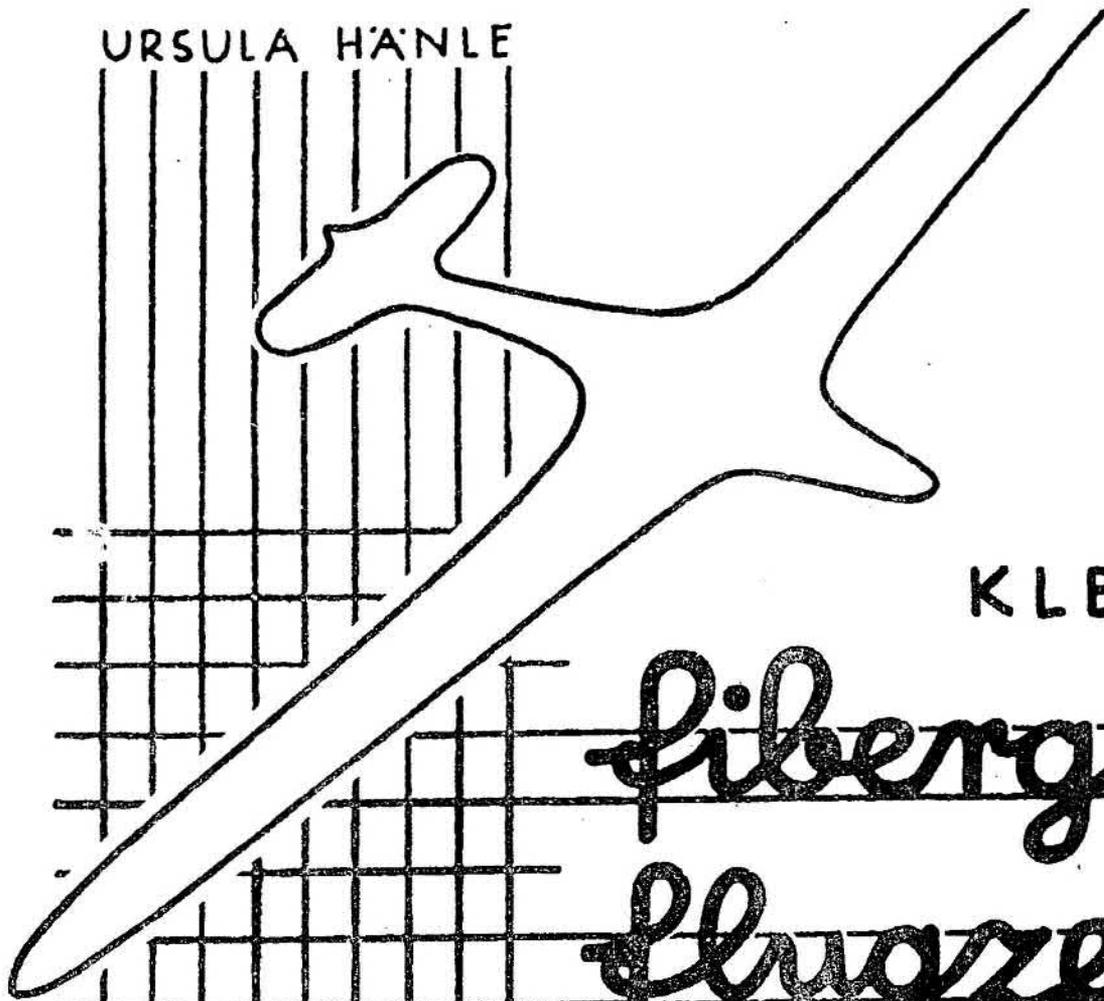
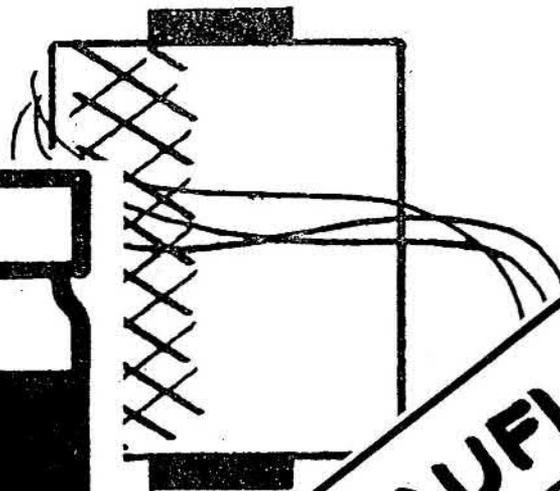


URSULA HÄNLE



KLEINE

*fiberglas  
flugzeug  
flick  
fibel*



**3. AUFLAGE**

## Vorwort zur dritten Auflage

Wachsende Erfahrung und Verbreitung der Kunststoffvögel, aber auch Weiterentwicklung der Werkstoffe erforderten seit langem eine Überarbeitung der FLICKFIBEL. Oder noch radikaler: braucht man das Ding eigentlich noch??

Nicht nur, daß wir inzwischen auch andere Fasern kennen, aus denen die schlanken Vögel gebaut werden: die Hersteller werden vom LBA angehalten, typgebundene Wartungs- und Reparatur-handbücher herauszugeben. Und die sind vor allen anderen Anweisungen verbindlich. Denn der Hersteller trägt die Verantwortung, Ihnen und dem LBA gegenüber.

Nur wenn von ihm nichts zu kriegen ist, weil es ihn vielleicht gar nicht mehr gibt, helfen das LBA, seine Prüforganisationen oder ein LTB (es gibt davon viele, aber auch genug gute!) Die Notwendigkeit, einen komplizierten Reparaturvorgang speziell zu beschreiben, wird durch ihre Erfahrung, aber auch durch die vielerorts veranstalteten Kunststoff-Lehrgänge überholt. Die Dörfer, in denen es einen Fiberglas-Fachmann gibt, werden zahlreicher!

Was immer noch fehlt, ist eine allgemeine Einführung für Neulinge auf dem Faserflugzeug- Gebiet. Was muß ich etwa beachten, wenn ich mir eins kaufen will? Was kann ich tun, um den Vogel recht lange bei bester Kondition zu halten? Wie kann ich mir bei kleinen Pannen helfen? Die neue FLICKFIBEL wird also ihren Schwerpunkt mehr auf diesen Bereich legen. Sie leistet sich aber den Luxus, die Einführung in die erste, vor 30 Jahren erschienene Ausgabe unverändert zu übernehmen - vieles davon ist heute keine Utopie mehr.

Als ich 1967 die erste FLICKFIBEL schrieb, war ich ein bisschen sowas wie ein Prophet in der Wüste. Heute sind wir in der Lage, nicht mehr per Spekulation, sondern aus Erfahrung sagen zu können, wie sich ein 30 Jahre altes Segelflugzeug verhält.

Die neue FLICKFIBEL hat nach wie vor das Format und die Anordnung, welche es Ihnen erlaubt, diese allgemeinen Grundlagen mit den Anweisungen Ihres Herstellers zu kombinieren. Das System der Seiten- Numerierung gestattet, besondere Tips für Ihr Flugzeug an der richtigen Stelle einzuordnen.

Strodehne, im Frühjahr 1997



V o r w o r t z u r z w e i t e n A u f l a g e :

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

# Inhalts- Verzeichnis

## Grundlagen

Einführung.....	100
Kleines Kolleg über Kunststoffe.....	102
Glasfasern, Fiberglas.....	109
Kohle, Aramid.....	111
Stützstoffe.....	113
Qualitätsprüfung.....	114

## Prüfung

Lebenshilfe für GFK- Flugzeuge.....	200
Checkliste montiertes Flugzeug.....	204
Teile- Prüfliste.....	206
Jahreskontrolle.....	210
Flugzeugkauf.....	210

## Praxis

Vorbetrachtungen.....	300
Füllstoffe, Trennmittel.....	301
Tips, Pressen (Vakuum).....	302
Werkzeug.....	304

## Reparatur- Tips

GFK- Sandwichschalen.....	400
Rovingstränge.....	404
All-Fiberglas- Schalen.....	406
Beschädigte Teile.....	408
Diverse Harzereien.....	410
Zusatz- Ausrüstung.....	411

## Oberfläche

Spachteln.....	500
Finish:Polyester.....	501
Arbeitsweise.....	502
Kunststofflackierung.....	504

## Haube

Dichtung: Silikon.....	600
Polieren.....	601
Angespachtelter Haubenrand.....	602

## Leistungs- Kitzel

Schwerpunktlage.....	700
QuR- Endscheiben, Belüftung.....	701
Abdichtung, Sonstiges.....	702

# Einführung

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 Ablaugen 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 Plexi- 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 delikater. 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!

# 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 verstärken 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.

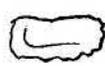
Dadurch wird es möglich, daß Sie Ihr Kunststoff-Flugzeug ganz einfach reparieren können.

**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

Um größeren Schaden zu vermeiden, sollte man deshalb die Härtefähigkeit der Ansätze überwachen. Die simpelste Lösung: man teile sich ein DIN A 4 - Blatt wie folgt ein:

Nr	Tag	Uhrzeit	Stelle	Harz g	Härter g	LSA D-4711 Probe
1	14.11.	9 <sup>33</sup>	Rumpf oben St. 3300	100	38	
2	14.11.	10 <sup>15</sup>	Flügel 11' oben St. 4200 Nase	50	19	
3	15.11.	10 <sup>25</sup>		50	19	
4						

Von jedem Ansatz macht man in das entsprechende Feld einen kleinen Harzklecks. Wenn man das Blatt auf die Zentralheizung oder eine Wärmeplatte legt (Tischrechaud!), so weiß man sehr bald, ob der Ansatz in Ordnung ist. (Seite 114: Qualitätsprüfung)

Man kann die Seite dann nach Härtung in die L- Akte des reparierten Flugzeugs heften.

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

Demzufolge kommt der Arbeitsvorbereitung bei der Harzerei eine große Bedeutung zu. Spielen Sie den ganzen Arbeitsvorgang in Gedanken genau durch, oder machen Sie sich bei längeren Aktionen ein kleines Programm, dessen letzter Punkt lautet: Harzmischung.

