

**MODELLFLIEGER-
GLAS- ODER
CARBON-FAHRWERKE
SELBER BAUEN!**



suter-kunststoffe ag
swiss-composite.ch

CH-3312 Fraubrunnen 031 763 60 60 Fax 031 763 60 61
www.swiss-composite.ch info@swiss-composite.ch

Flugmodell- GFK-CFK Fahrwerke selber bauen

Die Herstellung eines Fahrwerks für Flugmodelle ist grundsätzlich sehr einfach, geht es doch nur darum, eine gebogene Platte herzustellen, wie das ja beim Abbiegen von Alublech auch gemacht wird.

Wie immer, liegt der Teufel aber im Detail. Für welches Modell und vorallem Modellgewicht ist das Fahrwerk vorgesehen! Das ist bestimmend für die Dimensionierung der Form, der Dicke und auch für die Auswahl des zu verwendenden Materials und der Bauweise wie GFK (Glas), CFK (Carbon) oder ein Sandwich mit einem dieser Materialien und einem Stützstoff als Kernlage.

Das sind Fragen, die wir hier nicht abschliessend beantworten können. Da hilft vorallem etwas nach links und rechts zu schielen um zu schauen, was die Kollegen bei ähnlichen Modellen einsetzen. Was nun folgt ist Versuch und Irrtum und etwa nach dem dritten Versuchsmuster hat man „den Griff und das Gespür“ für die annähernde Bestimmung und Dimensionierung.

Was wir immer brauchen ist eine Form, aber auch da gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die Form sollte immer breiter sein, als das fertige Fahrwerk. Die letztendliche Form wird in der Regel erst nachträglich zugeschnitten und geschliffen. Dabei hilft es, wenn die endgültige Form bereits in der Laminierform eingeritzt wird, insofern diese überhaupt schon bekannt ist.

Für die Herstellung der Form eignet sich z.B. ein Stück Holz, das auf der Bandsäge in die Fahrwerks-Form geschnitten wird. Am besten eignen sich dazu MDF- oder auch andere Spanplatten. Diese werden bis zur gewünschten Dicke, resp. Fahrwerksbreite zusammengeklebt und dann zugeschnitten. Die Schnittfläche wird dann geschliffen und versiegelt, einerseits durch Aufkleben eines Kunstharzblattes oder durch aufbringen eines Glaslaminats mit Epoxydharz. Es ist aber auch möglich, ein Blech in die richtige Form abbiegen zu lassen u.s.w.

Dem fertigen Fahrwerk ist es ziemlich egal, wie die ursprüngliche Form hergestellt wurde.

Diese Form wird nun mit dem geeigneten Verstärkungsmaterial belegt und nach der Härtung wird das Formteil genau auf die gewünschte Kontur besäumt.

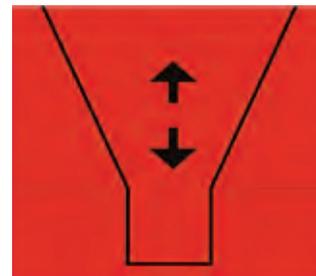
Was ist das „geeignete“ Verstärkungsmaterial?

In der Regel werden solche Fahrwerke aus Glasfasern hergestellt. Dazu legt man (nach gründlichem Wachsen der Form) eine bis zwei Lagen Glasgewebe, dann ein paar Lagen UD-Glasgewebe- oder UD-Glasgewebebänder (UD = Unidirektional, also Fasergebilde mit Fasern nur in einer Richtung) mit der Faserrichtung laut Pfeil in obiger Skizze. Es ist aber auch möglich, entsprechend Rovings aufzulegen. Darauf folgen wiederum eine bis zwei Lagen Glasgewebe wie zuvor.

