

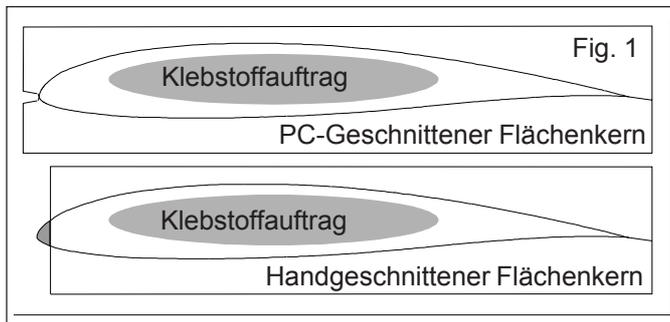
Styropor-Tragflächen für Flugmodelle

Info-Nr. 776.0002

Herstellung einer Styro/Apachi Tragfläche:

Wer Styrokerne schneiden lässt, sollte diese vorteilhafterweise mit Profilnase schneiden lassen. Wer dagegen selber Flächen von Hand (mit dem heißen Draht nach Schablone) schneidet, fährt besser, den Kern ohne Profilnase zu schneiden. Hier muss dann nachträglich eine Holz-nasenleiste angeklebt werden.

Falls die Fläche aus mehreren Trapez-Segmenten besteht, wird der Flächenkern und die Unter- und Oberschale mit 5-Min. Epoxy zusammengeklebt. Auf der Schnittfläche soll aber kein Kleber austreten. Diese harten Klebestellen übertragen sich sonst auf die fertige Tragfläche!



Am Styro-Kern wird an der Wurzel 20mm abgeschnitten und durch eine 20mm dicke Wurzelrippe aus Apachi ersetzt. Falls die Flächen ohne Holm gebaut werden, wird die Stützrippe ebenfalls aus 20mm Apachi hergestellt und ca. 10-12cm von der Wurzel her, in den Styro-Kern geklebt (s. Fig. 2). Störklappen und Kabelkanäle werden ebenfalls jetzt eingebaut. Wer einen Holm, statt der Stützrippe einbauen will, kann dies jetzt ebenfalls tun. In den vielen Fällen ist dies zwar nicht nötig, wie der Artikel von D. Altenkirch im FMT 300-1/1981 belegt, aber es ist heute halt Mode!

Nun wird die untere Beplankung auf Format geschnitten, d.h. der Grundriss im Nasenbereich muss stimmen, die Endleistenseite darf jedoch etwas länger sein, in der Regel solange wie die Unterschale. Die untere Beplankung wird nun mit Klebeband so auf der Unterschale fixiert, dass

die Vorderkante exakt mit der Nasenleistenkontur übereinstimmt. D.h. die untere Beplankung muss im Nasenbereich dort enden, wo die Mitte der Nasenleiste ist. Am Kern wird nun an der Profilnase maximal 1mm abgeschliffen, damit genügend Platz für die folgenden harzgetränkten Rovings vorhanden ist.

Bei handgeschnittenen Flächenkernen ohne Nasenleiste entfällt das exakte Einpassen. Hier kann die Beplankung überall etwas überstehend gelassen werden.

Nun wird auf die untere Beplankung mit einem Moltoprenroller Epoxydharz-L aufgerollt und die gewünschten Gewebelagen (meistens Glasgewebe mit ca. 80gm², z.B. Nr. 7502.2525 mit 80gm² und 25cm Breite) aufgelegt und getränkt. Wenn das Harz leicht eingefärbt wird, (auf einen Mischbecher nur eine Messerspitze rote Epoxydfarbpaste) kann die Harzmenge exakt kontrolliert werden.

Im Beispiel Giotto mit 428cm Spw. werden unten und oben je 3 Lagen aufgebracht. Eine Lage ganz, eine Lage bis ca. 100cm und eine Lage nur ca. 35cm. Die Lagenenden werden jeweils etwas zugespitzt. Im Endleistebereich wird auf die ganze Länge nur eine Lage Glasvliesband oder ein Streifen 49gm² eingelegt. (s. Fig. 2)

Nun wird der Flächenkern auf die untere Beplankung gelegt, genau ausgerichtet und mittels Stecknadeln fixiert. (Achtung, die Nadeln dürfen später den Vakuum-Sack nicht verletzen!)

