6 bauen	Rechten Innenflügel bis R6 bauen	Rechten Innenflügel bis R6 bauen	Kapitel 6
Linken Außenflügel ab D2 bauen	Linken Außenflügel ab R7 bauen	Rechten Außenflügel ab R7 bauen	Rechten Außenflügel ab R7 bauen	Kapitel 7
	Massenausgleich für Steckung anbringen	Massenausgleich für Steckung anbringen		Kapitel 8
Nasen- und Turbulenzleisten montieren				Kapitel 9
Querruder und Mittelflügel				Kapitel 10
RC-Einbau				Kapitel 11
Bespannung				Kapitel 12
Trimmung und erste Flüge				Kapitel 13

Tabelle 3.1: Baustufen bei unterschiedlicher Flügelteilung

Hinweis: Diese Vorgehensweise ist auch wegen der V-Form erforderlich. Dazu später mehr bei der ausführlichen Bauanleitung.

Vorbereitung der Rohrholme

Alle Kohlerohre mit Naßschleifpapier Körnung 400 abschleifen. Bei den Pfeilrohren muss die Beschriftung vollständig entfernt werden. Ansonsten können verbleibende Farbe und Trennmittel die Qualität der Verklebung mit den Rippen stark herabsetzen!

Dann die Verbindungen zwischen dem 6mm Außenflügelholm H3 und dem Pfeilrohr H2 herstellen. Weil das 6mm Rohr H3 nicht direkt in den Pfeilschaft H2 passt, ist ein kurzes Stück aus 8mm Rohr (H5) erforderlich. Zunächst H5 nach Plan ablängen und mit H3 verkleben.

Hierbei hat sicher jeder seine eigene Methode. Beim Prototypen wurden diese Verklebungen mit dünnflüssigem Sekundenkleber realisiert. Am sichersten ist es, erst H5 auf H3 aufzuschieben und dünnflüssigen Sekundenkleber in die Spalte laufen zu lassen. Die Methode, die Teile vor dem Aufschieben mit Kleber einzustreichen, funktioniert meist nicht, da der Kleber schneller trocknet als man die Teile aufschieben kann!

Achtung: hier wie auch bei allen anderen Verklebungen mit dünnflüssigem Sekundenkleber immer an Schutz für die Augen und ausreichend Belüftung denken!

Den Verbund H3/H5 nun nach gleicher Methode mit H2 verkleben. Dabei auf gerade Ausrichtung achten. Vor Verklebung evtl. erst mal versuchsweise ausrichten.

Bei geteilten Flügelhälften die Rohre H2 an der Trennstelle teilen und gleich wieder mit den Holmbrücken HB zusammenstecken. Dann die Rohre H2 für die Stoßstelle innen schräg abschneiden (etwa 1-2mm Übermaß vorsehen!)

Das Rohr H1 ebenfalls nach Plan schräg mit etwas Übermaß ablängen.

Vorbereitung der Frästeile

Frästeile nach Plan identifizieren und beschriften. Teile entgraten. Nuten etwas freiräumen, z.B. mit einer geeigneten Schlüsselfeile oder mit entsprechenden Sandpapierfeilen. Gut funktioniert hierfür auch eine Feile die man aus mehreren Lagen Metallsägeblättern mit Doppelklebeband herstellt. Beispielsweise ergeben drei oder vier Lagen PUK Metallsägeblatt eine 2mm dicke Feile.

Die Passungen der Holmrohre in den runden Ausschnitten prüfen. Wenn die Rohre zu stramm sitzen, die Ausschnitte vorsichtig etwas aufweiten. Es kann passieren dass je nach Toleranz des Rohres, vor allem aber durch Schrumpfung oder Aufquellen des Holzes, die Passung mehr oder weniger eng ist. Der Teilesatz ist eher auf der engen Seite. Aufweiten kann man immer noch, das ist besser als zu große Löcher in denen das Rohr dann „schwimmt“.

Baubrett

Benötigt wird ein ebenes Brett von mindestens 50 x 120 cm. Zum Bau wird der Plan zerschnitten, so dass man die Zeichnung der linken und rechten Flächenhälfte getrennt vorliegen hat.

Zunächst den Plan der linken Flächenhälfte auf dem Baubrett fixieren und mit Folie abdecken.

4. Rechter Innenflügel

Zunächst die Nasenleistenteile N1 und N2 auf dem Plan verkleben. Zur Verstärkung der Klebestelle von oben und unten mit einem Streifen Sperrholz 1 mm verleimen.

Hinweis: Für solche Holzverbindungen ist Weißleim von Vorteil.

Nach Trocknung die Nasenleiste N1, N2 sowie die Endleiste E1 wie im Plan gezeigt leicht einknicken und entsprechend der V-Form nach oben biegen. Dies geht am besten wenn die Knickstellen ein wenig gewässert werden. Anschließend etwas dünnflüssigen Sekundenkleber in die Ritzen laufen lassen.

Nun die Rippen des rechten und linken (!) Innenflügels zunächst in die Nuten der Nasenleiste und dann in die Endleiste einfädeln. An dieser Stelle noch nichts verkleben!

Wenn der rechte Flügel teilbar sein soll, müssen die Rippen R5 und R6 geteilt werden. Die Trennstellen ergeben sich aus dem Plan. Rippen teilen und die Stoßkanten mit D1 sorgfältig auf Gehrung schleifen. Am Innenflügel dann die vorderen Hälften der Rippen auffädeln und die innere Trennrippe D1 ebenfalls auffädeln.

Hinweis: Bei geteiltem Flügel an dieser Stelle schon die Montage des Steckers für das Servokabel ausprobieren. Insbesondere muss für die Montage eines MPX Steckers der Ausschnitt in Rippe R6 von Hand nachgearbeitet werden. Das alles geht am besten solange R6 noch nicht verklebt ist.

Holmrohr H1 einfädeln. Noch nicht festkleben. Holmrohr H2 der rechten Flächenhälfte einfädeln. Die Gehrung an H2 sollte ca. 1mm über die Mittellinie des Flügels hinaus ragen.

Am Ende von H2 noch Rippe R20 einstecken. Diese wird auf dem Plan der rechten Flächenhälfte ausgerichtet und dient der genauen Ausrichtung des Holmrohres.

Hinweis: Bitte etwas Zeit und Sorgfalt für diese Ausrichtungen einplanen. Dies ist der schwierigste und kritischste Bauabschnitt! Ein Fehler an dieser Stelle lässt sich später nicht mehr korrigieren.

Auf dem Baubrett sollte es nun so aussehen:

Die Rippen der rechten inneren Flügelhälfte, R1 bis R6, bei Flächenteilung auch D1, sind mit ihren Stützfüßen exakt auf dem Plan ausgerichtet. Das Holmrohr H2 der rechten Flächenhälfte ist montiert und steckt am äußeren Ende zusätzlich noch in Rippe R20 der rechten Flächenhälfte. Diese Rippe ist ebenfalls auf dem Plan ausgerichtet und fixiert. Das Holmrohr H1 steckt ebenfalls in den Rippen.

Die Rippen der linken Flächenhälfte, R1 bis R6, stecken provisorisch in ihrer Position. Der linke Innenflügel steht wegen der V-Form etwas vom Baubrett ab.

Hinweis:

Zur Ausrichtung der Rippen ist der beigefügte „Rippenkamm“ sehr hilfreich.

Abbildung 4.1 zeigt die Rippenausrichtung, Abbildung 4.2 den Zustand kurz vor Verklebung der Teile der rechten Flächenhälfte.

Wenn dies alles so ausgerichtet ist, dann können jetzt folgende Stellen verklebt werden:

- Rippen R1 bis R6, bei Teilung auch D1, mit N2 und E1
- Rippen R1 bis R6, bei Teilung auch D1, mit Holmrohr H2.

Achtung: H1 noch nicht verkleben. Auf diese Weise kann die endgültige Länge von H1 noch zugeschnitten werden, wenn die linke innere Fläche angebaut wird.

