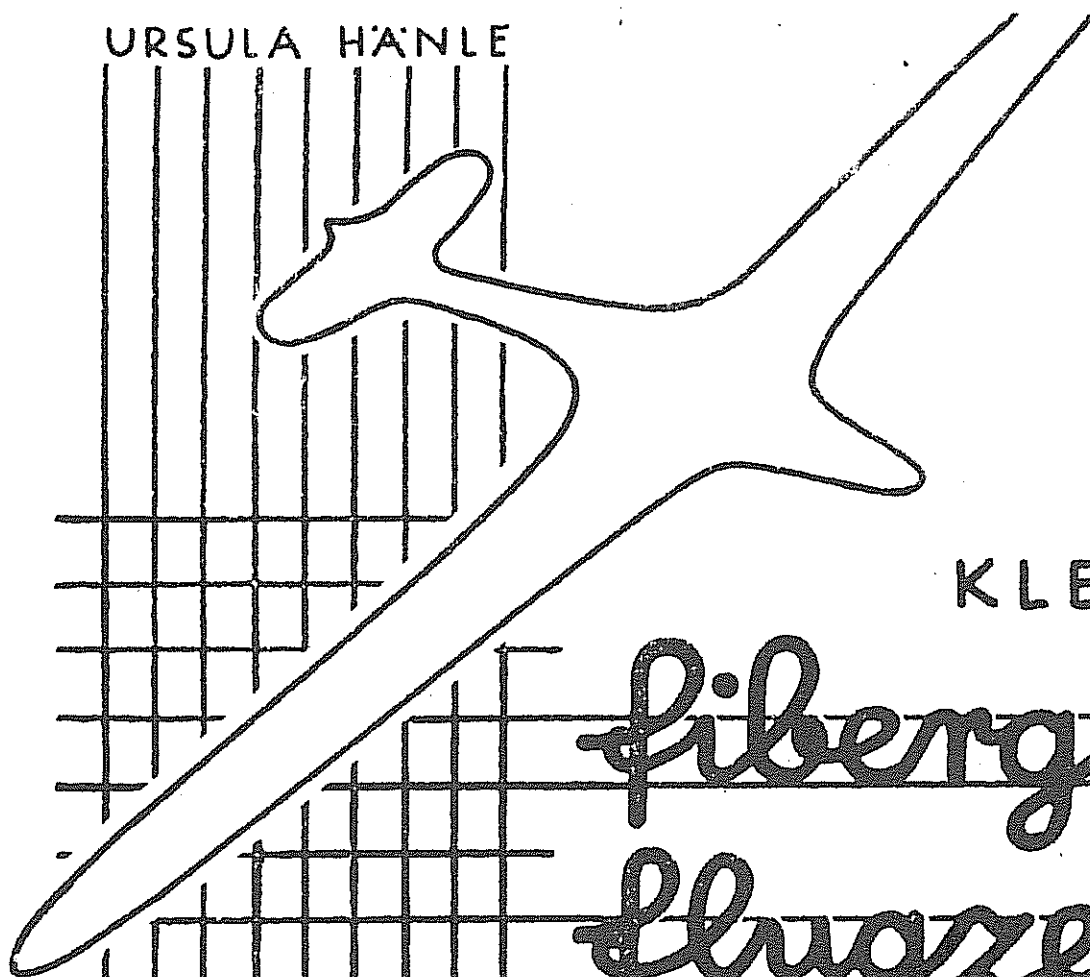
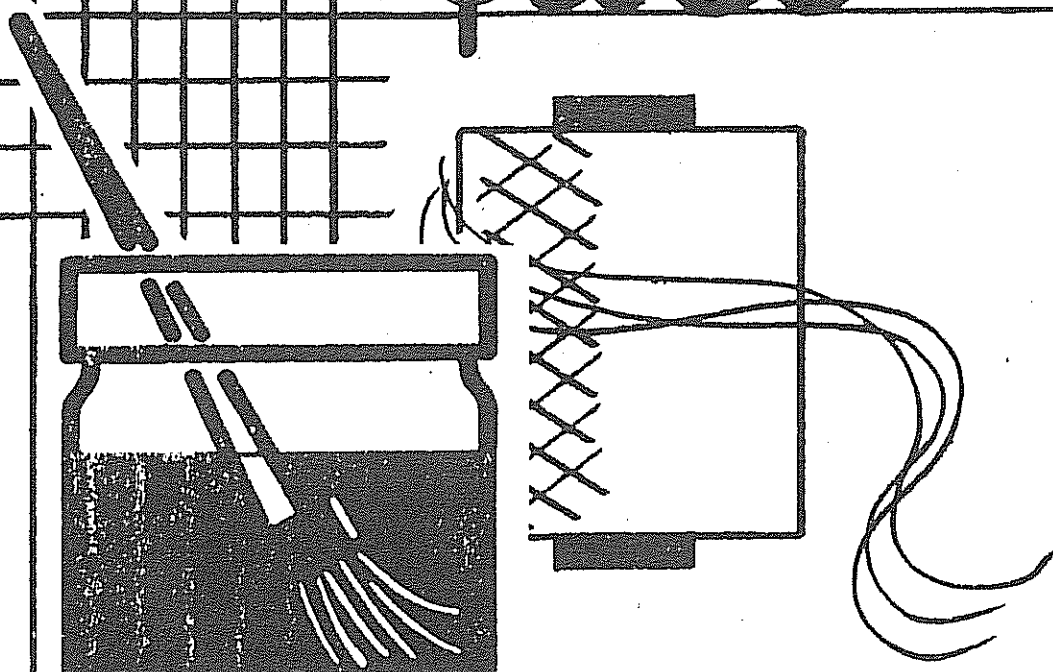


URSULA HÄNLE



KLEINE

fiberglas
flugzeug
flick
fibel



Vorwort

Die Flieger, zunächst vornehmlich die Segelflieger, haben in den letzten Jahren eine kleine Revolution erlebt. Sie kam aus Deutschland, und es war eine friedliche und unbedingt konstruktive:

// das Flugzeug aus Kunststoff, -
 klarer ausgedrückt: das Flugzeug, dessen tragende Elemente aus Kunststoff bestehen.

Wie vor 50 Jahren, als der Segelflug geboren wurde, waren es junge Leute, die nach den Sternen griffen, - die, ohne weder finanziell noch behördlich eigentlich estimiert zu sein, dem Flugzeugbau einen neuen Weg öffneten.

Ja, ganz klar: dem Flugzeugbau. Denn noch kennt niemand Zahl und Ausmaß der Kreise, welche die neue Bauweise zu ziehen vermag. Mag sie heute auch noch im Sinne der Großindustrie gehandicapt sein durch ein hohes Maß an Handarbeit - das waren andere Industriezweige im Anfang auch. Mag sein, daß man in 50 Jahren lächelnd die heutige Ausrüstung einer Fiberglaswerkstatt im Deutschen Museum betrachtet; mag sein, daß dann niemand mehr klebrige Finger und eine Halskrause aus Glasstaub bekommt - der Anfang war hier, heute, bei uns.

Das Kunststoff- Flugzeug hat seine Wurzeln in Forderungen, welche ganz speziell die Segelflieger angehen:
 immer höhere Festigkeit bei immer geringerem Gewicht - man nennt das bei einem Werkstoff die "Reißlänge",
 und immer hochwertigere Aerodynamik.

Die Reißlänge der heute im Flugzeug verwendeten Kunststoffe ist höher als die von gutem Stahl. Das gegebene Pilotengewicht kann mit einem zwar gleich festen, aber leichteren Gehäuse beflügelt werden, als es konventionelle Bauweisen erlauben würden. Oder, was allgemein vorgezogen wird: das Flugzeug kann bei vergleichbarem Gewicht mitunter wesentlich höhere Festigkeiten bekommen.

Die konventionellen Bauweisen arbeiten stets mit vorgegebenen Halbzeugen und sind deshalb ein Kompromiß zwischen der geforderten aerodynamischen Formgebung, und ihrer Darstellbarkeit aus im Grunde flächenhaften Materialien.

Das Kunststoff- Flugzeug fragt nach solchem Kompromiß nicht. Zwar werden auch hier zu einem Teil flächenhafte Ausgangsstoffe verwendet, aber es schafft sich sein Halbzeug von Anfang an selbst, es erhebt sich über die Fläche - es könnte praktisch jede entformbare Gestalt annehmen - bei Einzelstücken, die mit sogenannten "verlorenen" Formen hergestellt sind, sogar nicht einmal das. Der Konstrukteur ist völlig frei, den Gesetzen der strömenden Luft zu folgen.

Diese beiden Hauptunterschiede: die Unbegrenztheit der Formgebung und die Variabilität des Werkstoffs - sind zugleich seine Hauptprobleme, weil sie ein völliges konstruktives und handwerkliches Umdenken verlangen.

Arbeits- aufnahme

Es gibt noch eine Größe, welche den Flugzeugbauer wie den Piloten interessiert: die Arbeitsaufnahme.

Man bezeichnet damit die Fähigkeit eines Werkstoffs, bei einem auf ihn wirkenden Stoß einen Teil der Kraft zu vernichten, bevor er sich selbst bleibend verformt. Diese Arbeitsaufnahme ist, bezogen auf das jeweilige spezifische Gewicht beider Werkstoffe, bei dem in Flugzeugen zum Tragen herangezogenen Fiberglas sehr hoch, etwa 20 mal so hoch wie bei Stahl. *)

Das führt dazu, daß ein Fiberglas- Rumpf sehr viel mehr vertragen kann als einer aus Holz oder Metall, bevor seinem Inhalt was passiert. Trifft das schon für sogenannte GFK- Sandwichschalen zu, dann gilt es um so mehr für reine Fiberglasschalen. Und es führt in letzter Konsequenz zur Feder aus Fiberglas selbst; wir finden solche Federn schon unter Hubschraubern und Flugzeugen, und auch im Fahrwerk der Libelle sind welche eingebaut. (Schulbeispiel: der Libelle-, Sporn!)

Oberfläche

Ein weiterer interessanter Punkt für den Leistungssegelflieger ist Qualität und Dauerhaftigkeit der Flügeloberfläche.

Ein einmal ausgehärteter Glasfaserkunststoff ist - wie wir später noch erklärt bekommen - für dauernd an seine Gestalt gebunden. Er verändert sich nicht mehr, und wenn man ihn ins Wasser legen würde. Er bekommt keine Spannungen und kann sich deshalb weder verziehen noch Beulen zeigen. Kuren wie Ablagen oder Grundlackieren soll man dem Kunststoff- Flugzeug jedoch ersparen - man hat es bei gut gefertigten Vögeln auch gar nicht nötig. Wer ohne Polieren nicht leben kann, der nehme die Schwabbelnscheibe und normale Autopolierpaste, Polierwachs, oder Flexi- Polier"Käse".

Kein Wunder, daß sich die Beliebtheit des Kunststoff- Flugzeugs sozusagen epidemisch ausbreitete. Leistungspiloten und solche, die es werden wollen, greifen immer mehr nach den schnellen, schlanken weißen Vögeln, lediglich ab und zu durch den kleinen Schatten im Hintergrund beunruhigt:

wenn das Ding nun wirklich mal kaputtgehen sollte - was dann?

Die Reparaturmöglichkeit ist im Grunde so viel oder so wenig anspruchsvoll wie jede Holzleimung. Allein die Tatsache, daß es zunächst zwar in jedem Dorf einen Schreiner, aber noch lange keinen Fiberglas- Fachmann gibt, macht sie im Augenblick noch etwas delikat. Je weiter sich jedoch das Kunststoff- Flugzeug ausbreitet, um so eher wird es in Fluggruppen und Werkstätten Spezialisten für GFK geben - geben müssen!

Kleine Löcher in der Schale oder eine "Macke" in der Endkante - das läßt sich fast nach Gebrauchsanweisung in der Reparaturkiste machen. Und an einen angeknackten Holm etwa würde man sich auch bei einem Holzflugzeug nur im Bewußtsein entsprechender Sachkenntnis und Erfahrung heranwagen.

Wobei man nicht übersehen darf, daß dieser Fall eben beim Fiberglas wegen seiner hohen Arbeitsaufnahme sehr viel seltener ist.

*) die Freizeitstunden, die ein Flugzeug "frisst", sind mit "Arbeitsaufnahme" hier also nicht gemeint!

"Für alle Fälle" werden Sie finden:

Allgemeines

Kleines Kolleg über Kunststoffe.....	100
Glasfasern, Fiberglas.....	106
Stützstoffe.....	109
neue Fasern.....	109
Qualitätsprüfung	112
Lebenshilfe f. GFK- Flugzeuge.....	113

<u>Prüflisten, Checklisten.....</u>	201
-------------------------------------	-----

<u>Praktische Winke für die Reparatur.....</u>	300
--	-----

Füllstoffe, Trennmittel	301
-------------------------------	-----

Werkzeug.....	303
---------------	-----

Reparatur- Tips

GFK-Sandwichschalen.....	400
All-Fiberglas- Schalen.....	404
Endrippen einbauen	407
Beschläge einbauen	408
Ruderaufhängung	409
Fahrwerksklappen	410

<u>Auswechseln von Teilen.....</u>	500
------------------------------------	-----

Seitenruder - Höhenruder -
Kupplungen - Fahrwerk - Sporn -
Bremszug - Bremsklappen - WK- QuR

Zusatz- Ausrüstung.....	504
-------------------------	-----

Hauben- Tricks.....	505
---------------------	-----

Oberflächen- Bearbeitung

Spachteln.....	600
Oberflächen- Finish: Galcoat,	
Polyester-Schwabellack..	601
Kunststofflack	604

<u>Leistungs- Kitzel</u>	700
--------------------------------	-----

Schwerpunktlage - QuR-Endscheiben -
Rumpfdurchströmung - Spaltdichtung -
Wasserballast

Vorwort zur zweiten Auflage:

Viele Flugzeugbesitzer, die sich näher mit dem Innenleben ihres Vogels vertraut machen wollten, haben in letzter Zeit vergeblich nach der "Flickfibel" gefragt.

Ich habe gedacht, jemand würde mir mit der Zeit die Arbeit abnehmen, eine Neuauflage der "Flickfibel" zu schreiben - mit viel mehr Kenntnis, Wissenschaft und Aufmachung.

Nun, der Jemand fand sich nicht - und da unter Blinden der Einäugige König ist, so hab' ich mich halt hingesetzt und alle die Erkenntnisse in eine neue Ausgabe hineingearbeitet, die zehn Jahre Arbeit und Lernen an Fiberglasflugzeugen mit sich brachten.

Verbinden Sie bitte beim Studium Ihre Freude, sich nun in vielen Fällen selbst helfen zu können, wenn Ihr Flugzeug es verlangt, mit einem Augenblick des Dankes an meinen Mann, dem wir letztendlich die meisten dieser Erkenntnisse verdanken.

Saulgau, im Mai 1978

Ursula Hänle

Bei jedem Zweifel während der Reparatur fragen Sie lieber Ihren Hersteller, anstatt ein Risiko auf sich zu nehmen. Um allumfassend zu sein, müßte die Anleitung zumindest einen kompletten Zeichnungssatz enthalten. Und selbst dann würden Ihnen Fragen nicht erspart bleiben. Außerdem gibt es einige Sachen, die Sie sowohl nicht reparieren können, weil dazu Spezialvorrichtungen nötig wären, als auch nicht reparieren sollten.

Sie werden merken, daß sich die Anleitung im wesentlichen auf den Typ "Libelle" stützt. Einmal ist er dem Verfasser verhältnismäßig gut bekannt, zum anderen dürfte er so etwas wie ein Schulbeispiel der Fiberglasflugzeuge sein.

Denken Sie also nicht, Sie könnten dieses Büchlein nur als Eigner einer Libelle nützlich finden: schreiben Sie im Gegenteil Ihrem Hersteller und bitten Sie ihn um die den Seiten 200 (Checkliste) und 111 (Materialliste) entsprechenden Angaben. Teilen Sie ihm mit, daß Sie erfreut wären, dieselben im Format A 4 zu erhalten. Sie tauschen dann die betreffenden Seiten einfach gegen die zu Ihrem Flugzeug gehörigen aus.

Bei Anfragen, wie man etwa an Ihrem Flugzeug die Querruder ausbaut oder wo man am besten den Sauerstoff unterbringt und wie man ihn einbaut, werden Ihnen vermutlich die Antworten ebenfalls im üblichen Briefformat A 4 zugehen, sodass Sie wiederum leichtes Spiel haben, die Anweisung einfach einzufügen. Darum wurde die simple Schnellhefter-Aufmachung gewählt. Sie werden also mit geringer Mühe immer eine Reparaturanweisung für Ihr Flugzeug haben und auf dem laufenden halten können.

(Änderungsanweisungen Ihres Herstellers werden sowieso meist im A 4 - Format herausgegeben. Auch dafür ist das Büchlein aufnahmefähig.)

Das System der Seiten-Numerierung erlaubt Ihnen eine ungehinderte Einordnung an der richtigen Stelle, auch für eigene Notizen.

Allgemeines

Kleines Kolleg über Kunststoffe

Kunststoffe im Flugzeugbau sind gar nicht neu!

Kunststoff

Fast alle modernen Holz- und Metalleime sind Kunststoffe.

Trotzdem finden Sie im Flug- und Betriebshandbuch (FBH) mancher Fiberglasflugzeuge eine Tabelle, die Sie bei "konventionellen" Flugzeugen nie gesehen haben.

Das bedeutet nicht zwangsläufig, daß andere Flugzeuge derartigen Grenzen nicht unterliegen. Die Frage ist nur, ob hier eine solche Eingrenzung überhaupt versucht wurde.

Obwohl man z.B. weiß, daß Kauritleim bei Temperaturen über 50° C Festigkeitsverluste erleiden kann, die nach Wiederabkühlung nicht verschwinden, gibt es keine exakten Untersuchungen darüber. Obwohl es allgemein bekannt ist, daß alle Hölzer "arbeiten", d.h. auf Klimaschwankungen reagieren und damit Spannungen erzeugen können, (Metallteile nicht minder!), begnügen sich normale Betriebshandbücher mit dem lapidaren Hinweis: "vor übermäßiger Sonneneinstrahlung schützen".

An sich könnte das auch das Kunststoff- Flugzeug tun. Aber mit dem Werkstoff Fiberglas und den daraus hergestellten Teilen wurden sehr umfangreiche Untersuchungen angestellt. Dadurch kann man die Grenzen der Sicherheit sehr genau angeben. So weiß man z.B. aus Belastungsversuchen am ganzen Bauteil, wie sich ein Flügel nach 9000 Betriebsstunden verhält, oder ein Rumpf im Windenstart bei 54° C.

Das Kunststoff- Flugzeug fand bei seinem Start ins Publikum andere Voraussetzungen vor. Als das Holzflugzeug aufkam, wußte man noch nicht sehr viel vom Fliegen und der dabei auftretenden Beanspruchung. Man wackelte an den Flächen, und wenn nichts abfiel, konnte der Pilot starten. Das Fiberglas- Flugzeug sah sich von Anfang an einer Phalanx wohlausgerüsteter, teilweise wissenschaftlich gebildeter Prüforgane gegenüber - die obendrein durch einen Unfall etwas skeptisch eingestellt waren. Das war keineswegs ein Nachteil, denn man ging an die Prüfung der Lufttüchtigkeit mit Vorsicht und einem enormen Handwerkszeug an Versuchsergebnissen - zu Ihrem Vorteil!

(Und nicht nur Sie und der Fiberglas- Flugzeugbauer, auch andere Fakultäten profitierten von diesen Untersuchungen: zum Beispiel wurde gefunden, daß der Wert der Druckfestigkeit in Faserrichtung nicht nur bei Fiberglas unter richtigen Voraussetzungen fast gleich dem Zugwert ist - sondern auch bei Kiefernholz. Man hatte jahrelang weniger angenommen.)

Ebenso zeigten die Untersuchungen, daß die Festigkeit von Fiberglas nicht ab-, sondern zunimmt, wenn man es eine Weile erhöhter Temperatur aussetzt, und nach Abkühlung prüft. Wie kommt das?

Kunststoffe werden gebildet, indem man ihre Grundmoleküle durch chemische Reaktionen zur Bildung von Netzen anregt. Sie verbinden sich untereinander mit regelmäßig wiederkehrendem Muster (die Fremdwörter mit "Poly" = "vielfach" also).

Thermoplaste Manche Netze kann man gewissermaßen wieder entknüpfen, wenn man sie erwärmt - der Kunststoff wird weich, sodaß man ihn fließend formen kann, und erhärtet nach Abkühlung wieder, und das mehrmals. Diese Kunststoffe heißen "Thermoplaste" - bei Wärme plastisch.

Weil man zu ihrer Erwärmung und Verformung ziemlich teure Maschinen und Formen braucht, und auch noch aus ein paar anderen Gründen, können wir die Thermoplaste im Flugzeugbau bisher nicht einsetzen. Mit Ausnahmen: Plexiglas z.B. ist auch ein Thermoplast.

Duroplaste Andere Kunststoffe bilden das Netz einmal, sobald sie mit ihrer Reaktionssubstanz in Berührung kommen, ganz fest, bei Erwärmung nur wenig locker, aber nie mehr ganz auflösbar. Man kann diese Kunststoffe also nur ein einziges Mal formen: bei ihrer Entstehung. Diese Kunststoffe nennt man "Duroplaste" - Dauer-Plaste.

Epoxi Mit diesen Duroplasten haben wir im Flugzeugbau zu tun, und zwar vornehmlich mit einer Sorte, die sich Epoxiharz nennt. Bringen wir das Harz mit seiner Reaktionssubstanz, dem Härter, zusammen, so entsteht unter unseren Händen der Kunststoff. Man kann zugucken! Und man fühlt es auch: die Mischung wird warm, bevor sie hart wird, - zum Kunststoff wird. (Nicht mit einem Kilo probieren - die "exotherme Reaktion" verläuft dann so heftig, daß Sie eine ganze Fabrik damit verstäkern können).

Auch zur Verarbeitung dieser Harze braucht man zwar eine Form, - aber die kann man sich selbst bauen, - wenn man neue Teile herstellen will. Reparaturen können Sie in den meisten Fällen "freihand" machen. Außerdem aber wird keine teure Maschine, keine Presse verlangt, weder Dampf noch Strom; - im äußersten Falle genügen 2 Meßgefäße und einige Holzstückchen.

Dadurch wird es möglich, daß Sie Ihr Kunststoff- Flugzeug ganz einfach reparieren können.

Sauberkeit Es ist klar, daß eine chemische Reaktion nur dann genau in der vorgesehenen Weise abläuft, wenn nur die geforderten Substanzen und genau in der vorgeschriebenen Menge zugegen sind. Wie beim Leimen darf deshalb weder auf die zu beschichtenden Flächen noch in das Harzgefäß ein fremder Stoff kommen. Besonders fatal wären Trennmittel und alle Substanzen, die als solche wirken: Fett, Wachs - auch Fettfinger. Aber auch ein Tropfen Aceton kann Ihnen alles verderben.