Auf einem Stück Plasticfolie werden nun 2-3 Glas-Roving mit Harz getränkt und vorne an die Nase des Styrokerns gelegt. Nun wird die Kern-Oberseite mit Harz eingerollt und die oberen 3 Lagen Gewebe sowie das Endleisten-Glasvliesband aufgelegt. Dann wird die obere Apachi-Beplankung aufgelegt, ebenfalls genau ausgerichtet und auch mittels Klebeband und/oder Stecknadeln fixiert.

Als letztes wird auch die Oberschale aufgelegt und ebenfalls mit Klebeband fixiert.

Das ganze Paket wird nun auf einem ebenen Brett in einen Folienschlauch geschoben, beidseitig verschweisst und mit ca. 0,2-0,3mbar vakuiert. (Der Unterdruck darf nicht höher sein, sonst wird der Kern zusammengepresst!)



Beispiel eines Gewebe-Legeplanes für ein Segler mit 428cm Spannweite.

Vakuum-Pressen:

Die sicherste Methode, Styroporkerne mit der Beplankung zu verkleben, ist nach wie vor eine Pressung mittels Vakuum, wobei ein Unterdruck von ca. 0,2 bis 0,3 bar zum sicheren Pressen genügt. Ein grösserer Unterdruck gibt keine bessere Verklebung sondern der Styrokern wird zusammengedrückt!

Wenn wir einen Plasticsack luftdicht verschliessen, dann herrscht innerhalb und ausserhalb des Sacks der gleiche Luftdruck. Der Einfachheit halber rechnen wir mit 1 bar oder 1kg pro cm². Wenn wir nun an diesen Plasticsack ein Vakuum anlegen, also Luft absaugen, dann herrscht innerhalb und ausserhalb des Sacks nicht mehr der gleiche Luftdruck, sondern die ausserhalb liegende Luft drückt auf den Plasticsack und zwar ringsum und überall ganz gleichmässig. Wenn wir die Luft im Plasticsack 100%-ig absaugen könnten, dann würde die ausserhalb liegende Luft nach obigem Beispiel mit einem Druck von 10000kg pro m² auf unseren Sack, resp. auf den Inhalt (Styrokern) drücken. Ein ein Vakuum von ca. 20-30% (0,2 - 0,3 bar) genügen zum Verkleben von Styroflächen jedoch allemal. Es ist wichtig zu verstehen, dass nicht das Vakuum oder die Vakuumpumpe „drückt“, sondern der Druck erfolgt durch die ausserhalb des Sacks liegende Luft, oder anders ausgedrückt, durch den atmosphärische Druck.

Vakuum-Pumpen:

Die Anschaffung einer Vakuum-Pumpe ist nicht gratis. Dafür garantiert sie eine einwandfreie Verklebung und keine Ausschuss-Flächen. Die Grösse der Pumpe (Schöpfleistung) spielt dabei keine Rolle. Mit einer grossen Pumpe und entsprechend grosser Schöpfleistung erreichen wir nur, dass der Plasticsack schneller geleert werden kann. Der wirksame Unterdruck jedoch kann auch



*KNF-86
Laborpumpe mit
Manometer und
Druckreduzier-
ventil.
6L Schöpfleistung*



*KNF-18
Vakuumpumpe
mit 15L
Schöpfleistung*

mit einer kleinen Pumpe erreicht werden, den „drücken“ tut ja nicht die Pumpe sondern der atmosphärische Druck und dem ist es egal, ob ein Plasticsack mit einer grossen oder kleinen Pumpe geleert worden ist.

Verkleben der Beplankung:

Die sicherste und beste Verklebung wird nach wie vor mit Epoxydharz erreicht. Dies ist umso wichtiger, wenn allenfalls unter der Beplankung noch zusätzlich Glasgewebe mit verklebt werden soll. Alle die Versuche, Epoxydharz mit andern Klebstoffen wie Polyurethan-Kleber und ähnlichem zu ersetzen, ergeben wesentlich schwächere Tragflächen, was mit einfachen Belastungstests bis zum Bruch, gut festgestellt werden kann. Wenn zusätzliche Glaslagen eingebracht werden, müssen diese auch in eine entsprechende Matrix eingebettet werden, damit das Glas seine gewünschte Festigkeit zeigen kann. Wenn schon Glas eingebracht wird, dann soll es auch etwas zur Festigkeit beitragen.

