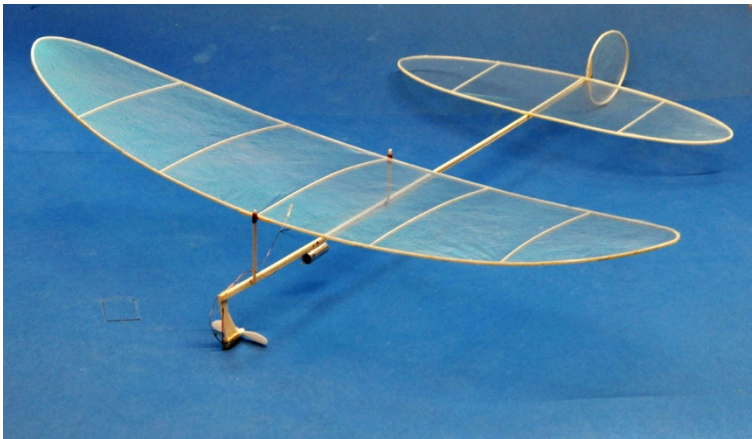


Ergänzung zur THERMIKSENSE 4/2019



Borfäden machen es möglich:

3D-Flügel im Saalflug – nicht nur für Experten! Heinz Eder

Dreidimensional gewölbte (hyperbolische) Flügel waren im Saalflug von Beginn an verbreitet. Bei den damaligen, 90 cm spannenden F1D-Modellen war das jedoch nur mittels Verspannungen aus hauchdünnen Wolfram- oder Chrom-Nickel-Drähten möglich. Mit bloßem Auge waren die Spanndrähte – ähnlich Spinnfäden – kaum erkennbar!

Die Herstellung eines freitragenden 3D-Flügels erfolgt heute mit Hilfe neuer Materialien wie Kohle- und Borfäden. Ohne diese Hi-Tech-Materialien wäre ein unverspannter 3D-Flügel nicht realisierbar. Hochfeste Borfäden bestehen aus amorphem Bor, das auf einen hauchdünnen Wolframfaden aufgedampft wird. Sie stehen z. B. mit 75 und 100 Mikrometer Durchmesser zur Verfügung (siehe Bezugsquellen). Beschichtet man eine Balsaleiste beidseitig mit einem Borfaden, wird sie extrem steif, wobei sich ihr Gewicht nur geringfügig erhöht. Den ersten freitragenden 3D-Flügel im Saalflug baute meines Wissens der Erfurter Lutz Schramm, der damit auch Weltmeister und Europameister wurde. Das Geheimnis liegt wohl in dem formstifen Flügel, der keine Knicke besitzt und deshalb aerodynamische Vorteile hat.

Materialien

Wichtig ist die Qualität des Balsaholzes. Ohne vorheriges Selektieren geht das nicht! Geeignet ist eine Holzdicke von ca. 80 kg/m³ ohne Fehlstellen und mit paralleler Maserung. Daraus werden mit dem Leistschneider Holme geschnitten und in einer Schleifhelling nach außen verzängt. Üblich sind für F1D-Modelle Querschnitte innen 1x1,6 mm (stehend) und im Randbogenbereich 0,7x 1mm. Für das hier vorgestellte Elektro-Saalflugmodell mit einem Gewicht um 4 Gramm wurden innen 1,5x2 mm und außen 1,5x1,5 mm verbaut. Die Randbögen wurden vorab nach längerem Wässern aus 2 Streifen laminiert. Die 100 µm-Borfäden werden mit stark verdünntem UHU hart (60%Uhu, 40% Aceton) oben und unten jeweils auf der Helling liegend – auf den Rahmen geklebt. Dazu wird alle paar Millimeter ein kleines Tröpfchen Kleber auf der Faser deponiert und dann mit dem Finger sanft darüber gestrichen. Der Kleber fließt dann unter die Faser und klebt diese auf der ganzen Länge fest. Alternativ kann man mit einem sehr feinen Pinsel, der mit Kleber getränkt ist, über die Faser streichen.