Sie müssen die Komponenten Ihres Kunststoffes genau abmessen, wie es in der Anleitung steht. Dies ist einer der wenigen Punkte, in welchem die Kunststoffe empfindlich sind. Stellen Sie sich bitte eine Gesellschaft vor, zu der mehr Frauen als Männer eingeladen sind. Was das für lange Gesichter gibt, wenn einige Damen sitzenbleiben! Jedes Molekül muß einen Partner finden, sonst bleiben einige am Rande stehen - nach schlechten Gelegenheiten Ausschau haltend. Es kann dazu führen, daß Ihr Kunststoff nicht beständig ist oder überhaupt nicht hart wird.

Ansatz

Überlegen Sie beim Ansetzen der Mischung genau, wann und wie lange Sie zu tun haben werden. Dünne Harzschichten, speziell wenn sie mit Glasfasern "gefüllt" sind, werden zwar langsamer hart als die große Menge in Ihrem Harzgefäß. Aber einmal kommt der Punkt, da wird das Harz hart, ob Sie nun mit Ihrer Arbeit fertig sind oder nicht!

offene
Zeit

Verwenden Sie Harzmischung nur so lange, wie sich die Glasfasern gut, wie von selbst, damit tranken lassen. Zähes, Fäden ziehendes Harz ist unbrauchbar; man kann es höchstens noch in ganz untergeordnete Stellen schmieren, denn das Zähwerden bedeutet, daß die Vernetzung begonnen hat, und die zerreißt man durch das unvermeidliche Rühren und Pinseln.

Wie Sie vom Leimen her wissen, tut es also nicht gut, eine eingeleitete chemische Reaktion durch Schütteln, Stoßen, oder gar vorzeitiges Entfernen von Hilfsvorrichtungen zu stören; die Vernetzung kann davon unterbrochen werden.

Es ist nicht möglich, genau anzugeben, wie lange ein Harzansatz verwendet werden kann:

große Mengen reagieren rascher als kleine, in wärmeren Räumen geht es schneller als in kalten -(und zwar nicht linear, sondern in einer Kurve, die steil ansteigt, je wärmer der Raum ist. Im Sommer ist also Eile geboten!), ganz frischer Härter schafft es schneller als älterer.

Als Anhaltspunkt können Sie annehmen, daß 100 g Harzmischung in einer Kaffeetasse in einem ca 18° warmen Raum nach etwa 20 - 30 min zu härten beginnen.

Wenn Sie die Kaffeetasse dauernd in der Hand haben, geht es schneller.

Wenn Sie dieselbe Harzmenge auf einem Glasgewebe oder Ihrem Flugzeug schichtartig ausbreiten, kann es bis zur Härtung 4 - 6 Stunden dauern, immer bei ca 18°.

Unser Epoxiharz bildet seine Netze also bei normaler Raumtemperatur, d.h. mindestens +15° C. Weniger führt zu Stockungen bei der Härtung, zumindest aber zu einer schlecht verarbeitbaren dicken Paste, sodaß Sie viel zu viel Harz in das Teil bekommen.

Heizen

Man kann die Härtung beschleunigen, indem man Wärme zuführt. Mit Infrarotlampen und Heizsonnen sollte man vorsichtig sein, weil sie zu starker örtlicher Erwärmung führen und Schäden verursachen können. Am besten haben sich Heizlüfter bewährt; für kleine Stellen genügt ein aufgelegtes Heizkissen. Wenn der Harzbereich größer ist, sodaß ein Heizlüfter allein nicht zum Ziele führt, so baut man ein sogenanntes "Erbbe-gräbnis", ein Zelt aus Folien, Decken, Schaumstoffplatten usw., um eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung zu erreichen. Zur Kontrolle stecken wir ein Einweckthermometer an neutral belüfteter Stelle in das Wärmezelt.

Tempern

Wenn es schwierig ist, die Wärme schon dem noch nassen Kunststoffteil zuzuführen, so kann man es auch nach dem Härten tun. Der Kunststoff erscheint Ihnen dann schon ganz "fertig", ist es aber noch nicht. Er härtet noch eine ganze Weile nach, wobei er seine Festigkeit steigert - bei Raumtemperatur kann das Monate dauern. Vermutlich sind die meisten Moleküle dann schon "satt", sodaß sie die restlichen Partner nicht mehr so temperamentvoll fangen wie zu Beginn der Reaktion. Wir helfen ihnen durch Wärmezufuhr. Bei der Herstellung wird es auch so gemacht: alle Teile werden in $+50^{\circ}\text{C}$ 12 Stunden lang gelagert. Die volle Festigkeit des Kunststoffs, die vorher bis 40° Bauteiltemperatur noch voll garantiert war, sinkt durch das Erwärmen zunächst etwas ab; die Netze werden ein wenig locker (so wenig, daß Sie es gar nicht merken!), sodaß das Teil während dieser Erwärmung ohne Verzug und Spannung liegen muß. Wenn man nach dem "Tempern" die Wärme wegnimmt, hat sich auch das letzte Molekül am Netze knüpfen beteiligt; das Netz ist jetzt fester als zuvor, und wir können unser Bauteil jetzt bis $+54^{\circ}$ voll belasten, ohne etwas befürchten zu müssen!

Bei dem z.Zt. verwendeten Harz kann man das mittels einer "Temper- Temperatur" von 60° bis auf ca 60° Grenztemperatur treiben. Darüber ist nichts mehr zu machen.

Wohlgemerkt: diese Konstruktionen sind darauf ausgelegt, daß die Oberfläche Ihres Flugzeugs weiß ist. Andere helle Farben verhalten sich ähnlich; dagegen können dunkle oder gar schwarze Stellen (Zahlen, Reklame!) bei Sonnenbestrahlung sehr wohl Temperaturen von 70° und mehr annehmen. An diesen Stellen wäre dann kein ausreichender Sicherheitsbereich mehr vorhanden.

Aus einem Harzsystem dieser Gattung, nämlich dem guten alten Epikote- Laromin (später auch Glykoläther geheißen) sind fast alle "klassischen" GFK- Flugzeuge wie Libelle, Cirrus, BS 1, ASW 12 und 15, und viele andere.

Natürlich hat die Hersteller die relativ geringe Wärmestandfestigkeit geärgert (obwohl jeder, der schon mal in einem Flugzeug mit nur 40° Cockpit- Temperatur gesessen hat, der Meinung werden kann, daß es schwierig ist, einen Vogel mit $+54^{\circ}$ Bauteiltemperatur unter volle Flugbelastung zu kriegen) und sie haben bei den neueren Flugzeugen Harze verwendet, die durch verschiedene Härter einstellbar sind in Topfzeit und Wärmestandfestigkeit.

Dabei gilt der Grundsatz, daß im allgemeinen ein Härter, der ein Harz langsam härtet, auch eine geringere Wärmestandfestigkeit hat als einer, der eine schnelle Härtung bewirkt. Bei einigen Harzsystemen kann man sogar zwei verschiedene Härter mischen und so eine gleitende Grenze zwischen beiden Forderungen erzielen.

einstellbar

Leider sind in der Regel "schnelle" Härter dickflüssiger als langsame.

Auf keinen Fall kann man nun jeden x-beliebigen Härter für ein y-beliebiges Harz verwenden. Die Systeme reagieren immer nur untereinander und in der vorgeschriebenen Art und Menge.

tauschbar

Es ist auch nicht sicher, daß man ein Flugzeug, das aus dem Harz x hergestellt wurde, einfach mit dem Harz y reparieren kann. Immer beim Hersteller erkundigen!

Manche dieser neuen Harzsysteme erreichen ohne "Tempern" nur eine ganz geringe Festigkeit, sozusagen einen Interimzustand, sodaß man sie mit einiger Vorsicht gerade aus der Form bekommt. Beim Tempern kristallisieren sie sich regelrecht um, und erreichen dann Wärmestandfestigkeiten, die z.Teil sogar farbige Oberflächen an den Flugzeugen zulassen.

Bei diesen Harzen muß man natürlich bei jeder Reparatur ebenfalls die Forderungen des Tempervorgangs erfüllen.

Einige schnellhärtende Systeme kann man gut für sogenannte "Feldreparaturen" einsetzen, da sie in Minutenschnelle zum Härten zu bewegen sind. Da ihre Festigkeitseigenschaften aber bei den im Gelände zur Verfügung stehenden Maßgenauigkeiten der Komponenten völlig undefinierbar sind, sollte man sich hüten, diese Mixturen an tragenden Teilen einzusetzen.

Die Komponenten des Kunststoffs, Harz und Härter, sind nicht feuergefährlicher als etwa ein Lack. Die gehärtete Mischung brennt nicht sehr gern, geht manchmal aus, wenn Sie die Flamme entfernen, bildet aber beim Verbrennen sehr viel Ruß. Der weiße Lack ist eigentlich auch ein Harz und fällt demgemäß unter dieselbe Rubrik. Jedoch sein Lösungsmittel müssen wir in die Klasse der leicht brennbaren Flüssigkeiten einstufen, in der wir auch Aceton und derartige Sachen finden. Die Verarbeitung der Chemikalien beim Fiberglas- Flugzeugbau verlangt also so viel bzw. so wenig Vorsicht wie der gewohnte Flugzeugbau. (Die Zigarette läßt man auch dort vor der Werkstatt ausgehen.)

Feuer-
gefährlich-
keit

An den Raum für die Harzarbeit sind dieselben Ansprüche zu stellen, wie wir sie von Holzleimungen kennen: trocken, gleichmäßig temperiert, fettfreie Arbeitsflächen. Der entstehende Geruch ist gering. Eine Möglichkeit zum Händewaschen mit warmem Wasser sollte gegeben sein. Es bestehen also an sich keine Bedenken gegen die Verwendung von Räumen des heimischen Herdes zur Reparatur von Fiberglasflugzeugen, jedoch muß wegen der unverschrämten Hartnäckigkeit von Harzflecken auf Küchentischen usw. mit politischen Schwierigkeiten gerechnet werden....

Raum

Werkzeug

Manche Materialien werden vom flüssigen Kunststoff, besonders aber von Lösungsmitteln, die Sie zum Werkzeugputzen brauchen, angegriffen - zum Beispiel der schöne rote Lack auf manchen Pinselstielen oder Spachtelgriffen. Nehmen Sie unlackierte, ganz billige Kuchenpinsel für die Arbeit, rohe Hölzer zum Rühren, keine farbigen Putzlappen, sondern welche von "Kochwäsche".

Lösung

Die Harzmischungen werden in Gefäßen aus Glas oder Porzellan oder auch Konservenbüchsen angesetzt - sie müssen jedoch unbedingt sauber sein. Vorteilhaft, wenn man öfter arbeitet, sind kleine Pappbecher zum Wegwerfen. Sie dürfen nicht gewachst sein. Man kann mehrmals in ihnen arbeiten, wenn das vorhergehende Harz ganz fest ist.

Wenn sich während des Rührens Reste einer früheren Harzerei vom Gefäß ablösen - so ist das lästig; - auflösen tut sich gehärtetes Harz jedoch nie mehr, in gar nichts, und unter keinen Umständen. Diese harte Erkenntnis werden Sie bestätigen, sobald Sie die Harzflecke in Ihrem Sonntagsanzug einmal unbemerkt hart werden lassen.... Solange die Harzmischung weich ist, löst sie sich in Aceton, Nitroverdünnung, manchen Waschverdünnungen usw.

Aufbewahrung

Harz kann man in sauberen Blechkannen aufheben. Härter müssen in gut verzinkten Kannen aufbewahrt werden, besser aber in solchen aus Glas oder Polyäthylen. Härter muß luftdicht verschlossen sein, er zieht sonst den Sauerstoff aus der Luft an sich und kristallisiert. Dann reagiert er nur noch schlecht.

Wenn der Härter im gut verschlossenen Gefäß trotzdem durch und durch fest aussieht wie alter Honig, so ist das ein Zeichen, daß es ihm zu kalt ist. Setzen Sie ihn auf die Zentralheizung oder in ein Gefäß mit heißem Wasser (bei Glasgefäßen Vorsicht!). Bei 30° Wärme taut er wieder auf.

Gift

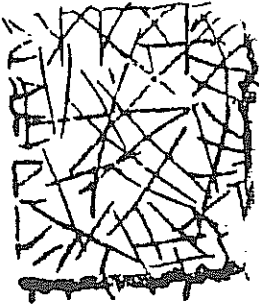
Dies müssen Sie bitte ganz wichtig nehmen: das Harz und bes. der Härter ist ein Gift. Man muß vermeiden, daß Mensch oder Tier ihn verspeisen. Vor allem kann es hundsgemein werden, wenn er ins Auge kommt. Bitte waschen Sie dann sofort mit viel fließendem Wasser und gehen Sie zum Arzt, auch wenn scheinbar alles nicht so schlimm war. Die chemische Beschreibung des Härters finden Sie auf Seite 111; der Arzt weiß dann, was er dagegen tun kann.

Allergie

Manche Menschen sind "allergisch", d.h. sie sind gegen bestimmte Substanzen stark empfindlich. Der berühmte Heuschnupfen ist nichts als eine Allergie gegen Pollen von Wiesenblumen. So gibt es auch Leute, die gegen das Harz allergisch sind. Die Sache gibt sich wieder, sobald man nicht mehr mit der "reizenden" Substanz in Berührung kommt. In jedem Falle vermeiden Sie unnötigen Kontakt der Haut mit dem chemischen Zeug; waschen Sie öfter die Hände (das tun Sie sicher von selbst wegen der Klebrigkeit) und arbeiten Sie ggf. mit Gummihandschuhen.

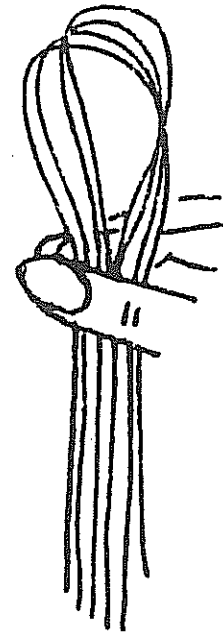
Um Bedenken zu beseitigen: ausgehärteter Kunststoff ist chemisch absolut neutral. Wenn Sie nach acht Stunden Flug etwa mit triefender Nase aussteigen oder Ihnen schlecht ist, so hat das mit Sicherheit andere Ursachen.

Glas

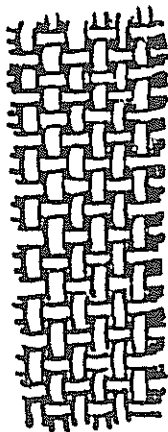


ntierten
n, durch
mittel
ten.

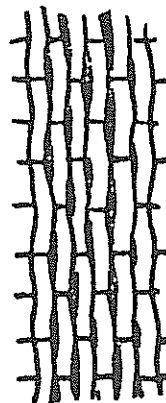
Gewebe



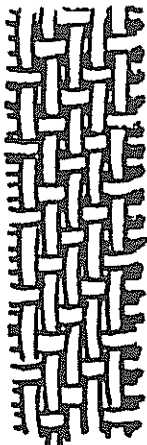
Rovingstrang



Leinenbindung
Über eins,
unter eins -
Kette und Schuß
haben meist
gleich viel
Fasern und
damit Festig-
keit. Solche
Gewebe nimmt
man für im
wesentlichen
flächige Teile



Eine besondere Leinenbindung:
das "Unidirektional"- Gewebe.
Es hat sehr viel Fasern in Kett-
und nur wenige in Schußrichtung.
Die Festigkeit ist praktisch nur
in Kettrichtung vorhanden, hier
aber sehr hoch. Diese Gewebeart
finden Sie z.B. in der äußeren
GFK- Schicht der Libelle- Flügel,
und bei einigen Flugzeugtypen in
den Holmgurten anstelle der
Rovings.



Körperbindung
Auch diese Gewebe haben in
Kette und Schuß meist etwa
gleich viel Fasern. Aber
durch seine besondere Webart
- über eins, unter zwei -
schmiegt sich dieses Gewebe
besonders gut um Rundungen.
Es verzieht sich aber auch dem-
entsprechend leicht.

- Glas** Jetzt haben wir sehr lange vom Kunststoff gesprochen. Dabei ist er eigentlich von untergeordneter Bedeutung; er ist ein notwendiges Übel, das wir benutzen müssen, um die feinen Glasfasern - deren Festigkeit 2 mal so hoch ist wie die guten Stahls und ca 20 mal so hoch wie die des Harzes, in jener Lage festzuhalten, die den angreifenden Kräften am besten Paroli bieten kann. Die Glasfaser ist der eigentliche starke Mann!
- Festigkeit** Diese außerordentliche Festigkeit eines Werkstoffs, den wir bisher als Inbegriff der Zerbrechlichkeit kennen, beruht auf der Oberflächenspannung seines enorm kleinen Durchmessers: ca 9 μ (9/1000 mm). Die Zugfestigkeit einer solchen Faser liegt um 14 000 kg/cm², ihre Druckfestigkeit fast genau so hoch - vorausgesetzt, daß man den Fasern Gelegenheit gibt, sie voll zur Anwendung zu bringen: sie in Richtung der Kraftlinien anzuordnen und unter allen Umständen dort festzuhalten, auch dann, wenn sie, auf Druck beansprucht, sich der Verantwortung gern durch seitliches Ausknicken entziehen würden.
- Fiberglas** Dazu eben brauchen wir den Kunststoff. Diese Kombination nennen wir Glasfaser- Kunststoff, GFK, oder Fiberglas. Es ist klar, daß die Festigkeit des kombinierten Werkstoffs von zwei Faktoren abhängt:
dem Anteil hochfester Glasfasern gegenüber dem weniger belastbaren Harz am Gesamtvolumen,
und der Lage, welche die Glasfaser im Kunststoff einnimmt.
- Ein Roving- "Laminat", ein Gemisch also aus Parallelfasern und Harz, bringt es zu Zugfestigkeiten bis ca 8000 kg/cm². Ob die erreicht werden, hängt davon ab, wie nahe man an die optimale Füllung von 60% und die optimale Lage in bezug auf die auftretenden Kraftlinien herankommt.
- Gewebelamine kommen je nach Webart zu Zugfestigkeiten zwischen 2- und 6000 kg/cm². Natürlich in Faserrichtung! Beanspruchen Sie ein Stück Stoff mal in diagonaler Richtung, dann werden Sie merken, warum das so wichtig ist.
- Lamine aus Matten erreichen nur Festigkeiten bis ca 1000 kg/cm².
- Man kann die Glasfasern in verschiedenen Aufmachungen kaufen:
- Matten** als Matten aus ungeordneten Faserschnitzeln - für unseren Flugzeugbau nicht geeignet, weil ihre unorientiert angeordneten Fasern den Kräfteverlauf nicht genau verfolgen können. Außerdem fressen sie sehr viel Harz.
- Gewebe** als gewebte¹ Stoffe - auch solche mit viel Fäden in der einen und ganz wenig in der anderen Richtung, mit vielen verschiedenen gm- Gewichten und Webarten, für gerade und stark gekrümmte Formen, für stark in einer Richtung oder gleichmäßig belastete Bauteile.
- Prepregs** Es gibt auch Gewebe und Faserpakete, die mit einem Harz zusammengehalten sind, das sozusagen nur provisorisch gehärtet ist. Wenn man das Material in eine Form legt und heizt, dann erst härtet das Harz endgültig. Für unsere "Handarbeit" ist diese Lieferform nicht gut geeignet.

als Parallelfaser-Bündel, - sogenannte Rovings. Sie sind zwar zunächst am schlechtesten zu bändigen, aber wenn das einmal gelungen ist, leuchtet es ein, daß man mit ihnen der Forderung von der Verfolgung der Kraftlinien am besten gerecht werden kann. Mit ihnen ist die geradeste Verbindung zwischen zwei Punkten möglich. Man kann Ränder mit ihnen verstärken oder Beschläge festbinden. Und man braucht keine Löcher mehr in hochbeanspruchte Holmwurzeln zu bohren, sondern kann mit den Fasern die für den Anschluß nötigen Bolzen und Buchsen einfach umschlingen wie die Holzfaser den Ast im Baum. Die Faser wird nicht abgeschnitten; es entsteht kein Festigkeitsverlust.

Rovings

Alle Glasfasern werden bei der Herstellung mit einem Mittel benetzt, das eine gute Verbindung zwischen Glas und Harz herstellen soll. Außerdem würde das Glas leicht brechen, wenn diese Schutzhülle nicht darauf wäre. Man darf also Glasfasern nicht feucht werden lassen und nicht mit Lösungsmitteln benetzen. Starkes Erhitzen schadet ebenfalls. Man bewahrt Glasfasern glattliegend oder gerollt, jedenfalls ungeknickt auf. Vor dem Werkstattstaub schützt man sie durch eine Folie.

Schlichte
FinishAufbe-
wahrung

Weil wir in der Luftfahrt so leicht wie irgend möglich bauen, trachten wir danach, die Aufgabe des Festhaltens der Fasern mit möglichst wenig Harz zu erledigen, - gerade so viel, daß nichts mehr weiß aussieht, aber daß nirgendwo Harzseen stehen. Das - im Handverfahren meist nicht erreichbare - Optimum liegt bei ca 60% Faseranteil am Volumen. Wer seine Holmgurte, Spanten und Schalen mit 60% hinkriegt, kommt also mit kleinstem Raum und geringstem Gewicht bei höchster Festigkeit aus.

Faser/Harz-
Verhältnis

Bei BS und Libelle finden wir dieses optimale Verhältnis z.B. in den Holmgurten.

Der Fiberglas- Flugzeugbauer macht sich also seinen Werkstoff im wesentlichen selbst, er schafft aus den Grundstoffen heraus, sozusagen aus dem Embryo, sein Flugzeug. Niemand hat je in einen Metallholm, in die Holzlamelle eines Holzverbunds hineingeschaut. Beim GFK liegt der Aufbau von Anfang an offen da, Gußfehler oder Harzgallen, die keiner merkt, gibt es kaum. Dazu kann man die meisten Teile nach dem Härten sehr genau prüfen: auf Aushärtung, und durch einfaches Durchleuchten mit einer starken Taschenlampe.

Stützstoff (Sandwich)

Die ersten GFK- Flugzeuge hatten Balsaholz in der Innenschicht der Sandwichteile. Damals gab es nichts anderes.

Balsa

Das Balsaholz hat in Faserrichtung eine recht gute Zug- und Druckfestigkeit, es beteiligt sich also in diesen Richtungen am Festigkeitsverband. Flugzeuge mit Balsa-Sandwich haben daher eine etwas höhere Biege- Schwingungszahl. Leider stützt das Balsa nicht gut bei Beulbelastungen. Außerdem reißt es infolge seiner geringen Dehnbarkeit bei hohen Durchbiegung des Flügels zuerst.

Bei Brüchen derartiger Sandwichlagen muß man die Innenschicht schäften, wie man es von Holz kennt.