Luftdichtes verschweissen von PE-Folien

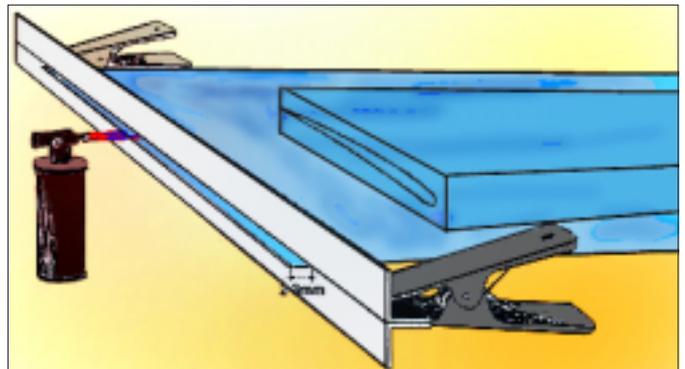
Wenn wir den atmosphärischen Druck für die Herstellung von Modellbauteilen verwenden wollen, müssen wir die Teile in einem luftdichten Vakuum-Sack evakuieren. Das Verfahren eignet sich übrigens auch zum Pressen von Laminaten.

Das luftdichte Verschliessen bereitet jedoch vielen Modellbauern etwelche Mühe.

Alle Versuche mit Klebstoffen, Klebebändern etc. schlagen irgendwann fehl und viele Flächen sind schon in den Mülleimer gewandert, weil während der Aushärtung der Sackverschluss undicht wurde. Viele Flächen montieren aus demselben Grund auch in der Luft ab, was noch ärgerlicher ist.