So hergestellt, ergibt das bereits ein brauchbares Fahrwerk. Was noch etwas leidet, ist die Optik, da ja nur eine Seite glatt auf der Form aufliegt. Die andere, meist sichtbare Seite, muss halt etwas geschliffen und möglicherweise lackiert werden. Um das zu verhindern, empfiehlt sich eine Gegenform, mit wel-



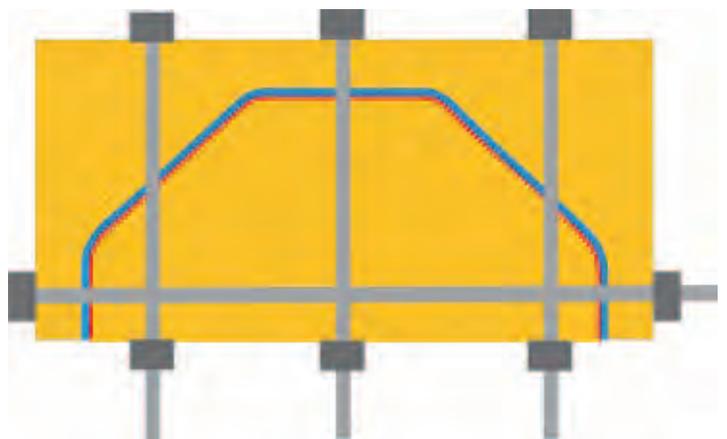
Wichtig sind die Ausrundungen. Es sollten nie scharfe Kanten vorhanden sein. Je grösser der Radius je besser.



Seitenansicht mit eingeritzter Fahrwerksform

cher das Laminat auf den Formklotz gepresst werden kann. Die Herstellung dieser Gegenform oder Pressform geschieht grundsätzlich gleich wie die der Urform, nur muss hier die Dicke des Laminats berücksichtigt werden. Solche massiven Formklötze können dann mehr oder weniger problemlos mit Schraubzwingen gepresst werden.

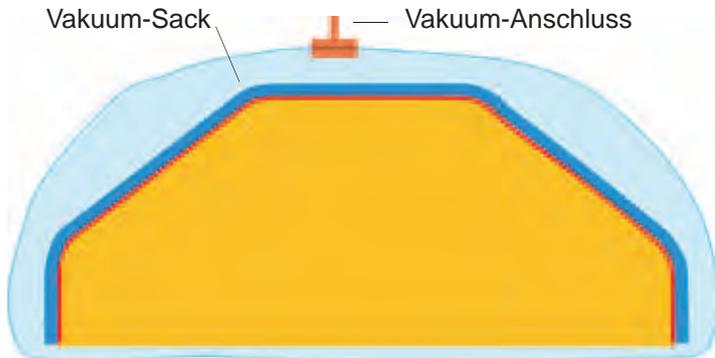
Damit das Laminat, also das laminierte Fahrwerk, von der Form und der Gegenform getrennt werden kann, müssen beide Teile gut mit Trennmittel behandelt werden oder aber man arbeitet mit einer dazwischen gelegten Trennfolien, ev. auch mit zusätzlich aufgelegtem Abreissgewebe.



Hier wird die Form und die Gegenform mittels Schraubzwingen gepresst.

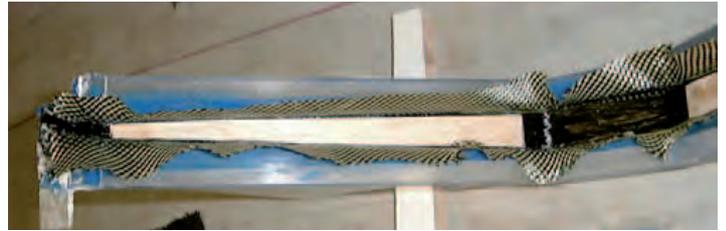
Vakuum

Eine ganz andere Methode ist das Pressen mittels Vakuum in einem Vakuum-Sack. Hier können die Formen wesentlich einfacher gebaut werden, da ja der atmosphärische Druck allseitig gleich ist und demnach auch keine so massiven Formen nötig sind. Als Form kann da z.B. auch nur ein abgebogenes Blech dienen.