Conticell

Die verbreitetste Sandwichlage ist das Conticell, ein PFC-Hartschaum. Er ist elastischer, stützt aber gegen Beulen auch nicht allzu gut. Dazu ist er nicht gerade das Optimum an Wärmestandfestigkeit. Da er in großen Tafeln hergestellt wird, kann man daraus billiger Flächeninnenlagen vorfertigen.

Wenn man nicht aufpaßt, "säuft" er ziemlich viel Harz, und das Teil wird recht schwer. Bei kleinen Ausbesserungen braucht man ihn nicht sorgfältig zu schäften, sondern paßt einfach einen Fleck ein, und zwar mit Microballoon-Harz.

Brüche in Conticell- Sandwichlagen sind manchmal recht hinterlistig. Man muß sie sorgfältig untersuchen, denn mitunter entdeckt man auf der Innenseite unter einer ein paar cm großen losgelösten Oberschicht einen halbmeterlangen Fladen losgelöstes Innengewebe!

Tubus

Einige Flugzeuge haben Sandwichlagen aus sogenannten Tubusplatten, die aus einem Thermoplast (Polystyrol o.ä.) hergestellt sind. Wir haben gelernt, daß diese Werkstoffe mitunter an GFK- Lagen nicht sonderlich gut haften. Das dürfte der Grund sein, weshalb diese Bauweise nicht allzu verbreitet ist. Tubus- und Waben- Sandwichlagen haben aber demgegenüber eine sehr gute Stützfestigkeit gegen Beulen.

Hexcel

Deshalb benutzt z.B. der "Airbus" in vielen Teilen eine Wabenlage aus Nylon, welche durch einen recht rauen Zugschnitt der Lagedicke eine recht gute Haftfestigkeit am GFK erzielt, jedoch nicht an allen Harzen. Das Material wird "Nomex" oder "Hexcel" genannt und hält z.Zt. seinen Einzug in den Segelflugzeugbau. Es ist sehr leicht, und man kann es in Reparaturstellen hervorragend einpassen. Leider ist es noch sehr teuer.

Carbon

Man kann auch versuchen, durch Versteifung der GFK- Lage selbst den Stützstoff einzusparen. Dazu werden Carbonfasern verwendet. Manche Flugzeuge haben diese Fasern als ganze Holmgurtlagen, z.B. einige 19 m - Kestrel, einige PIK und auch die berühmte FS 29. (Teleskopflügel). Über die Dauereigenschaften dieser Fasern ist zur Zeit noch nicht allzu viel bekannt. Sie haben ein Mehrfaches der Festigkeit von Glasfasern, aber nicht deren Dehnung. Das kann manchmal positiv, oft aber auch negativ sein, denn

Die in der Libelle verwendeten Grundstoffe:

Harz:

Shell Epikote 162, gemäß Lieferbedingung AFG 23 - 64 (10)

Härter:

BASF Laromin C 260 , cycloaliphatisches Diamin.

Das Mischungsverhältnis beider Komponenten beträgt:
bei Gewichtsdosierung: 100 Teile Harz, 38 Teile Härter.
bei Volumendosierung: 1 x Härter, 2 x Harz. Also:
nehmen Sie 2 völlig gleiche Gefäße. Füllen Sie das
eine 2mal mit Harz, das andere 1mal mit Härter.

Glasfasern:

Alkalifreies E- Glas, versehen mit Finish (bei Geweben)
mit Schlichte (bei Rovings).

Gewebetypen:

Interglas- Nr.	US- Nr.	Bindung	Gewicht p.qm
90070	-	Leinen	78 g
92110	-	Köper	160 g
92125	-	Köper	285 g
92145	181-150	Leinen unidir.	215 g
92140	-	Köper	400 g

Finishtypen für Gewebe (Interglas): Volan A, I 550

Rovingtyp: 60 x (9) Nm 28

Die Bezeichnung bedeutet:

je 200 einzelne Glasfasern sind zu einem Faden zusammengefaßt. Der Roving besteht aus 60 solcher Fäden. Jede seiner Fasern ist 9 mm stark. Nm 28 ist die Titernummer, eine Fachbezeichnung der Textilbranche. Sie können ausrechnen, daß ein Roving also 12 000 einzelne Fasern hat.

Schlichtetypen für Rovings (Textilglas): K 92, S 23

Lack:

Polyester- Schwabbellack, Mischverhältnis 10 Tl. Lack,
1 Tl. Härter.

Hilfsstoffe:

Trennmittel, Füllstoffe, siehe S. 112

(Auf diese Seite kleben Sie sich die Materialliste, die Sie
auf Anfrage vom Hersteller Ihres Flugzeugs erhalten haben).

die hohe Arbeitsaufnahme entfällt damit, während man natürlich ein Teil gleicher Festigkeit damit leichter bauen kann als mit Glasfasern.

Soweit man jetzt schon etwas sagen kann, gelten für die Reparatur dieser Teile die gleichen Gesetze wie für andere Fasern.

Die Carbonfasern sind z.Zt. absolut gesehen noch um ein Mehrfaches teurer als Glasfasern. Wenn man es aber fertigbringt, durch ihren Einsatz etwa eine Sandwichlage mit allen daran hängenden Arbeitszeitkosten einzusparen, kann sie durchaus preiswert sein.

Borfasern

Sehr hohe Festigkeiten haben Borfasern, die aber, da sie schwer und teuer sind, bis jetzt keinen Einzug in unser "Handwerk" gehalten haben.

Kevlar

Dagegen wurden Kevlar- Fasern bereits recht erfolgreich eingesetzt, z.B. in Hanggleitern, da sie sehr leicht sind. Während sie sehr gute Zugfestigkeiten haben, läßt die Druckfestigkeit zu wünschen übrig. Die Erfahrung ist noch nicht so weit fortgeschritten, daß wir sie in unsere Reparaturbetrachtungen einbeziehen können.

All diese neuzeitlichen Werkstoffe werden bei unseren Arbeiten wohl erst später eine Rolle spielen. Sie werden hier nur angeführt, um Ihnen zu zeigen, daß es bei jeder Reparatur richtiger ist, sich zuvor beim Hersteller über die verwendeten Werkstoffe zu erkundigen.

Qualitätsprüfung:

Fehler in einem GFK- Teil können natürlich ihre Ursache in beiden Bestandteilen haben - im Glas und im Harz.

Die Glasbewehrung muß folgende Voraussetzungen erfüllen:

sie muß in vorgeschriebener Glasart, Menge und Lage im Teil vorhanden sein;

das Teil muß durchscheinend graugrün aussehen - also nicht etwa stellenweise weiß oder mit stark sichtbarer Glasstruktur. Dann war das Glas feucht oder hatte ein falsches Finish.

Das Teil hat um so mehr Festigkeit, je höher der Glasanteil und je korrekter die Lage der Fasern. Harznester, krummliegende Fasern, verschobene Fäden im Gewebe mindern die Festigkeit.

Viel häufiger als im Glas finden wir jedoch im Harz Anlaß zur Beanstandung:

das Teil muß durch und durch sauber getränkt sein und darf keine weißen Stellen aufweisen;

das Harz muß vollkommen hart sein. Schlecht genärtetes Harz stützt keine Glasfaser gegen Ausknicken beim Belasten.

Sie können die Aushärtung an folgenden Merkmalen prüfen:

die an den Teilen überstehenden Spitzen müssen nadelscharf pieken wie Stecknadeln und sich spröde abbrechen lassen.

Wenn sie sich nur verbiegen, ist die Härtung unvollkommen.

Die im Mixgefäß übriggebliebenen Harzreste dürfen am nächsten Tag (nach ca 12 Std. bei 18° oder mehr) nicht mehr mit dem Daumennagel eindrückbar sein. Nach ca 24 Std. müssen sie unter einem Hammerschlag spröde zersplittern; die Splitter sollen glasklar-gelblich aussehen.

Auch beim Bearbeiten fertiger Teile merkt man schlechte Aushärtung: solche Teile schmieren, wenn man sie feilt, sandet oder bohrt. Die Späne kommen wie Brotkrümel und nicht wie Pulver. Beim Bearbeiten versuchen die Glasfasern aufzustehen und reißen sich mitunter sogar los.

Der Klang solcher Teile ist nicht hell und hart, sondern dumpf. Sie setzen dem Verbiegen wenig Widerstand entgegen und brechen nicht hell- krachend und splitternd, sondern etwa wie Plastikeimer - biegend und ohne Sprünge.

Manchmal liegt es einfach daran, daß die Aushärtung noch nicht beendet ist (etwa weil es im Raum zu kalt war), aber bei Erwärmung über kurz oder lang abgeschlossen sein wird.

Das können wir feststellen, indem wir heizen, oder den Rest des zweifelhaften Harzansatzes auf die Heizung oder in eine mäßig warme Backröhre legen. Wenn die Mischung härtefähig ist, so merkt man es spätestens nach einer Stunde (natürlich nach Erkalten prüfen!).

Haben wir aber beim Harzansatz einen Fehler gemacht oder sind mit dem Pinsel voll Aceton in die Mischung gefahren, so ist nichts mehr zu retten.

Lebenshilfe für GFK-Flugzeuge

Für den Besitzer eines GFK- Flugzeuges gibt es manchmal dann eine böse Überraschung, wenn der Bauprüfer kommt und ihm mitteilt, daß der ersehnte jährliche Nachprüfschein nicht ausgestellt werden kann, weil diese oder jene Wartungsarbeit oder eine "TM" oder gar "LTA" nicht durchgeführt ist.

Was ist das eigentlich? Was kann man tun, um sich gegen diese Überraschungen zu schützen?

Dazu sollte man etwas über den Verfahrensgang wissen, dem ein Flugzeug während Herstellung und Betrieb unterliegt. Den meisten Flugzeugbesitzern ist das leider ein "böhmisches Dorf". Deshalb die Überraschungen.

Stück- u.
Nachprüfung

Jedes Flugzeug wird während und nach seiner Fertigstellung im Herstellwerk - das kann bei Amateuren durchaus das Wohnzimmer sein! - von einem LBA- geprüften Bauprüfer auf handwerklich einwandfreie Arbeit und Übereinstimmung mit den Bauunterlagen geprüft. Dieses Verfahren nennt man die Stückprüfung. Ohne Stückprüfschein kann keine Verkehrszulassung ausgestellt werden. Die Stückprüfung wird bei Serienflugzeugen von einem im Herstellwerk tätigen Prüfer durchgeführt.

Jedes Jahr - das Datum ergibt sich aus dem Stückprüfschein - erfolgt eine Nachprüfung: ob das Flugzeug immer noch den zu diesem Zeitpunkt gültigen Bauunterlagen entspricht und somit lufttüchtig ist. Wenn das der Fall ist, wird ein Nachprüfschein ausgestellt. Das können Sie im Herstellwerk oder bei jedem für GFK- Flugzeuge zugelassenen Bauprüfer machen lassen.

TM

Der Satz: ".den zu diesem Zeitpunkt gültigen Bauunterlagen.." ist wichtig. Denn die Welt dreht sich weiter, auch Flugzeughersteller werden (manchmal) klüger, und so kann es vorkommen, daß sie erkennen, daß an ihrem Flugzeug das Teil x besser durch das Teil y ersetzt werden sollte, weil das etwa einfacher zu bedienen ist - also ein besserer Komfort, der mit den Erfordernissen der Lufttüchtigkeit nichts zu tun hat; oder daß man merkt, daß man das Teil x besser in einer anderen Weise herstellen sollte, weil das billiger ist. Natürlich muß der Hersteller in diesen Fällen dem LBA beweisen, daß die Lufttüchtigkeit durch die Änderung nicht beeinträchtigt wird. Der Flugzeugbesitzer hat in derartigen Fällen die Wahl, die alte Ausführung zu lassen oder die neue einzubauen, denn lufttüchtig sind ja beide. In einem solchen Fall genügt es, wenn der Hersteller eine sogenannte "Technische Mitteilung" herausgibt, die zuvor vom LBA genehmigt werden muß. Die TM wird vom Hersteller an alle ausländischen Luftämter und nur auf Anforderung an Luftfahrttechnische Betriebe (LTB) übersandt. Ihr Landesverband z.B. ist ein solcher.

Alle Änderungen am Flugzeugmuster, die erforderlich werden, weil entweder das LBA oder der Hersteller oder beide befürchten, daß unter der alten Ausführung die Lufttüchtigkeit der Flugzeuge leiden könnte, werden in einer "Lufttüchtigkeitsanweisung" (LTA) bekanntgemacht. Sie wird an alle dem LBA bekannten Besitzer der Flugzeuge und an alle Bauprüfer geschickt. Ferner wird sie in den "Nachrichten für Luftfahrer Teil II", die alle Herstellbetriebe (HB) und LTB mithalten müssen, bekanntgemacht.

LTA

Eine LTA muß vom Halter des Flugzeugs zu dem darin angegebenen Zeitpunkt erledigt werden, sonst gibt's keinen Nachprüfschein. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß die LTA einen Mangel am Flugzeug aufdeckt, der u.U. verhängnisvoll werden kann, so sollte man auch gar nicht lange zögern, der LTA zu folgen.

Nun in ganz schweren Fällen gibt das LBA eine LTA heraus, die das Flugzeug bis auf weiteres oder bis zur Behebung eines Mangels sperrt.

In diesem Zusammenhang sei hier eine Lanze für das LBA und seine Prüfer gebrochen: sicher gibt es auch unleidliche Menschen, möglicherweise sogar unter Bauprüfern, aber im allgemeinen kann man getrost davon ausgehen, daß der Prüfer Sie und die Allgemeinheit vor Schaden bewahren will. Fragen Sie deshalb Ihren Prüfer lieber einmal mehr als einmal zuwenig - Prüfer und LBA sind die umfassendste und billigste Erfahrungsquelle, die es gibt!

Was ist nun in bezug auf den "Bürokratismus" nötig, wenn es "gebumst" hat?

Jeder Schaden, bei dem das Flugzeug seine Lufttüchtigkeit einbüßt, muß dem LBA durch eine Störungsmeldung bekanntgegeben werden. Der Zustand der Lufttüchtigkeit ist unterbrochen - und damit automatisch die Verkehrszulassung, und zwar so lange, bis das Flugzeug - wieder durch einen Bauprüfer - mittels eines Nachprüfscheins wieder lufttüchtig gemeldet wird.

Prüfverfahren
bei Schaden

Die Nichteinhaltung dieses Verfahrens entbindet u.a. jede Versicherung von ihrer Leistungspflicht.

Nur im Falle des Totalschadens wird die Verkehrszulassung - sie besteht bekanntlich aus Lufttüchtigkeitszeugnis und Eintragungsschein - eingezogen.

Nun kann ein Flugzeug bereits in seiner Lufttüchtigkeit beeinträchtigt sein, weil der Fahrtmesserschlauch runtergerutscht ist, denn ein funktionierender Fahrtmesser gehört nun mal zum Geschäft, aber Sie werden sicher deshalb keinen Bauprüfer und das gesamte oben beschriebene Verfahren in Marsch setzen.

Andere Leute wieder halten selbst ein Flugzeug noch für lufttüchtig, das durch Knicke im Laminat zu erkennen gibt, wie schwer es beleidigt wurde.

Man erkennt, daß es hier offenbar einen sehr weiten Spielraum für die Verantwortlichkeit des Flugzeughalters gibt. Denn auch die Vorschrift der meisten Flugzeughersteller: große Reparaturen nur beim Hersteller! mit der Definition: eine große Reparatur ist eine, bei der die Lufttüchtigkeit des Flugzeugs berührt wird, hilft da nicht viel weiter - siehe vorher.

Die Grenzen sind keineswegs leicht zu erkennen - dazu kommt, daß Flugzeugbesitzer sehr unterschiedliche Kenntnisse zur Ausführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten haben.

Um sich vor späteren unliebsamen Diskussionen zu schützen, sollte man daher grundsätzlich alle Fälle, die in irgend einer Weise in die tragende Struktur des Flugzeugs oder in die Funktion seiner Steuerungsanlage eingreifen, mit dem Prüfer vorher besprechen.

Prüfmethode

Die nächsten 4 Seiten zeigen Ihnen eine Prüfliste, wie sie von Bauprüfern benutzt wird. Haken Sie beim Rundgang um Ihr Flugzeug (Seite 205-6) die einzelnen Punkte ab oder tragen Sie ein, was Ihnen auffällt. Wenn die Liste "erledigt" ist, können Sie dem Besuch Ihres Prüfers mit Ruhe entgegensetzen.

Wenn es "gebumst" hat, so dient die Liste als Gewissensprüfung: kann ich die Beschädigungen selbst flicken? Und als Hilfe, welche Teile Sie bestellen müssen, und welches Material besorgen.

Manchmal ist es gar nicht leicht, Beschädigungen zu entdecken. Man stellt oder legt die Flugzeugteile am besten so, daß Tageslicht schräg auf die Lackflächen fällt. Das Teil muß natürlich staubfrei sein - nur dann sieht man kleine Knicke in der glatten Fläche, unter denen sich durchaus respektable Risse verbergen können - GFK federt nämlich in die Ausgangslage zurück!

Lose Laminatstellen im Sandwich des Flügels findet man ebenso. Zusätzlich sollte man die Flügel, mit einem Bleistiftende etwa, abklopfen - man hört sofort, wo etwas lose ist.

Jahres- kontrolle

Vorbereitung der Jahreskontrolle:

Dazu gehört nicht nur ein durchgesehenes, gut gesäubertes Flugzeug, sondern auch ordentlich gehaltene Papiere.

Wir ordnen also vor dem Besuch des Prüfers die L - Akte, sorgen dafür, daß frühere Prüfberichte und Zubehör chronologisch gut zu finden sind, prüfen, ob die evtl. betreffenden LTA durchgeführt sind, prüfen, ob die Gültigkeit der Kupplungs-, Funkgerät- und Instrumentenpapiere noch ausreicht, ob die Genehmigung für das Funkgerät vorliegt und die Daten stimmen; ob die eingebaute Ausrüstung mit dem letzten Ausrüst- Verzeichnis übereinstimmt; ob das Bordbuch nachgetragen und Starts und Stunden abgerechnet sind.

....denn man ärgert sich die Platze, wenn man wegen so einem fehlenden Papierchen die dicksten Kumulanten von unten betrachten muß!!

Anlaß:

Datum

D -

WNr.

		links	rechts	zu tun	erl
QuR	Zustand				
	Lagerböcke				
	Verklebung				
	Endrippen				
	Ausgl. Blei				
	Lackierung				
BK	Zustand				
	Endrippen				
	Antr. Lager				
	Passung				
	Bef., Spiel				
	Lackierg.				
LW	Zustand				
	Harzarbeit				
	Beschläge				
	Lager				
	Lackierung				
Rd	Zustand				
	Lager				
	innen				
	Ausgl. Blei				
	Lackierung				

+ in Ordnung - beanstandet o nicht betr.

Flü	Zustand	links		rechts		zu tun	ertl
ohne	sauber						
	Verkl. Nase						
	Holme						
	Lager						
	QuR-Brücke						
	Antriebe QuR						
	BK						
	Ku gestich.						
	Wellenspiel						
	Leackierung						
Mit	Zahlen, Rot						
	QuR Anschl.						
	Gängigkeit						
	Spalte						
	Geräusche						
	eingemäß						

		Befund	zu tun	erl
LW mont	Ausschlag			
	Gängigkeit			
	Sicherung			
	Kennz			
Hb	Verglasung			
	Rand			
	Beschläge			
	Passung			
Ru	Zustand			
	Harzarbeit			
	Verklebung			
	Kupplg. Bug			
	SP			
	Staurohr			
	Fußsteuer			
	Seilanschl.			
	Handsteuer			
	LWAntrieb			
	QuRAntrieb			
	BK-Antrieb			
	Hauptanschl.			
	Fahrwerk			
	MAbteil			
	Kofferr.			
	Schwanzantr			
	LWAufhäng			
	Haubenv.			

		Befund	zu tun	gr.
Fls mont	QuR Ausschlag			
	V-Ausschlag			
	QuR Arbeit			
	V-Arbeit			
	BK-Antr.			
	FluAnschluß			
	Wellenpassag			
	LWAnschluß			
	einngemäß			
IBr	Zustand			
IBr	Fahrtm			
	Höhenm			
	Vario 1			
	2			
	Kompaß			
	Funk			
Ausst	Gurte			
	Tasche			
	Knüppels.			
	Bauteilsch.			
	Bediensch.			
	Kennschild			
	Daten			
	Deckel			
	Sicherungen			

Checkliste

GANZES FLUGZEUG

Prüfen auf Winkligkeit der Achsen
(Höhen-, Seitenleitwerk)

Flügel-Biegeschwingsenzzahl,
prüfen auf Übereinstimmung mit
vorigem Prüfbericht

Dann kommen bei Jahreskontrollen
die im Prüfbericht geforderten und
im Flug- u. Betriebsbandbuch erläuterten
Messungen und Wägungen.

FLÜGEL

Bremsklappen:
prüfen auf Gängigkeit,
gutes Schließen,
Lagerspiel

Flügel:
Holmberreich tadellos?
Prüfen auf Haarrisse,
Stauchungen

Flügel-
Hauptbeschlag: prüfen auf
Haarrisse entlang der
Beschlagskontur
Beschaffenheit der Bolzen,
Gelenklager, Hauptbolzen

Querruder, Wölbungsklappen:

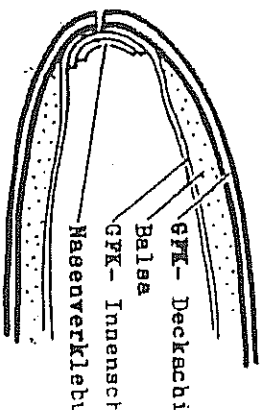
prüfen auf Gängigkeit und Spiel wie
bei anderen Flugzeugen,
Risse und Knicke in der Schale

Haarriß an der Wurzelrippe:

Die meisten Fiberglasvögel haben an den Flügelwurzeln eine ziemlich
dicke Spachtelschicht sitzen. Diese wenig elastische Schicht reißt
schon beim normalen Arbeiten der Flügel quer zum Holm ein. Dieser Ha-
verändert sich nicht, wenn man die Flügel durchbiegt. Die Holmrippe
also unbeschädigt. Solche Haarrisse sind unbedenklich; Beobachtung
jedoch nötig. Wenn nach harten Landungen die Situation verändert
erscheint, schabe man die Spachtelschicht herunter und schaue nach.

Haarriß am Flügelkasten-Staupunkt:

Ähnlich verhält es sich bei der Libelle an der Flügelnahe. Auch hier
zeigt eine Spachtelrinne dazu, Haarrisse in Flügelkantung zu
zeigen, und zwar genau im Staupunkt. Auf der Zeichnung
Grund. Die Nahe hat zwar genau so viel Gewebelagen wie die übrige
Flügelnahe, ist aber wegen des dort fehlenden Stützstoffs elastischer
und das macht der Spachtel nicht mit.