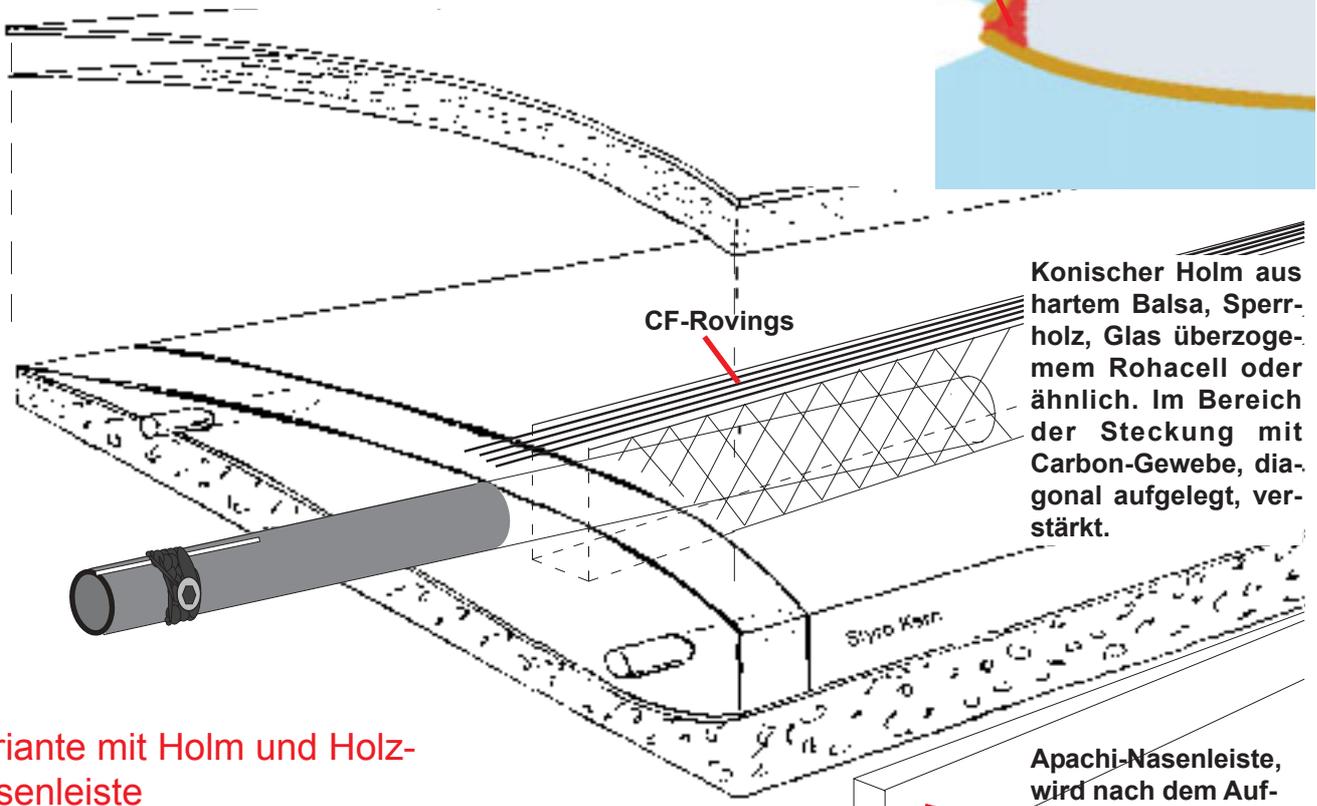
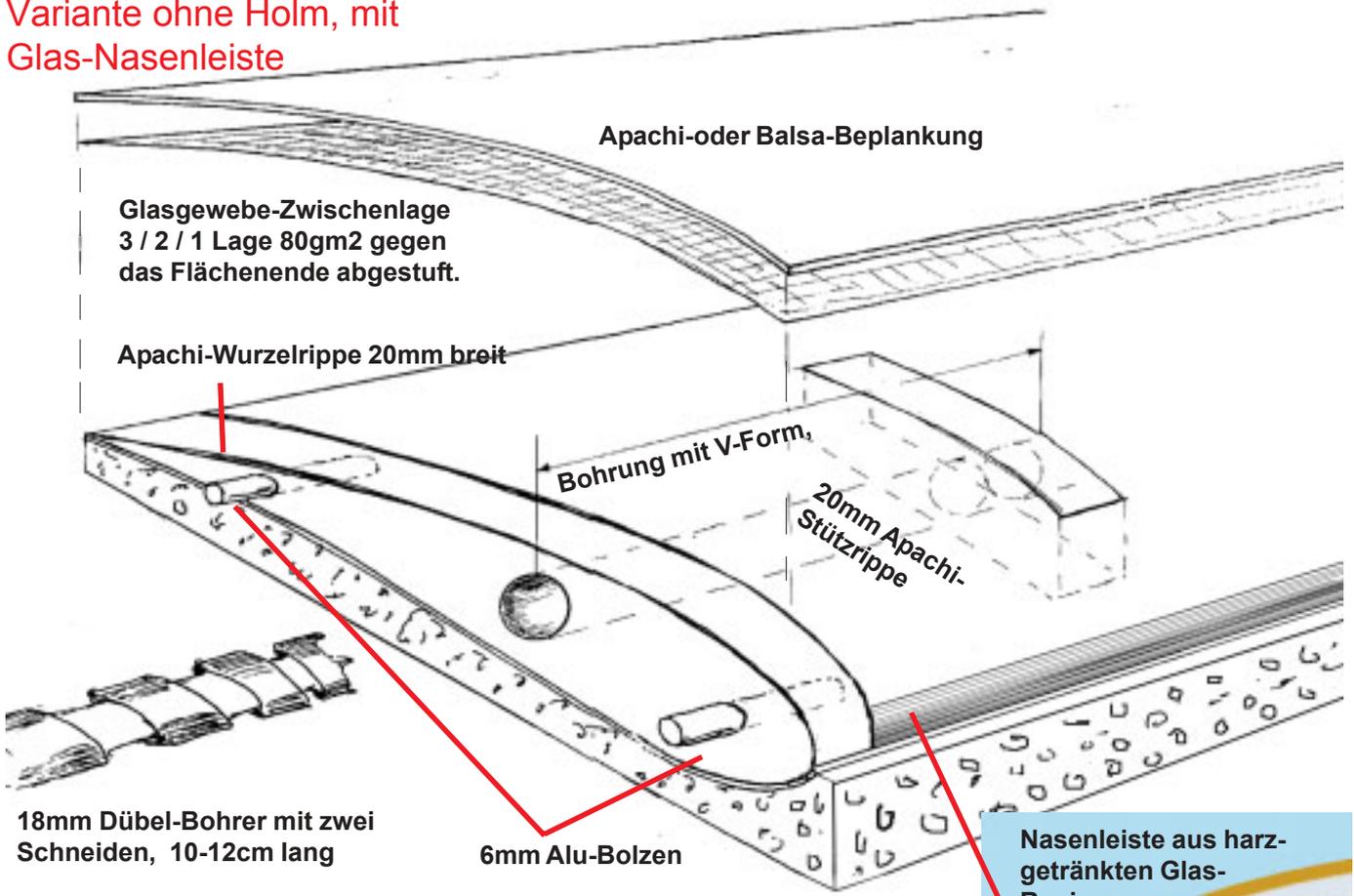
Einen wirklich luftdichten Verschluss, der sich auch nach längerer Zeit nicht löst, ist das Verschweissen. Das ist mit PP- oder PE-Folien (Baufolien) und dem R&G Folienschlauch problemlos auch ohne Schweissgerät möglich. Als Gerätschaft brauchen wir lediglich einen Lötbrenner mit einer kalten Flamme (blaue Flamme) und 2 Aluwinkel, Eisenwinkel oder Notfalls auch Holzplatten. Die zu schweisende Folie wird nun so zwischen die Aluwinkel eingeklemmt, dass noch ca. 2-3mm vorstehen. Dieser Ueberstand wird nun mit der Flamme verschweisst.

