

High-Tech Eigenbau

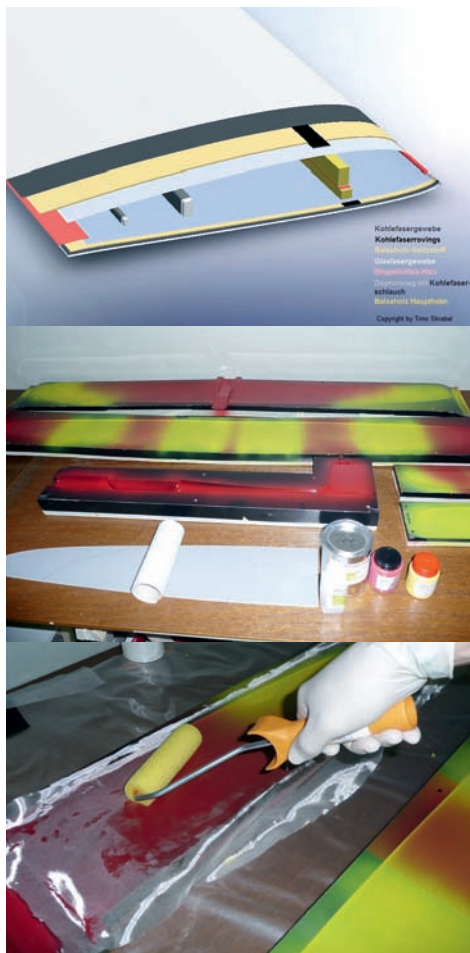
Der Bau einer F5D-Tragfläche

Im F5D-Wettbewerbseinsatz sind die Tragflächen extremen Belastungen ausgesetzt – beispielsweise bei einer Wende mit knapp 300 km/h. Damit die Tragfläche des F5D-Modells dies aushält und dennoch ein erträgliches Gewicht hat, wird sie in Schalenbauweise gebaut. Um nun ein F5D-Modell zu erhalten, gibt es nur zwei Möglichkeiten: Entweder man kauft sich ein Modell, was möglicherweise nicht ganz dem entspricht was man möchte und zudem sehr teuer ist, oder man baut eben selbst. Für Letzteres habe ich mich entschieden, da mich die Bautechnik schon immer gereizt hat. Zu Beginn steht man förmlich vor dem großen Nichts. Am besten ist es, wenn man jemanden kennt, der schon etwas Erfahrung hat und Tipps geben kann. Gerade bei der Gewebe- und Holmstegauswahl ist es sehr vorteilhaft auf Erfahrungswerte zurückgreifen zu können. Als Modell habe ich mich für den „Batleth“ von der AKA-Modell München entschieden. Hier kann man sich das Urmodell leihen und sich eine Form daraus ziehen. Ich bekam Hilfe von einem Kollegen, der mich mit den nötigen Infos versorgte. Auch habe ich mich viel im Internet über verschiedene Bauweisen informiert. Zudem erfordert die Laminieretechnik viel spezielles Werkzeug, wie Vakuumpumpe, Kevlarschere, viele Pinsel und Schaumrollen.

Der Aufbau des „Batleth“ wird aus Außenlage, Stützstoff, Innenlage und Stege erstellt. Die Außenlage besteht aus 25-g/qm-Glasfasergewebe, damit die Oberfläche schön glatt wird, und aus 93-g/qm-Kohlefasergewebe mit 45°-Faserverlauf, was die Torsionssteifigkeit der Fläche bewirkt. Ein 0,6-mm-Balsabrett als Stützstoff bewirkt große Stabilität bei geringem Gewicht. Die Innenlage besteht aus dem Gurt aus Kohlefaserroving, der zusammen mit dem Balsaholmsteg für die Biegebelastung zuständig ist. In der Innenlage liegt wieder 25-g/qm-Glasfasergewebe, auf das dann die Stege aus Balsaholz oder Depron im Kohlefaserschlauch geklebt werden. Wichtig bei der Laminierarbeit ist die gute Vorbereitung: Ist alles schön sauber vorbereitet vermeidet man Stress beim Bau und somit auch dadurch entstehende Fehler.