Checkliste

RUMPF

Rumpf-Flügel - Zusammenschluß:
prüfen auf weiße Stellen
erhöhtes Spiel
verbogene Rohre (harte Montage)

Arbeiten die Instrumente?
Funk?
Sauerstoff?

Schultergurte
o.k.?

Beschaffenheit und
gängigkeit
aller Steuer- u.
Bedienungsorgane

Bugkupplung o.k.?

Steuertunnel:
prüfen auf weiße Stellen,
Risse um die Befestigung
an der Rumpfschale

Bauchgurthalter: prüfen auf
weiße Stellen um die Ansätze
an der Rumpfschale

Schwerpunktkupplung:
besonders nach Bauchlandungen
prüfen auf Verschmutzung,
Funktionsprüfung

Fahrwerk:
prüfen auf gerade Achsstellung,
verbogene Streben, Winkligkeit,
Gängigkeit beim Ein- und Ausfahren,
zerbrochene Federn,
weiße Stellen oder Risse im Fiberglas
um die Aufhängepunkte, Lagerspiel,
Antriebshebelzustand

Radbremse: Rad muß Gerade noch frei
laufen. Bremse soll im letzten Viertel
des -Hebelweges ansprechen.

Nichts kaputt? Na, denn probst!

SR- Lagerung:
prüfen auf erhöhtes Spiel, im
weißen Stellen im Fiberglas im
Bereich der Beschläge

HR- Lagerung:
wie SR.

Bremschirm
arbeitet?
Kappe richtig
eingehängt?
Schließt gut?

Kestrel

Sporn intakt?
Prüfen auf weiße Stellen
u. Risse; Aufhängepunkte
prüfen

Libelle

SALTO

Diese Stellen besonders prüfen!

Rumpfschale:
außen: prüfen auf Risse, Knicke, Faltchen
innen: prüfen auf weiße Stellen, zackige weiße Linien,
Risse

Torsionsprüfung:
Rumpf festhalten,
Seitenflüsse gegen Rumpf verdrehen:
geht das leichter als gewohnt?

Praktische Arbeit

Wenn's also passiert ist -

dann stecken Sie sich erst mal eine Beruhigungszigarette an.

Nach Checkliste stellen Sie genau fest, was alles kaputt ist.

Nun müssen Sie die zertrümmerten Teile genau auf ihren Aufbau, Zahl, Lage und Art des Verstärkungsmaterials untersuchen.

In den meisten Fällen führt Aufschleifen zum Ziel; die Schichten bilden sich ab, wie Sie es vom Sperrholz her kennen.

Wenn Sie im Zweifel sind, so können Sie

- a) Ihren Hersteller fragen;
- b) für alle Fälle eine Schicht mehr einplanen;
- c) ein Stück der Trümmer verbrennen. Nachdem das Harz daraus verbrannt ist, bleiben die Glaslagen zurück, und Sie können Zahl und Richtung bestimmen.

Die goldene Regel lautet jedoch: immer eine Schicht mehr als festgestellt. Dann haben Sie Reserven zum Verschleifen, ohne befürchten zu müssen, eine zum Tragen dringend benötigte Glaslage zu zerstören.

Schon nach kurzer Praxis mit GFK werden sich einige Grundsätze herauskristallisieren: Parallelen zum Holzbau - Unterschiede zum Holzbau.

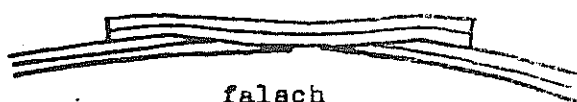
Praxis

Im allgemeinen braucht man bei GFK nicht so genau einzupassen wie bei Holz, weil sich die GFK-Lagen etwas zusammendrücken. Auch daß meist keine Pressung nötig ist, wird sich als erleichternd erweisen. Dazu erlaubt GFK oft das Zusammenfassen mehrerer Vorgänge zu einem Arbeitsgang, wo man bei einer Holzleimung deren etliche gebraucht hätte.

Dagegen ist GFK anspruchsvoll in bezug auf genaues Abmessen der Komponenten.

Fein Fett auf Leimstellen sind beide Verfahren gleichermaßen empfindlich.

GFK bietet mehr als andere Werkstoffe die Möglichkeit, allmählich stärker zu werden und allmählich auszulaufen. Nutzen Sie diesen Vorteil und bauen Sie keine Treppen = Kerbstellen.



falsch



richtig

Wenn außer Löchern noch Risse in der Schale aufgetreten sind, dann flicken Sie zuerst die Risse, damit Sie möglichst viel von der ursprünglichen Schalenkontur als Form und Halt für die zu ergänzenden Teile gewinnen.

Nach dem auf Seite 101 Erklärten ist es einleuchtend, daß die festeste Verbindung vermutlich dann zustandekommt, wenn sich die Moleküle zweier nasser Harzschichten miteinander verbinden können. Wir werden also bevorzugen, "Naß auf naß" zu arbeiten, wo das irgend geht. Außerdem sparen wir bei dieser Methode das lästige Aufschleifen der Verbindungsstellen.

Wenn "Naß auf naß" nicht geht, ist das nächstbeste Verfahren "Naß auf trocken", also das Auflegen einer nassen GFK-Lage

auf eine schon gehärtete. Gutes Aufschleifen ist Bedingung.

"Trocken auf trocken" arbeiten wir fast nie, denn es stellt sehr hohe Anforderungen an die Paßgenauigkeit, wie etwa eine Holzleimung. Meist kommen wir drum herum, indem wir zwischen die harten Teile eine nasse Gewebelage legen können, welche Unebenheiten ausgleicht.

Wenn das aus Gründen der Paßgenauigkeit nicht geht, so haben wir zu entscheiden: die höchste Festigkeit erreicht die Verleimung zweier harter GFK- Teile mit reinem Harz. Aber nur bei sehr guter Passung! Nester des ziemlich spröden Harzes mindern die Festigkeit. Wo die genaue Klebflächenpassung zweifelhaft herzustellen ist, verwenden wir deshalb lieber eine "gefüllte" Harzmischung.

Fullstoffe Wenn man Unebenheiten oder stärkere Schichten mit Harz ausfüllen möchte, so muß man das Harz verdicken, indem man einen pulverförmigen Stoff hineintrührt, - einmal weil es sonst an geneigten Flächen weglaufen würde, zum andren, weil das Harz allein sehr spröde ist. Am besten eignen sich für unsere Zwecke:

Aerosil: macht das Harz steif, sodaß es von senkrechten Flächen nicht abläuft. Ergibt aber ausgehärtet ein sehr sprödes Produkt.

Baumwollflocken: ergibt eine nicht allzu harte, gut schleifbare Harzmischung.

Eine Mischung aus Aerosil und Baumwollflocken wenden wir an, wenn wir die Masse sowohl ziemlich druckfest als auch elastisch haben wollen, - das Geeignete für Verklebungen.

Glasstaub ergibt eine sehr harte, druckfeste Mischung, die man aber nicht naß auf nassem Glasgewebe verarbeiten sollte. Sie ist auch ziemlich schwer.

Microballoon eignet sich gut zur Herstellung eines sehr leichten Spachtels für ganz dicke Stellen, der sich gut schleifen läßt. Man darf diese Mischung aber nicht für GFK-Verklebungen einsetzen.

Trennmittel Es wäre ärgerlich, wenn Sie das eigens in einer Spezialform angefertigte GFK- Teil oder gar eines, zu dessen Herstellung Ihnen das Flugzeug als Form diene, nach dem Härten nicht lösen könnten. Die Formen müssen sorgfältig isoliert werden; wo Folienklebstreifen nicht gehen, weil das Teil gewölbt ist, da muß man gut wachsen; je rauher die Form ist, um so öfter.

Es gibt zwei Hauptgruppen von Trennmittel: wässrige Lösungen von Kunststoffen, und Wachslösungen. Die ersteren trennen gut, das Trocknen hält aber auf, und die Oberflächen werden nicht so blank. Wir verwenden daher meist die Wachslösungen. Fast jeder "bessere" Harzhersteller stellt auch Trennmittel her oder verkauft solche. Die Wachstrennmittel werden aufgespritzt oder mit einem Lappen aufgetragen. Sie sind in ein paar Minuten trocken.

Jedes aufgetragene Trennmittel muß sehr sorgfältig entfernt werden, wenn man auf dieser Stelle mit Harz oder Lack weiterarbeiten will. Auch Spuren, und wären es nur im Schleifstaub enthaltene, beeinträchtigen eine gute Harzhaftung.

Folgende Werkstoffe kleben an GFK: Metall, Holz, Textilien, Papier, Gummi, Beton, sauberes Glas, Hartfaserplatten (?).

Folgende Werkstoffe kleben nicht an GFK: Polyäthylen, PVC, Polystyrol(?), Cellophan, Polyamid (Nylon), Phenolharze, Linoleum, alle fettigen Sachen, alle wachsartigen Sachen.

Für die mit Fragezeichen versehenen Stoffe ist das Verhalten zweifelhaft.

Kugellager, Gleitlager, Gelenke müssen gut gegen die Gefahr hineinlaufenden Harzes geschützt werden - besonders, wenn wir heizen wollen und das Harz dann wasserflüssig wird. Man bekommt gehärtetes Harz aus diesen Lagern nie wieder heraus!

Tips

Stahlteile (Beschläge), welche in GFK eingebettet werden sollen, müssen gut aufgeraut und mit Primer geschützt werden, da der Härter sie sonst anfrisst. (Rostbildung).

Schon manchen sah man kläglich enden - denn was sich im Gewebezustand einwandfrei durch Öffnungen irgendwo hineinlegen läßt, braucht noch lange nicht in gehärtetem Zustand dort wieder hinauszugehen!

Wenn Sie etwas anpressen wollen, so sollte der Preßdruck aus zwei Gründen nicht zu stark sein: einmal "wandern" gepreßte GFK-Schichten gern woandershin. Und vor allem muß die spätere Wandstärke gleich der vorhandenen Umgebung sein, denn dünnere Fiberglассschichten haben zwar höheren Glasgehalt - sie beulen aber auch leichter.

Wenn man gelernt hat, peinlich zu unterscheiden zwischen Stellen, wo etwas festharzen soll und solchen, wo es auf keinen Fall festharzen darf, - die eine durch sorgfältige Vorbereitung der Klebstelle zu fördern, die andere durch lückenloses Anbringen von Trennmitteln zu hindern, und all das in möglichst wenig Arbeitsschritten - so wird Ihnen das Jonglieren mit diesen beiden Möglichkeiten bald zu einem Sport werden.

Sie sollten nicht selbst flicken:

wenn der Holmgurt beschädigt ist;

wenn Hauptbeschläge an Flügel, Rumpf oder Leitwerk herausgerissen sind oder in ihrer unmittelbaren Umgebung weiße Stellen im Laminat zu sehen sind;

wenn Teile so zerrissen sind, daß ihre korrekte Lage ohne Vorrichtung nicht mit Sicherheit wieder hergestellt werden kann, oder ihr Aufbau nicht mehr klar erkennbar ist;

wenn es nötig wäre, unbeschädigte Teile zu zerschneiden, um die Reparatur ausführen zu können;

wenn Sie nicht für die technisch einwandfreie Ausführung der Reparatur garantieren können;

wenn der Ersatz des Teils billiger käme.



Werkzeug Werkzeug für Fiberglas- Arbeit:

Neben den üblichen Werkzeugen einer Fliegerwerkstatt sind besonders hervorzuheben:

saubere Gefäße für Harz, Härter, Mischung

Pinzel, kleine Borsten- und 1 größerer Ringpinzel

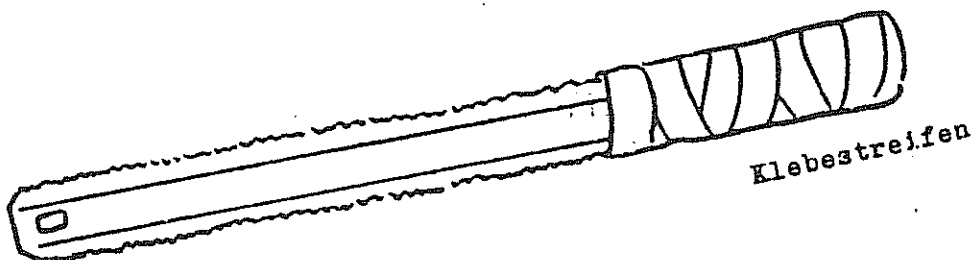
Schere, gut geschliffen

Sandpapier, am besten Maschinenpapier, verschiedene Körng.

Naßschleifpapier, etwa Körnung 220, 320, 360/400, 600

Stecheisen, scharfe

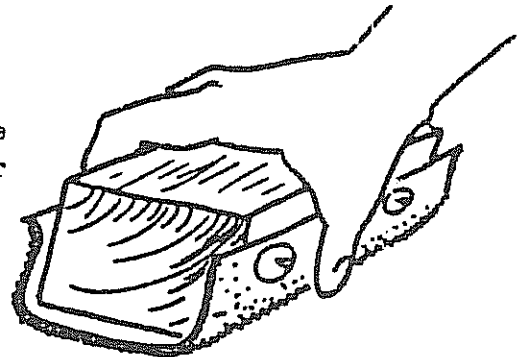
Metallsägeblätter - der Bügel wird durch eine Wicklung am Ende ersetzt, da er meistens hindert



feine Raspeln, halbrund oder Kabinettform

Feile, halbrund, größerer Hieb

Schleifklotz = Holz mit gerader Unterseite
+ Sandpapier



Tesafilm, PVC- Klebeband, zum Isolieren

Trennmittel: spezielles für Epoxyharz. Im Notfall tut es Bohnerwachs, farblose Schuhcreme, Kerzenwachs. Es darf aber niemals Silikon enthalten, da das von den fertigen Teilen nicht zu entfernen geht und Pleiten beim Weiterverarbeiten ergeben würde.

Lösungsmittel: Aceton, Nitroverdünnung, Waschverdünnung, zum Reinigen der Werkzeuge und zum Entfernen von Trennmittel. Nie auf die Haube bringen!

Schleifrutscher erleichtern die Arbeit beträchtlich.

Winkelschleifer sind ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für rasche Arbeit; Wer aber handwerklich nicht besonders geübt ist, sollte nur kleine, handliche nehmen. Mit großen gibt es sehr leicht Löcher!

Schleifmöglichkeit für Werkzeug. Fiberglas macht die Werkzeuge sehr viel schneller stumpf als Holz!

Waage, die aufs Gramm genau gehen sollte. (Briefwaagen tun das meist nicht.) Am besten ist eine alte Kaufmannswaage mit Gewichten.

Reparatur von Fiberglas-Teilen

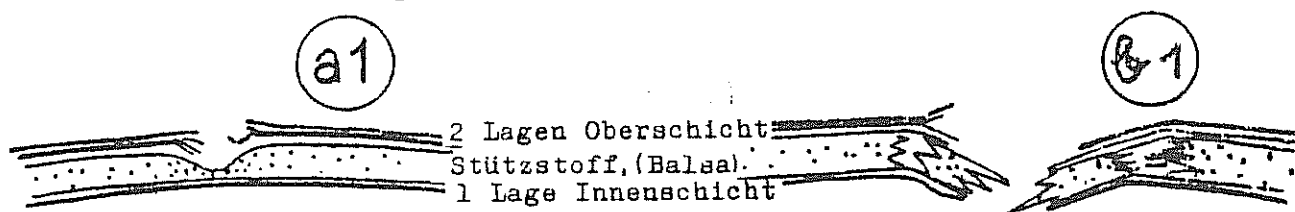
Reparatur einer GFK- Balsa- Sandwichschale

(Libelle u. BS- Flügel u. -Leitwerke)

An Flügeln, Klappen und Leitwerken haben wir es mit einer sogenannten Sandwichschale zu tun: eine Lage Balsaholz liegt zwischen zwei Schichten GFK.

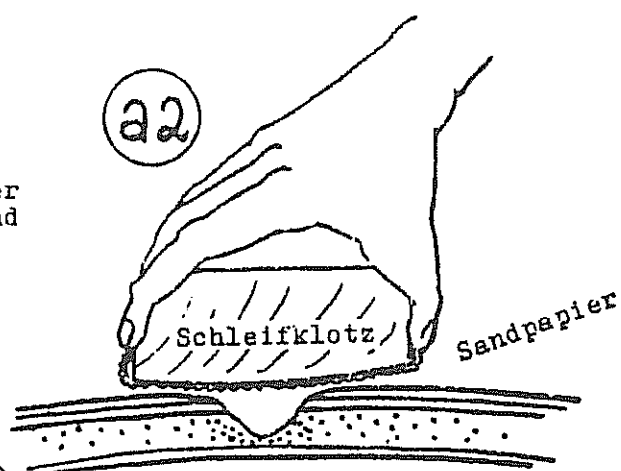
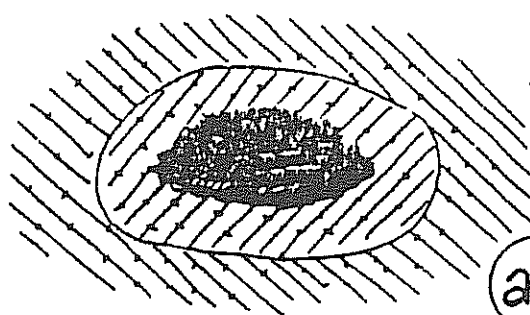
Die berühmten 2 Möglichkeiten:

- a) nur die Oberschicht und das Balsa ist beschädigt, die Innenlage ist heil;
- b) der Schaden geht durch alle Schichten der Schale.

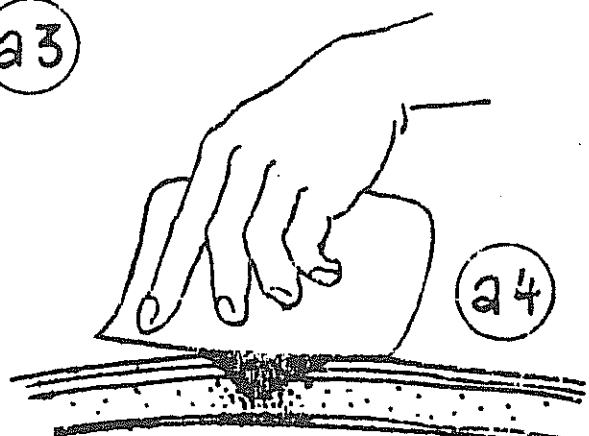


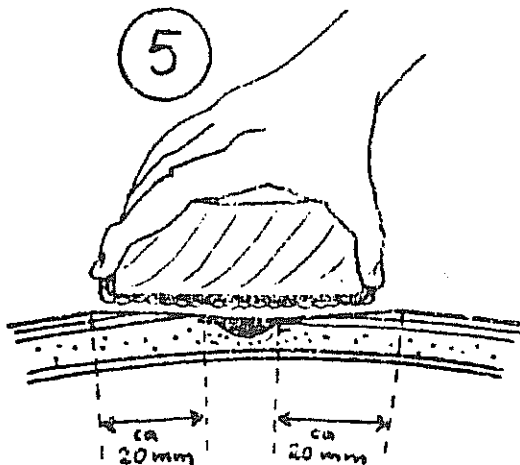
a) ist natürlich einfacher:

schleifen Sie die Stelle mit Sandpapier (60 - 80) auf, bis der Lack weg ist und die Struktur des Glasgewebes sichtbar wird



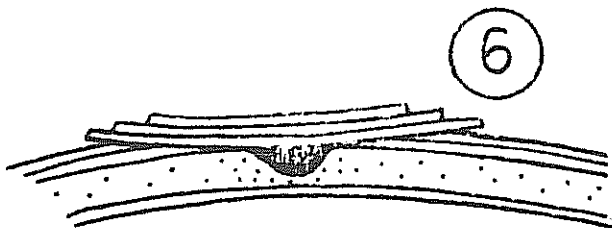
füllen Sie das Loch im Stützstoff mit Spachtelmasse aus. Dazu nehmen Sie: normale Harzmischung, aufgefüllt mit Mikrobalon, Baumwollflocken, Sägemehl, wenn nichts anderes zur Hand: einfach Mehl. Härten lassen.





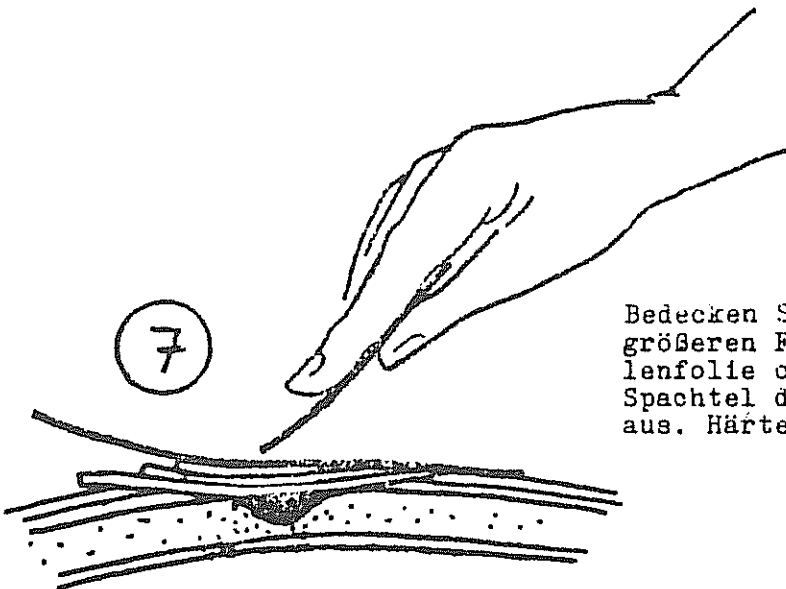
schleifen Sie Stützstoff und Füllung eben und schäfter. Sie das umgebende Glasgewebe etwa 20 mm breit aus.

Vorsicht beim Schleifen, wenn das Stück Füllmasse härter ist als die Umgebung, es gibt leicht Löcher im Balsa.

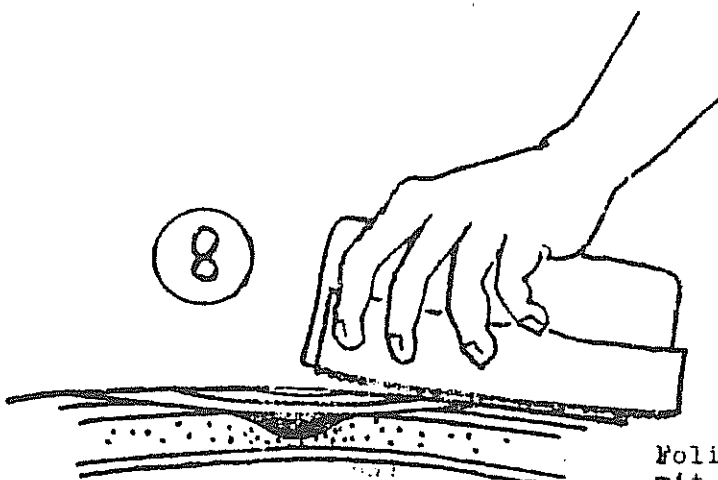


Legen Sie passende Stücke nasses Glasgewebe in die Stelle ein. Art, Anzahl und Faserrichtung geht aus der Schäftstelle hervor.