Bei umfangreicheren "Schlachten" kann es zweckmäßig sein, daß man sich, etwa auf 2 Tischen, vorher alles der Reihe nach bereitlegt: auf dem einen alle zum Härzen vorbereiteten Teile, Glasgewebe, Pinsel, Schere - alles, was unbedingt sauber bleiben muß, auf dem anderen alle Hilfsmittel, Zwingen, Vorrichtungen, eingetrennte Hilfskonstruktionen, Trennmittel usw. Es darf nachher keine Zeit vertrödeln werden, um irgendwas zu suchen. Das Harz wartet nicht!!!

Verwenden Sie Harzmischung nur so lange, wie sich die Glasfasern gut, wie von selbst, damit tränken 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.

offene  
Zeit

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, auch Heizfolien sind eine feine Sache.

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 erhöhter Temperatur eine bestimmte Zeit lang gelagert. Die Festigkeit des Kunststoffes nimmt zunächst mal durch die Erwärmung etwas ab, durch die immer intensiver werdende Vernetzung steigt aber die Temperatur, bis zu welcher das Bauteil voll belastet werden kann, - die "Wärmestandfestigkeit".

Beispiel: fast alle GFK- Flugzeuge der ersten Generation (Libelle, LS 1, ASW 15 usw) sind aus dem guten alten Epikote/Laromin gefertigt. Das kann man mittels einer Temperatur von 55 - 60° auf eine maximale Wärmestandfestigkeit von 54° bringen. Darüberhinaus ist nichts mehr zu machen. daher also die Tabelle in den Handbüchern.

Nun könnte man an sich damit zufrieden sein, denn wer jemals in einem Flugzeug von nur 40° Innentemperatur gesessen hat, wird bestätigen, daß es schwierig sein dürfte, einen Vogel mit 54° Bauteiltemperatur unter volle Flugbelastung zu kriegen. Wenn man aber berücksichtigt, daß die Grenze verhältnismäßig dünn ist - so ist vorgeschrieben, daß die Bauteile weiß sein müssen, und schon unsere Kennzeichen sind farbig, sodaß bereits an diesen Stellen die Forderung nicht erfüllt ist, von schönen bunten Rümpfen und Reklamebeschriftung ganz abgesehen - so ist der Wunsch nach Harzen höherer Wärmestandfestigkeit durchaus verständlich.

Wir haben heute Harzsysteme, welche 80° und höhere Wärmestandfestigkeit haben. Die meisten davon sind sogenannte Interimsharze. Sie härten bei Raumtemperatur gerade eben so viel, daß man sie mit einiger Vorsicht aus der Form bekommt. Während des Tempervorgangs müssen sie völlig spannungsfrei liegen, danach aber haben sie eine Wärmestandfestigkeit, die sogar farbige Flugzeuge erlauben würde.

In Ihrem Hersteller - Handbuch finden Sie angegeben, welches Harz in Ihrem Flugzeug verwendet wurde, und mit welchen Harzen es repariert werden darf. Denn man kann sich denken, daß man etwa ein Flugzeug aus dem guten alten Epikote/Laromin mit einem Harzsystem höherer Festigkeit reparieren darf, nicht aber umgekehrt!!

Maßgebend ist immer die Hersteller- Anweisung. Fast alle neueren Harzsysteme haben eine Luftfahrt-Zulassung (von der das liebe alte Epikote nur träumen konnte).

Es gibt sogar inzwischen Harzsysteme, die durch verschiedene Härter einstellbar sind in Topfzeit und Wärmestandfestigkeit.

einstellbar

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.

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

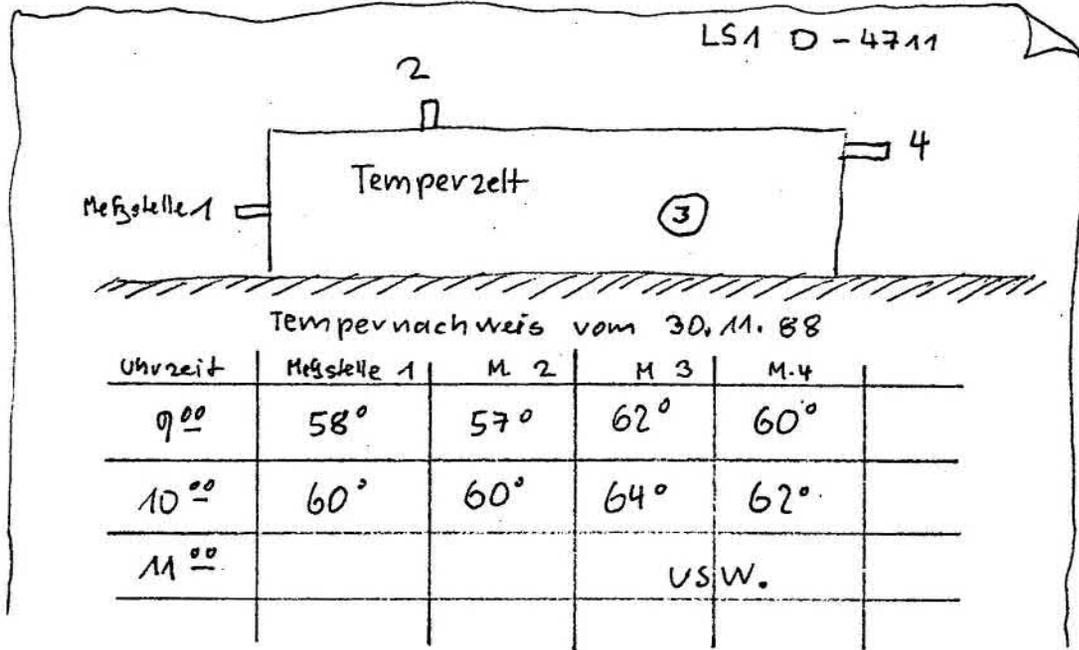
Auf keinen Fall kann man nun jeden x-beliebigen Härter für ein y-beliebiges Harz verwenden. Die Systeme reagieren immer nur untereinanderer und in der vorgeschriebenen Art und Menge.

tauschbar

Natürlich müssen Sie bei jeder Reparatur den vorgeschriebener Tempervorgang ebenfalls erfüllen.

Temper-  
nachweis

Kriegen Sie keinen Schreck, wenn irgendwelche Anweisungen "von oben" den Einsatz sauteurer Hilfsmittel verlangen, etwa einen Temperaturschreiber. Da wir unsere Arbeitsweise ohnehin nach dem Heizen mit Heizlüftern richten und demnach das Temperzelt nicht ohne Aufsicht lassen können, ist es ebensogut möglich, alle Stunde die Temperaturen abzulesen und sie in einem Protokoll festzuhalten. Das sieht dann etwa so aus:



(Mit vielen anderen Dingen ist es ähnlich. Entweder kann man sie phantasievoll durch andere ersetzen, oder man forscht in der Umgebung, ob ein Pump gelingt (Endoskope!))

**Notreparatur** 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 Meßgenauigkeiten der Komponenten völlig undefinierbar sind, sollte man sich hüten, diese Mixturen an tragenden Teilen einzusetzen.

**Feuer-  
gefährlich-  
keit** Die Komponenten des Kunststoffes, 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.)

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 unverschämten Hartnäckigkeit von Harzflecken auf Küchentischen usw. mit politischen Schwierigkeiten gerechnet werden....

Raum

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". (Baumwolle).

Werkzeug

Die Harzmischungen werden in Gefäßen aus Glas oder Porzellan oder auch Konservendbüchsen 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....

Lösung

Solange die Harzmischung weich ist, löst sie sich in Aceton, Nitroverdünnung, manchen Waschverdünnungen usw.

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.

Aufbewahrung

Wenn der Härter in gut verschlossenem 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.

Jeder Hersteller gibt von seinem Harzsystem an, wie lange die Komponenten gebrauchsfähig bleiben.

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.



Gift

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.

Allergie

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.

Das hat sich in den gewerblichen Betrieben ohnehin durchgesetzt

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  
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  $\mu$  (9/1000 mm). Die Zugfestigkeit einer solchen Faser liegt um 14 000 kg/cm<sup>2</sup>, 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, GFX, 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/cm<sup>2</sup>. 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/cm<sup>2</sup>. 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/cm<sup>2</sup>.

\*) Die Fiberglastechnik für unsere Flugzeuge ist in Deutschland entwickelt worden. Ich verzichte deshalb auf den Ausdruck "Composite". "Fiberglas heißt auch auf englisch "fiberglass".

Man kann die Glasfasern in verschiedenen Aufmachungen kaufen:

als Matten aus ungeordneten Faserschnitteln - für unseren Flugzeugbau nicht geeignet, weil ihre unorientiert angeordneten Fasern den Kräfteverlauf nicht genau verfolgen können. Außerdem fressen sie sehr viel Harz.

Matten

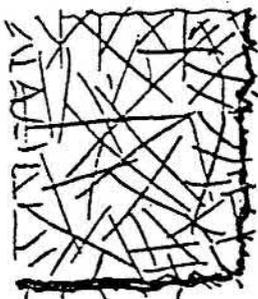
als gewebte Stoffe - auch solche mit viel Fäden in der einen und ganz wenig in der anderen Richtung, mit vielen verschiedenen gm- Gewichten und Webarten, für gerade und stark gekrümmte Formen, für stark in einer Richtung oder gleichmäßig belastete Bauteile.

Gewebe

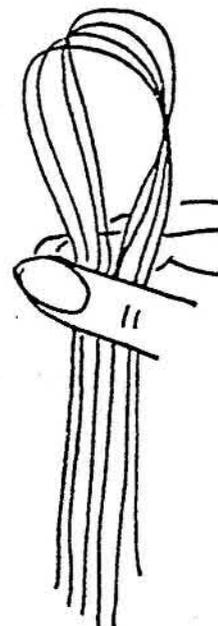
Es gibt auch Gewebe und Fasergakete, die mit einem Harz zusammengehalten sind, das sozusagen nur provisorisch gehärtet ist. Wenn man das Material in eine Form legt und heizt, dann erst härtet das Harz endgültig. Für unsere "Handarbeit" ist diese Lieferform nicht gut geeignet.

Prepregs

### Glasarten:



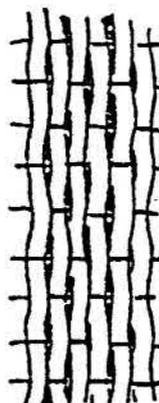
Matte  
mit  
unorientierten  
Fasern, durch  
Bindemittel  
gehalten.