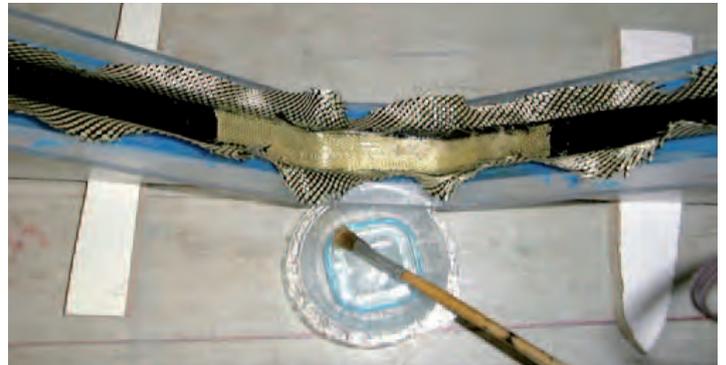


Eine weitere Möglichkeit ist die, dass mit einer eigentlichen Form und entsprechender Gegenform gearbeitet wird. Hier ist also bereits in der Negativform die endgültige Form des Fahrwerks eingearbeitet und die Gegenform presst das Gewebe und allfällige Rovings in diese Form. Das hat den Vorteil, dass nachträglich nicht mehr besäumt und versäubert werden muss und bei richtigem Formenbau beide Seiten absolut sauber und lunkerfrei sind. Das ist vor allem wichtig, wenn Sicht-Carbon-Fahrwerke hergestellt werden sollen.

Die folgenden Bilder schildern den Vorgang einer möglichen Arbeitsweise für ein möglichst leichtes Fahrwerk.



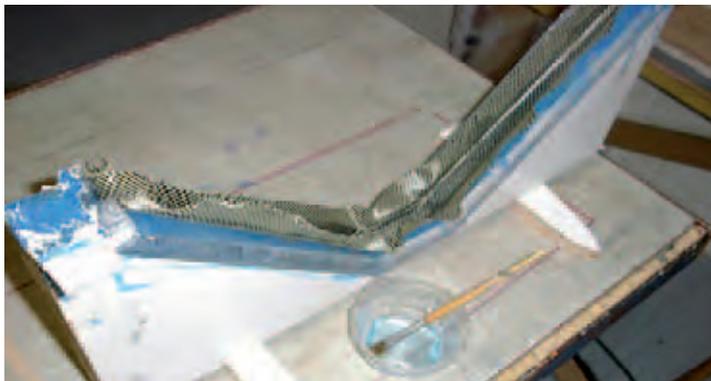
Balsa wird als Stützstoff/Sandwichkern, eingelegt



Auf den Stützstoff werden erneut die gleichen Gewebelagen symmetrisch aufgelegt



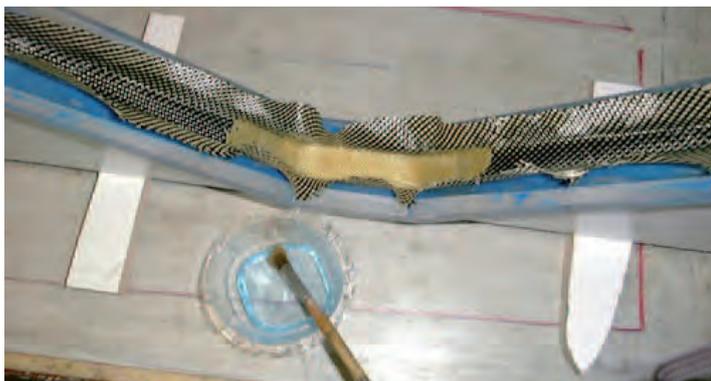
Ganz wichtig - das Label mit einlegen!



Eine Hybridgewebelage wird in die Form eingelegt und reichlich durchtränkt



Vakuum anlegen oder allenfalls mit Gegenform pressen.



Am richtigen Ort werden Verstärkungen eingelegt



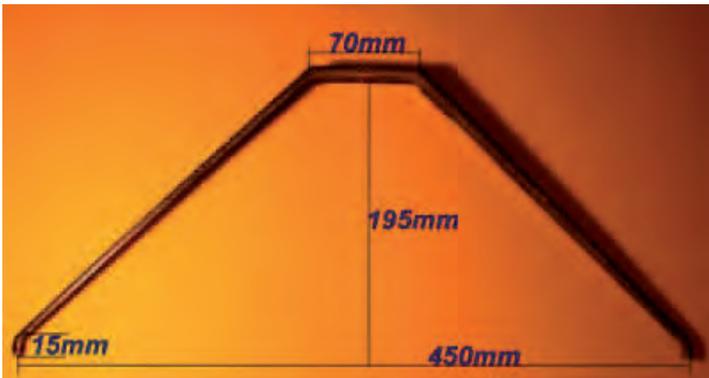
Bei der Vakuum-Methode Abreissgewebe und Saugvlies nicht vergessen!