Ausnahme: bei Flügelschäden nehmen wir statt 2 Lagen 92145: 3 Lagen 92110. Das Gewebe 92145 würde sich nicht übergangslos in die Stelle einfügen lassen.



Bedecken Sie die Stelle mit einem größeren Fleck Cellophan, Polyäthylenfolie o.ä. Streichen Sie mit dem Spachtel die Luft darunter gut heraus. Härten lassen.



Folie abziehen, Stelle abenschleifen, mit Spachtelmasse und Lack behandeln.

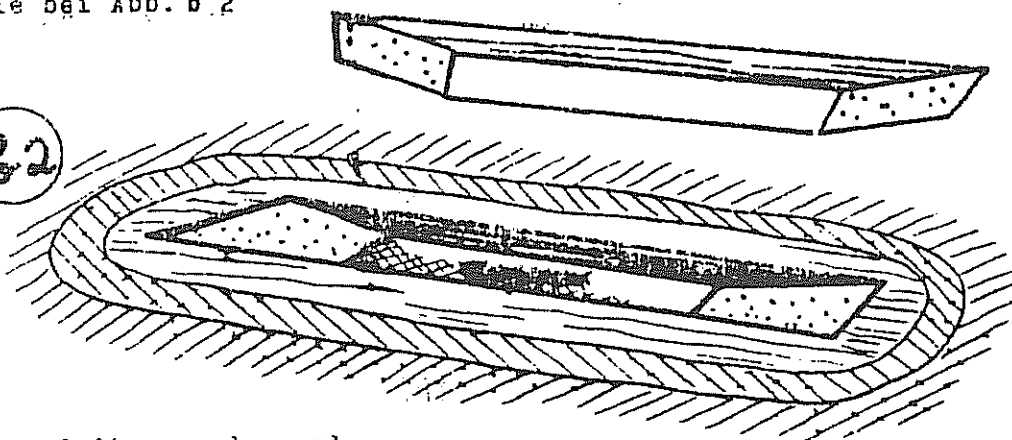
jetzt kommt b):



bei diesem etwas schwierigeren Fall ist das Ersetzen der Innenlage die erste Bürgerpflicht. Das ist spannend, wenn das Teil - wie etwa eine Flügel- oder Leitwerksnase - von innen nicht zugänglich ist.

Wir bereiten bei kleineren Stellen das Loch vor wie bei Abb. b 2

82



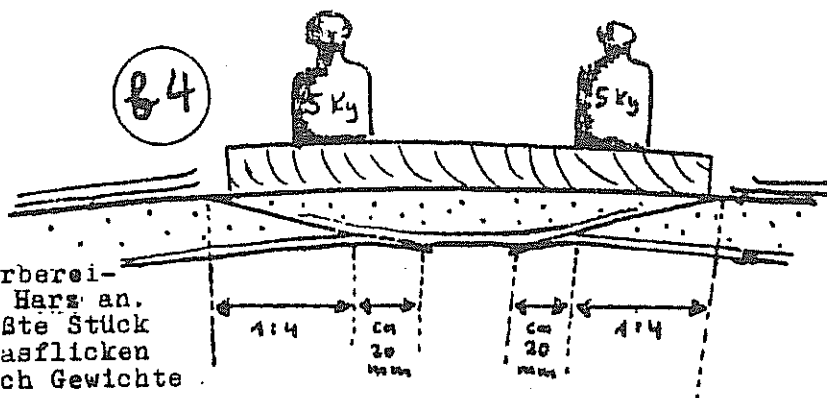
Die Innenfläche und die geraden und schrägen Seitenflächen des Stützstoffstückchens werden mit Harzmischung angestrichen.

83



Dann legen wir ein Gewebestück darauf das die untere Fläche mindestens bedeckt oder etwas größer ist, und tränken das durch

84



Jetzt streichen wir die vorbereitete Stelle der Schale mit Harz an. Dann setzen wir das zugepaßte Stück mitsamt dem aufgelegten Glasflicken ein und pressen leicht durch Gewichte Sandsäckchen o.ä.

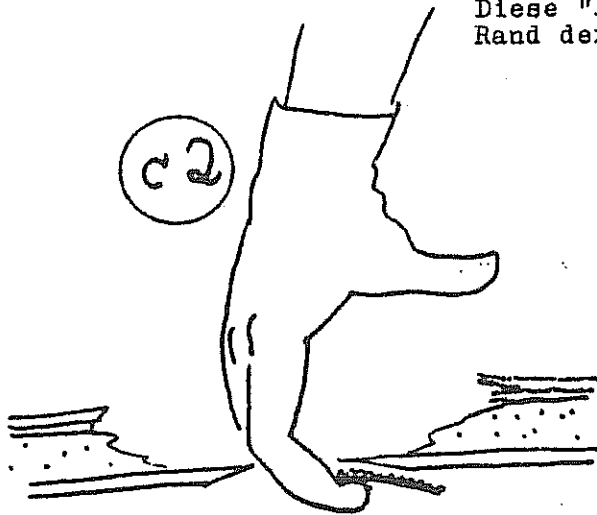
Danach wird die Stelle abgeschliffen und weiterbehandelt nach Abb. 5.

Stützstoff wird immer nach Abb. b 2 ersetzt, wobei die Faserrichtung = Beanspruchungsrichtung ist.

Schaumstützstoffe kann man in kleinen Löchern auch einfach rund einpassen.

Kein Vogel fällt herunter, wenn Sie beim Ersetzen eines Schaumstoffs in kleinen Löchern etwa nicht genau den gleichen, sondern nur einer gleicher Festigkeit zur Hand haben. Balsaholz sollte etwa 0,12 - 0,14 spez. Gewicht haben.

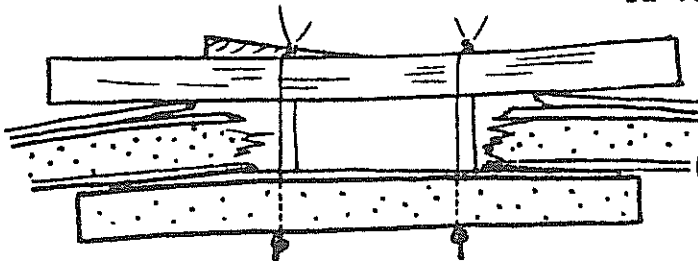
Größere Stellen: werden vorbereitet wie Abb. b2, aber das Gewebe bedeckt auch die Schrägen des eingesetzten Stücks und schaut etwa über diese hinweg. Diese "Fahnen" liegen dann auf dem ausgeschäfteten Rand der Oberschicht. (Abb. C 4.) Danach weiter wie Abb. 6



Wenn das Loch groß ist, sodaß die vorgeschriebene Lage der inneren Gewebeschicht nach diesem Verfahren nicht sicher erreicht werden kann, oder der Stützstoff nicht auf einmal eingesetzt werden kann, helfen wir uns durch eine provisorische Arbeitsplattform:

das Loch wird vorbereitet: diesmal jedoch wird das innere Gewebe von innen angeschliffen (Handschuh anziehen, die Kanten werden messerscharf!)

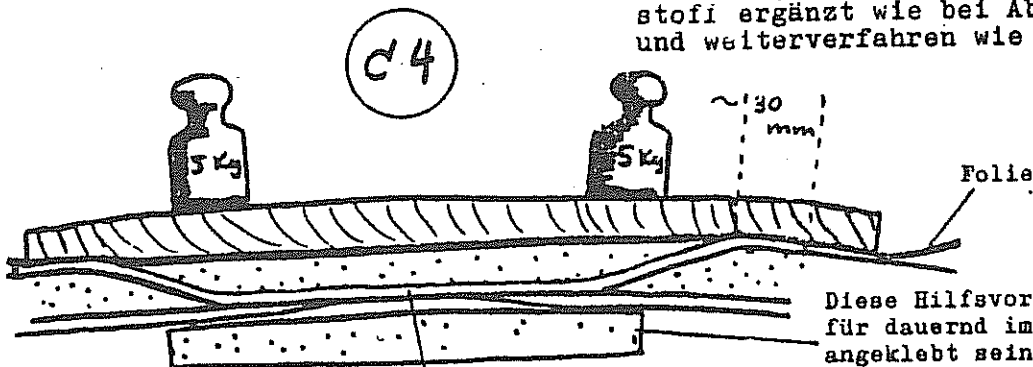
danach führen wir ein Stück Leichtstoff (Balsa, Schaumstoff o.ä.) in der Größe der ganzen Schäftstelle ein, das wir mit Drähten, Fäden o.ä. gegen die Schale spannen können. Das Stück muß sich der Schalenkontur genau anpassen, ohne sie zu verdrücken.



Zuerst trocken probieren!

Danach bestreichen wir das Stück auf der Oberseite mit Harz, legen ein Glasgewebestück darauf, welches die Schäftträger der inneren Glaslage gut überlappt, tränken durch, ziehen die Drähte oder Fäden ein, führen das so vorbereitete Stück in das Loch ein und spannen es an den Fäden gegen die Schale. Härten lassen.

Das ersetzte, gehärtete Innengewebe wird aufgeschliffen, das Stück Stützstoff ergänzt wie bei Abb. b 2-4 und weiterverfahren wie Abb. 5.



Diese Hilfsvorrichtung bleibt also für dauernd im Bauteil; sie muß gut angeklebt sein, damit sie nicht auf Wanderschaft gehen kann, und darf keine Steuerungsteile behindern.

In allen Fällen, in denen Sie für die sichere Verbindung der Innenlagen nicht garantieren können, legen Sie unter den Füllstoff eine Lage wie in C 4 gezeigt

Reparatur einer All-Fiberglas-Schale

(alle GLASFLÜGEL, SALTO, andere)

Die Rumpfschale besteht im Gegensatz zum Flügel nur aus Fiberglas. Diese Bauweise verleiht ihr ihre Feder-Elastizität.

Bei kleinen Löchern haben wir weiter nichts zu tun, als die Stelle 20 - 30 mm um das Loch herum auszuschäften und die sich aus dem Schäftbild ergebenden Glasgewebelagen einzusetzen. Jede untere soll die nächste um 7 - 10 mm überragen. Härten lassen, eben schleifen, spachteln, lackieren.

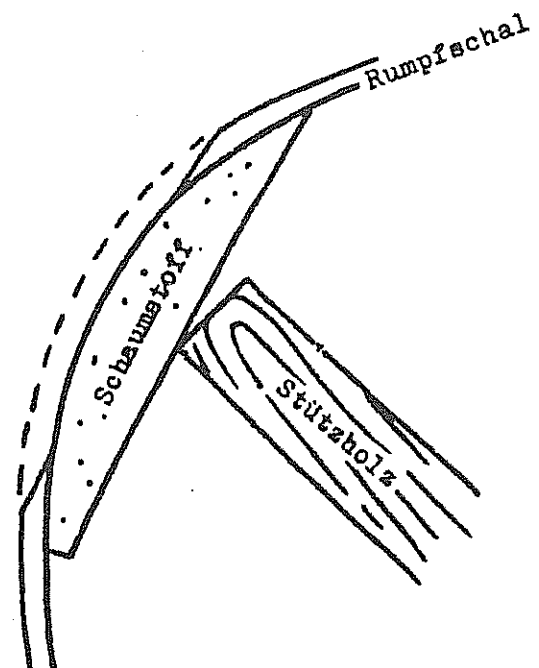
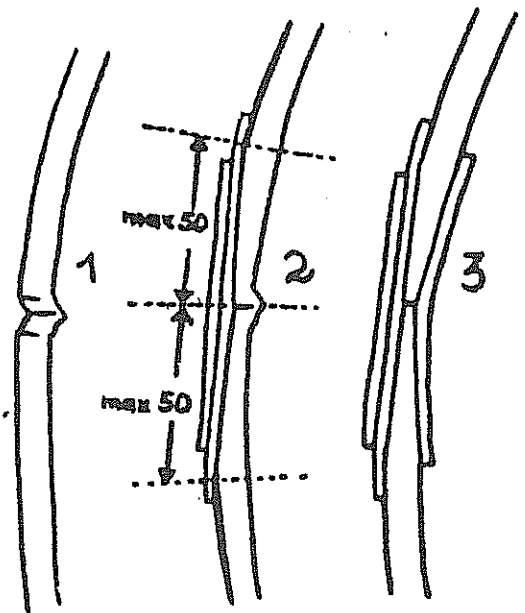
Risse in der Schale oder in Einbauteilen schleifen wir beiderseits so weit frei wie der Riß lang ist, aber maximal genügen 100 mm, also auf jeder Seite des Risses 50 mm. Dann legen wir die erforschten Glasgewebelagen auf. Zusätzlich kommt noch eine innen gegen den Riß. Faserrichtung entnehmen wir dem Anschliff.

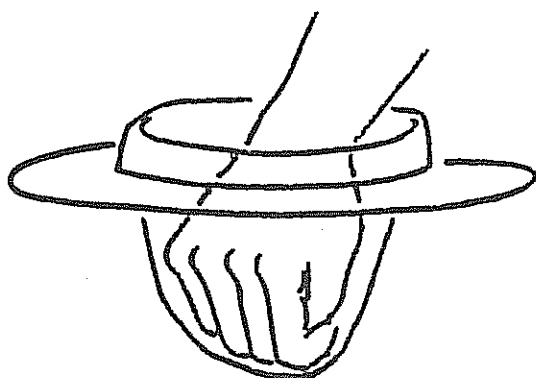
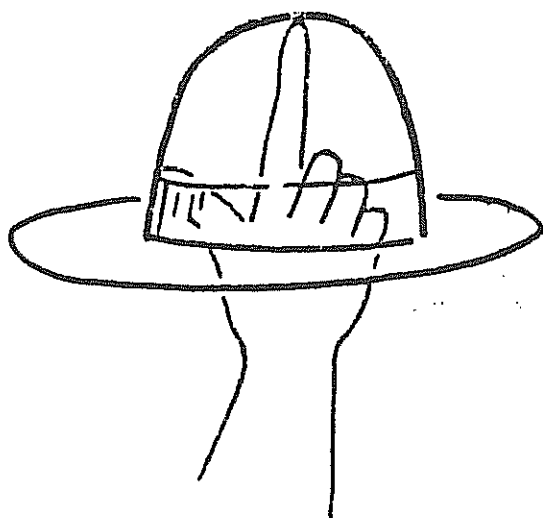
Bei großen Löchern kann man die Schale oft nicht frei ergänzen; man muß sich eine Hilfsvorrichtung schaffen, welche es erlaubt, der Schalenkontur bei der Reparatur zu folgen.

Möglichkeit 1: wir passen ein Stück Schaumstoff von innen gegen die Schalenkontur, sodaß es die offene Stelle gut formend überbrückt. Es wird mit gegengestützten Leisten o.ä. festgehalten.

Wir nehmen den Schaumstoffklotz heraus, schäften die Stelle normal an, belegen den Schaumstoffklotz mit einer Folie und setzen ihn ein wie vorbereitet. Wir können jetzt mit getränktem Glasgewebe über Schaumstoff und Schäftung.

Man kann auch ohne Folie auf dem Schaumstoff arbeiten, sofern er sich mit dem Harz verträgt (vorher an einem Brocken ausprobieren! Erprobt: Styropor.) Dann hat man nachher eben mehr Arbeit, die Stelle zu verschleifen.





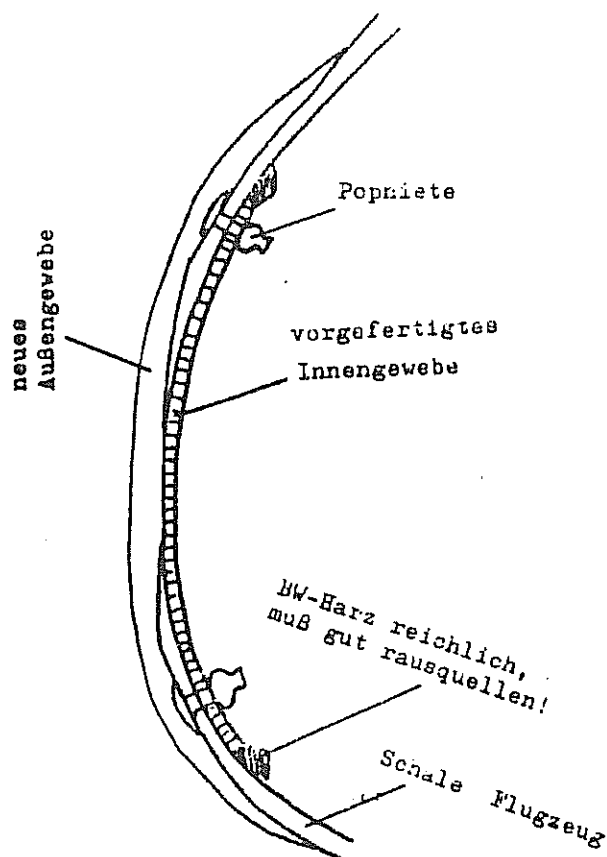
Möglichkeit 2: man wachst die der Schadenstelle symmetrisch gegenüberliegende Gegend des Flugzeugs gut ein (sofern wenigstens sie heilgeblieben war!). Darauf legt man 1 Lage getränktes Glasgewebe 300 oder 400 g, läßt härten und verschleift, so gut man kann.

Dann nimmt man das Stück vom Flugzeug ab und wendet es um wie einen alten Hut: jetzt gibt die frühere Außenseite eine Negativform für die betreffende Kontur der Schadenstelle ab. Man wachst sie ein, legt die benötigten Glasgewebeschnitten hinein und drückt Form mit Gewebelagen gegen die sauber vorbereitete, angeschliffene Schadenstelle. Der Gegendruck darf nur leicht sein, ggf. nur mit Klebestreifen befestigen, damit die Schalenkontur nicht verdrückt wird.

Bei kleineren, aber verwickelt geformten Teilen kann man sich mit einer künstlerischen Plastik aus Knetgummi helfen, über die man die Schale nachformt. Wir müssen beim Weiterverarbeiten aber bedenken, daß Knetgummi fettig ist; wo auf Knete geformte Teile noch weiterverarbeitet werden sollen, ist Bürsten in heißem Seifenwasser oder Abwaschen mit Tri, und nach dem Trocknen gutes Aufrauen unerlässlich.

Nach dem Härten der Reparaturstelle entfernt man seine Hilfsvorrichtungen, säubert und verschleift die Stelle und finisht die Oberfläche wie später beschrieben.

Wenn es sich irgendwie machen läßt, sollte man sicherheitshalber auch von innen eine Gegenlage Glasgewebe anbringen. Dazu muß etwa aufgebrachtes Trennmittel natürlich sauber entfernt sein. (Mit Aceton abwaschen und aufschleifen.).

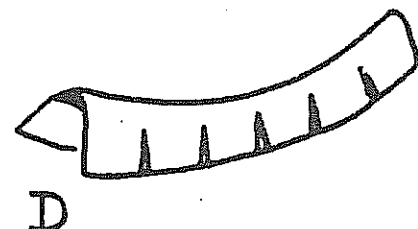
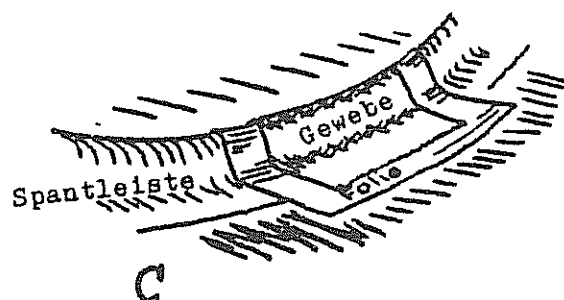


Ein Loch

kann man oft nicht glatt mit nassem Glaslagen flicken. Wir stellen uns deshalb auf einer der Kontur nach geeigneten Rumpfstelle einen Flicker aus 2 - 3 Lagen Glasgewebe her, passen ihn mit gut überstehenden Rändern auf die Lochstelle und setzen ihn dann von innen, gut aufgerauht, mit Baumwollharz ein. Wenn wir ihn mit einigen kleinen Popnieten befestigen, können wir sofort darauf die Außenlagen anbringen.

Wenn eine Spantleiste beschädigt ist:

- A** kleinere Stellen ergänzt man direkt auf der Leiste. Vorher wird natürlich die Umgebung wie üblich aufgeschliffen. Auch kleine Knicks in Spantleisten gewissenhaft reparieren!
- B** Wenn ein größeres Stück der Leiste zertrümmert ist, muß man sich wieder eine Hilfsvorrichtung schaffen. Entweder man formt ein Stück der Leiste aus Schaumstoff nach, klebt es mit Pattex in die Schale ein und legt darüber die benötigten Lagen Glasgewebe und den Strang.
- C** Oder man benutzt wieder ein unbeschädigtes Stück als "Urmodell": in der benötigten Länge wird eine Spantleiste mit Folienklebstreifen bedeckt. Darauf bringt man eine Lage getränktes Glasgewebe. Nach dem Härten nimmt man das Stück ab, und kann es als Unterbau für das fehlende Stück Spantleiste benutzen.
- D** Wenn die Krümmung nicht ganz stimmt, sägt man das Stück ein; es paßt sich dann unter leichtem Druck an. Notfalls muß man das Stück zuerst unter Andruck festharzen und später die zweite Lage Gewebe auflegen. (den Strang am Scheitel der Spantleiste kann man in diesem Falle auch zwischen die 1. und 2. Gewebelage legen.)



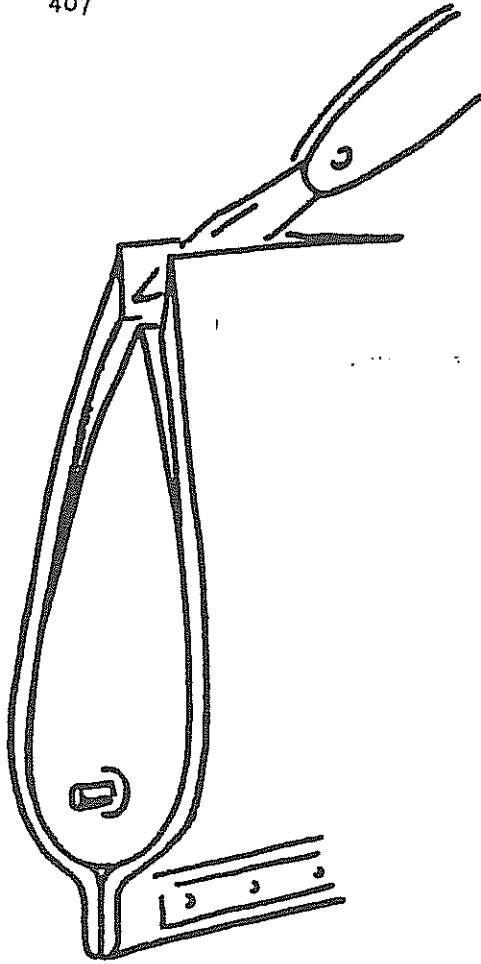
Beschädigte Endkante an Rudern oder Klappen:

wenn sie nur ein wenig aufgeplatzt sind, genügt es oft, wenn man obere und untere Hälfte ein wenig voneinander spaltet, Harz hineinfüllt und die beiden Hälften zwischen zwei geraden Leisten zusammenspannt (Foto- oder Fixklammern) Vorher gut rauhen (Sägeblatt)

Wenn aber ein Stück herausgeschlagen ist, so entfernt man den weißen Lack, bis das Glasgewebe gut sichtbar ist, legt 2 Lagen 90 070 in bekannter Weise überlappend auf, beklebt zwei gerade Leisten mit Folienstreifen und spannt sie auf Ober- und Unterseite fest, sodaß sie mit der Endkante abschließen Gegen Verrutschen sichern, besonders bei größeren Stellen!