### G e w e b e



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



### Rovingstrang

Eine besondere Leinenbindung: das "Unidirektional"- Gewebe. Es hat sehr viel Fasern in Kett- und nur wenige in Schußrichtung. Die Festigkeit ist praktisch nur in Kett-richtung 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.



Zöperbindung  
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 dementsprechend leicht.

## Rovings .

als Parallelfaser- Bündel, - sogenannte Rovings. Sie sind zwar zunächst am schlechtesten zu bündigen, 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 Holzfasern den Ast im Baum. Die Faser wird nicht abgeschnitten; es entsteht kein Festigkeitsverlust.

In fast allen Holmgurten der Fiberglasflugzeuge finden wir deshalb Rovings. Ganz selten sind sie aus Unidirektional, diese Holmgurte sind dann weicher (niedere Schwingungszahl.

Schlichte  
Finish

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.

Aufbe-  
wahrungFaser/Harz-  
Verhältnis

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.

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

Wer etwas mehr Einsicht in die Fiberglastechnik gewonnen hat, wird feststellen, daß in den älteren Glasfaservögeln dieses Anordnen der Fasern entlang der Kraftlinien und auch die Harztränkung sehr viel präziser erfolgten als bei späteren. Der Preisdruck, der viele Aufgaben der Konstruktion weg vom Optimum für den Faserverbund und hin zum Wirtschaftlichen veränderte, war damals noch unbekannt...

## Kohlefaser

Manchmal finden wir aber auch schwarze Holmgurte! Oder sogar inwendig ganz schwarze Flugzeuge!

Wir haben es mit Kohlefaser zu tun. Die wird hergestellt, indem man Graphitfasern verkohlen läßt. Hört sich sehr zerbrechlich an, nicht? Tatsächlich haben aber Kohlefasern eine noch weit höhere Festigkeit als Glasfasern. Sie haben aber keine so hohe Dehnung. Die aus ihnen hergestellten Holme sind sehr biegesteif, deshalb kommen Flugzeuge mit sehr dünnen Profilen an der Kohlefaser gar nicht vorbei. Kohlefasern haben ein völlig anderes Bruchverhalten als Glasfasern. Die lange Dehnungsphase, die wir vom GFK her kennen, gibt es nicht. Wenn die Bruchlast der Faser erreicht ist, kracht es auf einmal. (Beobachter von Kohleflugzeug- Brüchen sprechen von einer "schwarzen Explosionswolke".)

Die hohe Arbeitsaufnahme, die wir besonders im Rumpfbereich von GFK-Flugzeugen so schätzen, entfällt also.

Auch beim verarbeiten bzw. reparieren von KFK müssen wir einiges beachten:

im Grunde gibt es Kohlefaser ebenfalls als Rovings und als Gewebe, sogar die Gewebearten sind gleich (derselbe Hersteller.) Wir sind aber unbedingt darauf angewiesen, daß uns der Flugzeughersteller Gewebetyp und Lagenzahl angibt, denn sie sind kaum durch Augenschein festzustellen. Es gibt nämlich auch Mischgewebe: Kette aus Glas-, Schuß aus Kohlefaser. Kohlefasern brennen - komischerweise - auch nicht. Aber sie sind elektrisch leitend! Es kann passieren, daß sich etwa ein Winkelschleifer bei der Arbeit durch den Staub kurzschließt.

Wenn es unter der weißen Oberfläche beim Aufschleifen weder grün noch schwarz, sondern gelb kommt, dann haben wir es mit Aramidfasern (Kevlar) zu tun. Auch hier gibt es wieder dieselben Gewebetypen, jedoch kaum Rovings. Dieser Fasertyp hat nämlich eine ebenfalls sehr hohe Zug-, jedoch eine geringere Druckfestigkeit. Er wird überall da eingesetzt, wo der Verbundwerkstoff sehr leicht sein soll und man im wesentlichen die Zugfestigkeit ins Spiel bringen kann.

Kevlar

Aramidfasern sind nicht sehr UV-beständig. Man kann sie nicht ohne Deckschicht einsetzen, sie müssen vor Sonneneinstrahlung geschützt sein. Beim Verarbeiten muß man berücksichtigen, daß sie sich nach der Aushärtung sehr schlecht mechanisch bearbeiten lassen: sie fransen. Man muß das Teil schon so einlegen, daß man sich nachträgliche Bearbeitung spart.

Man kann natürlich keinesfalls den einen Fasertyp mit dem anderen flicken. Da wir öfter mal auf einen Kombinationswerkstoff treffen werden, d.h. etwa eine Lage Kohle, eine Lage Glas, eine Lage Kohle oder ähnliches, ist Auskunft seitens des Flugzeugherstellers ohnehin unerlässlich.

Ein Wort noch zu den Grenzfällen - denn die Entwicklung bleibt ja nicht stehen:

Neuentwicklung

außer den genannten Fasern hat es noch Versuche mit Borfasern gegeben, die zwar eine sehr hohe Festigkeit, aber auch ein hohes Gewicht haben.

Es ist ziemlich logisch, daß die Steifigkeit der Kohlefaser und ihr geringes Gewicht natürlich zum Herstellen von Teilen reizen, die wir aus ganz anderen Werkstoffen gewohnt sind: einige Vögel haben bereits Stoßstangen oder Antriebswellen daraus.

Es gibt auch Versuche, sich auf dem Harzsektor zu verändern: man probiert etwa mit Thermoplasten herum, oder versucht sich mit Fasern aus diesen. Bisher kannten wir diese Fasern als zu dehnbar für unsere Zwecke.

Da jeder Flugzeughersteller alle Werkstoffe, die er in seinem Vogel verwendet, nachweisen muß, sind wir vor Überraschungen sicher, wenn wir uns bei ihm erkundigen und um seine Anweisung bitten.

Der Kunststoff-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 Lamelle eines Holzverbunds hineingeschaut. Beim Faserkunststoff liegt der Aufbau von allem Anfang an offen da, Gußfehler oder Harzgallen, die keiner merkt, gibt es nicht. Dazu kann man die meisten Teile nach dem Härten sehr genau prüfen: auf Aushärtung, und mittels Durchleuchten mit einer starken Lampe.

113 Stützstoff  
(Sandwich)

Die ersten GFK- Flugzeuge hatten Balsaholz in der Innenlage 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 Innenlage schäften, wie man es von Holz kennt.

Conticell

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

Das Conticell (das in zwischen auch andere Namen bekommen hat,) gibt es in 3 Härtegraden, die sich durch Farben unterscheiden.

Das für uns interessante mit 60 kg/cbm Raumgewicht war früher braungelb, nunmehr graugrün.

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

Eine andere, sehr gut vera rbeit- und reparierbare Sandwichlage ist das Hexcel oder Nomex. Es ist eine Wabenlage, die sich biegen und dehnen läßt. Sie wird aus einer Art Nylonpapier hergestellt Seine Verbindung mit den Glaslagen ist etwas besser als bei Tubus. Man muß aber hier wie dort dafür sorgen, daß die Wabenwände sogenannte "Füßchen" bekommen, daß wir also das Harz etwas an den Wänden hochkriechen lassen. Man kann dafür einen Aufstrich von Spezialharzen verwenden, oder hilft sich auf mechanischem Wege, indem man das Harz mittels Bürste, einem Stückchen Teppichboden oder Weichschaum etwas in die Waben hinein"stupft".

Rohacell

Unter manchen Faserschichten kommt beim Aufschleifen ein weißer Stützstoff zum Vorschein. Das ist ein aufgeschäumter Abkömmling des Plexiglas, genannt Rohacell. Er ist sehr gleichmäßig, leicht, nicht so harzig wie Conticell, aber spröder. Er wird besonders in manchen Rudern und Leitwerken verwendet.

Bei neueren Flugzeugen findet man im Wartungs- oder Reparaturhandbuch ein Verzeichnis der in dem Vogel verwendeten Werkstoffe. Ist ein solches im Schrifttum des Flugzeugs nicht vorhanden, so stelle man den sogenannten "Musterbetreuer" fest, oder befrage das LBA nach diesem. Auch ein erfahrener LTB kann weiterhelfen.

Jeder Hersteller liefert die in seinem Vogel verwendeten Materialien. Hat man aber einen guten LTB in seiner Nähe, so kann der Bezug dort sehr viel preiswerter werden, denn jeder weiß ja, was heute Kleinmengen kosten, von den verrückten Postgebühren abgesehen.

Auch der LTB ist nämlich zur Qualitätskontrolle verpflichtet.

### Qualitätsprüfung:

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

Die G l a s b e w e h r u n g 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.

Hier verlangt ein Kohle-Laminat mehr Aufmerksamkeit, denn man sieht Kohlefasern nicht an, wie gut oder schlecht sie getränkt wurden. Deshalb spricht vieles dafür, Kohlefasern satt zu tränken und durch leichte Pressung (Vakuum etwa) das überschüssige Harz herauszudrücken.

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 H a r z 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 gehärtetes 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 Plastik-eimer - 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- Flugzeugs 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.

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.

Stück- u.  
Nachprüfung

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.

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.

TM

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 zu wenig - 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 Lufttätigkeit 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 diesem Dilemma abzuhelpfen, hat man in einem Kunststoff- Institut die sogenannten "Rosenheimer Regeln" ausgeknobelt. Sie teilen die möglichen Beschädigungen in Schadensklassen ein:

Rosenheimer  
Regeln

Klasse 1: großflächige Zerstörungen, die ein teilweises Ersetzen des Bauteils oder eine großflächige Reparatur erfordern. Das sind insbesondere Schäden, bei denen die Hauptkraftflüsse unterbrochen, bzw. Kraftein- und -überleitungen von Primär- und Sekundärstrukturen 1. Art (Ruder und Klappen) gestört sind. Beispiele: Leitwerksträger abgebrochen, Flügel- oder Leitwerksgurt beschädigt, Cockpitemrandung gebrochen, Querruder, Seitenruder oder Höhenleitwerk ausgerissen.

Klasse 2: Löcher und Brüche eines Laminats bis zu einer Länge von ca. 20 cm in jeder Richtung sowie Löcher und Brüche, die durch ein Sandwichteil hindurchgehen und beide Deckschichten zerstören. Beispiel: Rollschaden oder lokaler Transportschaden, Femdkörpereinwirkung.