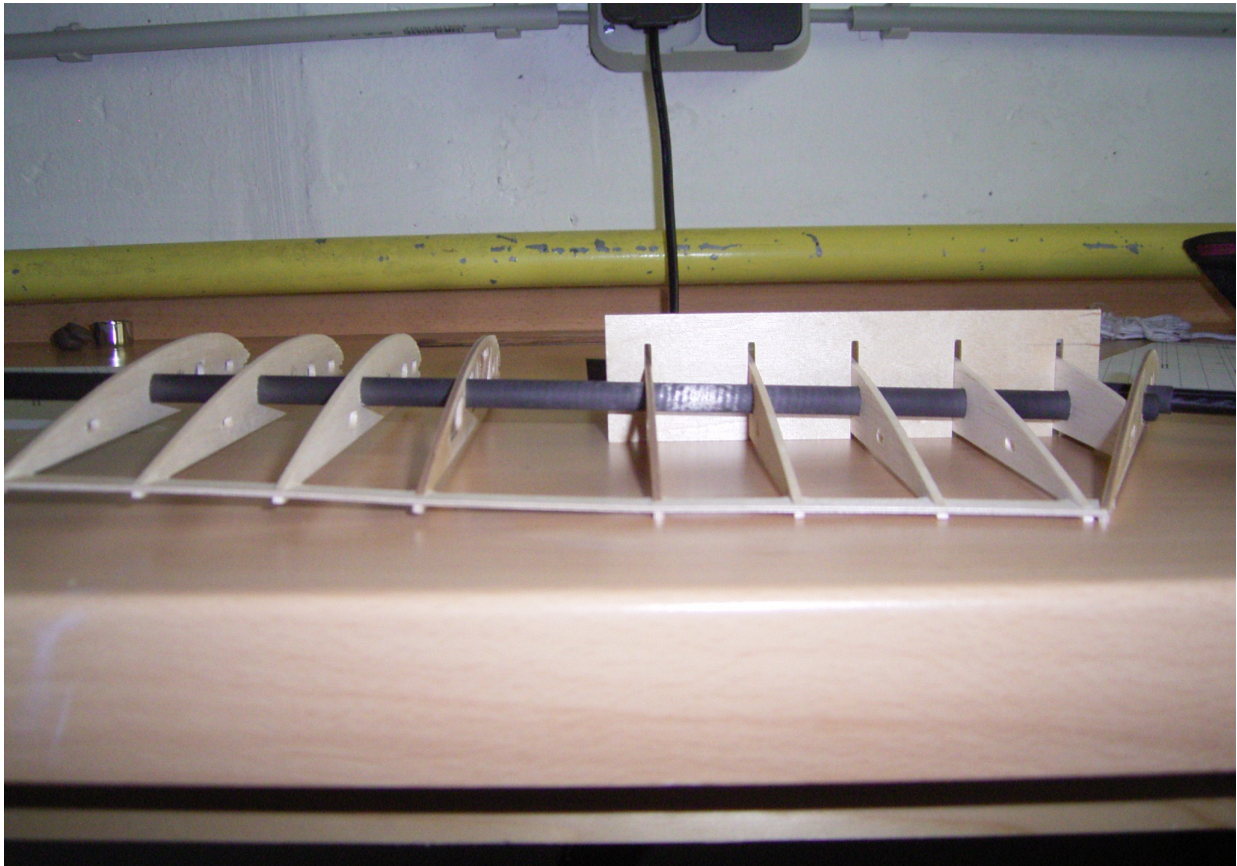


Abb. 4.1: Ausrichtung der Rippen mit dem Rippenkamm.



Abb 4.2 Ausrichtung der Teile des rechten Innenflügels vor Verklebung. Holmrohr H2 wird außen mit Rippen unterstützt, um genaue Pfeilung zu gewährleisten.

5. Rechter Außenflügel

Außenflügel

Bei geteiltem rechten Außenflügel werden jetzt die inneren und äußeren Teile von H2 mittels der Holmbrücke HB verbunden. Bei ungeteiltem ragen H2 und H3 sowieso schon bis zum Flügelsende.

Die Außenflügel werden mit Querruder gebaut. Die Ruder werden nach der Montage heraus getrennt.

Zunächst alle Rippen ab R7 (bei Teilung auch die hinteren Teile von R5,R6 sowie D2) auf die Endleiste E3 aufstecken.

Hinweis: Die Endleiste kann, muss aber nicht hinten abgeschrägt werden. Diese Optimierung kostet Bauaufwand und bringt bei den verwendeten Profilen keinen messbaren Vorteil.

Die Rippen bis R13 zusätzlich noch auf N3 aufstecken, dann das Ganze auf den Holm H2 auffädeln, Auch hier genügend Zeit lassen, dieser Bauabschnitt erfordert Sorgfalt.

Hinweis: Eventuell vorher mit einigen Rippen testen, wie fest die Passung der Rippen auf dem Holmrohr ist. Die Ausschnitte in den Rippen berücksichtigen die schräge Durchdringung wegen der Pfeilung, sind jedoch ohne Vorhalt gearbeitet. Die Passung kann je nach Temperatur und Luftfeuchtigkeit etwas fest sein. In diesem Fall müssen die Ausschnitte Rippen mit einer Feile aus etwas Schleifpapier und 8 mm Rohr wie es z.B. für das Teil HB verwendet wird, vorsichtig nachgearbeitet werden.

Wenn alles auf dem Plan ausgerichtet ist, die Rippen bis R13 mit H2, E3 und N3 verkleben. Am besten geht das mit dünnflüssigem Sekundenkleber, den man in die Ritzen hinein laufen lässt.

Die Stoßkante E2/E3 und die ruderseitige Flanke von R21 mit Tesafilm bekleben, damit dort R21A und die Ruderholme nicht festkleben, Dann die Rippen R21A bis R29 mit H3 und E3 verkleben.

Nasenleiste L3 mit Übermaß ablängen und in die Rippen einkleben sowie mit N3 verkleben.

Hinweis: Bei korrektem Bau sieht man in der Nasenleiste, wenn man sie Außenflügel her anpeilt, einen Knick nach unten, der genau am Übergang N3 nach L3 beginnt. Dies ist auf die Schränkung zurückzuführen, siehe hierzu auch Abb. 2.1.

Randbogen

Der Randbogen RB muss vor Montage an der Unterseite abgeschrägt werden. Er wird auf die Oberseite von E3 geleimt, ferner auf das Rohrende von H3 sowie vorne an L3.

Zum Abschrägen siehe auch Ansicht X im Bauplan sowie die Zeichnung von RB im Plan.

Querruderholme

Jetzt wird der Außenflügel abgenommen und die Querruderholme Q1 bis Q4 werden

eingeleimt.

Die am Flügel befestigten unbeweglichen Holme Q1 und Q3 reichen innen bis zur Rippe R20, um dem Ganzen mehr Festigkeit zu verleihen.

Zunächst die oberen Holme Q3 und Q4 einkleben.

Hinweis:

Die Nuten in den Rippen berücksichtigen hier – wie auch bei den Turbulenzleisten in der Flügelnase – nicht die schräge Durchdringung. Grund hierfür ist, dass die Ausschnitte in den Rippen dann sehr weit sein müssten und die Profilform nicht mehr gewahrt wäre.

Die Ausschnitte für Q1 bis Q4 müssen also noch entsprechend des schrägen Durchdringung z.B. mit einer Rasierklinge nachgearbeitet werden.

Bei der Verleimung der unteren Querruderholme Q1 und Q2 ist darauf zu achten, dass diese beiden Holme nicht miteinander verklebt werden und dass etwa 0,5mm Spalt zwischen den Holmen verbleibt. Dies erreicht man z.B. indem man ein Metallsägeblatt einer kleinen PUK-Säge zwischen die beiden Teile klemmt.

Die folgenden Photos zeigen einige Details zu den Querrudern und Randbögen.