Ist die Form gewachst und poliert, so kann man mit dem Äußersten des Modells beginnen, der Farbe. Ich habe mich für das UP-Vorgelat entschieden, das für die Spritzverarbeitung mit Aceton verdünnt lackiert werden kann. Doch vor dem Lackieren ist es sinnvoll, den Rand der Form, der ja später keine Farbe braucht, mit Klebeband abzukleben. So spart man sich später das Säubern der Form. Als Schablone habe ich Maskierfilm benutzt. Es ist daran zu denken, dass man zuerst dunkle Farben lackieren sollte, da alles spiegelverkehrt ist und sonst die dunkle Farbe hinter der hellen hervorscheint. Wenn alles schön flächendeckend lackiert ist, lässt man die Form in einem nicht allzu kalten Raum (über 15°C) trocknen. Der Vorteil beim UP-Vorgelat ist, dass man gleich Tragfläche, Rumpf und Leitwerk lackieren, und diese dann zu unterschiedlichen Zeitpunkten bauen kann. Bei Verwendung einer Lack-Sprühdose muss man nach ziemlich genau sechs Stunden die Außenlage einlegen – das entfällt hier.

Für die Außenlage werden vier Stücke 93-er Kohle unter 45° mit einer Schablone großzügig abgeschnit-



ten. Damit das Gewebe sich nicht verzieht und nicht ausfranst, wird beim groben Zuschneiden Malertape auf die Schnittfläche geklebt und dieses dann mittig durchgeschnitten. Das 25-er Glasgewebe wird grob auf Formgröße gebracht. Auch der Stützstoff aus 0,6-mm-Balsaholz kann nun zugeschnitten werden. Damit später für das Verkleben auch eine gute Verbindung zwischen Ober- und Unterschale gewährleistet ist, wird der Stützstoff an der Nasenleiste circa 1,5 Millimeter kürzer geschnitten. Um später nicht in Stress zu geraten, wird auch gleich das Abreißgewebe für die Außenlage gefertigt und der Vakuumsack an einem Ende mit Dichtband aus dem KFZ-Bereich geschlossen und passend abgeschnitten. Damit sich das 25-er Glasgewebe später auch sauber in die Nasenleiste legen kann, wird dort mit etwas eingedicktem Harz die Formkante geglättet. Dann wird die Tragfläche mit einer Schaumstoffwalze leicht mit Harz eingerollert und das Glas in die Form sauber eingelegt. Nun wird das Glasgewebe mit der Schaumwalze festgerollert und anschließend mit einem Küchenpapier abgetupft, bis kein überschüssiges Harz mehr auf dem Glasfasergewebe liegt. Dies erkennt man, wenn das Glasfasergewebe gleichmäßig matt wird.

Beim „Batleth“ gibt es noch eine Rumpfanpassung auf der oberen Flächenform, die mit einem Streifen 25-er Glasfaser auslaminieren wird. Nun ist das grob zugeschnittene Kohlefasergewebe an der Reihe. Dazu legt man sich eine Folie aus, rollert diese leicht mit

Der Aufbau des Flügels in grafischer Darstellung • Gut vorbereitet ist schon halb laminiert • Ist die Form gewachsen und poliert, so wird mit dem Einlackieren der Formen begonnen • Das Einlegen des Kohlelegewebes • Das Glasfasergewebe wird mit der Rolle mit Harz getränkt • Das eingelegte Kohlefasergewebe wird ausgerollt...

Harz ein und legt darauf das Kohlefasergewebe. Dieses wird nun mit der feinen Schaumwalze getränkt. Vollständig getränkt ist das Gewebe, wenn man von unten auf die Folie schaut und das Gewebe tief-schwarz ist. Ist dies der Fall, wird eine zweite Folie auf das Gewebe aufgelegt, damit man die Schablone nicht verschmutzt. Jetzt wird die Schablone für die Fläche aufgelegt und das Kohlefasergewebe bündig der Nasenleiste abgeschnitten. Die Endleiste wird mit etwas Übermaß abgeschnitten. So erhält man ein Folie/Kohlefasergewebe/Folie-Sandwich. Damit die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fäden geschlossen werden, wird nun mit einer harten Plastikrolle oder einem alten Nudelholz das Gewebe ausgewalzt. Das bringt viele Vorteile mit sich: zum Ersten werden die Fäden gerader und somit die Tragfläche stabiler. Zum Zweiten gibt es keine Zwischenräume, in denen sich Harz ansammeln könnte, was eine Gewichtersparnis bewirkt. Drittens wird die Oberfläche schön glatt. Ist das Gewebe nun geschnitten und gewalzt, kann die oberste Folie abgezogen werden.