Klasse 3: Kleine Löcher oder Brüche in der Außenhaut eines Sandwichbauteils, die keine Zerstörung im Inneren wie Stüttschichten oder innere Deckschichten zur Folge haben. Beispiel: Kratzer oder Riefen, die das äußere Laminat durchtrennen haben.

Klasse 4: Erosionsstellen, Schrammen und Kerben in der Gelcoat-schicht, die nicht mit einem Bruch oder Durchbruch des äußeren Laminats verbunden sind. Beispiel: Kratzer beim Einräumen.

Primärstrukturen sind solche, die vor allem die Hauptkraftflüsse des Luftfahrzeugs betreffen: Tragflügel, Rumpf, Dämpfungsflößen, Fahrwerk.

Sekundärstrukturen sind vor allem von lokalen Kraftflüssen betroffen: Sekundärstrukturen 1. Art: Quer-, Höhen- und Seitenruder, Wölbklappen, Bremsklappen.

Sekundärstrukturen 2. Art: Fahrwerkklappen, Verglasung, Handlochdeckel, Spornverkleidung, Bremsschirmkappe, Baldachin.

(Zitat aus TBH DAeC NRW)

Das sieht in der Theorie ganz gut aus, doch in der Praxis müssen wir die Grenze zwischen der großen und der kleinen Reparatur irgendwo zwischen Klasse 3 und 4 suchen - also wieder mal fließend. Warum ist das so wesentlich? Die kleine Reparatur darf innerhalb der Wartung des Luftfahrzeugs ausgeführt werden, d.h. von der vielzitierten "sachkundigen Person", - das ist beispielsweise ein vom längeren Zusammenleben mit so einem Vogel versierter Halter.

Natürlich gibt es auch wieder mal die berühmten Lücken im Gesetz - denn wie Sie wissen, betreibt jeder DAeC - Landesverband einen LTB. Und dem gehören ja praktisch alle Vereinsmitglieder an - solange sie a) unter Aufsicht eines zugelassenen Werkstattleiters und b) in der zugelassenen Werkstatt arbeiten.

Also im wesentlichen eine Frage von Phantasie und Möglichkeiten.

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 einem erfahrenen Prüfer vorher besprechen.

Die folgenden 2 Seiten sind aus dem Langzeit- Prüfprogramm des SALTO entlehnt. Damit sollte sich jeder bewaffnen, der auszieht, sich ein Faserflugzeug zu kaufen. Sie helfen aber auch jedem, der aus anderen Gründen ein solches Vögelchen nachprüfen möchte. Anschließend folgen 4 Seiten einer Prüfliste, die sich von der üblichen Kreuzchenliste, die man von Jahresnachprüfungen kennt, dadurch unterscheidet, daß sie hinter jeder Frage die Möglichkeit eines kurzen Eintrags vorsieht. Wenn Sie diese Liste durchgearbeitet haben, können Sie dem Besuch Ihres nachprüfenden Bauprüfers in Ruhe entgegensehen.

Prüfmetk

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.

Was ist denn das eigentlich - Langzeitprüfung?

Als die Faservögel neu waren, wußte man ja nicht, wie lange dieses neue Material seine volle Festigkeit behalten würde, und ob sich evtl. im Laufe der Zeit irgendwelche Beanstandungen am Material einstellen würden.

Langzeit-  
prüfung

Die ersten Flugzeuge dieser neuen Generation waren deshalb auf 3000 Stunden Betriebszeit geprüft und zugelassen.

Nun, es ging in vielen Fällen - beispielsweise Flugschulen - sehr schnell, daß die 3000 h erreicht waren. Was nun?

LBA und Hersteller vereinbarten, daß die weißen Vögel alle folgenden 1000 Stunden einer Prüfung unterzogen würden, die nach einem bestimmten Programm abläuft und erstmals nach den ersten 3000 Stunden durchgeführt wurde. Finden sich am GFK keine Beanstandungen, so darf der Vogel weitere 1000 Std. betrieben werden. Wie die Prüfung im einzelnen abläuft, legt der Hersteller fest.

Angaben über den Stand dieser sukzessiven Prüfung finden Sie in der L -Akte des Flugzeugs. (Ein Punkt mehr für die Regel, daß die Prüfung eines Flugzeugs bei der L - Akte anfängt!)

Leider legen die meisten dieser Prüfprogramme sehr viel Gewicht auf den Kunststoff und sehr wenig auf andere wichtige Teile des Vogels. Wir haben aber die Erfahrung, daß wir noch keinen Fall kennen, in welchem die Zeit den Kunststoff angeknabbert hätte, wohl aber viele, in denen sie an anderen Teilen genagt hat, beispielsweise an Beschlügen. Die katastrophalen Fälle von inseitig durchgerosteten Stoßstangen etwa gehören hierher.

Und solche Sachen hängen nicht von der Betriebszeit, sondern von der Lebensdauer des Flugzeugs ab!

(Deswegen schreibt das Langzeit Prüfprogramm des SALTO eine umfassende Nachprüfung aller Teile des Flugzeugs vor.

Und zwar alle 1000 Std. oder 10 Jahre - was früher eintritt)

## doktor fiberglas- Checkliste

	-Bauteil	li re ok,ok	nein, Befund:	ok
	<p><b><u>FLUGZEUG MONTIERT:</u></b></p> <p>Alle Hauptanschlußteile sind sauber und grün - ohne Farbanstrich Die Flugzeugteile sind sauber gewaschen und geputzt die Anschlußstellen sind sauber und gefettet</p> <p>Gelenkkugeln und Anschlußklauen stehen sinngemäß Der BK- Hebel steht eingefahren, aber nicht verriegelt</p>			
	<p><b>F l ü g e l:</b></p> <p>li und re lassen sich einwandfrei einschieben (leichte Zuhilfenahme eines Alustabs erlaubt) und wieder herausnehmen</p>			
Mittelbolzen	<p>li und re lassen sich einwandfrei von Hand einschieben (1 leichter Schlag mit Aluhämmerchen erlaubt) und wieder herausziehen</p> <p>li und re einwandfrei verschraubbar ein Spiel ist nicht feststellbar die fest verschraubten Bolzen lassen sich weder axial bewegen noch drehen</p>			
Anschl. bolzen	<p>die Anschlußbolzen haben kein Spiel in den Gelenklagern</p> <p>die Distanzen der Anschlußbolzen zu den Gelenklagern sind nicht größer als 1,5 mm</p>			
QuR, BK-Anschl.	<p>die Anschlüsse lassen sich ohne Schwierigkeiten betätigen</p> <p>die Hotellier- Verschlüsse - falls vorhanden - entsprechen der LTA 93 -001/2</p> <p>keine der Anschlußstoßstangen ist verbogen</p> <p>der Handlochdeckel ist fest und gesichert</p>			
	<p>der kräftige Versuch zu schütteln erzeugt weder tangential noch vertikal Geräusche in den Hauptanschlüssen</p>			
	<p><b>L e i t w e r k :</b></p> <p>Das HLW läßt sich einwandfrei in seine Position schieben</p> <p>die Befestigung erfolgt mit ausreichender Gewindegahl und ohne Schwierigkeiten</p> <p>Das Sicherungselement arbeitet ohne Schwierigkeiten oder Hemmungen</p> <p>die Ruder haben kein Axialspiel im LW</p>			
HLW Anschl.				
	<p>Das Leitwerk sitzt fest in den Buchsen ein Spiel kann weder vertikal noch tangential erzeugt werden</p> <p><b>erlaubtes Spiel der Ruder:</b></p> <p>Knüppel und 1 QuR festgehalten: max 2 mm an Endkante außen des losen QuR</p> <p>Knüppel und Pedale festgehalten: max 3 mm am Schwanzruder an Endkante zum Rumpf</p> <p>(SR und HR einzeln prüfen)</p> <p>unverriegelt max 5 mm zueinander</p> <p>axial max 1,5 mm</p>			
QuR HR, SR BK				
	<p>es sei denn, die Flugzeugpapiere zeigen andere Grenzwerte</p>			

		Flugzeug fertig montiert auf ebenem Boden, Hauptbolzen und LWAnschlußbolzen fest Reifendruck 2,0 atü Querruder auf 0 Schwanzruder auf 0 BK eingefahren	Prüfen Sie die wichtigsten Instrumente, ob sie arbeiten, am Boden	
Geometrie		die Verbindungslinien zwischen Flügelspitzen und LWSpitzen sind parallel Distanzen zw. Flügel- und LW- Spitze li.u. re sind gleich		
Grund- einstellg		bei Knüppelstellung Mitte stehen beide QuR auf 0 bei KnStellg. Mitte und gleich- mäßig stehenden Pedalen steht das Seitenruder auf 0 ebenso das Höhenruder  dabei steht der Vierkant des Knüppels etwa in der Mitte der rechteckigen Öffnung des Kniebretts, und die Trimmstellg. ist dabei neutral  beide Querruder stehen bei Null- stellung innen auch außen auf 0		
Ffreigang		Ruder lassen sich in allen Steuerkombinationen und jeder Stellung von BK- Hebel und BS- Kupplung frei bewegen, keine übermäßigen Scheuerstellen in den Seitentunneln Cockpit keine Engstellen von weniger als 3 mm zwischen 2 Steuergliedern		
Haube:		der Haubenrand schließt einwandfrei und ergibt eine völlig glatte Rumpfkontur die Haubenverschlüsse arbeiten richtig sind einwandfrei zu bedienen die Haube öffnet so weit, daß ein un- gehinderter Ein- und Ausstieg möglich ist sie wackelt nicht übermäßig das Fenster öffnet und schließt o.k.,		
Gurte		das Haubenglas weist keine Kratzer, Schlieren, Sprünge auf falls Reparaturen vorgenommen wurden, haben sie sich in der zulässigen Grenze		
		alle im Prüfbericht angegebenen Steuerausschläge lassen sich erzielen		
Bremsklapp		die verriegelten BK lassen sich mit normaler Handkraft öffnen und wieder schließen		
Fahrwerk		fest, wackelt nicht  (Fahrwerkprüfung später in aufgebocktem Zustand!)		
Schwingung		die Biegeschwingung stimmt		
		alle aufgefundenen Reparaturstellen sind ordnungsgemäß und in den Papieren vermerkt alle nachträglichen Änderungen und Ergänzungen sind mustergerecht, Prüfunterlagen liegen vor  die zugehörigen Wägungen sind ausgeführt		

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.				
HLW	Zustand				
	Harzarbeit				
	Beschläge				
	Lager				
	Lackierung				
SRd	Zustand				
	Lager				
	innen				
	Ausgl. Blei				
	Lackierung				

+ in Ordnung - beanstandet o nicht betr.

		links	rechts	zu tun	erl
Flü	Zustand				
	sauber				
	Verkl. Nase				
	Holme				
	Lager				
	QuR- Brücke				
	Antriebe QuR				
	BK				
	Ku gesich.				
	Wellenspiel				
	Lackierung				
	Zahlen, Rot				
mit	QuR Ausschl.				
	Gängigkeit				
	Spalte				
	Geräusche				
	sinngemäß				

0-Stellung  
innen - außen

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

		Befund	zu tun	erl
Flz mont	QuR Ausschlag			
	LW-Ausschlag			
	QuR Arbeit			
	LW-Arbeit			
	BK-Antr.			
	FlüAnschluß			
	Wellenpassg			
	LWAnschluß			
	sinngemäß			
IBr	Zustand			
IBr	Fahrtm			
	Höhenm			
	Vario 1			
	2			
	Kompaß			
	Funk			
Ausst	Gurte			
	Tasche			
	Knüppels.			
	Bauteilsch.			
	Bediensch.			
	Kennschild			
	Daten			
	Deckel			
	Sicherungen			

geprüft:

erstellt:

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 Instrumente papiere 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!!