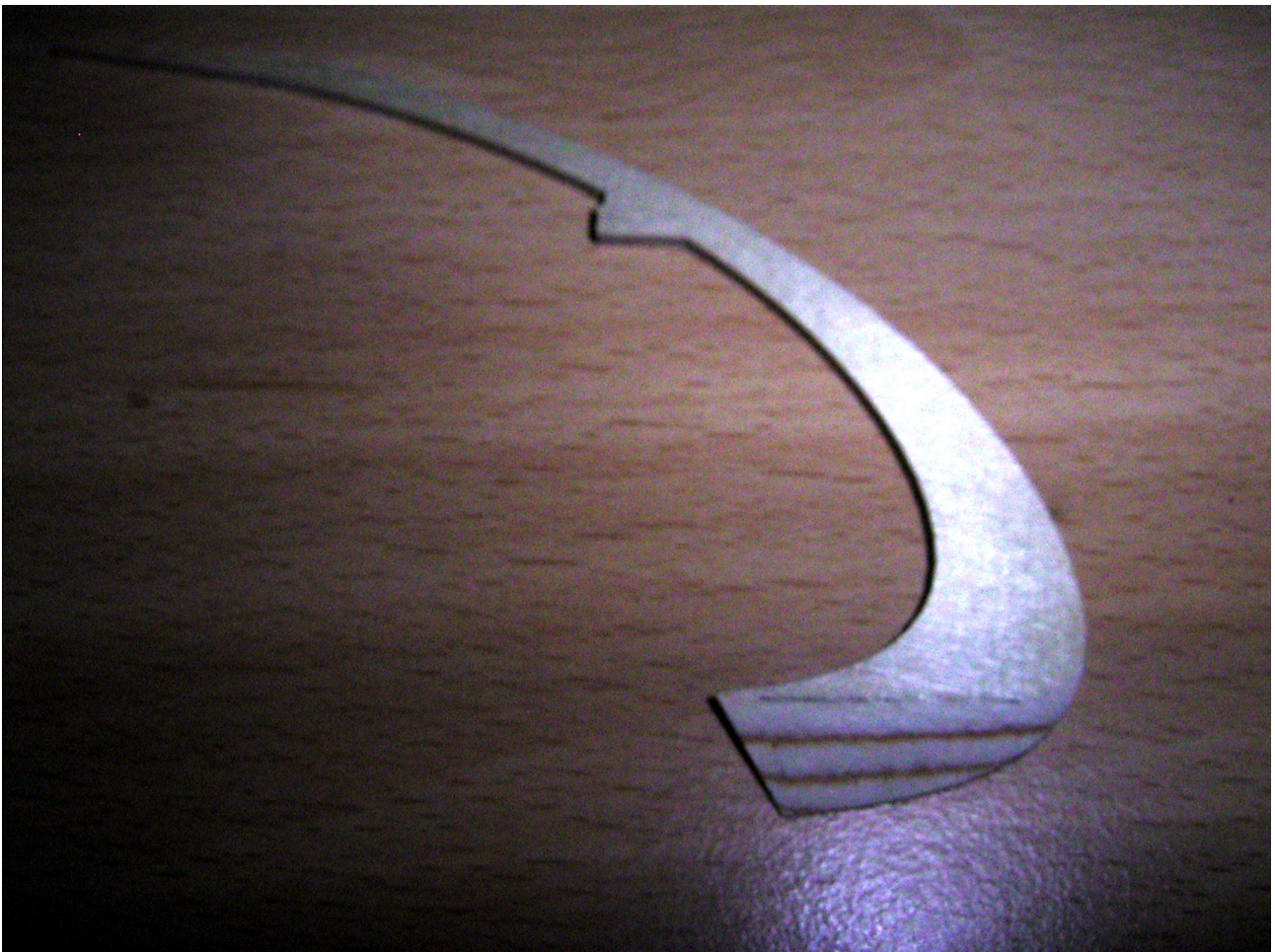


Abb 5.1 Abschrägung des Randbogens. Diese angeschliffene Fläche wird mit N3 verleimt.

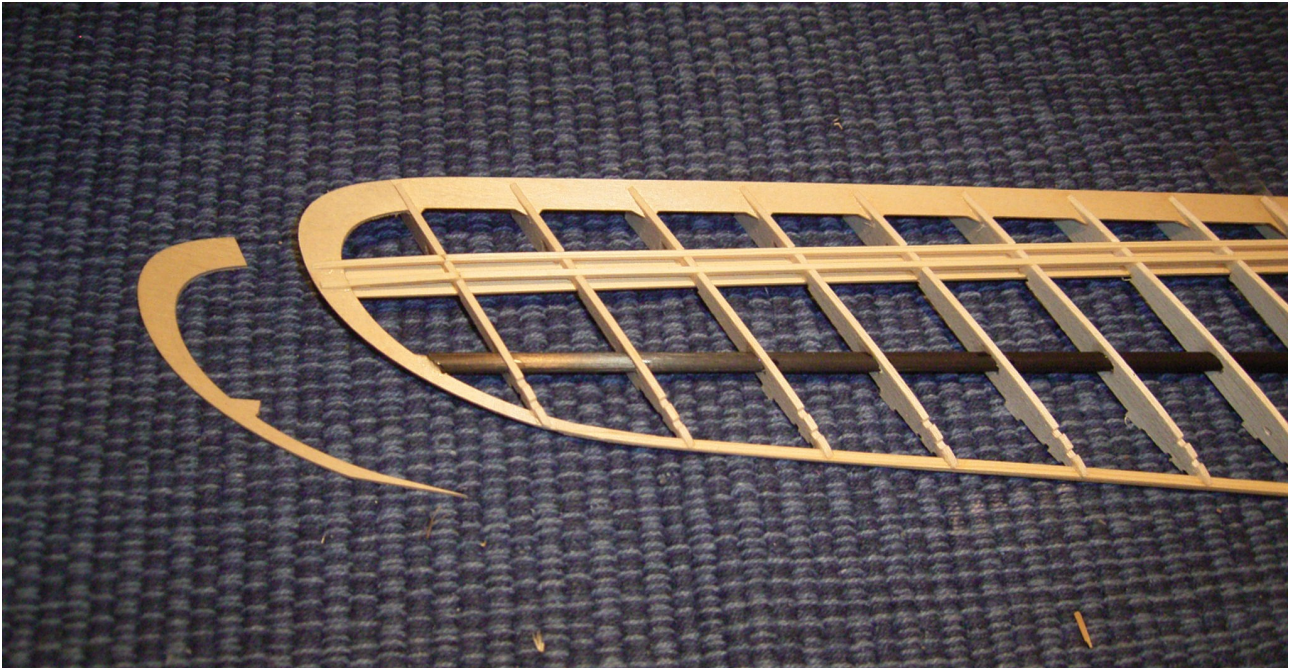


Abb. 5.2: der verleimte Randbogen. Ebenfalls verleimt die Querruderholme. Man erkennt einen Knick in den oberen Querruderholmen Q3 und Q4, bevor sie von Rippe R29 zum Randbogen hin auslaufen.

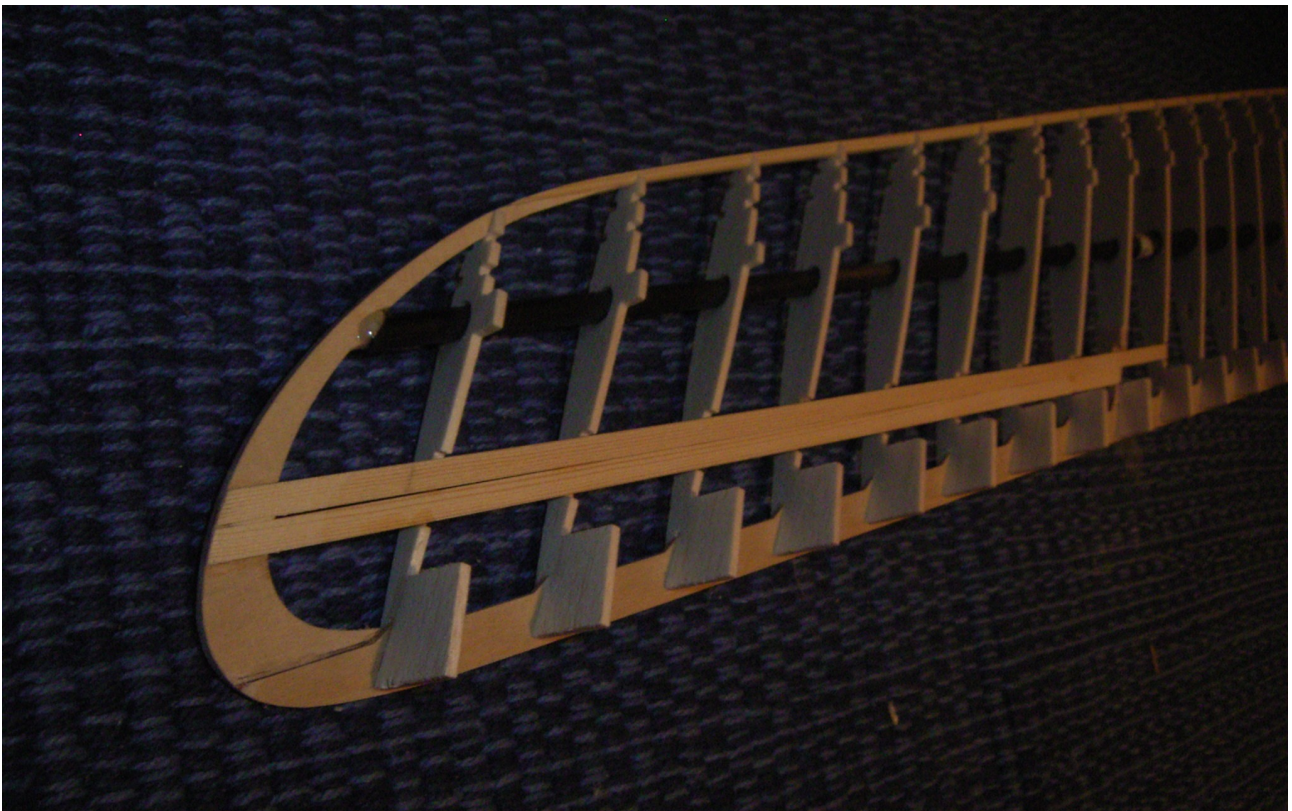


Abb 5.3: Das Ganze von der Unterseite gesehen. Man erkennt den (hier nicht sauber realisierten) Spalt zwischen Q1 und Q2. Der Randbogen sollte so ausgerichtet sein, dass die unteren Querruderholme Q1 und Q2 in einer Ebene verlaufen, also ohne Verformung in „z“ Richtung. Dies ist notwendig, da das Querruderscharnier an der Flügelunterseite liegt.