Formenrand mit Acrylat abspritzen und Absaugfolie auflegen.



Fertige Fahrwerke mit professionellem Finish!



Mögliche Geometrie eines Fahrwerks.

Bilder mit freundlicher Genehmigung von <http://www.jw-air.de/funflyerfahrwerk.htm>

Materialfrage:

Selbstverständlich kann als Stützstoff auch Rohacell, Herex-Schaum o.ä. verwendet werden, er kann aber auch kompl. weggelassen werden.

Glas- oder Carbon?

Das ist abhängig vom Gewicht des Modells und vielen anderen Faktoren. Grundsätzlich eignet sich für federnde Elemente Glas besser. Wenn Carbon verwendet werden soll, z.B. bei Slowflyern u.ä. dann sicher keine HM-Faser sondern eine „Normale“ HTA / T300 mit einem E-Modul von 235 und einer Bruchdehnung von 1,61%.

Sandwichaufbau:

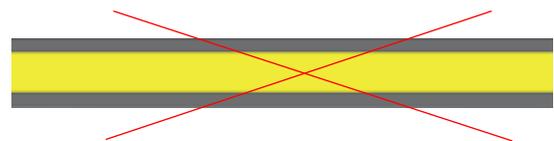
Auf den ersten Blick erscheint es erstmal abwegig, eine federnde Fahrwerksschwinge aus einem steifen Material (CFK) zu bauen. Aber die Steifigkeit eines Bauteils ist ja nicht nur Materialabhängig sondern auch von seiner Geometrie.

Bei der Biegesteifigkeit einer Sandwichplatte hat die Dicke des Sandwichs den größten Einfluss, denn die Biegesteifigkeit nimmt mit dem Quadrat der Dicke zu. Das Verhältnis der Steifigkeit von UD-GfK und UD-CfK (HT) ist etwa 3.

Eine Verdoppelung der Schaumdicke bringt hingegen schon die 4-fache Biegesteifigkeit und GfK ist bei gleichem Flächen-gewicht des Gewebes sogar leichter (weniger Harzverbrauch) und hat gegenüber CfK eine ca. 3-fach höhere Bruchdehnung. Das heisst, dass ein GfK-Fahrwerk auch härtere Landungen wegstecken würde als ein gleich schweres und gleich steifes CfK-Fahrwerk.

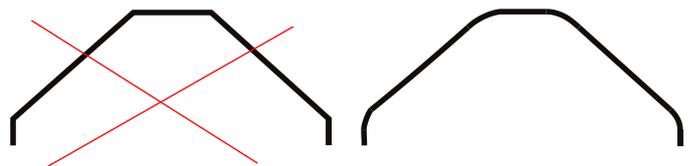
Das Ganze gilt natürlich nur für Sandwichkonstruktionen, bei denen man quasi ohne Mehrgewicht die Bauteildicke variieren kann.

Die Kanten des Sandwichs sollten auf keinen Fall offen bleiben, sonst wird sich von den Rändern her früher oder später das Laminat vom Schaum trennen. Also sollte man auf jeden Fall einen Gewebeschlauch über die Fahrwerksschwinge ziehen oder den Sandwich-Kern nicht bis an den Fahrwerksrand laufen lassen!



Schnitt durch ein richtig gebautes Sandwich-Fahrwerk

Das andere Problem sind Knicke in den Fahrwerksbü-geln. Je schärfer solche Knicke sind, desto früher wird sich auch hier das Laminat vom Schaum trennen. Wenn man keinen weiteren Zwängen unterworfen ist, sollte man also grosse Rundungen vorsehen (egal ob Sandwich oder Vollmaterial).



Für leichte Fahrwerke ist die GfK-Variante mit dickerem Schaum vorzuziehen. Neben grösserer zu erwartender Robustheit hat diese Lösung auch den Vorteil, dass wegen der grösseren durch den Gewebeschlauch umschlos-senen Fläche die Torsionssteifigkeit des Fahrwerksbü-gels zunimmt.