Flugzeugkauf

Wenn Sie sich oder Ihrem Verein ein solches Flugzeug zulegen möchten, so sollten Sie nicht den Fehler machen, der schon etlichen Piloten beinahe oder wirklich den Kragen gekostet hat: sich unbesehens und nur nach einer kurzen Einweisung durch den bisherigen Halter reinzusetzen und loszufliegen. Die Prüfung fängt bei der L- Akte an. Ohne zu wissen, was der Vogel wiegt, welche Zuladung er aufnehmen kann und wie es mit seiner Schwerpunktage aussieht, wäre der Prüfling sträflicher Leichtsinns.

Sie müssen nämlich bedenken, daß ein Flugzeug mit hoher Leistung immer auch eine hohe Flügelstreckung hat. Das bedeutet eine geringe Flügeltiefe und damit meist verbunden einen kleinen möglichen Schwerpunktbereich. Und dass sich Flugzeuge, die hinter der zulässigen Schwerpunktage geflogen werden, gern danebenbenehmen, sollten Sie ja wissen!

Dazu hat jeder Vogel seine speziellen guten und schlechten Eigenschaften, ja jedes Flugzeug derselben Baureihe kann Unterschiede aufweisen. Die erste Aktion eines Probefluges ist daher das genaue Studium der L- Akte und des Flug- und Betriebshandbuches.

Gewissenhafte Halter lassen sich von Ihnen schriftlich bestätigen, daß Sie das Flug- und Betriebshandbuch gelesen und verstanden haben!

# RUMPF

Ein erster prüfender Rundgang um die Flugzeugteile könnte etwa so aussehen:

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

SR- Lagerung:  
prüfen auf erhöhtes Spiel,  
weiße Stellen im Fiberglas im Bereich der Besehläge

HR - Lagerung:  
wie SR.

Bremschirm  
arbeitet?  
Kappe richtig eingehängt?  
Schließt gut

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

Diese Stellen besonders prüfen!

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

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

Versuchen Sie sich eine Möglichkeit zu schaffen, in einem dunklen Raum eine Stablampe in die Rumpfspindel einzuführen: man sieht jede Reparaturstelle!

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

Schwerpunktkupplung:  
besonders nach Bauchlandungen prüfen auf Verschmutzung, Funktionsprüfung

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

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

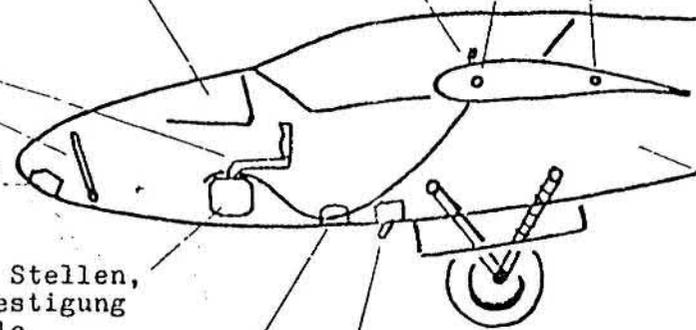
Bugkupplung o.k.?

Beschaffenheit und Gängigkeit aller Steuer- u. Bedienungsorgane

Arbeiten die Instrumente?  
Funk?  
Sauerstoff?

Schultergurte  
o.k.?

HLW- Befestigung:  
prüfen auf erhöhtes Spiel, Risse um die HLW- Befestigungsschraube, weiße Stellen im Fiberglas um den Aufhängebeschlag?



Checklist

# GANZES FLUGZEUG

Prüfen auf Winklbarkeit der Achsen (Höhen-, Seitenleitwerk)

Flügel-Biegeschwungungszahl, prüfen auf Übereinstimmung mit vorigem Prüfbericht

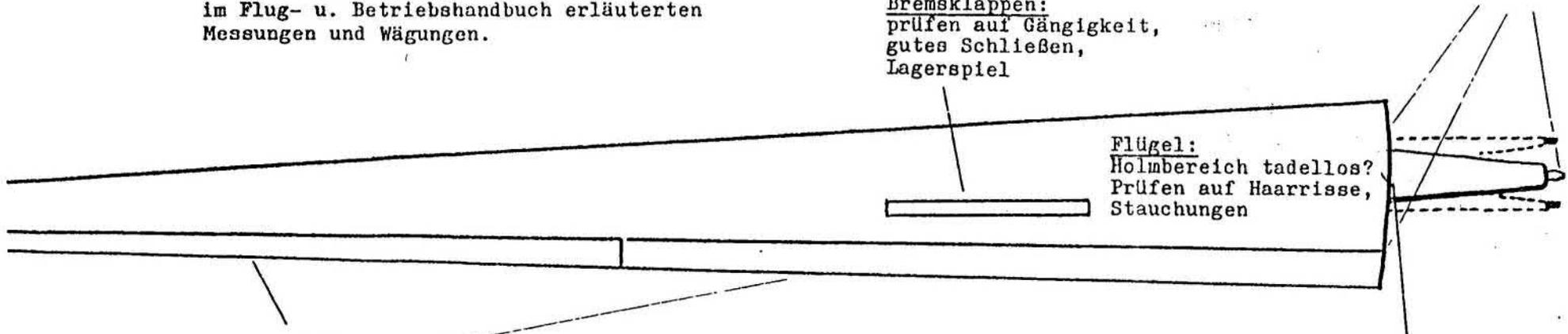
Dazu kommen bei Jahreskontrollen die im Prüfbericht geforderten und im Flug- u. Betriebshandbuch erläuterten Messungen und Wägungen.

# FLÜGEL

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

Bremsklappen: prüfen auf Gängigkeit, gutes Schließen, Lagerspiel

Flügel: Holmbereich tadellos? Prüfen auf Haarrisse, Stauchungen



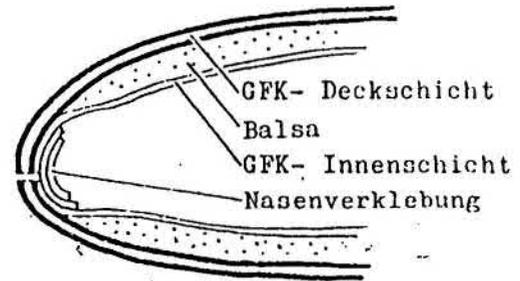
Querruder, Wölbungsklappen: prüfen auf Gängigkeit und Spiel wie bei anderen Flugzeugen, Risse und Knicke in der Schale

### 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 Haarriß verändert sich nicht, wenn man die Flügel durchbiegt. Die Holmgurte sind also unbeschädigt. Solche Haarrisse sind unbedenklich; Beobachtung ist jedoch nötig. Wenn nach harten Landungen die Situation verändert erscheint, schabe man die Spachtelschicht herunter und schau nach.

### Haarriß am Flügelnasen-Staupunkt:

Ähnlich verhält es sich bei vielen Vögeln an der Flügel Nase. Auch hier neigt eine Spachtelrinne dazu, Haarrisse in Flügel längsrichtung zu zeigen, und zwar genau im Staupunkt. Auf der Zeichnung sehen Sie den Grund. Die Nase hat zwar genau so viel Gewebelagen wie die übrige Flügelschale, ist aber wegen des dort fehlenden Stützstoffs elastischer und das macht der Spachtel nicht mit.



# Praktische Winke

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.

Prax:

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.

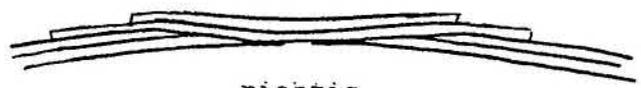
Dagegen ist GFK anspruchsvoll in bezug auf genaues Abmessen der Komponenten.

Gegen 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 104 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 GFX- 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.

**Füllstoffe** 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 wegläuft, 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. Wird meist für Verklebungen gebraucht.

Eine Mischung aus Aerosil und Baumwollflocken wenden wir an, wenn wir die Masse sowohl ziemlich druckfest als auch elastisch haben wollen,

**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 GFX-Verklebungen einsetzen.

Das übliche Microballoon- Pulver ist braun (Phenolharz).

Es gibt auch weißes. das besteht aber aus kleinsten Glaskügelchen, ist deshalb ziemlich schwer und recht schlecht schleifbar.

**Trennmittel** Es wäre ärgerlich, wenn Sie das eigens in einer Spezialform angefertigte GFX- Teil oder gar eines, zu dessen Herstellung Ihnen das Flugzeug als Form diente, 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 aufgepinselt oder mit einem Lappen aufgerieben. Sie sind in ein paar Minuten trocken.

Im Notfall tut's bei kleinen Stellen Bohnerwachs.

Jedes aufgebrachte 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.

Unbedingt gewarnt werden muß vor Substanzen - Trennmittel oder Polituren - welche Silikon enthalten. Das Zeug dringt tief in den Werkstoff ein und ist nicht wieder rauszukriegen. Es kann eminente Schwierigkeiten verursachen, wenn auf solchen Stellen später mal etwas geharzt werden muß.

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.