Die Aluwinkel dienen lediglich dazu, dass die Flamme von der übrigen Foliensfläche abgehalten wird. (Notfalls geht es auch mit dem Feuerzeug, nur gibt das unschöne, schwarze Schweissnähte!) Mit diesem System können auch grosse Säcke aus normaler Baufolie geschweisst werden!



Schweissvorrichtung zum luftdichten verschweissen von Folienschlauch.

Variante ohne Holm, mit Glas-Nasenleiste



Variante mit Holm und Holz-Nasenleiste

Apachi-Nasenleiste, wird nach dem Aufkleben mit Harz, verschliffen.

Tragflächenaufbau:

Die CFK-Rohrstummeln der Flächenbefestigung werden mit einem Gemisch aus Epoxy und Baumwollflocken eingeklebt.

Am Styrokern werden 20mm abgeschnitten und durch eine 20mm Apachi-Rippe ersetzt. Die Beplankung und Gewebelagen werden dann über die Wurzelrippe geklebt! Die Stützrippe wird ebenfalls aus 20mm Apachi geschnitten.

Der Styrokern wird mit der Nase geschnitten. Am Flächenkern werden anschliessend 1-2mm abgeschliffen und mit harzgetränkten Glas-Rovings aufgefüllt und mit der oberen und unteren Beplankung gleichzeitig verklebt. (Die Rovings separat auf einem Plastic tränken und nass einlegen!) Die Flächen werden anschliessend mit 49gm2 Glas und Epoxy, nach Anleitung Nr. 900.1001 überzogen, geschliffen und lackiert. Der sehr gut getrocknete Lack (eine Woche warten) wird anschliessend mit 1200er nass abgeschliffen und poliert. Das Nass-Schleifen geschieht auf einem normalen, mit Plastik abgedeckten Tisch. Ein Schwamm und ein paar Tropfen Wasser genügen.

Solche Flächen können optisch nicht von einer Schalenfläche unterschieden werden.