Radachsen, Befestigungslöcher etc.

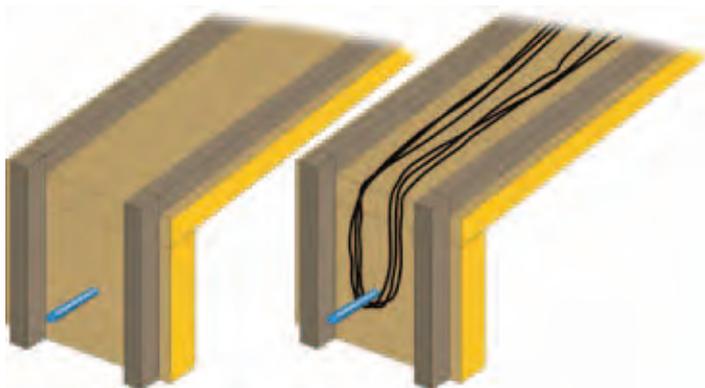
Normalerweise werden bei Faserverbund-Fahrwerken für die Befestigung der Radachsen, für die Befestigung am Rumpf etc. einfach Löcher gebohrt, genau gleich, wie man das bei Metallfahrwerken ebenfalls machen würde.

Das ist bei Faserverbundbauteilen grundsätzlich falsch, denn hier werden die Endlosfäden (Gewebefäden oder Rovings) durchbohrt und dadurch das Bauteil exakt an der höchstbelasteten Stelle stark geschwächt.

Eine wesentlich elegantere Methode ist die, dass man die Löcher bereits beim Formenbau und beim Laminieren mit „einbaut“. Bei der Radachse z.B. kann man in der Form einen Dorn mit dem richtigen Durchmesser in die Form stecken und dann das Gewebe, ohne die Fäden zu verletzen, über diesen Dorn stülpen. Rovings können sogar um diesen Dorn gewickelt werden.

Nach der Härtung wird dieser Dorn dann herausgezogen und das Loch ist fertig.

Noch eleganter ist natürlich, wenn man gleich die richtige Radachse beim Laminieren verwendet, dann kann diese gleich im Fahrwerk belassen werden. Hier ist etwas modellbauerischer Scharfsinn nötig, dann wird schnell klar, dass damit viel Festigkeit gewonnen und nachträgliche Bohrarbeit abgenommen werden kann.



Materialwahl

Wie bereits erwähnt, ist das vorallem von der Grösse und dem Gewicht des Modells abhängig.

Als grobe Richtlinie kann man annehmen, dass für den Bereich Slowflyer eine Sandwichbauweise mit leichten Stützstoffen und Carbongeweben richtig ist.

Für grössere Modelle sind Voll-Carbon-Fahrwerke eher richtig und für ganz grosse Modelle wie Schlepper etc. sehen wir eher Voll-Glas-Fahrwerke.

Also 1-2 Gewebelagen Bidirektional, dann den Aufbau mit UD-Geweben oder sogar Roving-Wickel wie auf der Skizze dargestellt, und dann wiederum 1-2 Gewebelagen Bidirektional. Ein genaues Kochrezept für alle Fälle gibt es aber leider nicht.

Tempern

Was man speziell bei Fahrwerken machen sollte, das ist das Nachtempern der kalt- (unter Kalthärtung versteht man eine Härtung bei RT = Raumtemperatur) gehärteten Fahrwerke, d.h. eine Nachtemperung im Backofen nach der Entformung von ca. 10 Std. bei ca. 60°C.

Das erhöht die dynamische Festigkeit ungemein und gilt für jedes Harzsystem und das ist speziell bei Fahrwerken sehr wichtig. Das Nachtempern bewirkt eine leicht höhere Vernetzung aber auch ein „zurechtrücken“ der vernetzten Moleküle und damit ein Herabsetzen der Spannungen innerhalb der Matrix.

So, jetzt wünschen wir allen viel Vergnügen beim Ausprobieren der verschiedenen angesprochenen Möglichkeiten und möglichen Gewebelagen.