Rugellager, 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 aufgerauht 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 Fiberglasschichten haben zwar höheren Glasgehalt - sie beulen aber auch leichter.

Bei der Herstellung, und auch im allgemeinen bei einer größeren Reparatur, hat sich das Pressen per Vakuum durchgesetzt. Jeder LTB verfügt über eine Vakuumpumpe. In abenteuerlichen Fällen der Anfangszeit standen nicht selten Aggregate aus Melkmaschinen dabei Pate. Heute gibt es spezielle Maschinen, die oftmals nicht ganz billig sind, oder man kann, wenn nicht häufig benötigt, einen normalen Kompressor "umdrehen".

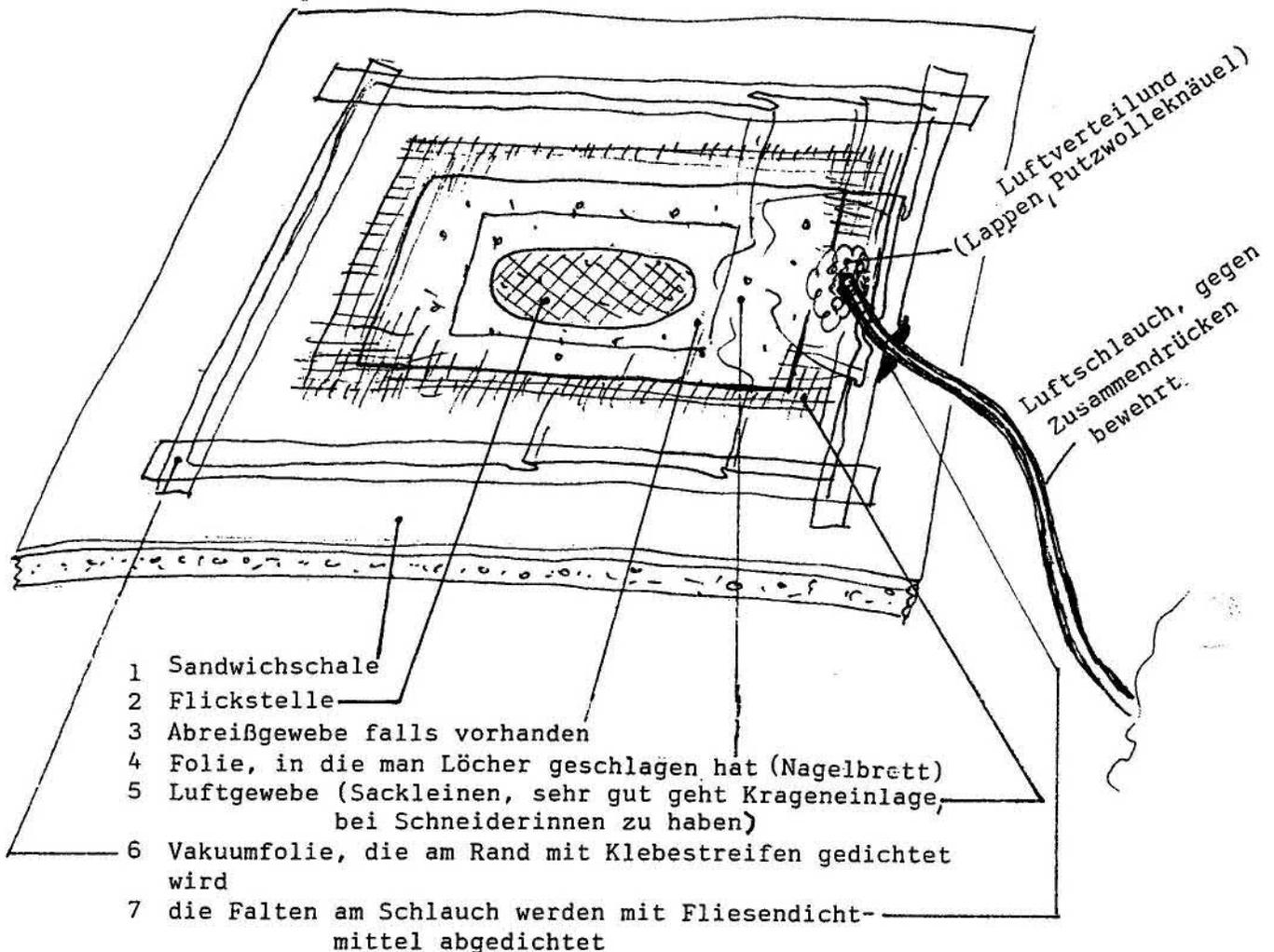
Vakuumpressen

Während ein nach der Beschreibung angebrachtes "Pflaster" eben immer ein klein wenig aufträgt, läßt sich die vakuumgepreßte Stelle später vielleicht einebnen. Und da der Vakuumdruck einfach nicht stärker sein kann als 1 atü, kann sich auch nicht viel verschieben.

Wie macht man das denn nun?

Der Trick beim Vakuumpressen besteht darin, weniger die Stelle hundertprozentig dicht zu kriegen, als möglichst viel Luft herauszubekommen. Man wähle deshalb keine engen Ventile und Schläuche. Eine zum Absaugen vorbereitete Stelle sieht etwa so aus :

- die Schichten sind in der Reihenfolge des Auflegens aufgeführt :



Wenn man befürchten muß, viel Staub mit abzusaugen, so schütze man seine Pumpe durch ein Filter. Meist kann sogar die Luftverteilung am Schlauchende diese Aufgabe übernehmen.

Es kann sich zweckmäßig erweisen, besonders wenn man nicht viel Erfahrung hat, erst mal trocken eine Probeabsaugung vorzunehmen. Das Vakuum ist dann perfekt, wenn sich die kleinen Falten, die sich zwangsläufig in der Abdeckfolie bilden werden, nicht mehr von Hand hochziehen lassen, nirgendwo! Nur ganz happige Löcher hört man fauchen, je feiner der Pfeifton, um so kleiner (und demzufolge schlechter auffindbar) ist die undichte Stelle.

Gemein ist, daß sich alle scharfen Stellen, Harzspieße usw, manchmal erst nach einiger Zeit durch unsere sauber abgedichtete Folie bohren.

Die Vakuumfolie sollte lose genug aufliegen, um nicht beim Anziehen des Vakuums von den Rändern abgerissen zu werden.

Eben haben wir etwas von "Abreißgewebe" gelesen - eine Erfindung, die das lästige Aufschleifen wesentlich reduziert hat. Man legt es als letzte Lage auf eine Reparaturstelle und zieht es nach dem Härten einfach ab - fertig ist das Aufrauhnen!

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 Arbeitsgängen - so wird Ihnen das Jonglieren mit diesen beiden Möglichkeiten bald zu einem Sport werden.

Werkzeug für Fiberglas- Arbeit:

Neben den üblichen Werkzeugen einer Fliegerwerkstatt sind besonders hervorzuheben:

saubere Gefäße für Harz, Härter, Mischung

Pinself, kleine Borsten- und 1 größerer Ringpinsel

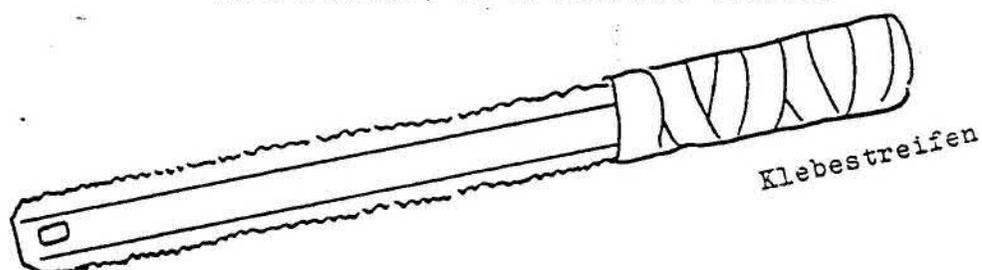
Schere, gut geschliffen

Sandpapier, am besten Maschinenpapier, verschiedene Körng.

Naßschleifpapier, etwa Körnung 220, 320, 360/400, 600, 800, 1000

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

Schleifplatte: die Arbeitsseite muß unbedingt völlig gerade sein.

Faustregel: je länger das Schleifholz, desto besser die Qualität der damit bearbeiteten Oberfläche.

Für Naßschliff mindestens so lang, daß 2 Schleifblätter längs nebeneinander gefaßt werden können.

eine alte, verbogene Stoßstange, die man sich an einem Ende zur Aufnahme eines Harzpinsels zurichtet. Damit kommt man ganz weit etwa in eine Rumpfspindel hinein!

Tesafilm, PVC- Klebeband, zum Isolieren

Trennmittel: spezielles für Epoxyharz. Im Notfall tut es Bohnenwachs, 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: für unsere Zwecke kommen nur die kleinen Einhand-schleifer in Frage. Und auch die nur für Geübte, sonst kann es verflucht schnell Löcher geben. Sie sind zwar eine echte kleine Dreckschleuder, aber kein anderes Werkzeug ist in dem Handwerk so vielseitig verwendbar.

Man verwendet am besten die weißen Schleifteller (Polyamid) und Flexscheiben Körnung 40.

(Die mit dem Werkzeug gelieferten harten Schleifscheiben sind für uns ungeeignet.)

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

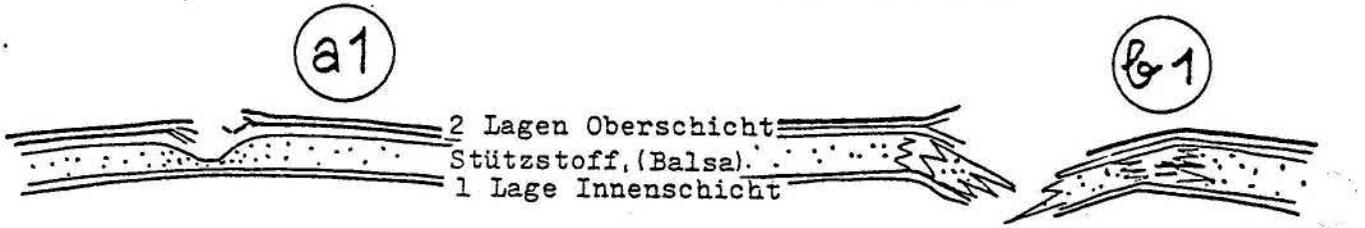
Schaum-

## Reparatur einer GFK-(Balsa-)Sandwichschale

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

Die berühmten 2 Möglichkeiten:

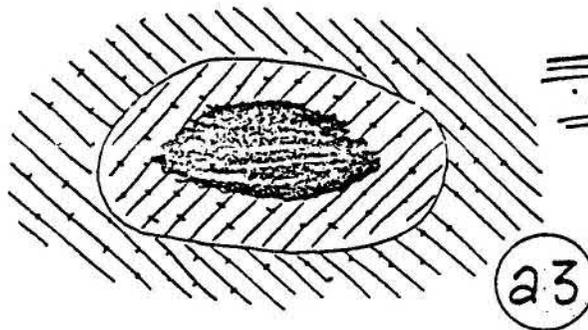
- nur die Oberschicht und der Stützstoff sind beschädigt, die Innenlage ist heil;
- der Schaden geht durch alle Schichten der Schale.