Variante mit Holm

Wer einen Holm einbauen will, kann dies selbstverständlich tun. Die Beschaffenheit eines Holms ist abhängig vom Flugstiel, von der Spannweite, der Profildicke und vom Gewicht des Fliegers etc. Die Praxis zeigt aber, dass die meisten Holme überdimensioniert werden. Vermutlich stammt diese „Holmhysterie“ von den F3B Fliegern, welche mit immer stärkeren Winden versuchen, Ihre Modelle bereits beim Start zu zerstören. Ein vorbildähnlicher Segler im 4m Bereich erfährt jedoch nie eine solche Belastung und darf seine Flächen durchaus etwas biegen, die grossen tun es auch. Die Dimensionierung des Holmes ist auch annähernd genau berechenbar. Die Grundlagen dazu sind in der Literatur (z.B. Perseke, FMT 308-9/81, FMT 300-1/81, FMT 277-2/79) zu finden. Wichtig ist die Verwendung eines passenden Profilstraks, damit sich die Flächen bei geringem Anstellwinkel (Schnellflug) nicht verdrehen. Die meisten Flächen die in der Luft zerstört werden, leiden an diesem Uebel und nicht an einem fehlenden Holm. Wenn ein Holm eingesetzt wird, empfiehlt sich ein getrenntes Aufbringen der unteren und oberen Beplankung. Zuerst wird die Unterseite beplankt, dann der Holm eingesetzt und erst dann die obere Beplankung aufgeklebt.

Faustformel für das Dimensionieren eines Balsa/CFK-Holmes. In Anlehnung an die modernen Holmkonstruktionen grosser Segelflugzeuge werden zunehmend auch im Modellbau carbonfaserverstärkte Holme verwendet. Dip.-Ing D. Altenkirch hat für die Dimensionierung, resp. für die Ermittlung der Anzahl Rovings, folgende **Faustformel** entwickelt:

Für den Holm dient eine ca. 10mm breite Balsaleiste, deren Höhe der jeweiligen Profildicke, abzüglich der Dicke der Beplankung und abzüglich ca. 1mm für die CFK-Rovings, entspricht. Der Holm sollte zum Flügelende hin verjüngt werden (also auf ca. 6-8mm Breite auslaufend). Paralell zu dieser Verjüngung sollte die Anzahl der Rovingstränge gegen aussen abgestuft werden. Die errechnete Anzahl ist nur im Wurzelbereich wichtig.

Formel: Anzahl der Rovings (Carbonroving 24K) = $1,5x \frac{\text{Lastvielfaches} \times \text{Modellmasse} \times \text{Spannweite}}{\text{Profilhöhe}}$

Lastvielfaches (n) = 10
 Modellmasse (m) in kg (Fluggewicht des Modells)
 Spannweite (b) in m
 Profilhöhe (h) in mm

Beispiel: Modellmasse = 4.2 kg
 Spannweite = 4.28 m
 Profilhöhe = 31.2 mm
 Lastvielfaches = 10

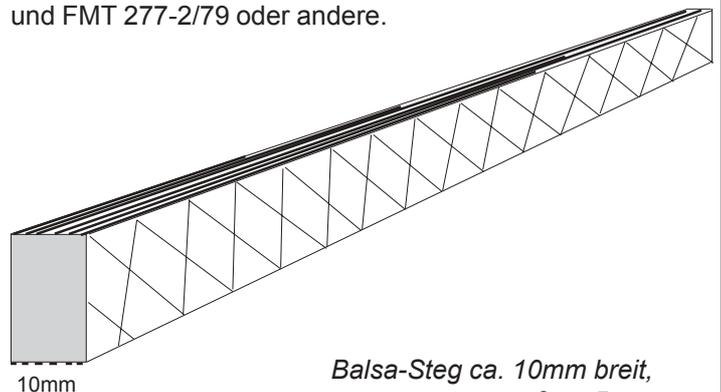
$1,5x \frac{10 \times 4.2 \times 4.28}{31.2} = 8,64$

Ergebnis: Es müssen im Flügelwurzelbereich (aufgerundet) 9 Rovings 24K für den Obergurt und die gleiche Anzahl für den Untergurt verwendet werden, um für das hohe Lastvielfache n = 10 eine ausreichende Festigkeit zu erhalten. Die Zahl für das Lastvielfache kann selbstverständlich dem Modellzweck angepasst werden. 10-12g ist etwa im F3B Bereich. Für ein Normal-Modell würde ein Lastvielfaches von 5g genügen.

Es ist auch zu empfehlen, die stehenden Seitenflächen des Holms mit einem diagonal aufgelegten CFK- oder Glas-Gewebe zu belegen. Am einfachsten macht man dies mit einem ganzen Brett im Vakuumsack und schneidet die Holme erst nachträglich auf Mass.