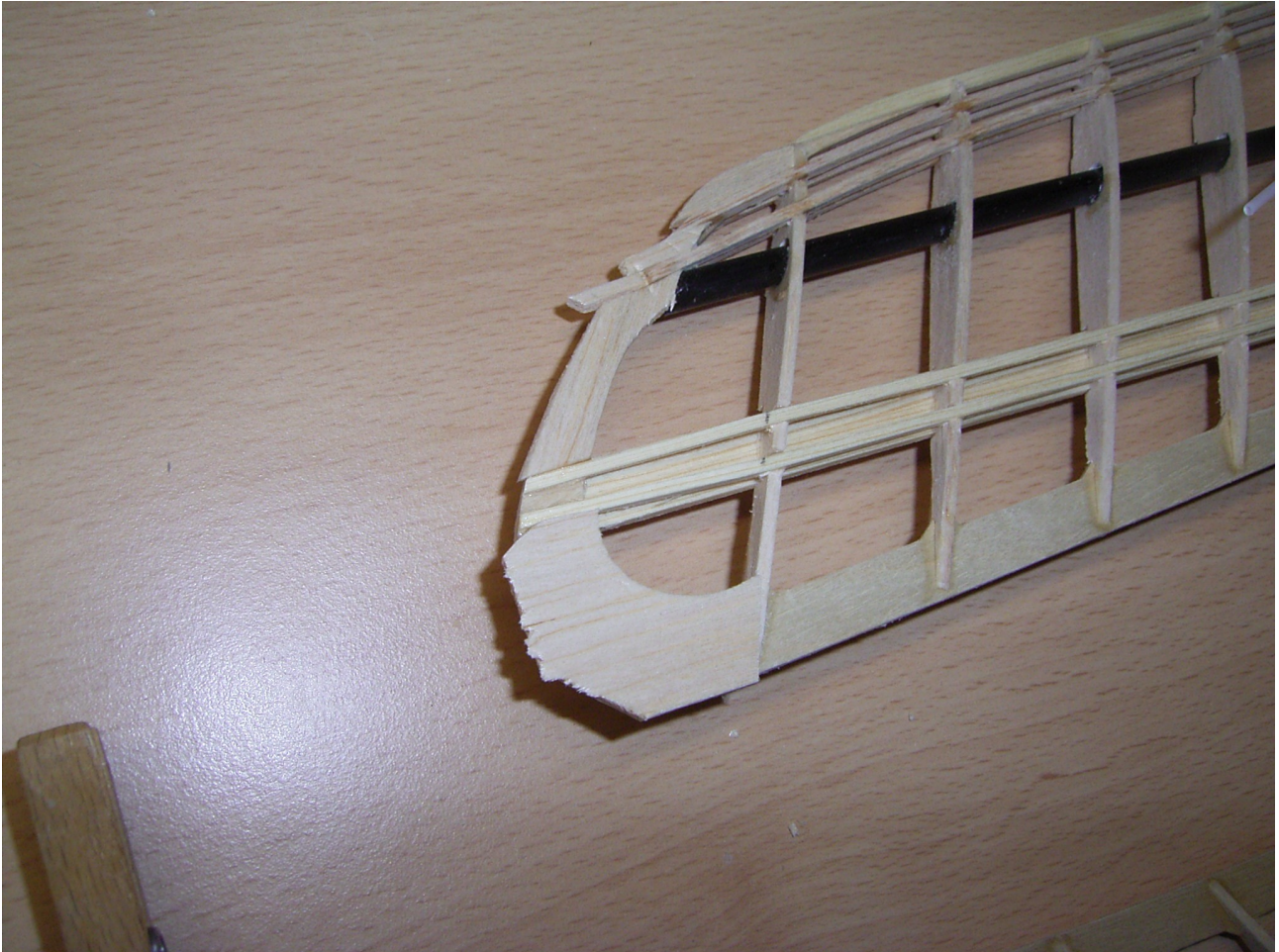


Abb 5.4 Auffüttern des Randbogens mit Balsaresten. Dies ist nicht unbedingt erforderlich, erlaubt aber ein besseres Verschleifen in die Profilform.

6. V-Form und linker Innenflügel

An dieser Stelle noch einmal der Hinweis, dass diese Anleitung den Bau des Modells mit einseitiger Flügelteilung (nur rechter Flügel) beschreibt. Dies entspricht Spalte 2 in Tabelle 3.1.

Der rechte Flügel wird nun vom Baubrett abgenommen. Ist er geteilt, wird der Außenflügel angesteckt und mit etwas Klebeband gegen Verdrehen gesichert. Der Außenflügel wird für die Ausrichtung von Pfeilung und V-Form gebraucht.

Nun wird das Modell für den Bau des linken Flügels ausgerichtet. Dabei müssen V-Form und Pfeilung stimmen.

Zur Kontrolle: Die Teile des rechten Flügels ab R1 sind, bis auf den Hilfsholm H1, verklebt. Dies hat den Grund, H1 noch herausnehmen und genau ablängen zu können.

Vom linken Innenflügel sollten die ersten Rippen bis R6 eingesteckt und vorläufig ausgerichtet sein.

Nun wird der (nur zusammengesteckte) linke Innenflügel über dem Plan der linken Flügelhälfte ausgerichtet. Der rechte Flügel steht jetzt entsprechend der V-Form nach oben (siehe Darstellung auf dem Bauplan).

An der Stelle von Rippe R20 wird das Holmrohr H2 des rechten Flügels wegen der V-Form mit ca. 54 mm unterfüttert.

Jetzt in die inneren Rippen des linken Flügels den Hauptholm H2/H5/H3 einstecken.

Da H1 bisher nur grob abelängt wurde, kann es erforderlich sein, H2 und H1 wieder herauszunehmen und H1 schrittweise vorsichtig zu kürzen, bis es passt. Auch die Gehrung an den Enden von H2 muss entsprechend des Plans zugeschnitten werden.

Hinweis:

Bitte nicht das Sperrholzteil H4 vergessen. Es übernimmt keine Festigkeitsaufgaben, hilft aber sehr beim Ausrichten der Stoßstelle der beiden Holme H2 links und rechts. Diese Stelle wird später mit Kohlegewebeschauch verstärkt. Daher vor der endgültigen Montage nicht vergessen, ein ca. 4cm langes Stück Schlauch aufzuschieben. Verklebt wird der Schlauch erst später!

Hinweis:

Es ist nicht erforderlich (und auch fast nicht möglich), die Stoßstelle H1/H2 spaltfrei auszuführen. Diese Stelle wird sowieso mit Kohlerovings verstärkt. Ein Spalt von ca. 1mm ist unkritisch.

Wenn also alle Holme passen, H4 und Kohleschlauch an H2 anbringen und die Teile des linken Innenflügels bis R6 ausrichten. Zur genaueren Ausrichtung links noch die Rippe R20 auf den Hauptholm aufstecken. Noch nicht festkleben!

Um keine Verwindung zwischen linkem und rechtem Flügel einzubauen, sollte man die Ausrichtung der Rippe R1 des rechten Innenflügels über dem Baubrett genau kontrollieren. Diese Rippe steht wegen der V-Form etwas vom Baubrett ab. Dieser Abstand muss am vorderen und hinteren Stützfuß gleich sein!

Hinweis:

Kleinere Abweichungen der V-Form sind tolerabel. Also keine Sorge wenn es an dieser Stelle nicht ganz passt. Entscheidend sind aber die Pfeilung und Verwindung. Daher die Ausrichtung über dem Plan genau kontrollieren.

Wenn alles passt, die Rippen R1 bis R6 des linken Innenflügels mit N1, E1, H2 und H1 verkleben. H1 jetzt auch mit den Rippen des rechten Innenflügels verkleben.

Die Gehrungsstellen von H2 und H1 and Rippe D1 (bei geteiltem Flügel) bzw. R6 (bei ungeteiltem Flügel) müssen mit Kohlerovings und Harz umwickelt werden, um die nötige Festigkeit des Holmdreiecks zu gewährleisten. Bei Rippe R6 kann man die Rovings auch noch etwas auf der Rippe weiterlaufen lassen, um eine bessere Kraftübertragung zu erhalten.