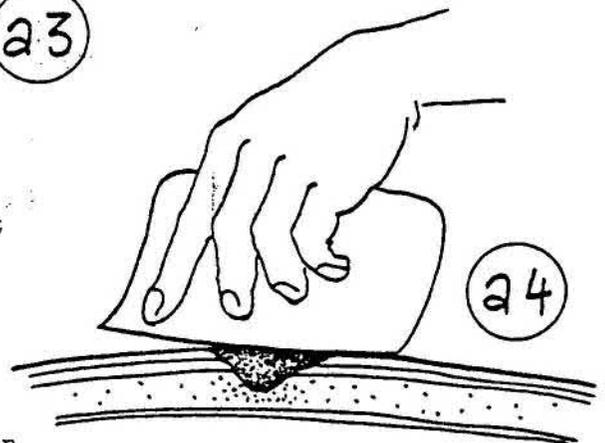
- a) ist natürlich einfacher:  
(besonders bei so kleinen Macken)

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

Anmerkung S. 401 beachten!

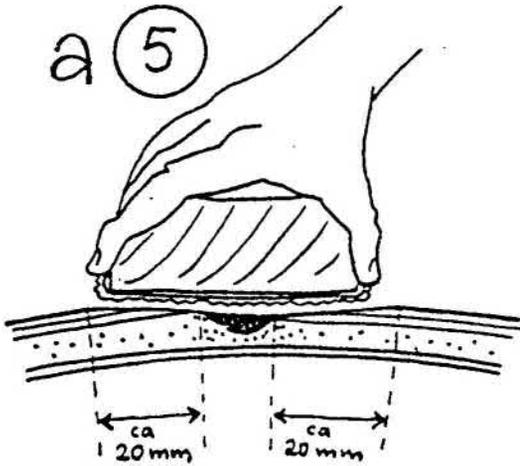


füllen Sie das Loch im Stützstoff mit Spachtelmasse aus. Dazu nehmen Sie: normale Harzmischung, aufgefüllt mit Mikroballoon, Baumwollflocken, Sägemehl, wenn nichts anderes zur Hand: einfach Mehl. Härten lassen.



Nur bei größeren Stützstoffschäden paßt man ein Ersatzteil ein.

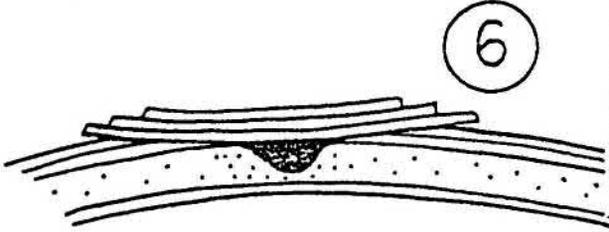
a (5)



schleifen Sie Stützstoff und Füllung eben und schärfen 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.

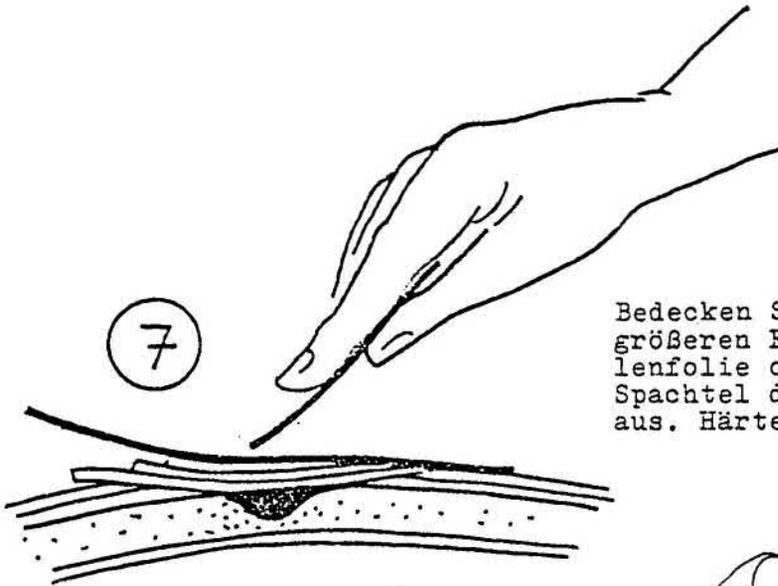
(6)



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

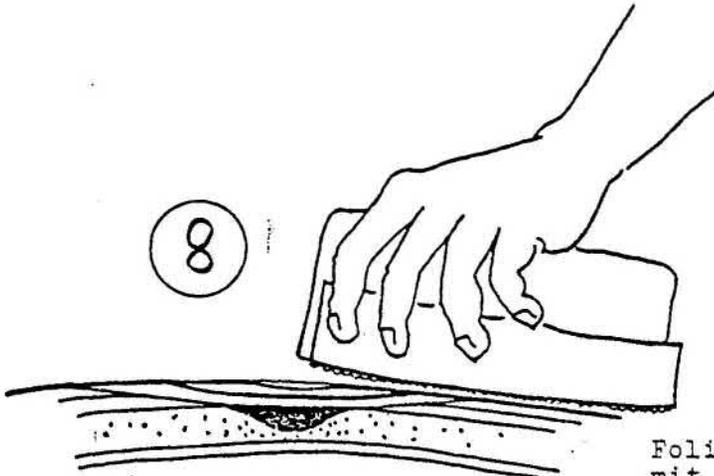
Ausnahme: bei Flügelschäden nehmen wir statt 2 Lagen 92145: 3 Lagen 92110. Das Gewebe 92145 würde sich nicht übergangslos in die Stelle einfügen lassen.

(7)



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

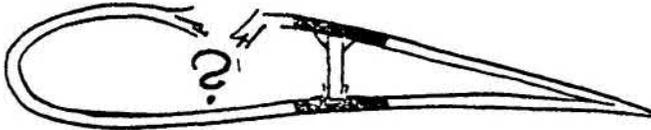
(8)



Glasgewebe kann man natürlich nicht nur in Flugrichtung, sondern auch diagonal daz verlegen. Es ist für Neulinge erfahrungsgemäß nicht ganz einfach, die Faserrichtung zu erkennen. Sehr aufmerksam prüfen. In Zeichnungen bedeutet dieses Zeichen, daß das Gewebe diagonal liegt. 

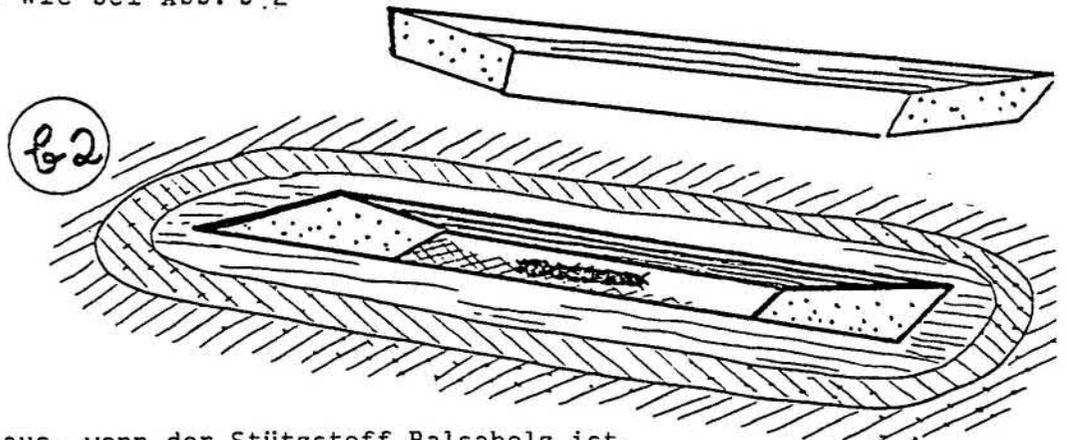
Folie abziehen, Stelle ebenschleifen, mit Spachtelmasse und Lack behandeln.

jetzt kommt b):



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

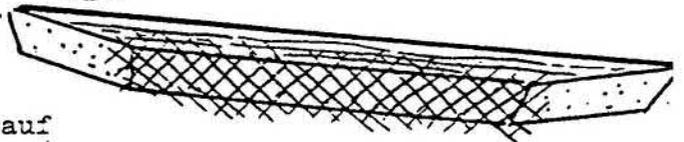
Wir bereiten bei kleineren Stellen das Loch vor wie bei Abb. b.2



So sieht das aus, wenn der Stützstoff Balsaholz ist. Bei Schaumstoff müssen wir natürlich nicht auf seine Faserrichtung achten, denn er hat ja keine, sondern nur darauf, daß er überall gleichmäßig ca 20 mm breit geschäftet ist. Tubus oder Hexcel wird nicht geschäftet, sondern einfach stumpf eingepaßt, und die Ränder mit Microballoon verklebt.