Wie aus dieser Rechnung ersichtlich, braucht es selbst bei einem Lastvielfachen von 10g, nur ein paar wenige Rovings.

Wer mit dieser Faustformel nicht zufrieden ist und es noch genauer haben möchte, konsultiere bitte die entsprechende Literatur, z.B. Perseke, FMT 308-9/81, FMT 300-1/81 und FMT 277-2/79 oder andere.

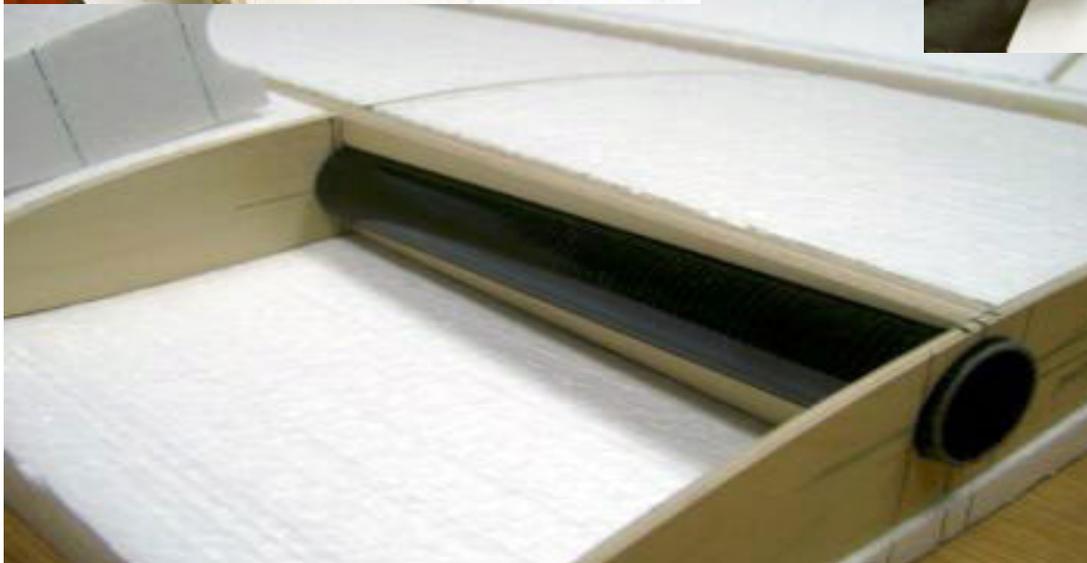


Balsa-Steg ca. 10mm breit, gegen aussen auf ca. 5mm verjüngt.

Hier ein Beispiel eines Holmaufbaus in einer Duo Discus mit 6.7m Spannweite und 16,5kg Gewicht.

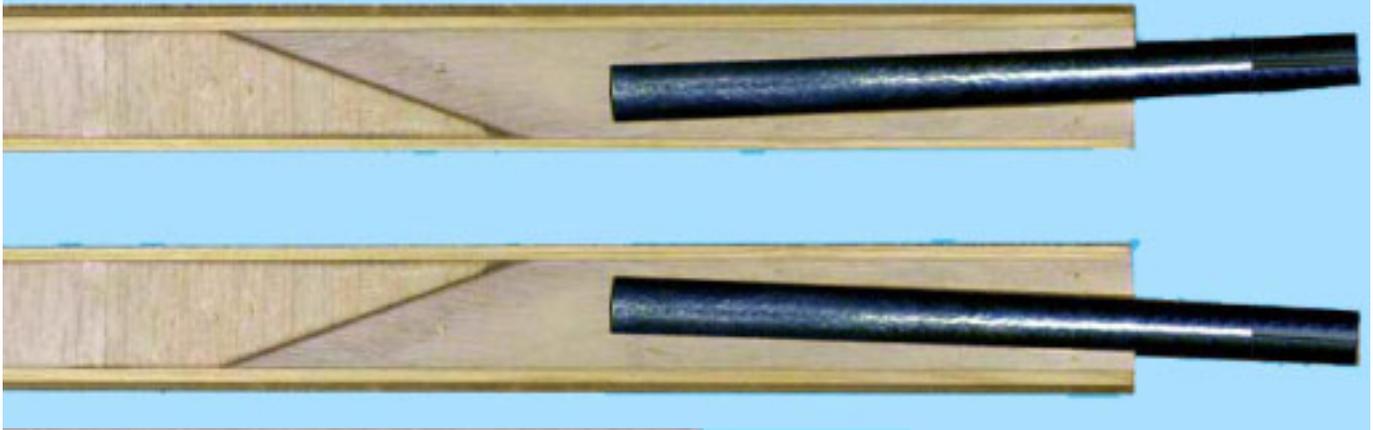
Der Abdruck dieses Beitrags wurde freundlicherweise gestattet von Klaus und Christian Schulze. Weitere Details finden Sie unter <http://www.mfg-suro.de/>