Auch die Stoßstelle von H2 in der Mitte zwischen den Rippen R1 wird jetzt mit dem vorher aufgeschobenen Kohleschlauch verstärkt, indem dieser mit Harz auflaminiert wird.

Jetzt ist der Innenflügel bis auf die An- und Einbauten fertig gestellt. Der Innenflügel verbleibt auf dem Baubrett, um im nächsten Bauabschnitt den Außenflügel anbauen zu können.

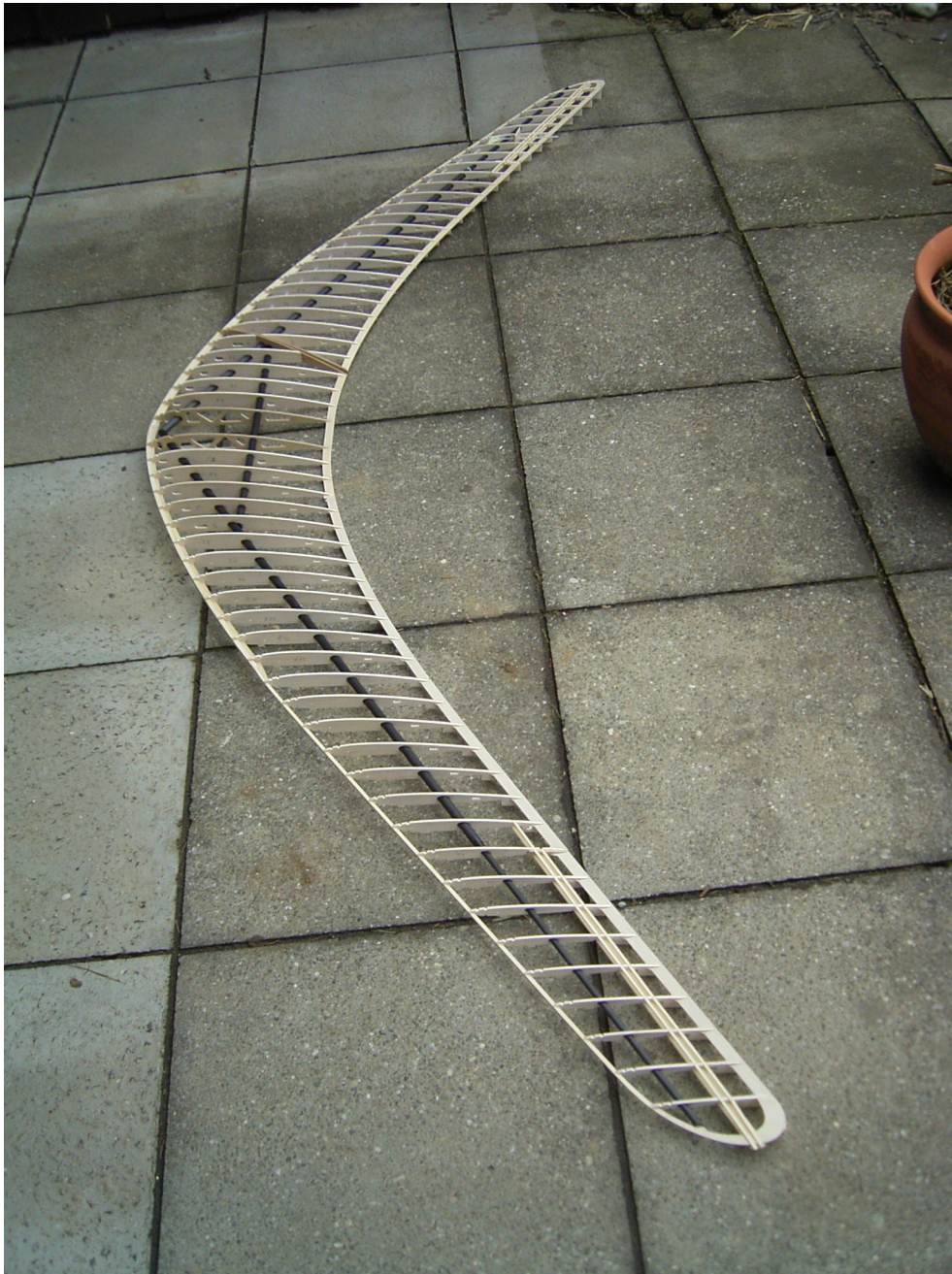
7. Linker Außenflügel

An dieser Stelle noch einmal der Hinweis, dass diese Anleitung den Bau des Modells mit einseitiger Flügelteilung (nur rechter Flügel) beschreibt. Dies entspricht Spalte 2 in Tabelle 3.1.

Im vorigen Kapitel wurde der Bau des linken Innenflügels beschrieben. Dieser sollte auf dem Plan verbleiben. Der linke Flügel wird jetzt einfach weiter gebaut bis zum Randbogen. Hierbei gilt die Beschreibung von Kapitel 5 (rechter Außenflügel) entsprechend.

Nach dem Bau des linken Außenflügels das Modell vom Plan abnehmen. Der nächste Schritt ist der Einbau der Nasenleiste sowie der Turbulenzleisten.

Das Bild zeigt den Rohbau in diesem Stadium:



8. Massenausgleich bei einseitiger Flügelsteckung

Wird der Flügel nur einseitig gesteckt, so sollte ein Ausgleichsgewicht auf der gegenüberliegenden Seite an Rippe R6 montiert werden. Das Gewicht soll so bemessen sein dass der Flügel um die Längsachse im Gleichgewicht ist.

Durch die Montage in gleicher Höhe (und nicht z.B. am Flügelende) wird nicht nur ein Statischer sondern auch ein Dynamischer Ausgleich erzielt.

9. Nasenleisten und Turbulenzholme

Zunächst wird die Nasenleiste fertig gestellt. Im Bereich der Sperrholzteile N1 bis N3

besteht die Nasenleiste aus den beiden Kiefernleisten L1 und L2.

Wegen der V-Form können diese Leisten nicht durchgängig angebracht werden, sondern in drei Abschnitten: Jeweils links und rechts von R1 bis R14 sowie innen zwischen den beiden Rippen R1. In der Vorderansicht weist die Nasenleiste bei R1 jeweils links und rechts einen kleinen Knick wegen der V-Form auf.

Das bedeutet, es muss an den Rippen R1 eine Schäftung vorgenommen werden (schräg anschleifen und zusammensetzen, siehe Draufsicht im Plan)

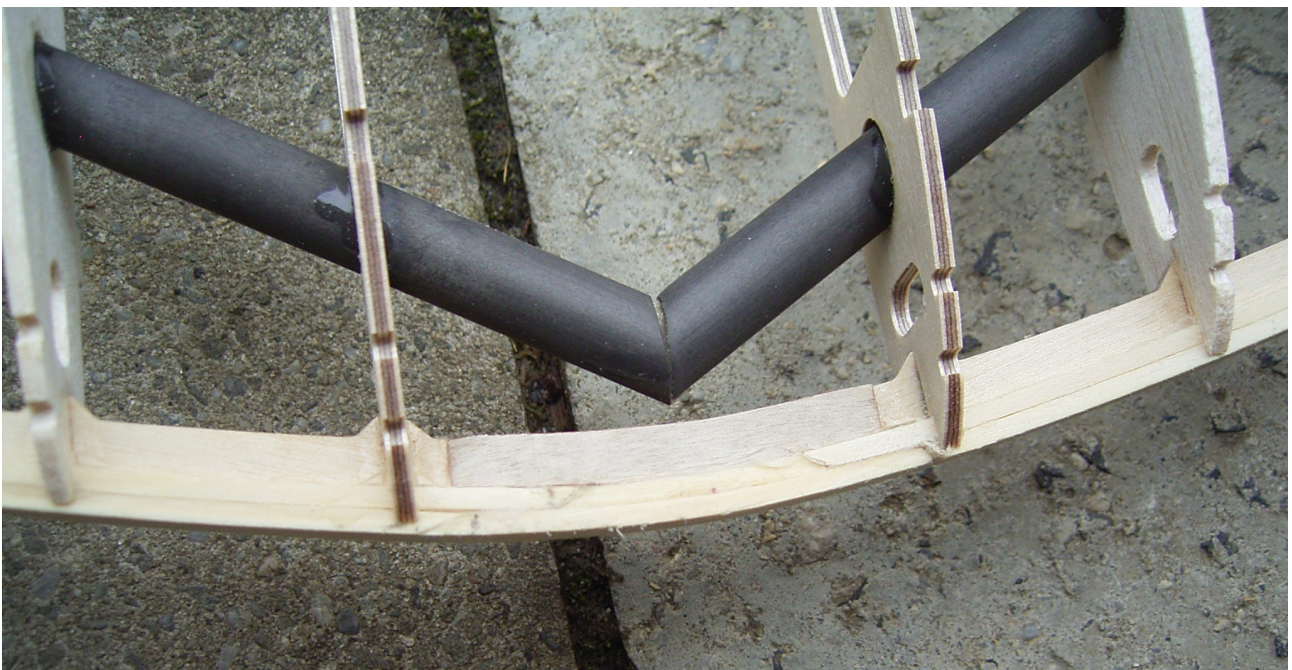
Bevor mit dem Einsetzen von L1 und L2 begonnen wird, sollte die Stelle an der L3 endet (an Rippe R14) entsprechend der Draufsicht verschliffen sein. Siehe hierzu Draufsicht im Plan, zwischen den Rippen R13 und R14. Ebenso sollten die Enden von L1 und L2 für die Stoßstelle mit L3 verschliffen sein.