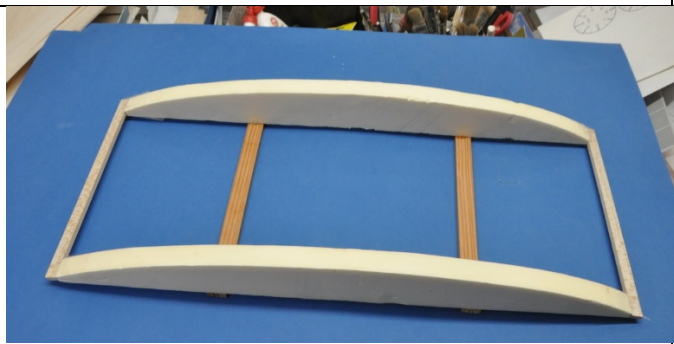
Helling

Hier sind 2 verschiedene Hellingtypen erforderlich: eine für den Grundaufbau und eine für das Bespannen. Die Grundplatte zum Aufbau des Flügels besteht aus 0,5 mm Stahlblech, das als magnetische Bauunterlage dient. Magnete dienen zum exakten Fixieren des Balsarahmens. Das Blech wird zum Rand hin mit einem Teigroller bearbeitet. Dazu wird es an jedem Ende auf eine erhöhte Stufe gelegt und mit dem Roller unter Druck entsprechend vorgebogen. Die Biegeradien der Grundplatte nehmen nach außen hin ab, der Flügel wird also nach außen zunehmend steiler. Die solchermaßen grob vorgeformte Grundplatte wird mittels UHU oder Kontaktkleber auf die 2 Formteile aus 20 mm Styrodur geklebt. Die beiden Träger geben jetzt die endgültige Biegeform des Flügels vor. Mittels CAD wurde eine entsprechende Ellipsenform gezeichnet (hier: Halbachsen 70 und 240 mm) und diese aus 1 mm Sperrholz ausgeschnitten. Die Form erhält dort, wo später die Rippen münden, Einschnitte. Die Sperrholzform wird mit Kontaktkleber auf die Stahlplatte geklebt. Die zweite Helling ist für das Bespannen erforderlich. Dazu werden die beiden komplementären Formstücke aus Styrodur, die noch von der Herstellung der Grundhelling vorhanden sind, verwendet. Diese Helling dient zum rückseitigen Beschichten des Balsarahmens mit Borfäden sowie zum Bespannen des Flügels.

Die Bauschritte sind im Folgenden dargestellt.



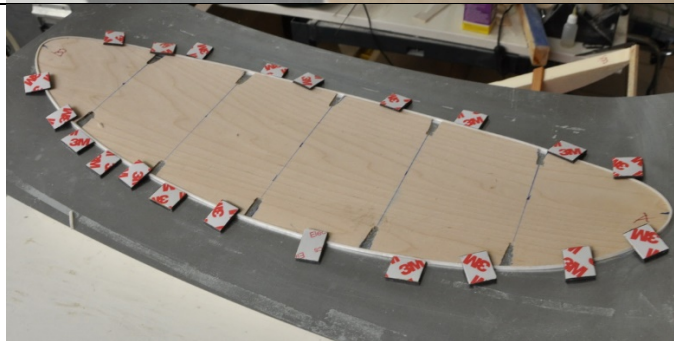
Das vorgewölbte 0,5 mm Stahlblech wird auf die beiden Formträger aus 20 mm Styrodur geklebt. Darauf wird die Umrissform aus 1 mm Sperrholz aufgeklebt.



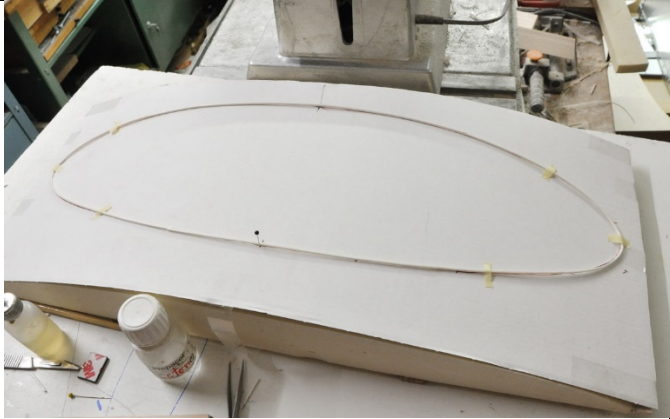
Aus den komplementären Styrodur-Stücken wird der Bespannrahmen hergestellt.



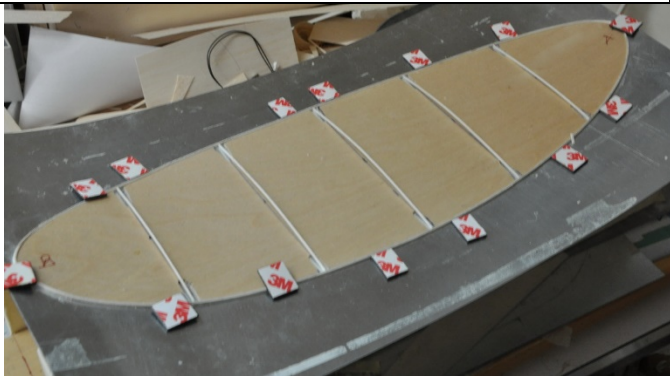
Die Randbögen werden aus 2 Schichten vorgewässertem Balsa laminiert. Verkleben mit Uhu hart stark verdünnt.