Nun sollte man zu Zweit weiterarbeiten. Das Kohlefasergewebe wird mit der Folie nach oben in die Form eingelegt. Besonders aufmerksam sollte man dabei auf die Nasenleiste achten, dass dort alles schön bündig mit der Formkante ist. Je genauer man hier arbeitet, umso weniger Arbeit hat man später beim Verkleben der beiden Flächenhälften. Liegt das Kohlefasergewebe sauber in der Form, kann man es mit einer weichen Plastikrolle festrollern. Nun wird die obere Folie in einem spitzen Winkel abgezogen oder abgerollt. Jetzt wird wieder das überschüssige Harz mit Küchenpapier abgetupft, bis das Gewebe leicht matt wird. Auch hier muss beim „Batleth“ diese Rumpfanpassungshutze mit einer Lage Kohlefasergewebe sauber in der Form, kann man es mit einer weichen Plastikrolle festrollern. Nun wird die obere Folie in einem spitzen Winkel abgezogen oder abgerollt. Jetzt wird wieder das überschüssige Harz mit Küchenpapier abgetupft, bis das Gewebe leicht matt wird. Auch hier muss beim „Batleth“ diese Rumpfanpassungshutze mit einer Lage Kohlefasergewebe sauber in der Form, kann man es mit einer weichen Plastikrolle festrollern.

...und schließlich sorgfältig abgetupft · Links die Außenlage Glas, rechts die Außenlage Glas plus Kohlegewebe · Der Stützstoff wird an der Endleiste auf Null geschliffen · Für das Einlegen des Holmgurtes wird der Stützstoff ausgekratzt · Die getränkten Rovings für den Holmgurt sind eingelegt · Der Spalt im Stützstoff zum Verkleben der beiden Halbschalen.

minierte, wo später das Ruderscharnier sitzen soll. Damit dieser Kevlarstreifen sich später bei Belastung nicht selbst delaminiert, wird ein Sicherheitsstreifen aus Glasfaser mit etwas Übermaß darüber laminiert. Nun kann der Stützstoff mit dem Abstand von 1,5 Millimetern zur Nasenleiste eingelegt werden. Damit dieser später beim Vakuumieren nicht verrutschen kann, wird er mit Malertape an der Form fixiert. Anschließend wird zuerst ein schmaler Streifen Abreißgewebe in die Hutze gelegt und mit Papiertaschentüchern darüber aufgefüllt, damit der Vakuumdruck auch auf die Hutze übergeht. Jetzt wird das schon zuvor zugeschnittene Abreißgewebe auf die vier Flächenteile gelegt und wiederum mit Malertape fixiert. Nun ist die Tragfläche fertig für den Vakuumsack.

Die beiden Tragflächenhälften kommen zusammen in den Vakuumsack. Dieser wird dann mit Dichtband verschlossen und mit einer Vakuumpumpe abgesaugt. Beim Absaugen kann man nochmals darauf achten, dass an der Rumpfanpassungshutze genügend Druck anliegt. Nun muss die Außenlage mindestens 24 Stunden im Vakuum aushärten.

Während der Baupause ist es vorteilhaft, die jeweils folgenden Bauschritte vorzubereiten. Benötigt wird wieder eine Lage Glasfasergewebe und die Kohlefaservovings für den Holmgurt, die man gleich zuschneiden kann. Die Rovings werden nicht alle gleich lang, sondern sind nach außen hin abgestuft. Je nach Modellverwendung ist diese Abstufung unterschiedlich. Ist alles soweit vorbereitet, kann man die beiden Formhälften aus dem Vakuumsack holen. Als Erstes wird die äußerste Lage Abreißgewebe in einem spitzen Winkel vorsichtig abgezogen. Es ist darauf zu achten, dass man beim Entfernen des Abreißgewebes nicht schon das Bauteil entformt. Dieser Fehler ist mir leider am Flächenende unterlaufen, dadurch konnte beim späteren Verkleben der Halbschalen etwas Harz unter die Tragfläche gelangen, was zu einer unsaubereren Oberfläche geführt hat.