Ich empfehle, die Kiefernleisten L1 und L2 sowie auch die Turbulenzholme T1 bis T3 mehrere Stunden vor der Montage in Wasser zu legen, um die Biegsamkeit zu erhöhen.

Die Montage der Leisten erfolgt dann mit Klammern. Achtung: die noch nassen Leisten nicht verkleben sondern erst am Rohbau festgeklemmt trocknen lassen, dann nochmal kurz abnehmen und mit Leim bestreichen. Dann wieder einsetzen und mit Klammern an N1 bis N3 fixieren bis zur Trockung des Leims.

Würde man bereits die nassen Leisten festkleben, würden diese durch die Schrumpfung beim Trocknen den Rohbau verziehen.

Das folgende Bild zeigt ein Detail der Nasenleiste mit den angesprochenen Schäftungen: (Hinweis: hier fehlt der Kohleschlauch an den Holmen H2)



Die Turbulenzholme einsetzen und verkleben. Einzige Besonderheit hier ist, dass am Innenflügel bis Rippe R13 an der Unterseite nur eine Turbulenzleiste eingesetzt wird (T3). Ab R14 geht es dann wie an der Oberseite mit zwei Turbulenzleisten (T4,T5) weiter.

10 Querruder und Mittelflügel

Nun werden die Querruder vorsichtig herausgetrennt. Dies geht am besten mit einem Metallsägeblatt wie es z.B. für PUK Sägen erhältlich ist.

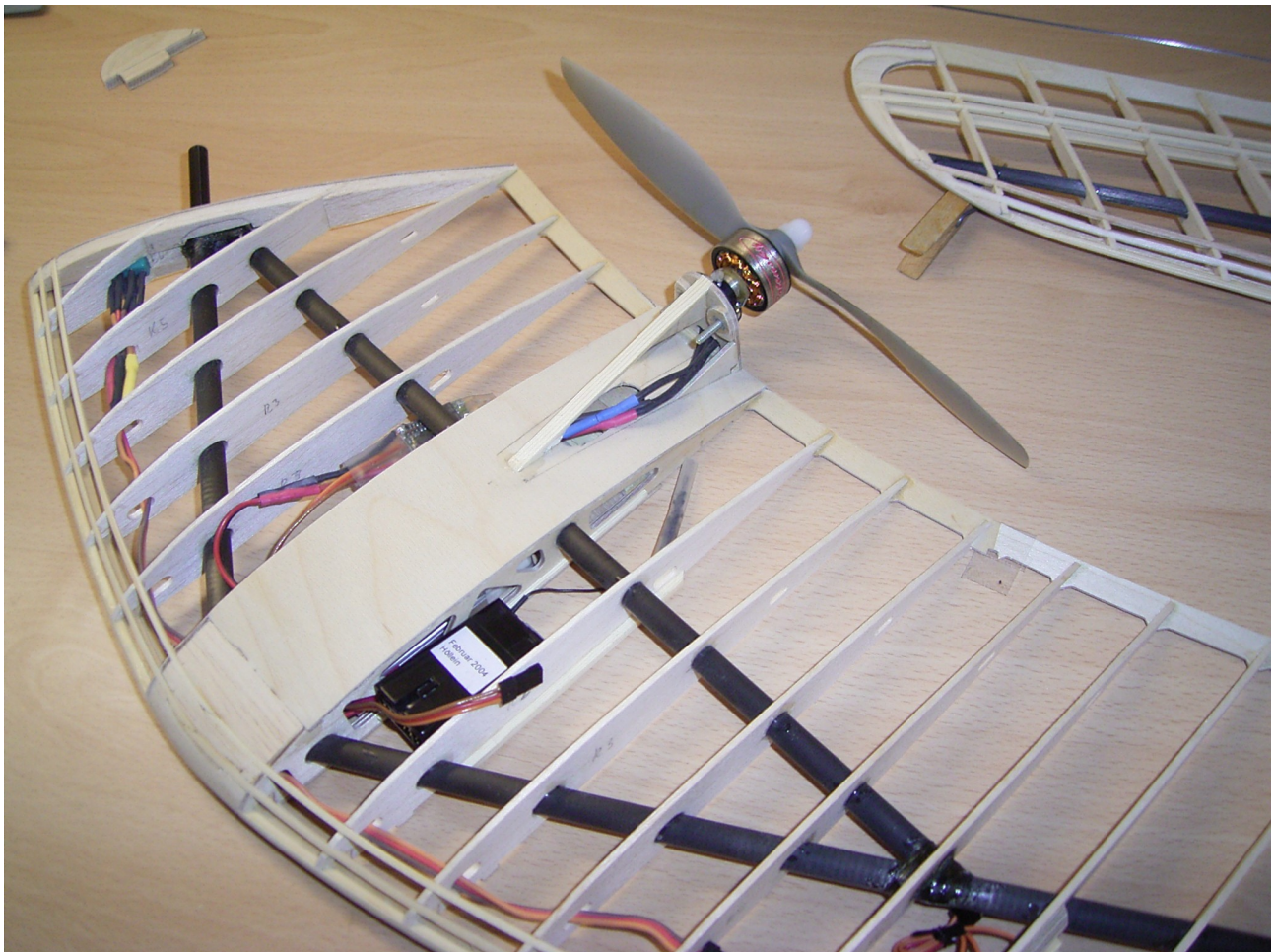
Das überstehende Rippenmaterial zwischen den Querruderholmen Q3 und Q4 wird weggeschliffen, so dass an der Flügeloberseite eine V-Förmige Auskehlung entsteht. Das Querruderscharnier befindet sich an der Flügelunterseite!

Nun können die Stützfüße von den Rippen entfernt werden. Die entsprechenden Stellen der Rippen nachher sorgfältig verschleifen.

Am Innenflügel können nun die Leiste L4 und die Beplankung A1 angebracht werden.

Hinweis: Je nachdem wie der Innenraum und die Zugangsklappe gestaltet werden, kann es zweckmäßig sein, die Beplankung A1 erst nach Fertigstellung der übrigen Einbauten anzubringen.

Der noch unbeplankte Bug-Bereich zwischen den Rippen R1 wurde beim Prototypen mit Balsaresten verfüllt und verschliffen:

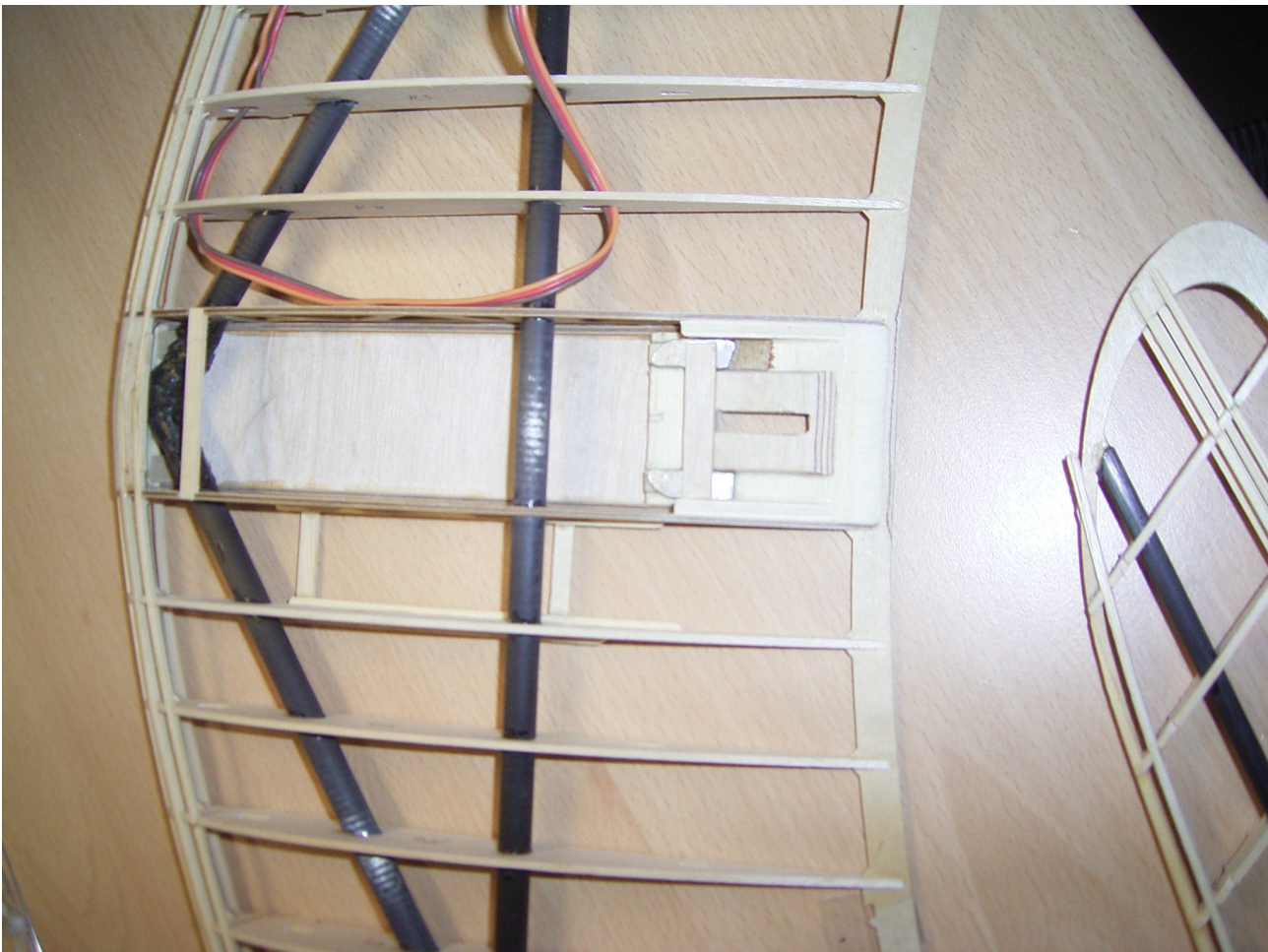


Das Bild zeigt auch eine mögliche Lösung für einen Motoreinbau.

Generell wird davon ausgegangen, dass der Hohlraum zwischen den Rippen R1 von unten zugänglich ist. Zur Anfertigung einer Zugangsklappe liegen dem Frässatz die beiden Teile R1a bei.

Beim Prototypen wurde unter Verwendung dieser Teile und 0,6mm Sperrholz eine

Bodenklappe gebaut. Der Verschluß erfolgt mit kleinen Neodyn-Magneten. Wie dies von oben aussieht zeigt die folgende Abbildung:



Der hintere Bereich wurde in diesem Beispiel übrigens mit Pappelsper Holz aufgefüllt, um genügen Festigkeit für den Mototräger zu erhalten.

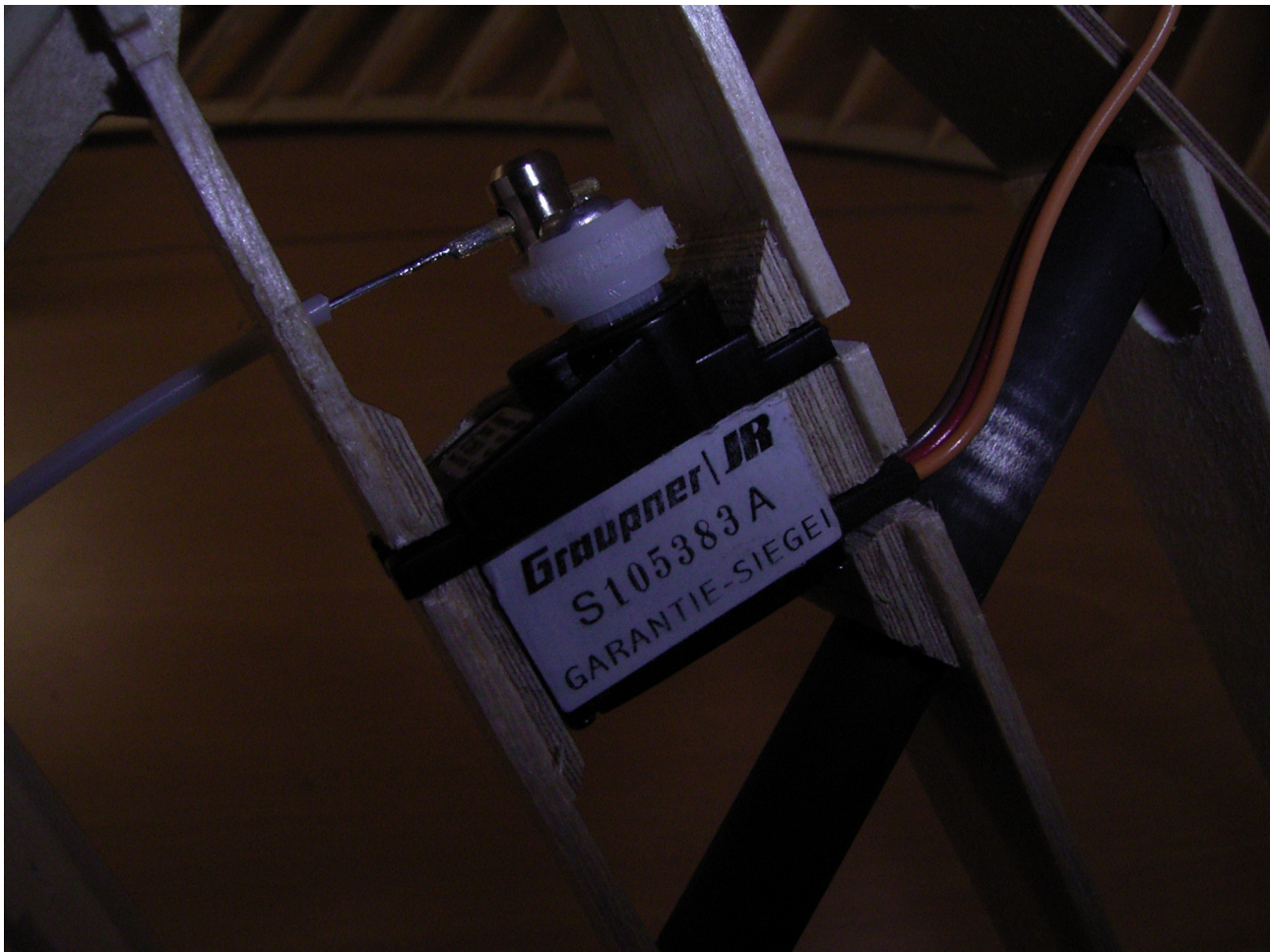
11 RC Einbau

Im Wesentlichen ist der Einbauort der Komponenten auf dem Plan eingezeichnet.

Probleme kann es geben bei der Beschaffung eines 3S Lipo mit maximal 22mm Einbauhöhe. Beim Prototypen wurde ein Graupner LiPo 1500 verwendet. Generell sollte man beachten, dass man für die Parabola keine 20C Entladeströme oder mehr benötigt. Wenn man dies bei der Accuwahl berücksichtigt, sollte sich ein entsprechend dünner Akku finden lassen.

Im Plan ist der Servoeinbau weiter innen mit Bowndenzug zum Ruder dargestellt, wie er beim Prototypen realisiert wurde. Das Servo wurde dabei durch mehrmaliges Umwickeln mit Tesa an einem kleinen Brettchen befestigt, das wiederum zwischen Rippe R7 und R8 montiert wurde. Da diese beiden Rippen jeweils eine Schlitz zur Aufnahme der Befestigungslaschen der Servos brauchen, müssen sie mit etwas Sperrholz verstärkt werden.

Das folgende Bild zeigt die Details:



Als Bowdenzug wurde ein normales Bowdenzuginnenrohr mit 2mm Außendurchmesser verwendet. Darin läuft ein 0.6mm Stahldraht.