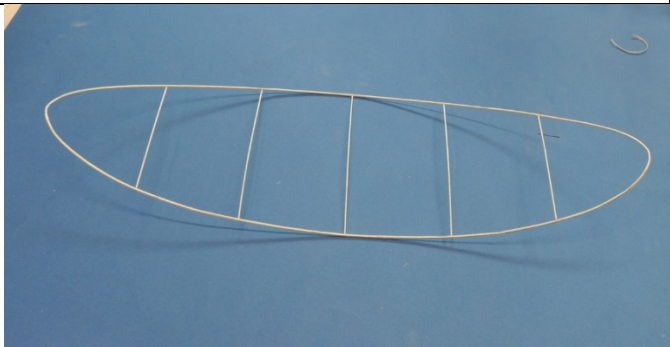
Die Rahmenleisten werden vor dem Verbauen unter Hitze von Hand etwas vorgebogen. Der komplette Rahmen wird beim Verleimen mit Stücken aus flexiblem Magnetband fixiert. Dann werden die Magnete stückweise entfernt und die Borfaser auf den Rahmen geklebt. Verdünnten UHU hart nur tröpfchenweise anwenden und sanft mit dem Finger über die Faser streichen!



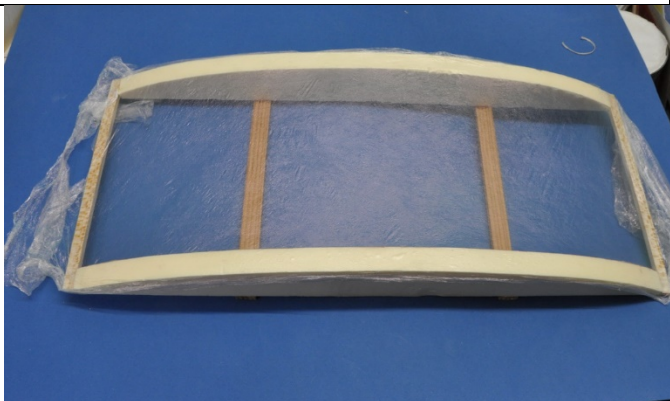
Die Bespannhelling wird mit Karton beplankt. Darauf ist die Umrisssform der Ellipse aufgezeichnet. Der Balsarahmen wird nun verkehrt herum aufgelegt und die Unterseite mit Borfasern beklebt. Der Rahmen muss dabei mit kleinen Klebestreifen-Stücken auf dem aufgezeichneten Ellipsenumriss fixiert werden.



Zurück auf der Grundplatte werden nun die Rippen aus 0,8 mm Balsa eingesetzt.



Der fertige 3D-Flügel im Rohbau. Bereits jetzt kann man seine Steifigkeit fühlen!



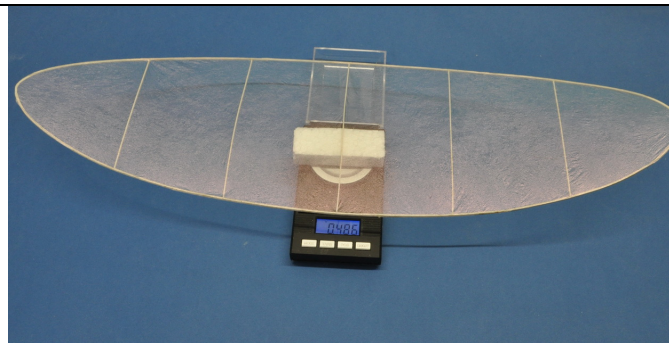
Der Bespannrahmen wird mit Tapetenkleister bestrichen. Die Kondensatorfolie mit 1 Mikrometer Dicke wird faltenfrei auf einer sauberen ebenen Fläche ausgebreitet und durch Abrollen des Rahmens aufgenommen.

Hinweis: die Folie muss vorher 5 bis 6-mal auf Haselnussgröße geknüllt und wieder vorsichtig entfaltet werden. Hierdurch erhält man die samtig glänzende Oberfläche.

Die Folie muss faltenfrei liegen – kleine Korrekturen sind noch möglich. Sie darf nicht zu sehr spannen aber auch nicht zu locker sein.



Durch probeweises Auflegen des Balsarahmens wird geprüft, ob die Rippen überall an der Folie anliegen. Der Rahmen wird nun oben mit 3M Spraymount besprüht und gleichmäßig auf die Folie aufgelegt. Nach dem leichten Andrücken erfolgt das Abtrennen mit einem Lötkolben.



Der fertige Flügel auf der Goldwaage:
Gewicht 0,486 Gramm!

Bezugsquellen:

Stahlblechplatte 0,5 mm, 20 mm Styrodur: Baumarkt (Toom, OBI usw.)

Saalfugbalsa: Heerdegen Balsa <http://www.heerdegen-balsaholz.de>

Kondensatorfolie 1 Mikrometer (Steinerfilm – Bezug über den Autor)

Borfasern: Indoor Model Specialties, Ray Harlan, USA <https://www.indoorspecialties.com/>