Nach dem Entfernen des Abreißgewebes muss nun das überstehende Glasfasergewebe und eventuell Kohlefasergewebe an der Nasenleiste bündig abgeschnitten werden. Dies gelingt recht einfach mit einer Cutterklinge. Damit die Fläche eine ordentliche Endleiste bekommt, muss der Balsastützstoff an der Endleiste der Form auf Null ausgeschliffen werden. Um das sauber zu gewährleisten, nimmt man sich am besten ein Holzschleifbrettchen, auf dem nur halbseitig Schleifpapier aufgetragen wird. Auf der anderen Seite wird das Schleifpapier mit der rauen Seite nach unten festgeklebt. Nun wird das Brett so an die Flächenform gelegt, dass die „glatte“ Seite an der vorderen Formkante anliegt und der rauhe Teil des Balsaholzes schleifen kann. So wird das Balsaholz sauber der Endleiste bündig geschliffen, ohne die Form zu beschädigen. Ist dies bewerkstelligt, werden die Aussparungen für die Rovings des Holmgurtes ausgekratzt. Dazu eignen sich angeschliffene Schlitzschraubenzieher verschiedener Größen hervorragend.

Nun kann wieder Harz angerührt werden, um die Rovings zu tränken. Die zuvor zugeschnittenen Rovings werden auf einer Folie einzeln mit einem Pinsel getränkt. Damit die Fasern der Rovings gerade werden und gut durchtränkt sind, werden sie vorerst mit einer harten Plastikrolle ausgepresst. Um überschüssiges Harz abzufangen, legt man die Rovings vor dem Einlegen in die Form zwischen zwei Lagen Toilettenpapier und walzt diese nun mit einem weichen Gummiroller aus. Bevor jedoch die Rovings von lang nach kurz eingelegt werden können, muss der Ausschnitt mit etwas Harz eingestrichen werden, um eine feste Verbindung zu erhalten. Anschließend werden die Rovings leicht mit einem Balsaklötzchen angepresst. Nun kann die Glasfaser-Innenlage auf einer



Folie getränkt werden und dann, wie beim Kohlefasergerewebe der Außenlage, der Nasenleiste bündig abgeschnitten, eingelegt und leicht angerollert werden. Um überschüssiges Harz aus dem Holmgurt und der Glasfaser-Innenlage zu bekommen, wird wieder das Abreißgewebe aufgelegt und befestigt. Da das Abreißgewebe nicht allzu sehr saugfähig ist, werden darüber noch einige Lagen Toilettenpapier gelegt. Besonders über den Rovings des Holmgurtes sollte viel Toilettenpapier liegen, da dort das meiste überschüssige Harz ist. Damit nichts verrutscht, wird auch das Toilettenpapier mit Malertape fixiert. Nun wandern die beiden Formhälften wieder für 24 Stunden in den Vakuumsack. Beim Absaugen sollte man nochmals darauf achten, dass am Holmgurt genügend Druck anliegt. Dies ist möglich, indem man mit einem Balsaklötzchen nochmals im vakuierten Zustand das Klopapier fest andrückt.

In der Zwischenzeit können die Stege vorbereitet werden. Die Hilfs- und Klappenstege werden aus Depron ausgeschnitten und mit einem Kohlefaser-schlauch überzogen. Der Hauptholmsteg kann auf verschiedene Weise gebaut werden. Ich habe mich für eine sehr einfache und sichere Lösung entschieden. Der Nachteil dieser Methode ist, dass der Holmsteg relativ schwer wird. Zwei Balsaholzstege, die über die Trennebene (Formkante) herausragen, werden mit Baumwollflocken eingedicktem Harz in die obere und untere Schale eingeklebt. Anschließend werden diese wie schon zuvor beim Stützstoff der Trennebene bündig geschliffen. Zur Überprüfung der Höhe kann mit einem Stahllineal oder Winkel an der Formvorderkante und Hinterkante gemessen werden. Ist der Holm bündig mit der Trennebene, werden noch circa 0,5 Millimeter für die Verklebung weg geschliffen. Danach sollte dringend überprüft werden, ob die Formhälften aufeinander passen, ohne dass die beiden Steghälften aufeinander aufliegen, da der Holmsteg sich sonst nach dem Entformen abdrücken würde. Nun werden noch die Ausschnitte für den Klappensteg und den Hilfssteg im Stützstoff gemacht und um den Ausschnitt kleine Depron dreiecke eingeklebt, die das Verrutschen der Stege beim zusammenführen der Flächenhälften verhindern. Nun ist die Tragfläche komplett um die Form zu schließen. Bevor man jedoch anfängt das Harz anzurühren, sollte man nach genügend Schraubzwingen und Unterlagsbretchen suchen.