Die Steckung besteht aus einem 25mm GFK-Stab, der in ein CFK-Rohr in der Tragfläche gesteckt wird. Um die geforderte V-Form zu erreichen ist das Rohr ziemlich kurz. Die Kräfte werden vom Rohr an zwei Stützrippen aus Sperrholz und an ein senkrecht stehendes Sperrholz mit 9mm Stärke weitergeleitet.



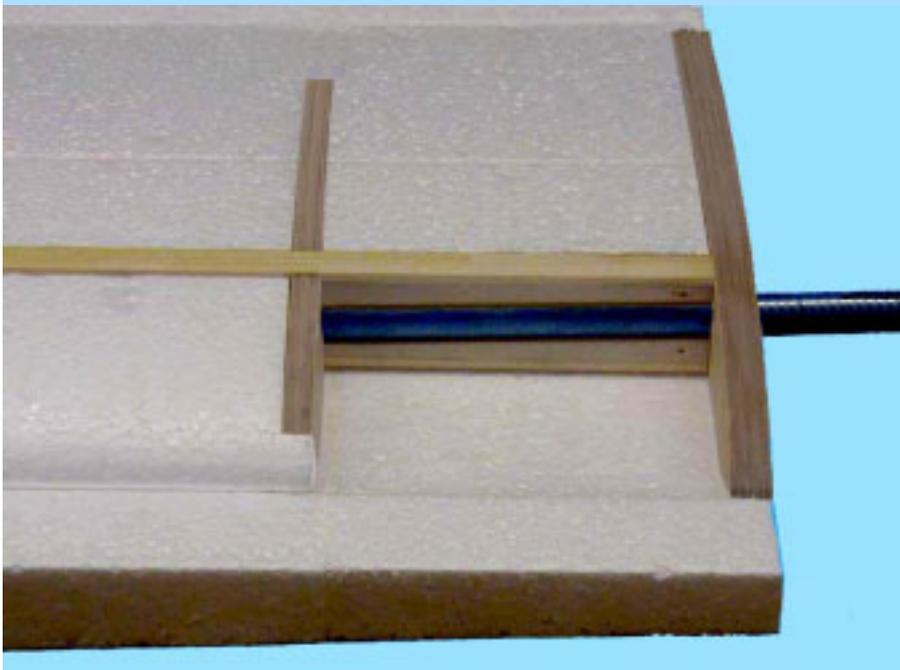
Der Holm besteht aus einem Kern (10mm Balsa), und einer Umhüllung mit einem Carbonschlauch (160 g/m²). Das Prinzip ist angelehnt an die Technik wie sie auch bei F3B-Modellen verwendet wird.

Weitere Variante mit Holm und Stützrippe



Der Holm besteht aus stehendem Balsa und im Wurzelrippenbereich aus Sperrholz. Als Gurte werden Kiefernleisten verwendet. Diese können auch mit CFK-Rovings verstärkt werden oder es kann auf die Kiefernholme, unter der Beplankung, ein CFK-Band UD aufgelegt werden.

Beachten Sie die Dicke der Stützrippen. Das ist wichtig und wird oft vernachlässigt. In der Regel verwenden wir nur leichtestes Apachi-Holz, dafür aber in 20mm Stärke!



Auf diesem Bild sind die beiden Führungsstifte für die „schwimmende“ Aufhängung bereits eingebaut.