Ist Balsa beschädigt, so geht man zuerst vor wie unter "Sandwichschalenreparatur" beschrieben.

Bei Endkanten darf die Reparatur nicht zu viel Gewicht ausmachen, da sonst der Massenausgleich des Ruders gestört wird.



Herausgerissene Endrippen an Rudern oder Klappen:

Wenn die Rippe glatt herausgerissen ist, so wird sie zuerst sauber rundherum aufgeschliffen. Dann spaltet man das Ruder an der Endkante ein wenig voneinander, gibt verdicktes Harz (Aerosil, Baumwollflocken) an die Rippe und fügt sie ein. Festspannen mittels klebestreifbewehrter Leisten.

Die frischverleimte Angelegenheit muß man jetzt an Ort und Stelle einbauen, damit die Lager später wieder fluchten.

Meist ging es jedoch nicht so glimpflich ab, sondern die Rippe oder gar ein Stück der Schale ging mit zu Bruch.

Die Schwierigkeit ist hier schon beträchtlich, weil die Ruder, Klappen usw. ja in einer Negativform hergestellt sind, - die Sie nicht haben. Trotzdem muß nach der Reparatur die Außenkontur stimmen und die Festigkeit voll wiedererlangt sein.

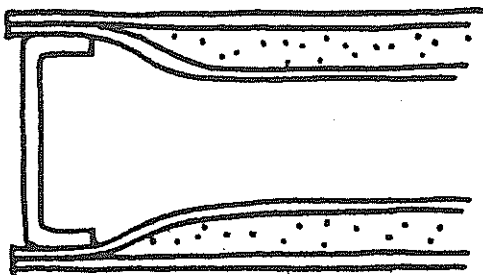
Die Reparatur selbst geschieht analog dem beim Flügel Gesagten, aber man muß schon ein bisschen geschickt sein.

Sie müssen zuerst wieder zu einer heilen Endrippe kommen - durch Reparatur oder Neukauf.

Man flickt dann zuerst die eine Schalenseite, setzt die Rippe ein, und benutzt sie als Auflage für die zweite Seite.

Beginnen Sie mit der am meisten zerstörten Seite, weil Sie dort noch von beiden Seiten drankönnen.

Um die korrekte Kontur der Außenlage herzustellen, kann es sich lohnen, eine Hartfolie über die beschädigte Stelle zu spannen; diese muß so weit in den gesunden Bereich ragen, daß die Kontur von dort gut übernommen wird. Auf die Folie kommt das GFK.



Beachten Sie bitte, daß bei allen End- und Wurzelrippen in Libelle und BS das Balsa vor der Endrippe ausläuft. Die Stützstoffschicht wird nicht zur Aufnahme von Kräften herangezogen.

Querruder - Aufhängung beschädigt:

Dies ist schon ein ziemlich schwieriger Fall, an den sich nur in GFK Geübte heranwagen sollten.

Man braucht dazu Rovings und eine Teflonbuchse pro abgebrochenes Lagerböckchen.

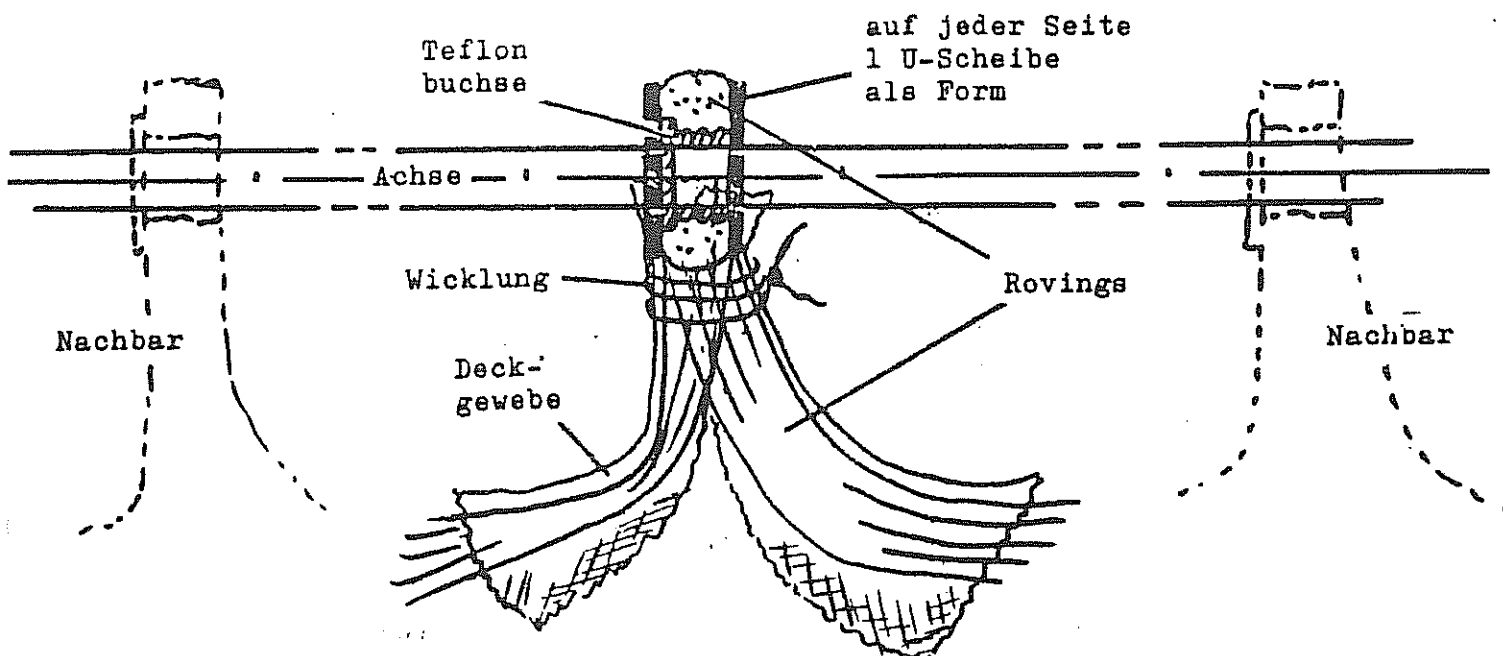
Wenn der Lagerbock nur angeknackt ist, kann man ihn analog flicken:

Man wachst sich einen Stab mit 6 mm ϕ gut ein und führt ihn durch die benachbarten Lagerböcke bzw. Buchsen, sodaß die Flucht gut stimmt. Auf die Stange fädelt man die Teflonbuchse in richtiger Lage auf (Kragen nach außen beim SALTO, nach innen bei GLASFLÜGEL)

Man tränkt sich einen Roving mit Harz, wickelt ihn einmal um die Buchse und streicht die Enden auf der gut aufgerauhten Umgebung des Lagers aus. Sie müssen gut gefächert liegen und mindestens 6 cm auf dem Hilfsholm ausgestrichen sein. Den nächsten Roving wickelt man entgegengesetzt um die Buchse und verfährt anschließen wie mit dem ersten - gut ausfächern. Auf diese Art muß man insgesamt 6 Rovings unterbringen.

Anschließend zieht man einige Fäden aus einem Stück Roving und bindet unterhalb der Teflonbuchse das Lager leicht ab, sodaß die normale Form entsteht. Nicht zu stark schnüren!

Dann kommt eine knifflige Arbeit: man legt von beiden Seiten wechselnd je 2 Lagen 92110 dia gegen den Lagerbock, sodaß die Rovings bedeckt werden. Das Gewebe reicht auf dem Hilfsholm ebenfalls über die Rovings. Das Gewebe legt sich nicht sehr willig um die recht scharfen Kanten, sodaß man während des Härtens öfters einmal nachsehen muß.



Auswechseln von Teilen

500

Bei Flugzeugen gilt grundsätzlich dasselbe, was Sie auch schon von derartigen Arbeiten beim Auto kennen:

genau merken, wie, in welcher Richtung, Reihenfolge, Lage die Teile ursprünglich sitzen! Notizen, Skizzen machen, in schwierigen Fällen sind sogar Fotos angebracht.

Bei Bestellung von Ersatzteilen Angabe der Werknr. des Flugzeugs nicht vergessen.

Vermeiden Sie das Ausbauen von Teilen im Gras. Kleinteile gehen dort gern verloren. Legen Sie, wenn nicht vermeidbar, eine Folie, notfalls Zeitungen, unter.

Um Beschlagteile selbst zu reparieren, brauchen Sie immer eine Zeichnung mit Werkstoffangaben. Manche Teile kann man autogen schweißen, manche aber bestehen aus einem Werkstoff, der sich nur unter Schutzgas (Argonarc) schweißen läßt. In jedem Falle muß es ein zugelassener Flugzeugschweißer tun.

Seitenruder ausbauen:

Alle GLASFLÜGEL haben den berühmten Hütter'schen Schrägantrieb an Seiten- und Querruder. Er beschert einem einen Antrieb ohne jedes aus der Kontur ragende Teil, hat aber, besonders im QuR, sehr kleine Hebelarme, sodaß die Antriebe recht leicht ausschlagen - und zwar nicht beim Fliegen, sondern beim Transport auf rauhem Boden (montiertes Flugzeug).

Man kontrolliert das Spiel, indem man das SR an der Drehachse faßt und quer zur Flugrichtung zu bewegen sucht. Wenn's dann klappert, muß man das SR ausbauen und den Antrieb nachstellen oder austauschen:

man löst die beiden Kunststoff- Pflasterchen am SR, sodaß man die darunter befindliche M4 - Schraube lösen und herausziehen kann. Man zieht dann das SR unten nach hinten aus der Lagerung, wobei man gut gegenhält, damit man beim ruckartigen Herausschlüpfen nicht das obere Lager überlastet, das nicht allzu massiv ist, speziell beim KESTREL. Dort muß man auch beim Wiedereinsetzen gut achten, daß man den Sitz der Gelenkkugel nicht beschädigt.

Höhenruder ausbauen:

Die beiden HR- Hälften sind jede für sich ausbaubar. Man löst die 3 an der Innenseite des Ruders am Antriebsblech sichtbaren Schrauben und kann dann die Ruderhälfte nach außen wegziehen. Die im Ruderdrehpunkt befindliche Schraube ist ein Paßbolzen, der einachsl. etwa vorgefundener Unterlegacheibe genau so wieder hineinkommen muß, wie er vorgefunden wurde.

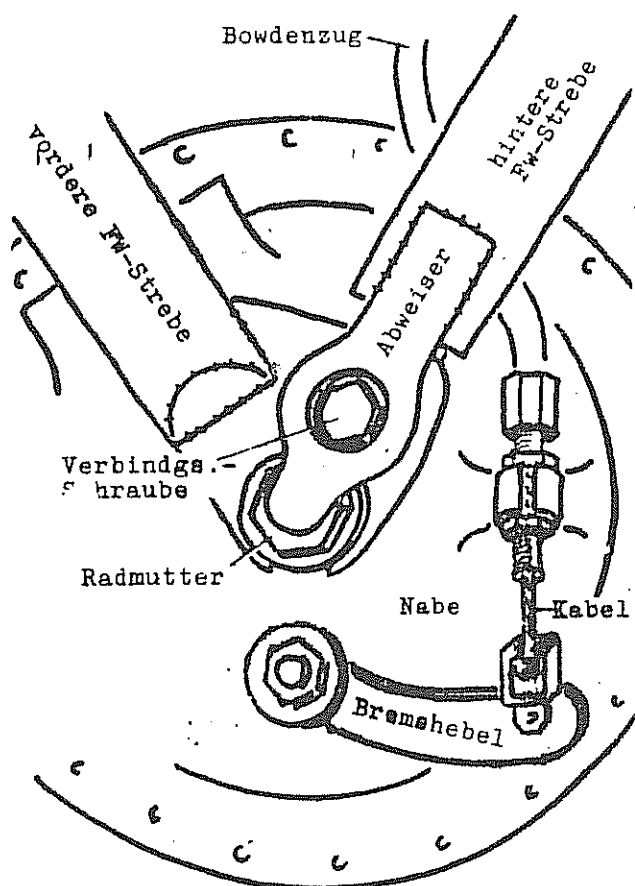
Kupplungen herausnehmen:

Bei GLASFLÜGELN muß man, um an die SP- Kupplung zu kommen, Sitz, Rückenlehne und Fahrwerksschacht- Abdeckung herausnehmen. (Meist findet man in den FBH's, wie man vorgehen hat.)

Bei der 301- Libelle ist die Bugkupplung nicht gerade gut zugänglich: man löst die Antriebsstange an der Kupplung, dann muß man den Rumpf von außen aufschleifen, bis die 4 Schrauben, welche den Kupplungseinsatz halten, sichtbar werden und gelöst werden können. Dann hebt man den mit Feinpassung eingesetzten Kupplungseinsatz nach außen ab.

Spätere GLASFLÜGEL mit abgesetzter Haube haben vor den Pedalen einen angeschraubten Spant, den man löst; darunter kommt die mit 4 Schrauben gehaltene Kupplungseinheit zum Vorschein, die man nach innen zu herausnimmt.

Bei eingestakten Hauben ist's noch einfacher, nur die ersten KESTREL mit ihren festgewachsenen Haubenvorderteilen verlangen etwas Gymnastik.



Wenn Sie durch das Handloch rechts oben im Rumpf, hinter der Aufhängestange schauen, so sehen Sie darunter den Zwischenhebel der Fahrwerksbetätigung. Schenken Sie ihm bei Inspektionen öfter ein Auge; er geht bei harten Landungen gern als erster in die Knie (an den Schweißstellen).

Fahrwerk:

Die 301-Libelle hat ein Fahrwerk mit GFK-Federringen, die aber kaum noch zu beschaffen sind. Man kann dieses Fahrwerk im Bedarfsfall durch ein Standard-Libelle-Fahrwerk ersetzen.

Rad ausbauen:

Das Rad wird nur von den 2 unter dem Abweiser für die Fahrwerksklappen befindlichen Muttern gehalten. Um dort heranzukönnen, müssen Sie allerdings die durch die runden Löcher in den Abweisern sichtbaren Schrauben lösen, welche die beiden Fahrwerkstreben verbinden. Außerdem müssen Sie das Bremsseil aushängen. Wählen Sie nicht die raue Methode, das Seil mit einer Zange aus seiner Halterung zu zerren; es kann dabei knicken, und da das Ersatzrad ohnehin meist eine andere Bremseinstellung braucht, gewinnen Sie nichts, wenn Sie sich um das Lösen der Bremsverstellung drücken wollen.

Fahrwerk ausbauen:

Dazu müssen Sie zuerst das Bremsseil lösen.

Rumpf in Normalstellung, Fahrwerk heraus, Rumpf unterbocken. Dann schrauben Sie die Rückenlehne ab und stellen sie in den Sitz. Anschließend kommt die Abdeckplatte des Fahrwerkschachtes heraus, welche hinter der Rückenlehne zum Vorschein kam. Jetzt sehen Sie, wie das Fahrwerk aufgehängt ist, und wie seine 2 Achsen befestigt sind.

Entfernen Sie diese Befestigungen. Sie haben jetzt die Möglichkeit, sich den etwas unzugänglichen Fahrwerk-Antriebshebel (rechts zwischen Rumpfwand und Fahrwerkschacht auf dem Achsstummel) in eine Position zu drehen, welche das Ansetzen eines Schlüssels erlaubt. Entfernen Sie diese Schraube und ziehen Sie den Hebel von der Achse. Nun entfernen Sie die Folien-Abdeckplättchen auf der linken Rumpfseite. Aus den 2 Löchern werden die Achsen herausgezogen.

Dazu brauchen Sie einen längeren 8 mm-Stab, an dessen Ende Sie sich ein M 8-Gewinde schneiden. Das drehen Sie in die sichtbaren Löcher der Achsen einige Zentimeter hinein und ziehen die Achsen an diesem Hilfsstab heraus.

Beim Wiedereinbau verfahren Sie analog.

301- Libelle

Sporn wechseln:

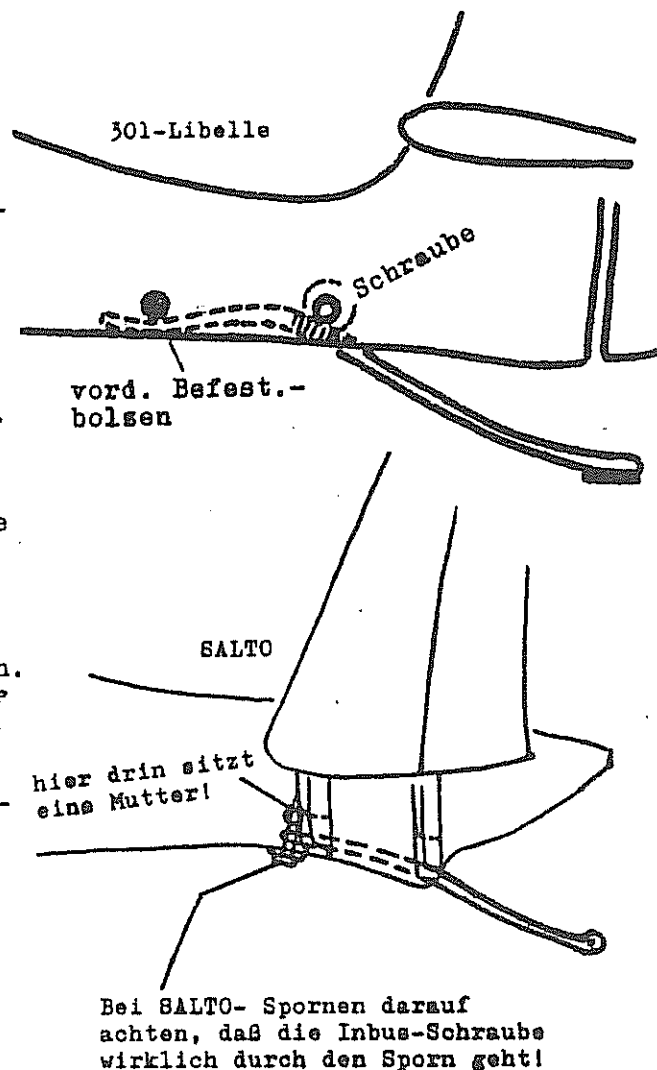
Der Sporn ist durch eine Inbusschraube gehalten, welche sichtbar wird, wenn Sie den kleinen Folienfleck auf der rechten Seite über dem Sporn abziehen.

Lösen Sie die Schraube, ziehen Sie sie heraus, und Sie können dann den Sporn nach hinten-unten herausnehmen. Beim Einbau des neuen müssen Sie das vordere Ende zuerst unter den vorderen Befestigungsbolzen schieben, bevor Sie die Inbusschraube durch seine hintere Haltebuchse schrauben.

Spornrad wechseln:

Die Achse des Spornrades ist beiderseits durch einen Sprengring gehalten. Zum Entfernen brauchen Sie eine Zange wie für Kolbenbolzen-Ringe. Im Notfa. kann man eine Rundzange entsprechend anschleifen. Wenn der Ring auf einer Seite weg ist, kann die Achse herausgezogen werden.

(Std.-Libelle, Kestrel,
ClubLibelle, Hornet u.a.)

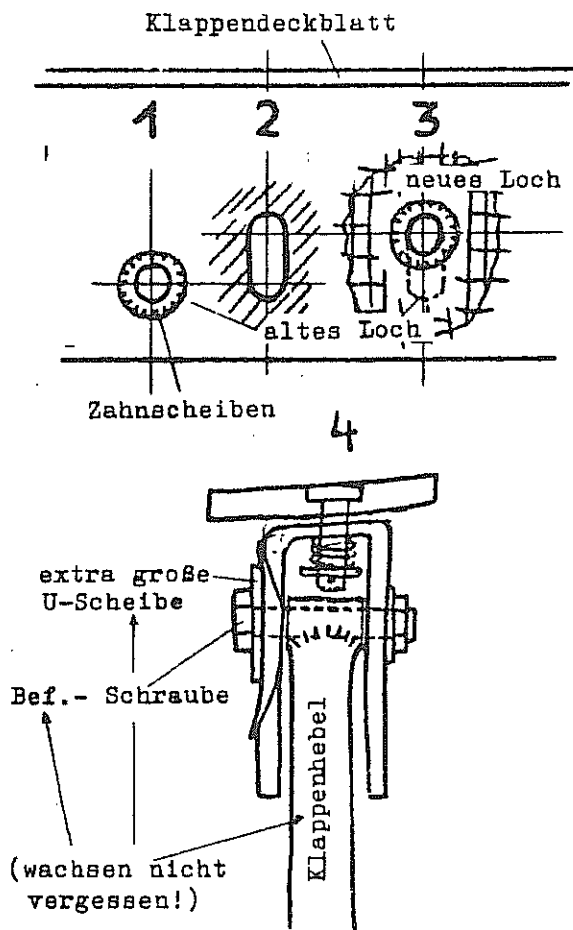


Der

Anschlag des Fahrwerkshebels kann sich bei Stellung "Ausgefahren" bei manchen Flugzeugen mit der Zeit ausschauern. Bei allen GFK- Kuliessen kann man ihm mittels einem mit der Stirnseite gegen den Hebel gelegten Strang wieder zu einem festen Anschlag verhelfen, sonst nietet oder schraubt man ein Stückchen Polyamid an die Anschlagstelle.

Bremszug einstellen:

Ein neu eingebauter und eingestellter Bremszug dehnt sich nach den ersten paar Bremsungen. Man muß ihn daher nachstellen. Man findet hierzu eine Spindel über dem Bremshebel am Rad, wie wir es von Motorrädern kennen. Wenn der Weg, den die Spindel erlaubt, nicht ausreicht, muß man den Zug verkürzen. Das geht am besten am Handhebel am Knüppel. Man läßt einen Helfer unten den Radbremshebel andrücken (Schraubenzieher o.ä.), löst die Sechskantschraube am Handgriff und zieht den Zug ein wenig weiter heraus, wo man ihn wieder festschraubt. Danach lötet man den Nippel in seine neue Anschlagstellung.