Die mit Kohlefaser ummantelten Depronstege werden getränkt und eingelegt. Anschließend wird eine

große Menge eingedicktes Harz in eine Spritztüte gefüllt und damit an der gesamten Nasen und Endleiste eine Harzmumpe aufgetragen. Auch auf die Stege und die Flächenbefestigungslöcher wird eine Harzmumpe aufgetragen. Damit der Zwischenraum zwischen Hilfsholm und Klappenholm frei für die Dichtlippe aus Tesa und frei für das Ruder bleibt, wird hier noch ein Depronstreifen eingelegt, um eindringendes Harz abzuhalten. Ist die Mumpe überall aufgetragen, können die Pass-Stifte in die Form eingedrückt werden und die obere auf die untere Formhälfte gelegt werden. Hierzu ist es vorteilhaft mit einem Helfer zusammenzuarbeiten. Nun kann die Form endgültig mit Schraubzwingen und Unterleghölzern richtig fest verpresst werden. Diesmal lässt man die Form meist zwei bis drei Tage ruhen.

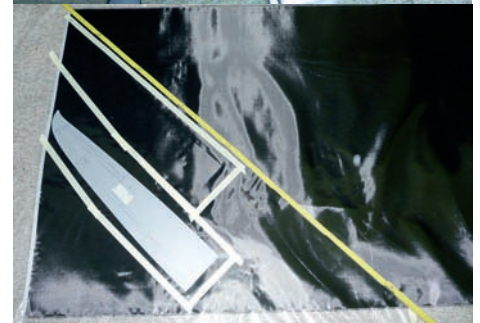
Vor dem Öffnen der Form müssen als Erstes die Passstifte entfernt werden. Danach kann mit kleinen Holzkeilen die Form aufgedrückt werden. Meist bleibt die Tragfläche dabei in einer der beiden Formhälften hängen, kann aber dann auch vorsichtig herausgeholt werden. Nach dem Entformen sollte man die Fläche auch noch etwas in wärmerer Umgebung aushärten lassen. Danach ist sie komplett zum Säumen der Nasen- und Endleiste und zum Komponenteneinbau.

Es gibt natürlich noch viele weitere Möglichkeiten eine Tragfläche aufzubauen. Je nach Verwendungszweck ändern sich die Bauweise, die Ausführung der Stege, das Material und die Menge. Viele interessante Tipps und Informationen dazu findet man auch auf der Internetseite des deutschen F5B-Teams (www.f5b.de).

Marcel Petrasch

Grundausrüstung

- Microverzahnte Kevlarschere
- viele Pinsel
- viele Malerschaumrollen
- eine genaue Waage
- Pappbecher
- harte und weiche Plastikrollen
- Vakuumsystem mit Pumpe, Schlauch und Dichtband
- Rollmesser
- harte Plastikfolie (zum Gewebe tränken, schneiden einlegen und auswalzen)
- viel Toilettenpapier, Küchentücher, Papiertaschentücher
- Gummihandschuhe
- Rührstäbchen



Die beiden Tragflächenhälften kommen zusammen in den Vakuumsack. Dieser wird dann mit Dichtband verschlossen und mit einer Pumpe abgesaugt • Frisch entformt und schon mal grob zugeschnitten – der Erbauer kann stolz sein • Das Zuschneiden des Kohlefasergerewebes im 45-Grad-Winkel. Damit das Gewebe sich nicht verzieht oder ausfranst, wird Malertape auf die Schnittfläche geklebt und dann mittig durchgeschnitten.