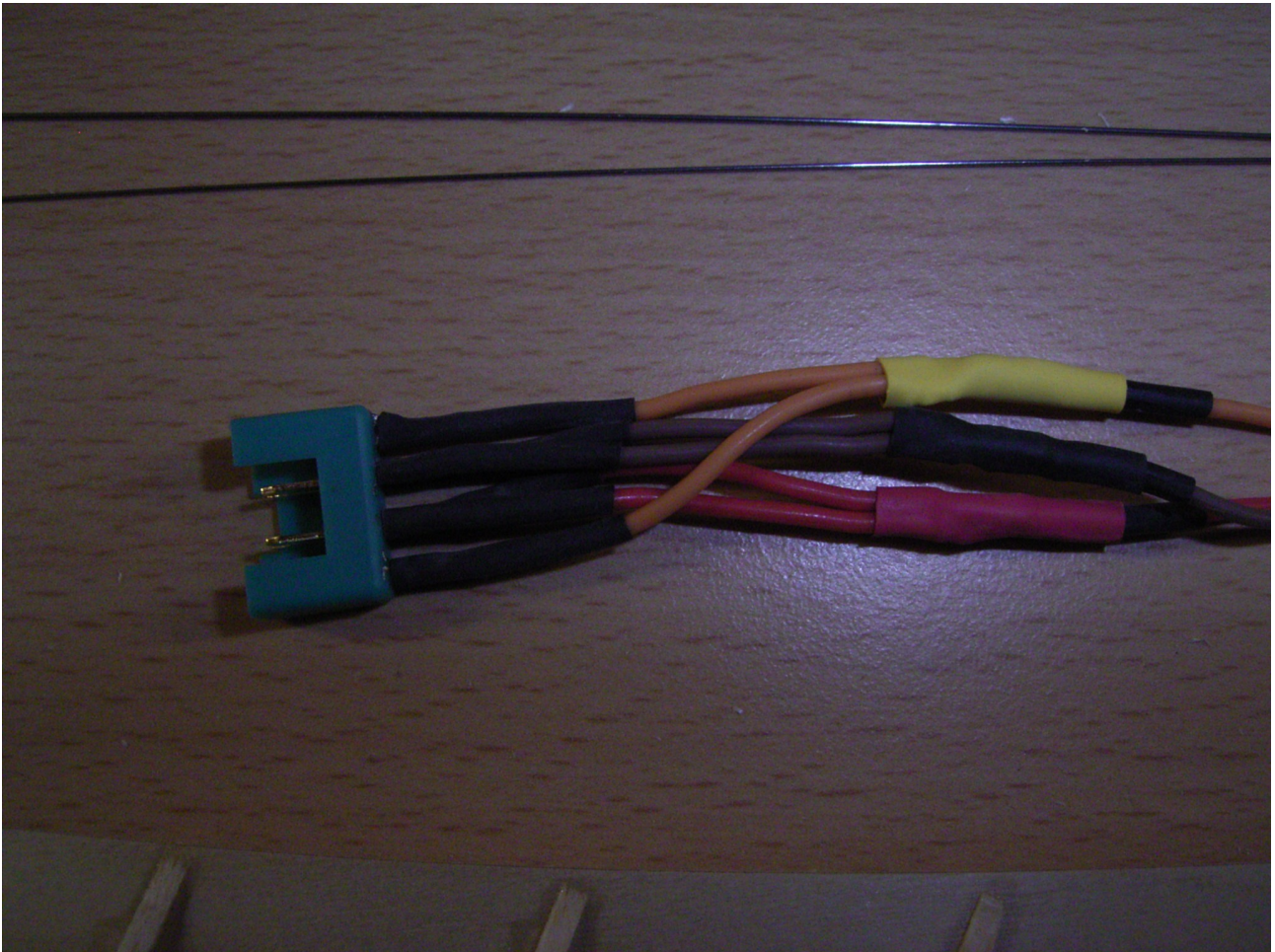
Achtung: Es hat sich gezeigt dass diese Anordnung zu weich ist! Wenn ein Servoeinbau innen gewählt wird, sollte mindestens 0,8 mm Stahldraht verwendet werden.

Mechanisch besser ist ein Servoeinbau direkt vor dem Ruder. Dabei wird aber mehr Trimmgewicht benötigt, was aber bei einem empfohlenen Mindestgewicht von 500g kein Problem ist.

Die Ausschnitte in den Rippen D1 und D2 sind für die Aufnahme eines MPX 6 Pol Steckers vorgesehen.

Da nur ein Servo über diesen Stecker zu versorgen ist, können die drei Leitungen zu Erhöhung der Sicherheit jeweils an zwei Steckkontakte angeschlossen werden.

Das folgende Bild zeigt die Verlotung des Steckers beim Prototypen:



Hinweis:

Die beiden Diagonalrippen D1 und D2 stehen nicht genau senkrecht zum Holm H2. Dementsprechend müssen auch die Stecker an diese Rippen etwas schräg angebracht werden. Bitte vor dem endgültigen Verkleben erst Versuche machen, ob sich die Steckung gut montieren und lösen lässt.

Hinweis:

Um den Halt der Bespannung zu verbessern und mehr Angriffsfläche bei der Montage zu erhalten, ist es zweckmäßig, die Diagonalrippen D1 und D2 mit Balsaresten aufzudicken.

12 Bespannung

Der Rohbau wird nun sorgfältig verschliffen. Für die Nasenleiste bitte die Schnittzeichnungen auf dem Plan als Vorlage nehmen. Herausstehende Teile vorsichtig in die Profilkontur schleifen.

Als Bespannmaterial wird Oralight Folie empfohlen. Möglich sind aber natürlich auch andere Folien sowie Papier oder Polyestervlies.

Die Querruder neigen beim Bespannen zum Verziehen. Zur Kontrolle liegen dem Bausatz zwei Schablonen für die Flügelunterseite im Querruderbereich, RS1 und RS2, bei.

Nach Bespannung der Querruder werden diese zunächst an der Flügelunterseite

angeschlagen. Als Scharnierband hat sich Tesa Film oder ein Scharnier aus der jeweiligen Bügelfolie bewährt.

Achtung:

Diese Scharniere sind wie alle anderen beweglichen Teile einem Verschleiß unterworfen. Sie sollten vor jedem Start kontrolliert werden!

Zurück zur Verzugskontrolle des Querruders:

Den Außenflügel auf das Baubrett legen.

Nun die Schablone RS1 unter Rippe R25 und RS2 unter Rippe R29 legen. Das Querruder innen an Rippe R21 mit einer Klammer gegen Verdrehen sichern. Nun ist das Querruder an drei Stellen fixiert. Wenn es sich beim Bespannen verzogen hat, erkennt man dies an einem Faltenwurf der Bespannung. Diese Falten mit dem Bügeleisen herausbügeln und der Verzug sollte beseitigt sein.

Hierzu wenn nötig einen Helfer hinzunehmen.

Es kann erforderlich sein, diese Kontrolle von Zeit zu Zeit zu wiederholen.

13 Trimmung und erste Flüge

Zum Erstflug nochmals alle Teile auf eventuelle Verzüge kontrollieren, z.B auf auffallende Wellen in der Nasen- oder Endleiste. Eventuelle Verzüge zusammen mit einem Helfer herausbügeln.

Bei Verwendung eines E-Antriebs: Der Prototyp benötigt ca. 5 Grad Motorzug und Sturz. Insbesondere das Drehmoment des Motors wirkt sich stark aus.

Als hinterste empfohlene Schwerpunktlage gilt 178mm vom Bug. Bei dieser Schwerpunktlage benötigt man etwa 2mm Höhenruderausschlag nach oben.

Die Ruder sollten zum Erstflug auf ± 12 mm Ausschlag, gemessen am Flügelende, eingestellt werden. Dies sollte durch elektronische Begrenzung (Dual Rate) eingestellt werden. Mechanisch sollte noch etwas Raum nach oben sein, um die Ausschläge vergrößern zu können, falls gewünscht.

Keine Querruderdifferenzierung!

Für den ersten Start eine schwach windige oder windstille Wetterlage abwarten. Bei Verwendung eines E-Antriebs mit Druckschraube muss das Modell mit stehendem Motor gestartet werden. Hierzu die Parabola leicht (!) nach oben wegwerfen und sofort Hand zum Sender führen, um Gas geben zu können.

Bei Schwanzlastigem Verhalten sofort landen und Ballast in den Bug einfügen. Nicht versuchen, „gedrückt“ zu fliegen, dies macht die Richtungsstabilität zunichte.

Nach und nach kann der Schwerpunkt zurückgenommen werden. Achtung: auch ein Hortennurflügel kann bei Schwerpunktrücklage „giftiges“ Abreißverhalten zeigen!

Positiv haben sich beim Prototypen Turbulatoren im Querruderbereich ausgewirkt.

Diese wurden an der Unter- und Oberseite angebracht. Sei verbessern die Ruderfolgsamkeit und das Abreißverhalten bei Schwerpunktrücklage.

An dieser Stelle wünsche ich viel Erfolg beim Bau und viel Spaß beim Fliegen der Parabola!!

Kirchheim bei München, 03. Oktober 2009

Bernd Melchisedech