Bremsklappen- Deckblätter nachjustieren:

In den meisten Fällen kommt man nicht ohne Ausbau der Bremsklappen zum Ziel, die Federn sind zu unzugänglich.

Ausbau der BK:

Die Achsen in den Klappenblättern sind durch GFK- Auflagen gesichert, die man zuerst entfernen muß, bevor man die Achsbolzen herausziehen kann.

Man kann die Federn durch stärkere oder mehrere Unterlegscheiben spannen, bei einigen Vögeln sind sie mit Schraubbolzen eingebaut, sodaß man einfach nachstellen kann.

Es gibt auch stärkere Federn, wenn man meint, die bisherigen könnten vielleicht zu wenig spannen. Meist sind sie aber einfach nur ausgeleiert, und man ersetzt sie durch gleich starke. Wenn die Blätter wieder richtig passen, erneuert man die GFK- Sicherung.

Wenn man so nicht zum Ziel kommt, gibt es noch die Möglichkeit, die Antriebsstange nachzustellen; wenn die Blätter sehr schief sitzen, kann man auch die Achslöcher verändern, wie es die Zeichnung zeigt. Die Zahnringe sitzen bei GLASFLÜGEL zwischen den GFK- Lagen und müssen auch dort wieder eingebaut werden. Man muß die BK wieder einbauen, solange das neue GFK weich ist, damit das neue Lager stimmt, schließt jedoch die BK nur ganz leicht (nicht etwa verriegeln) während das GFK härtet. Als "Form" legt man wenn möglich außen je 1 große Unterlegscheibe auf (Zeichnung)

Tip - gilt für alle Vögel:
man erspart sich viel Ärger,
wenn man bei längerem Ab-
stellen des Flugzeugs grund-
sätzlich die BK entriegelt.

Wölbungsklappe ausbauen:

Lösen Sie die beiden Schrauben an der Stirnseite der Wurzelrippe, und ziehen Sie sie heraus. Sie können dann die WK durch Verschieben auf die Flügelstummel zu aus ihren Lagern lösen.

Querruder ausbauen:

Bei 301- Libelle und KESTREL und bei vielen anderen muß man dazu erst die WK ausbauen, weil die QuR ebenfalls nach innen zu herausgezogen werden.

Bei GLASFLÜGELN beseitigt man die Spachtelschicht auf den Lagerplättchen, dreht die Halteschrauben (Inbus) heraus und hebt die Lagerplättchen ab. Dann muß man den Handlochdeckel entfernen (es gibt jetzt unzerbrechliche!) und die Antriebsstange vom Antriebshebel lösen.

Zusatz - Ausrüstung

Befestigungspunkte anbringen

Wenn Sie zu diesem Zweck etwas an der Schale befestigen müssen, so gilt dasselbe wie im Holzflugzeugbau: die Stelle muß zuvor verstärkt werden, ehe Sie Löcher hineinschneiden, Schrauben anbringen usw.

Dazu legen Sie auf die vorher aufgerauhte Stelle einige Flecken Glasgewebe, jeder den anderen gut überlappend, und die Faserrichtung mehrmals wechselnd. Die Verstärkung soll in einem gesunden Verhältnis zum Gewicht stehen, das sie tragen soll. Ein 3 mm-Röhrchen braucht nicht so viel wie ein Instrument von 1 kg.

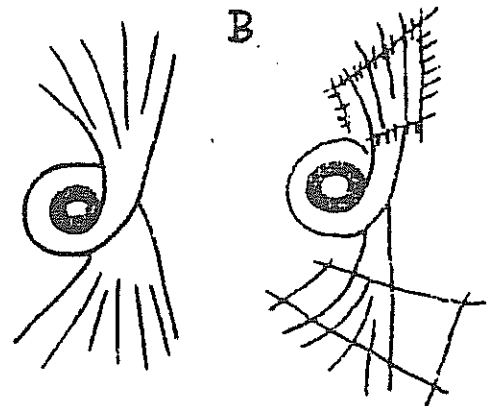
- A** Müssen Sie Ösen, Buchsen, Führungsrohre an der Schale anbringen, so schleifen Sie wieder zuerst die Stelle auf. Danach umwickeln Sie das Rohr (die Buchse) mit einem Streifen getränkten Gewebes, legen einen weiteren Streifen darüber, den Sie an der Schalenwand austreichen, und lassen Sie härten.
- B** Mehr Festigkeit erzielen Sie, wenn Sie die Buchse mit einem getränkten Roving umwickeln, die Enden an der Schale austreichen und noch mit einem darüber gelegten Gewebe zusätzlich sichern.

Sie können auch eine demontierbare Befestigung herstellen:

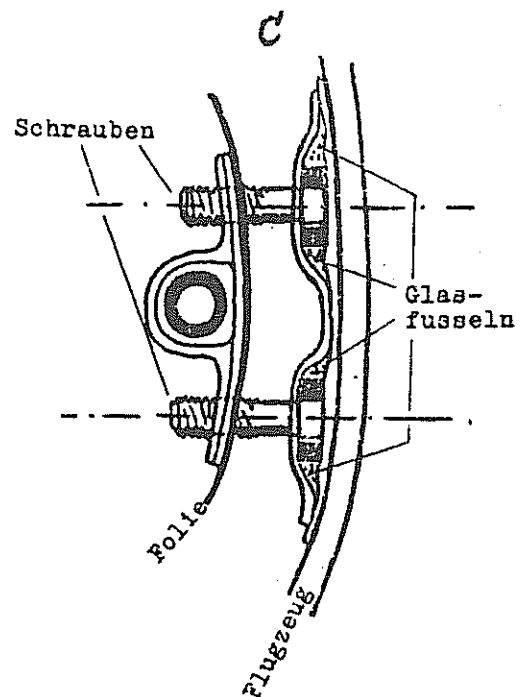
- C 1)** bekleben Sie die Wand zuerst mit Folienstreifen und verfahren Sie darauf wie beschrieben. Nach dem Härten können Sie jetzt die Buchse mitsamt Befestigungsplatte abnehmen.
- 2)** Bekleben Sie nun die Rückseite der Platte mit Folien, und bohren Sie die später für das Anschrauben erforderlichen Löcher durch Platte und Folie.
- 3)** Rauhen Sie die Stelle, wo die Platte sitzen soll, auf, und belegen Sie sie mit den entsprechenden Glasgeweben.
- 4)** Feilen Sie an den benötigten Schrauben (Sechskant!) die Köpfe schön rauh, je mehr Zinken, desto besser. Den Schaft der Schrauben, besonders das Gewinde, schmieren Sie gut mit Fett ein. Der Kopf darf aber nichts abkommen!
- 5)** Legen Sie 2 - 3 Glasgewebe auf die präparierte Rückseite Ihrer Befestigungsplatte, machen Sie die Löcher vom Glasgewebe frei und stecken Sie die Schrauben hindurch, daß die Köpfe am nassen Gewebe anliegen.
- 6)** Umgeben Sie die Köpfe mit harzigen Glasfusseln.
- 7)** Setzen Sie die so vorbereitete Befestigungsplatte gegen den Gewebefleck in Ihrem Flugzeug und fixieren Sie mit Schraubzwingen.
- Es ist klar, daß die Schraubenköpfe nicht zu dick sein dürfen, wenn beim Anpressen eine Verbindung zwischen dem Gewebe am Flugzeug und dem auf der Befestigungsplatte entstehen soll. Außerdem müssen Sie darauf achten, daß die Schrauben annähernd parallel aus der Platte stehen, sonst können Sie später die Platte nicht entfernen.



A

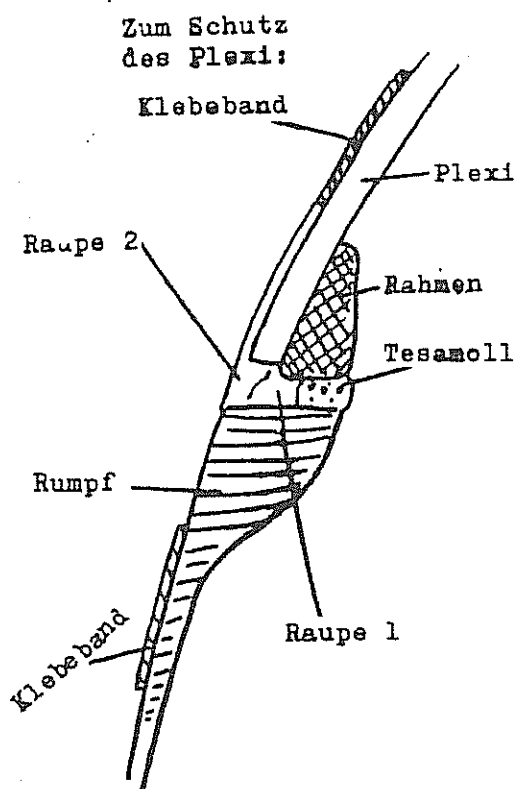


B



Hauben = Tricks

Wenn die Gummidichtung der SALTO- Haube schadhaft wird - das kann man ziemlich lange hinausschieben, indem man sie außen mit einem weißen, dehnbaren Klebeband abklebt - so sollte man sie durch eine andere "Masche" ersetzen, die allerdings etwas Geschicklichkeit verlangt, aber aerodynamisch weitaus vorteilhafter ist:



Man entfernt den alten Gummi sorgfältig und schleift den Rahmen unten und außen etwas auf. Dazu klebt man vor dem Schleifen ein elastisches Klebeband außen um die Haube, so daß es ca 2 mm über dem Rand abschließt. Es muß sauber und faltenfrei liegen.

Wenn man jetzt die Haube auf den Rump' setzt und schließt, bemerkt man zwischen Rump' und Haube einen Spalt. Der ist beabsichtigt, denn da gehört das Dämpfungselement hin. Das war bisher der Gummi. Jetzt machen wir es so:

wir brauchen: 1 - 2 Tuben eines Silikon- Fugendichtmittels, wie man es für Fliesen in Baugeschäften bekommt, nebst zugehöriger Kartusche, eine Rolle Tesamoll 9 mm breit, einen scharfen, geraden Spachtel aus Hartfolie, Staufferfett, und eine weiche Unterlage für die Haube. Plexiglas verkratzt schon bei geringsten Unsauberkeiten!

Wir legen die Haube auf die weiche Unterlage und kleben den Tesamollstreifen innen auf den Rand, zum Cockpit zu.

Der Rumpfrand wird vor der Arbeit dünn mit Staufferfett eingerieben, damit dort nichts klebenbleibt.

Wenn alle Utensilien griffbereit liegen, beginnen wir, eine schöne, gleichmäßige Raupe aus Dichtmittel neben den Tesamollstreifen zu legen. Sie darf reichlich dick sein.

Man läßt sie leicht anziehen und setzt dann die Haube vorsichtig auf den Rump'. Haubenhebel schließen! Meist quillt jetzt schon etwas von der Raupe außen heraus.

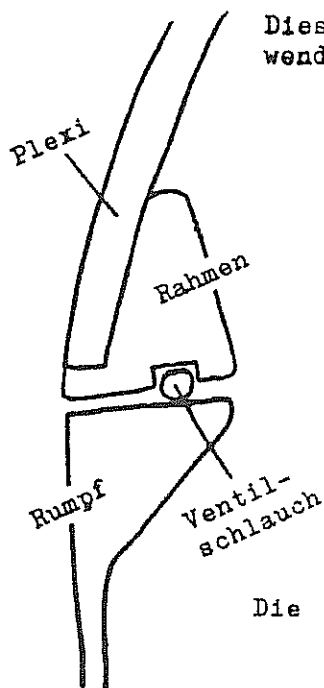
Wir legen jetzt eine zweite Raupe von außen in die Fuge die wieder reichlich sein muß, denn jetzt kommt eine spannende Arbeit:

man streicht die Dichtmasse einigermaßen gleichmäßig auf die Fuge, es muß aber reichlich Material da sein. Dann wird mit dem gut gesäuberten Spachtel in einem einzigen Rundgang ohne jeden Absatz das Material glattgezogen. Der Spachtel liegt dabei einerseits auf dem Rump', andererseits auf dem Klebestreifen auf.

Der Witz ist, daß man diese Prozedur, falls es beim ersten Mal nicht klappt, höchstens noch 1 - 2mal wiederholen kann, bevor die Masse anzuziehen beginnt. Nachglätten mit Wasserfinger oder -filz geht, wird aber nie so glatt wie das vorgenannte Verfahren.

Die Sache muß nun mindestens 1 - 2 Tage bei geschlossener Haube trocknen. Danach nimmt man zuerst eine Rasierklinge, um den Spalt direkt über dem Rumpfrand aufzuschneiden, später geht man mit einem Japanspachtel oder einem dünnen, federnden Messer tiefer, bis sich die Haube öffnen läßt.

Dieses Verfahren kann man natürlich bei allen möglichen Hauben anwenden und damit so manchen pfeifenden Haubenspalt wegbekommen.



Die

a n g e s p a c h t e l t e H a u b e

ist natürlich die feudalste Passung, aber recht empfindlich beim unbeabsichtigt harten Zuschlagen der Haube. Außerdem wird die viele Mühe, die diese Arbeit macht, oft nur mangelhaft belohnt, und zwar je größer die Haube ist. Denn Plexiglas arbeitet sehr stark in der Temperatur, und so kann es kommen, daß eine bei +20° erstklassig sitzende Haube einen bei 0° zur Verzweiflung bringt.

Außerdem ist eine stramm passende Haube in vielen Fällen nicht ungefährlich, denn die beim Arbeiten der Haube in Temperatur auftretende Spannung wird sich irgendwie Luft schaffen - manchmal durch einen Haubenriß.

Wenn die Haube Kratzer hat oder blind ist, muß man sie

p o l i e r e n .

In schweren Fällen, etwa wenn sie heruntergefallen ist, muß man die Kratzer mit 600, ja sogar zuerst mit 400 Naßschleifpapier wegschleifen. Dann nimmt man ein ganz mildes Poliermittel, etwa feines 1 Z, Sidel, oder das rosa Poliermittel von VW. Wenn man zufrieden ist, kommt am Schluß ein Hauch Pronto drauf - es nimmt viele kleine Kratzer weg. Am besten macht man die Schleifarbeit von Hand - nur sehr geübte Leute sollten mit dem Winkelpolierer arbeiten, denn wehe wenn das Plexi zu warm wird, dann ist die Beule drin!

Bei jeder größeren Arbeit an aufliegender Haube sollte man die Auflagefläche mit D-C-Fix bekleben, damit Kratzer vermieden werden.

Einpassen einer angespachtelten Haube
(GLASFLÜGEL u.a.)

Nehmen wir einmal an, Sie hätten Ihre Haube ratzekahl verloren oder wollten eine zweite, - weil wir dann die Aufpaßarbeit von vorn an durchgehen müssen.

(Die Aktion vermindert sich um das Rahmenaufpassen, wenn etwa nur das Plexi zertrümmert war, vermehrt sich aber dann um das sorgfältige Entfernen alter Plexi- und Klebstoffreste.)

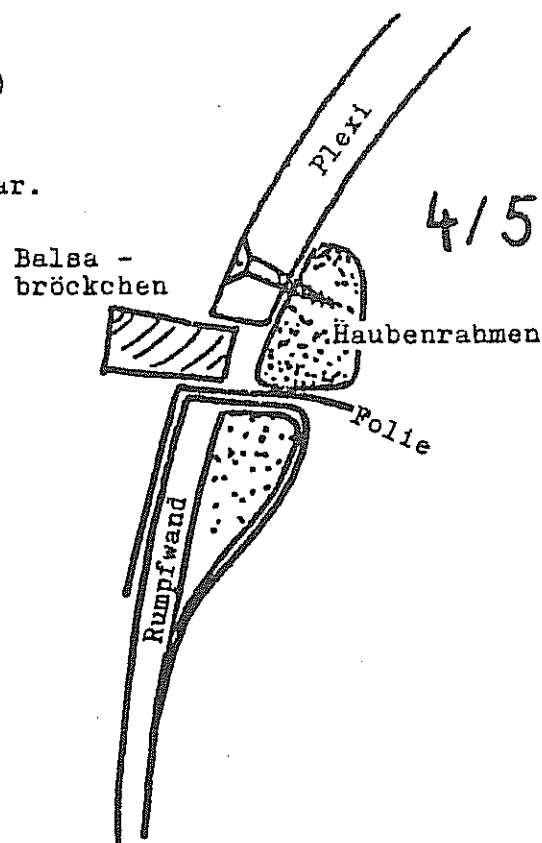
Sie erhalten also angeliefert:

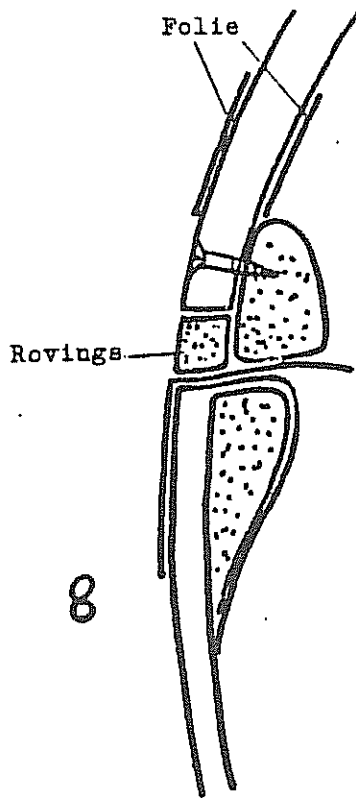
einen Haubenrahmen,
die zugehörigen Beschläge,
einen Haubenrohling,
den Klebstoff und die Schrauben.

Der Rohling ist mit einer Schutzfolie versehen, um Kratzer zu vermeiden.
Die lassen Sie bis zum Schluß drauf.

- 1 Zuerst setzen Sie den Haubenrahmen auf, passen ihn ein und sorgen dafür, daß die hinteren Haltestifte passen. Rings um den Rahmen muß jetzt ein Rumpfrand von gleichmäßig 4 mm sichtbar sein.
Dieser Rand entspricht der Stärke der Verglasung. (Vorher Randstärke nachmessen!)
- 2 Hängen Sie den vorderen Beschlag ein wie bei "Haube geschlossen" und schrauben Sie ihn an, falls er nicht schon dranwar.
- 3 Befestigen Sie die seitlichen Halteplättchen. (Harz und Schrauben).
- 4 Jetzt setzen Sie den Haubenrohling auf. Legen Sie vorher ein paar 5 mm starke Balsabröckchen rund um den Haubenrahmen und kleben Sie die mit etwas Pattex am Rumpfrand an. Das Plexi muß satt am Haubenrand ansitzen, wenn es auf diesen Balsabröckchen steht. Es sitzt also nicht direkt auf dem Rumpfrand! Wo zuviel ist, müssen Sie vom Plexi wegnehmen, am besten mit dem kleinen Winkelschleifer, das ist am ungefährlichsten.

Man kann natürlich auch etwas mit den Balsabröckchen variieren, bis das Plexi satt am Rahmen sitzt. Das Ganze kommt auf einen Kompromiß heraus zwischen verlangter Rumpfkontur, Plexi und Haubenrahmen, wobei die verlangte Rumpfkontur das Primit hat.





5 Wenn das Plexi angepaßt ist, so bohren Sie zunächst in weitem Abstand 6 - 8 Löcher in die Haube. Dort schrauben Sie das Plexi leicht an und bohren dann die übrigen Löcher, Abstand ca 60 - 100 mm.

6 Jetzt kommen die paar Schrauben heraus. Das Plexi wird nun mit einem innen über dem Rahmen angebrachten Klebestreifen gegen Verschmieren gesichert. Auch außen am Rumpfrand schützen wir der Lack damit gegen Verunreinigungen. Der Rahmen wird außen mit gemäß Gebrauchsanweisung gemischtem Kleber (100 Gew.- Teile Agomet, 24 Tl. Härter) angegeben und die Verglasung aufgesetzt.

7 Die Schrauben werden sachte hineingeführt - das Plexi darf nicht angespannt werden, weil sonst die Haube später dort platzen kann. Nur ganz wenig anpressen. Wo ein Spalt bleibt, helfen wir uns später mit einem Stückchen Roving. Die Schrauben werden zweckmäßig "über Kreuz" angezogen. *)

8 Wenn die Sache trocken ist, bereitet man sich einige Rovingstränge vor, die man in den Falz zwischen Plexi und Rumpfrand einlegt. Natürlich muß der Rumpfrand zuvor seine Folien- Isolierung bekommen haben.

9 Wenn man geschickt ist, bekommt man damit die Rumpfkantur schon fast glatt. Den Rest besorgen wir nach dem Härten des Rovingstranges mit Schleifen, Spachteln und Lackieren. Bei diesen Arbeiten schützen wir wieder das Plexi gegen Verkratzen durch einen diesmal außen mit dem oberen Haubenrahmenrand abschließenden Klebestreifen. Wir erreichen dann auch mühelos einen glatten Abschluß des Lackrandes. Im Bereich des Folienstreifens muß man den Schutzlack mit Wasser (feuchter Lappen) entfernen. Sonst klebt's nicht gut.

10 Erst ganz zum Schluß entfernen wir sämtliche Klebestreifen und die Schutzfolie (manche geht durch Abziehen weg, manche mit Wasser).

*) Sollte es nach dem Härten des Klebstoffs winzige feine Rißchen um die Schraubenlöcher geben, so ist das beinahe normal und nicht bedenklich.

Spachteln

Nach Reparaturen wird das Spachteln der Stelle unumgänglich. man rauht die Stelle gut auf, ohne dabei das GFK durchzuschleifen - die Struktur der obersten Gewebeschicht soll möglichst voll erhalten sein! (Papier 80 - 120).

Dann trägt man einen möglichst weißen Polyesterspachtel mit dem Japanspachtel auf. Je glatter die Spachtelschicht, um so weniger Schleifarbeit. Es kann sich durchaus lohnen, einem befreundeten Maler eine Flasche Bier zu stiften, damit er einem die Spachtelschicht aufzieht. Denn der kann das in Minuten, und erzielt eine vollkommen glatte Fläche, während der Laie oft nur gleichmäßig verteilte Häufchen zustandebringt.

Oft muß man mehrmals spachteln. Dazwischen wird immer wieder geschliffen; so schlängelt man sich an die vollkommene Fläche heran. Immer wieder gilt, daß das GFK keineswegs verletzt werden darf.

Spachtel wird immer ein klein wenig weiter heruntergeschliffen als die Umgebung, damit für die eigentlich Oberfläche noch Platz ist, ohne daß es Buckel gibt.

Bei Schwabbellack- Oberflächen kann man sich manchmal vor einer Riesen- Lackarbeit drücken, wenn man nur eine kleine Stelle auszubessern hat, indem man diese mit dickwerdendem Schwabbellack ausfüllt (S. 602), oder indem man dem Schwabbellack ein wenig Aerosil (S. 301) beimischt. Dann wird die Stelle u.U. vielleicht nicht so blank, aber wenigstens gleich in der Farbe, und man hat erheblich weniger Arbeit.

Bei nachträglich lackierten Oberflächen kommt nach dem Spachtel ein Füllspachtel, der aufgespritzt oder auch aufgestrichen wird und sich sehr leicht wegschleift, darauf dann ein Porenfüller, den man in der Regel spritzen muß, und zum Schluß auf die sehr sauber geschliffene Oberfläche der Lack.

Oberflächen = Finish

Wir kennen 2 Möglichkeiten, ein Flugzeug zu färben:

a) am Anfang, b) am Schluß seiner Herstellung.

Das Aufbringen der Farbschicht am Anfang, also als erstes in die Negativform, wird "Gelcoat"- Verfahren genannt. In der ganzen Sturm- und Drangzeit des GFK- Flugzeugs kannte man dafür nur den Polyester- Schwabbellack; später wurden dann spezielle, meist auch Polyester- Harze entwickelt, die besonders darauf eingestellt sind, auch an senkrechten Wänden nicht wegzulaufen.

Für die Nachträglich- Lackierung wird vorgegangen wie man es vom Auto kennt; man benutzt hochwertige Autolacke, sodaß jeder gewitzte Autolackierer einem hier mit Rat und Tat zur Seite stehen kann.

Der Clou ist, daß man jede Oberfläche, entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit, anders behandeln muß, und daß es demzufolge unerlässlich ist, vor jeder Arbeit an der Flugzeug- Oberfläche seinen Hersteller zu fragen, was denn da drauf ist.

Gelcoat - Harze

Gelcoat ist in den meisten Fällen eine ziemlich dicke Schicht; man braucht also kaum befürchten, sofern man beim Schleifen eine vernünftige Körnung benutzt, daß man "durchkommt"; es läßt sich aber manchmal nicht sehr gut polieren. Wenn man etwas aufzutragen hat, ist gutes Aufschleifen vorher unerlässlich. Vorsicht ist nur im Nasenbereich von Flügeln und Flosse und an anderen Stellen geboten, wo sich eine Formtrennstelle befindet, denn dort ist nachgespachtelt, und es könnten dünnere Stellen dort sein. Gelcoat ist härter als Schwabbellack, wird sonst aber ähnlich bearbeitet.

Polyester- Schwabbel- lack

Der Polyester- Schwabbellack wird zwar auch zuerst in die Negativform gespritzt oder gestrichen, er ist aber nicht so dick wie Gelcoat und hat deshalb die Eigenschaft, von senkrechten Flächen mehr abzulaufen, sodaß die Weißschicht ungleichmäßiger wird. Außerdem wurde früher bei den Vögeln (GLASFLÜGEL) am Gewicht mehr gezeigt als heute, sodaß man mitunter seine Qual mit einer sehr dünnen Lackschicht hat.

Bevor man also bei Polyester mit der Arbeit anfängt, betrachte man sich das Teil gründlich bei schrägfallendem Licht; man sieht dann, ob der Lack stellenweise dünn aufgetragen ist. Dann muß man sich entscheiden: beim Verschleifen von aufgetragenen Stellen wird man zwangsläufig immer auch die Umgebung etwas mitschleifen, und wenn die dann von Hause aus sehr dünn ist, wird man dort "durchkommen", sodaß man dort wieder auftragen muß, und so geht das dann weiter, manchmal bis ins Uferlose.

Wenn man sich für Auftrag entschieden hat - bei Reparaturstellen ist das ja unumgänglich - so schaut man sich die Umgebung gut an und umgrenzt mit Bleistift alles, was des Auftrags bedarf. So weit wird aufgeschliffen, wenn es die Schicht erlaubt mit 120er Papier, wenn dunkle Stellen befürchtet werden, mit 220 oder gar 400. Es muß gut entleitet und angeschliffen sein, sonst gibt es Ränder. Danach streicht man den Lack nicht zu knapp auf, wegschleifen ist relativ mühelos, und dünne Schichten härten oft nicht richtig durch. Man kann sofort, nachdem der Lack angezogen hat, die nächste Schicht auftragen, wenn man geneigte Flächen zu streichen hat, sodaß man auch hier einen ziemlich dicken Aufbau erzielen kann. Der Bleistiftstrich wird keinesfalls überstrichen, wie auch vor dem Auftrag alle Unsauberkeiten sorgfältig entfernt werden, sonst kommen sie durch das Schleifen als Schimmer später wieder zum Vorschein.

Während der Reaktion wird der Lack für eine ganz kurze Zeit - nur für Sekunden! - ganz dickflüssig, sodaß man ihn in diesem Moment millimeterdick auftragen kann, wenn man eine Unebenheit zu beseitigen hat, die für Spachteln zu wenig ist.

Wenn der Lack gut durchgehärtet ist - man kann vorsichtig mit dem Heizlüfter etwas nachhelfen - schleift man. Nur wenn man grobe Unebenheiten zu beseitigen hat, nimmt man Papier 120 oder gar 80 - nur für die Buckel. Im übrigen sollte man nicht gröber als 400 anfangen, wenn es irgend geht, denn oft sind später die Kratzer nicht wegzubekommen.

400 ist ein Naßschleifpapier. Wir spannen es über ein nicht zu kleines, ebenes Schleifholz, beim Flügel kann das Holz gar nicht lang genug sein, und arbeiten nie in Richtung der Länge des Holzes, immer quer dazu; diagonal ist erlaubt, wenn die Richtung wechselt; "längs" gibt Riefen. Dieser erste Schliff entscheidet über die Ebenheit unserer Flügel, deshalb malt man sich am besten die Fläche mit Bleistift an oder schmiert eine ganz dünne Lösung von wenig farbigem Nitrolack und viel Verdünnung drauf (nur tönen!), damit man dann beim Schleifen sieht, wo Buckel und wo Täler sind. Wenn man auf einem Buckel schon einen grauen Schimmer sieht, während daneben noch ein getöntes Tal liegt, so muß man das auffüllen: man grenzt wieder mit Bleistift ein, schleift das Tal auf und trägt dann auf. Und zwar mehr als die Umgebung, damit man beim letzten Anstrich dann auch die schon "schimmernde" Umgebung mitnehmen kann und dort keinesfalls wieder "durchkommt".

Das hört sich alles ziemlich mühsam an, und kann durchaus eine endlos lange Arbeit sein (je nach Ansprüchen), aber nicht umsonst sind die auf diese Art hergestellten Flugzeuge sehr teuer. Sie sind aber meistens leichter als die mit Gelcoat hergestellten.

Wenn man beim Tönen der Oberfläche so weit ist, daß man alles wegschleifen konnte, ohne irgendwo "durchzukommen", und auch nach dem Gefühl der Hand der Meinung ist, daß die Sache so hinhaut, trocknet man die Fläche einmal ab und betrachtet sich das Ergebnis bei schräg einfallendem Licht. Die Lackschicht hat dann schon einen matten Seidenglanz, und man sieht sehr gut, wo Kratzer oder Wellen sind.

Erst wenn man nach dem 400-Schliff rundherum zufrieden ist, kommt das 600er- Papier dran. Man kann dann ein kleineres und weicherer Schleifholz nehmen, denn nun wird nichts mehr "weggeschliffen", sondern nur noch die Schleifriefen geglättet. Auch hier ist wichtig, daß der Schliff einen gleichmäßigen "Strich" hat, z.B. beim Flügel und beim Rumpf in Flugrichtung, Querruder nimmt man quer dazu, die "Frequenz" wäre sonst zu kurz.

Anschließend wird wieder getrocknet und nachgeschaut, und wenn alle Kratzer weg sind, sucher wir das älteste, abgeknabberteste 600er- Papier nochmals vor und schleifen damit nochmals alles nach.

Die Fläche hat jetzt schon einen feinen Glanz, den wir durch Polieren mit einer guten Autopolitur, z.B. 1 Z, oder dem rosa VW- Schleifmittel noch auf Hochglanz bringen. Beide Mittel können von Hand verarbeitet werden, denn die Schwabbelscheibe ist nur bei sehr viel Erfahrung zu empfehlen, - wenn beim Maschine-polieren die Oberfläche irgendwo zu warm wird, kommt die Gewebestruktur durch, und die ganze Arbeit war für die Katz.

Wo sich hartnäckig dunkle Stellen zeigen, hilft nur eine Radikalkur: man muß eine sehr große Fläche drumherum auftragen, und ggf. die dunkle Stelle noch herunterschleifen, bis man aufs GFK kommt (aber nicht weiter!!!) damit sozusagen ein Tal entsteht, das mit Lack aufgefüllt wird. Anders wird es an der kritischen Stelle immer sichtbare Buckel geben.

Bei der ganzen Schleiferei kann man kaum wesentliche Fehler machen - denn man merkt ja, wenn es "dunkel" wird - dann ist das GFK nicht mehr weit, und das darf man auf keinen Fall anschleifen.

Da Polyester- Schwabbellack mit der Zeit etwas vergilbt, sind kleine Farbunterschiede nicht immer zu vermeiden. Auf die Wellenfreiheit haben sie keinen Einfluß, und auf diese kommt es uns ja an.

Kunststoff- Lackoberflächen (z.B. DD- Acryl (SALTO))

Zum Unterschied vom Schwabbelack ist dies ein "richtiger Lack" mit entsprechend dünnem Auftrag. Die Arbeitsweise ist also grundlegend anders. Der Lack ist nicht mit dem Pinsel auftragbar. Er ist härter als Schwabbelack und bleibt dauernd weiß.

Lack-
oberfl

Nachträgliche Lackierung: wird z.B. beim SALTO aufgebaut wie beim Auto, also zuerst Spachtel, dann Füller, dann Lack. Die Lackschicht ist sehr dünn, sodaß man beim Schleifen sehr schnell durchkommt und es wegen der hellen Farbe des Untergrundes nicht gleich merkt. Ausbesserungen an DD- Lackflächen muß man mit der Spritzpistole auftragen und die Ränder verlaufend spritzen, und später beischleifen, wie eben beim Auto. Man muß gut mit 600er Papier vorschleifen, sonst gibt es Ränder, und die Spritzfläche muß vor der Grenze der Schleiffläche zu Ende sein.

Dies ist der wesentlichste Unterschied zwischen diesem Lackverfahren und allen Gelcoatverfahren, bei denen es nichts macht, wenn die nachgespritzte oder -gestrichene Fläche eine harte Grenze hat.

Geschliffen wird grundsätzlich erst nach voller Aushärtung, die je nach Temperatur Tage und Wochen dauern kann, denn Einbrennen fällt bei uns ja flach.

Das beim Spritzen fast zwangsläufig entstehende Orangenmuster schleift man mit 600 Waßpapier weg. Man benutzt dazu ebenfalls ein langes Holz. Nur wo etwa gröbere "Nasen" gelaufen sind oder besonders unebene Stellen zu finden sind, nimmt man 400 Papier. Die Schleifriefen sind eminent schlecht wieder herauszubringen, deshalb lieber mit feinem Papier etwas mehr Arbeit aufwenden, als hinterher den Ärger zu haben.

Nach dem Schliff mit 600 kann man trocken reiben und feststellen, ob die Oberfläche gleichmäßig und wellenfrei ist. Fühlt man sich zufriedengestellt, so nimmt man wieder das ganz uralte 600- Papier und schleift alles nochmals nach, ebenfalls unter Beachtung der Schleifrichtung. Diese Prozedur treibt man so weit, daß sich Schleifriefen kaum noch feststellen lassen.

Dann wird poliert, und zwar vorzugsweise von Hand. Jede gute Autopolitur ist zu brauchen, denn dieser Lack ist eigentlich ein Autolack. Z.B. gibt es bei VW ein rosa, dickflüssiges Zeug, mit dem man hervorragende Ergebnisse erzielt, oder 1 Z braun.

Bei entsprechender Geduld kann man auf seinem Vogel einen diamantenen Hochglanz erzeugen, der wegen der Härte des Lackes länger Freude macht, als Schwabbelack.

Leistungs = Kitzel

Bitte erwarten Sie hier nicht die geheimsten Tricks aller Rekordflieger. Schon einfache Maßnahmen bringen oft spürbare Leistungsverbesserung und sollten deshalb viel mehr beachtet werden:

Schwerpunktlage

Das wichtigste Mittel, noch ein wenig herauszuholen, und zugleich das sicherste, sich eine Menge zu versauen, ist die Schwerpunktlage. Manchmal sträuben sich einem die Haare, wenn man sieht, wie in dieser Beziehung gesündigt wird!

Wir müssen uns darüber klar sein, daß ein Flügel mit großer Streckung - und fast alle GFK-Flugzeuge haben eine solche - eben nun mal einen sehr kleinen möglichen Schwerpunktlagen (SPL) - Bereich hat. Wenn ein Profil einen Bereich von, sagen wir, 30 bis 42 Prozent zuläßt, so ist das bei einem Flügel von 63 cm mittlerer Tiefe (Libelle, SALTO) eben gerade ca 10 cm. Über diesen kleinen Bereich verteilen sich alle Optimallagen vom besten Sinken bis zum besten Gleiten, und man muß demnach schon recht präzise auswiegen, um das jeweils gewünschte Optimum mit geringstem Rumpf- und HR-Widerstand zu treffen.

Wir sollten also den nächsten Regensonntag benutzen - Sie werden über den Erfolg erstaunt sein!

Sie brauchen: einen Platz, wo Sie den Vogel montieren können, mit ebenem Boden; eine Wasserwaage, ein Richtscheit mit dem Winkel zwischen Rumpfrücken und Waagrecht, den Sie aus dem Flug- und Betriebshandbuch Ihres Flugzeugs entnehmen; eine Waage, die das Schwanzgewicht angibt, und zwei Helfer.

Sie wiegen zuerst den Vogel exakt, und dann sich selbst mit all der Ausrüstung, die Sie normalerweise bei einem Überlandflug mitnehmen. Man muß sich darüber klar sein, daß, je nach Flugzeug, bereits am Schuhe eine andere SPL bewirken!

Sie richten Ihr Flugzeug mit der Wasserwaage nach Zeichnung aus, setzen sich hinein, alle Ausrüstung am richtigen Platz, lassen die Flügel waagrecht halten und ermitteln das Schwanzgewicht. In die Formel eingesetzt, ergibt es die SPL in Millimetern, die Sie dann in % der mittleren Flügeltiefe umrechnen. Sie müssen dazu entweder wissen, daß x Millimeter eben y % der mittl. Tiefe sind, oder Sie brauchen die mittlere Tiefe vom Hersteller Ihres Flugzeugs, da sie normalerweise in FBH's nicht angegeben ist. Sie hängt nicht einfach von der Profillänge, sondern auch von der Pfeilung ab (sog. "Längsmomenten-Ersatzflügel") und der findet sich nur in den Musterunterlagen.

Wenn sich der errechnete Wert dem gewünschten Optimum nähert, können Sie auf gutes Flugwetter warten, andernfalls müssen Sie durch Rückenkissen oder andere Ausrüstungsverteilung ein bisschen jonglieren bis die Sache stimmt (bei einiger Phantasie läßt sich fast immer ein anderer Weg finden als einen Haufen Blei ins Flugzeug zu hängen!)

Bevor Sie wieder zusammenpacken, kontrollieren Sie noch einmal die Null- Lage des Flugzeugs und bringen in dieser Position eine kleine Wasserwaage im Cockpit an, die Sie im Flug beobachten können. Ferner lassen Sie das HR von einem Helfer auf 0 stellen und fertigen sich ein sog. "Nullhölzchen" - ein Leistchen, das Sie am IBrett o.ä. abstützen und das eine Marke hat, wo der Knüppel steht, wenn das HR = 0 ist (z.B. Sprechastastknopf in Balsaholz drücken).

Beim nächsten Flug kontrollieren Sie nun, mit derselben Ausrüstung: (ruhiges Wetter brauchen wir dazu)

Welche Geschwindigkeit nimmt das Flugzeug bei HR = 0 ein?

In welcher Position steht dabei die Wasserwaage im Cockpit?

Bei welcher Geschwindigkeit und welcher HR- Stellung steht sie waagrecht, d.h. der Rumpf in Nulllage? Und das HR?

Wie stehen sie beim besten Gleiten? Wie beim besten Sinken?

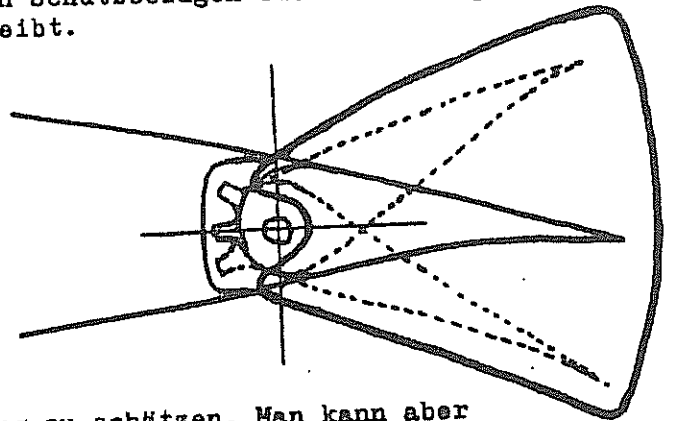
Wir können nun unser Flugzeug regelrecht "eichen", d.h. Beladung und deren Verteilung dem Wetter anpassen.

Flugzeugflügel sind zur Rumpflängsachse (Nullage) meist zum besten Gleiten hin eingestellt. Das wird aber nur bei geringstmöglichem Widerstand erzielt, d.h. bei HR = 0 und richtiger SPL.

Querruder- Endscheiben

Dieser pfennigbillige Artikel, den sich jeder aus einem Stückchen Hartfolie, dünnem GFK oder Sperrholz selbst basteln kann, bringt bei manchen Vögeln bis zu 8 km/h langsames Kurbeln.

Die Dinger werden etwas größer ausgeschnitten, als der maximale Querruderausschlag nach oben und unten beträgt, und in den Spalt zwischen Flügel und Querruder, also nach der Wurzel zu, geklebt. Das QuR muß sich anschließend völlig frei bewegen können und zur Scheibe einen Abstand von ca 1,5 mm haben. Man malt die Scheiben am besten grell an, damit man beim Überziehen von Schutzbezügen oder beim Einpacken in den Wagen nicht dran hängenbleibt.



Cockpit- Belüftung

Jeder weiß eine gute Cockpit- Belüftung zu schätzen. Man kann aber auch damit viel verderben, wenn die Haube nicht ganz dicht ist und der reichliche Luftstrom keinen anderen Weg aus dem Cockpit findet. Wir müssen ihm also einen Ausweg schaffen. Dazu sollten wir nicht gerade ein Loch durch den Rückspannt bohren (lachen Sie nicht, es war alles schon da!), sondern wir suchen uns etwa Handlochdeckel, Montageöffnungs- Deckel o.ä. aus, um der Luft einen Weg zum Rumpfsende und dort ins Freie zu schaffen. GFK- Rümpfe sind meistens ohne Vollspannten in der Rumpfspindel, sodaß wir nur wenige Stellen haben, über die wir nachdenken müssen. Wo man im Zweifel ist, lieber den Hersteller fragen, wie man am besten vorgeht.

Ein weiteres Mittel zur Leistungssteigerung ist die Abdichtung von Flügelspalten, so an den Bremsklappen und den Querrudern.

Bei Flugzeugen mit durchgehenden BK-Schächten kann man Erfolg eigentlich nur mit der Silikon- Dichtmasse und auch dann meist nur beschränkt erzielen, denn oft erkaufte man die Dichtung mit einer schlechten Passung der BK.

Die meisten Vögel mit Bremsklappen nach Hütter (von ihm stammen nämlich die sogenannten Schempp-Hirth- Klappen) haben aber heute getrennte BK- Schächte oder überhaupt keine Klappe auf der Flügelunterseite, sodaß kein Dichtungsproblem auftritt.

An den Querrudern hat sich die Dichtung mittels feinem Teflon- gewebe bewährt.

Man kann die Streifen in 50 mm Breite fertig beziehen. Außerdem braucht man dazu einen Kontaktkleber.

Um das Ausbauen der Querruder kommt man nicht herum, man nimmt es gemäß FBH vor. Die Flügel stehen dabei mit der Nase nach unten.

Man säubert die Fahne des Flügels, Unterseite innen, gut von Fett und evtl. Harzkleckschen, sodaß das Anbringen des Streifens ganz ohne Falten etc. möglich wird, desgl. die Querrudernase an dieser Stelle.

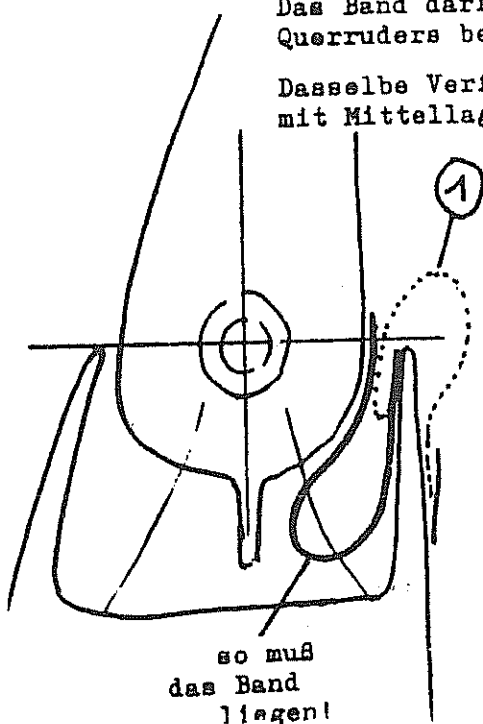
Man streicht den Streifen auf einem ebenen Tisch oder Brett an der Kante und die Fahne des Flügels innen mit Kontaktkleber, wartet, klebt den Streifen an, wobei man sich von einem Helfer das andere Ende halten läßt. Der Streifen muß völlig gerade und verzugsfrei liegen.

Nach dem Kleben schlägt man die freie Seite des Streifens nach außen um und klebt sie außen auf der Flügelunterseite mit etwas Klebeband fest. (1)

Danach baut man das Querruder nach Vorschrift wieder ein, schlägt es völlig nach oben aus, und klebt jetzt die freie Seite des Teflonbandes auf die Querrudernase (wieder beide Seiten der Klebung einstreichen, warten, andrücken.).

Das Band darf keinesfalls spannen oder gar den Vollausschlag des Querruders behindern.

Dasselbe Verfahren läßt sich natürlich auch bei allen Wölbklappen mit Mittellagerung anwenden (Kestrel).



Wasserballast- Einbau ist eine "große Änderung", d.h. er muß für das Muster zugelassen sein resp. zugelassen werden. Das hängt von den gewichtlichen Möglichkeiten ab. Die Gewichtszunahme durch den WB verschiebt das beste Gleiten nach oben. Die einzelnen Hersteller liefern z.T. Bausätze für den Selbsteinbau.