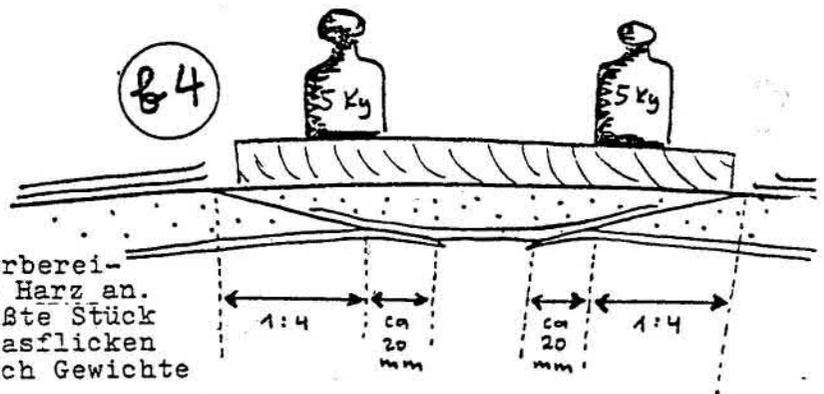
Die Innenfläche und die geraden und schrägen Seitenflächen des Stützstoffstückchens werden mit Harzmischung angestrichen.

b.3



Dann legen wir ein Gewebestück darauf das die untere Fläche mindestens bedeckt oder etwas größer ist, und tränken das durch. Die Schaumstoff-Schäftungen bekommen microballoongefülltes Harz.

b.4



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.

Härten lassen.

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

In kleinen Beschädigungen kann man den Schaumstoff auch stumpf einpassen.

Kein Vogel fällt herunter, wenn Sie beim Ersetzen des Schaums in kleinen Löchern etwa nicht genau denselben, sondern nur einen gleicher Festigkeit zur Hand haben.

Balsaholz sollte etwa 0,12 - 0,14 spez. Gewicht haben.

Dieses Verfahren in 2 Arbeitsgängen liefert das hochwertigste Ergebnis.

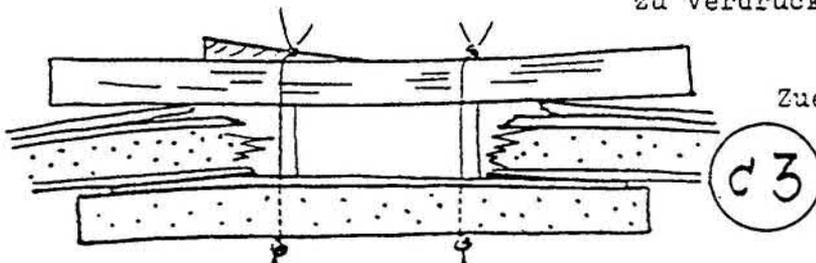
Wenn man's eilig hat, kann man den ganzen Fall auch in einem Gang erledigen: man belegt dann den Schaumflicken mit einem größeren Gewebestück das noch auf das Fiberglas der äußeren Sandwichschicht reicht. Dazu muß der Schaum aber sehr gut, nicht zu hoch, eingepaßt sein. Dann sofort weiter nach Abb. a 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!)

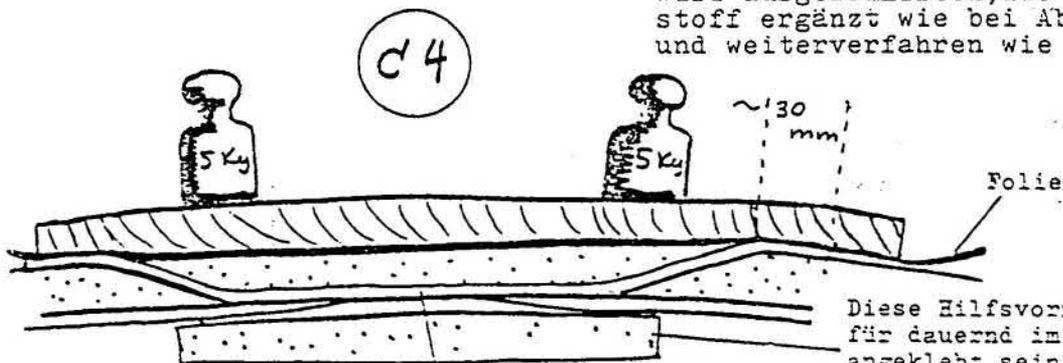
danach führen wir ein Stück Leichtstoff (Balsa, Schaumstoff o.ä.) in der Größe der ganzen Schäftstelle ein, das wir mit Drähten, Fäden o.ä. gegen die Schale spannen können. Das Stück muß sich der Schalenkontur genau anpassen, ohne sie zu verdrücken.



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

Manchmal kommen wir mit diesem Verfahren nicht zum Ziel, z.B. wenn der Schaden an der stark gewölbten Nase liegt. Dann müssen wir uns das Einbauteil präparieren: wir spannen eine Folie ganz in der Nähe des Schadens über die Nase, legen darauf ein Stück Innengewebe, das wird mit Harz getränkt und darauf ein Stück Schaumstoff gelegt, das wir mit Klebestreifen, Abreißgewebe oder Vakuum auf die Nase spannen. Nach dem Härten können wir dann das gewölbte Stück einpassen. Haben wir Abreißgewebe, so bildet dies die erste Schicht vor dem Innengewebe, dann sparen wir das Aufschleifen. Da wir hier "trocken auf trocken" arbeiten müssen, wird das Einbauteil mit Baumwollharz auf das vorbereitete Innengewebe geklebt.

#### Verlegen von Rovingsträngen:

dazu kann man schneller kommen als man denkt, etwa: eine Kulisse, die den Hebel für die BK oder die WK führt und aus Strangmaterial besteht, ist ausgeleiert; eine Fahrwerkklappe ist mit Strängen verstärkt die Rückenlehne der ASK 21 ist oben durchgebrochen. Natürlich ist es für Sie kaum feststellbar, wieviel Rovings pro Strang und wieviel Stränge an der betreffenden Stelle liegen. Sie können sich nur etwa nach der Dicke der vorhandenen Lage richten.

Einen Rovingstrang stellt man her, indem man sich handliche Längen von der Rolle abschneidet und zusammenfaßt. Danach trinkt man sie auf einer Folie oder einer Zeitung (ich habe bei meiner Praxis im allgemeinen Zeitungspapier vorgezogen, weil man darauf sieht, wohin man schon Harz geschmiert hat, und es zudem das Harz etwas aufsaugt, die Arbeit wird also weniger schmierig als mit Folie). Das Abstreifen des Harzes erfolgt im simpelsten Fall mit den Fingern.

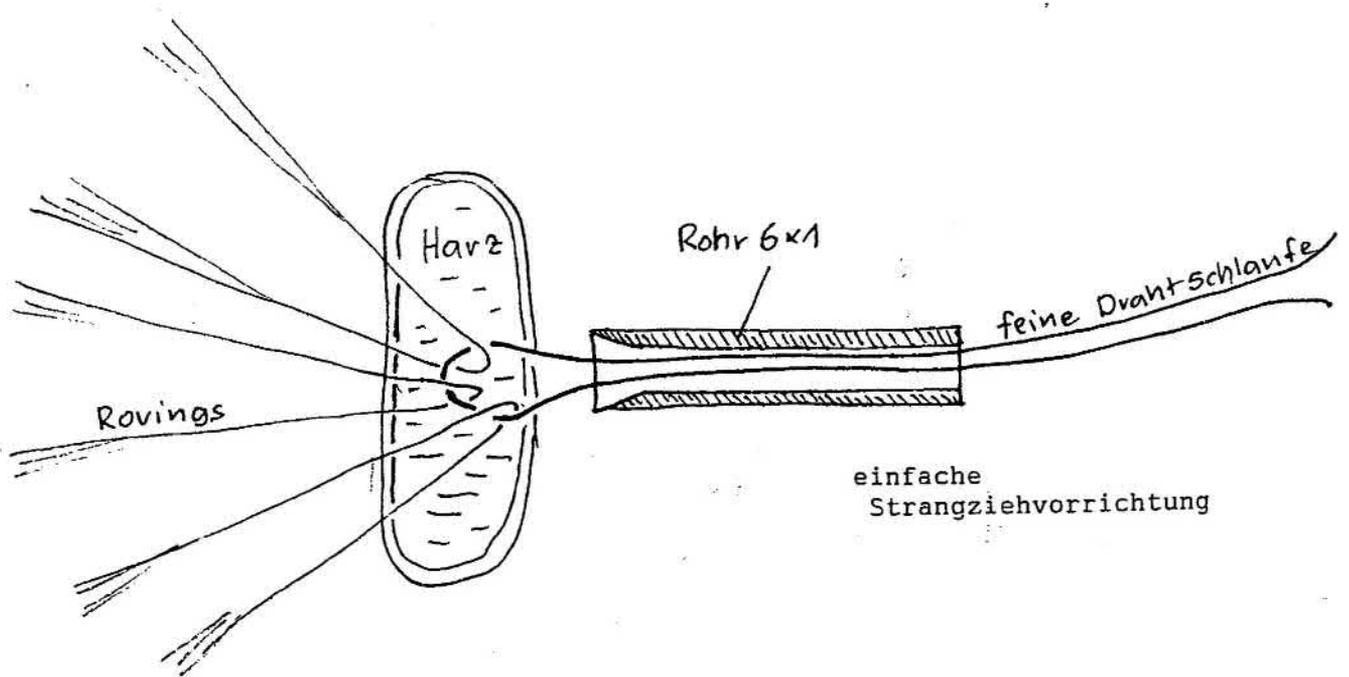
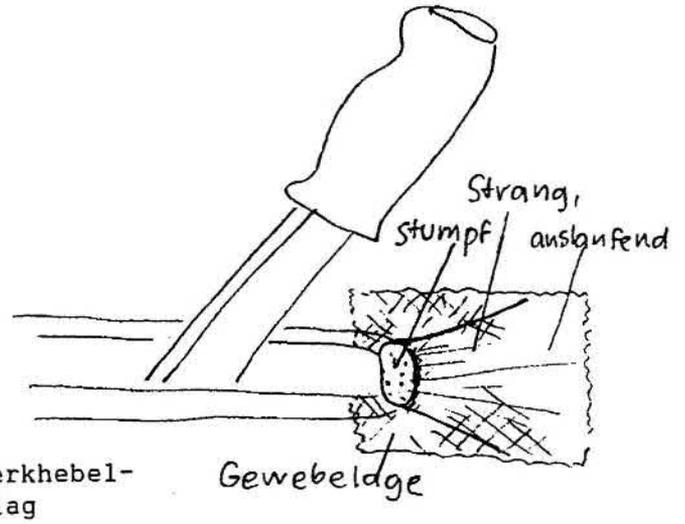
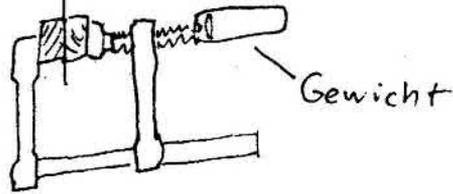
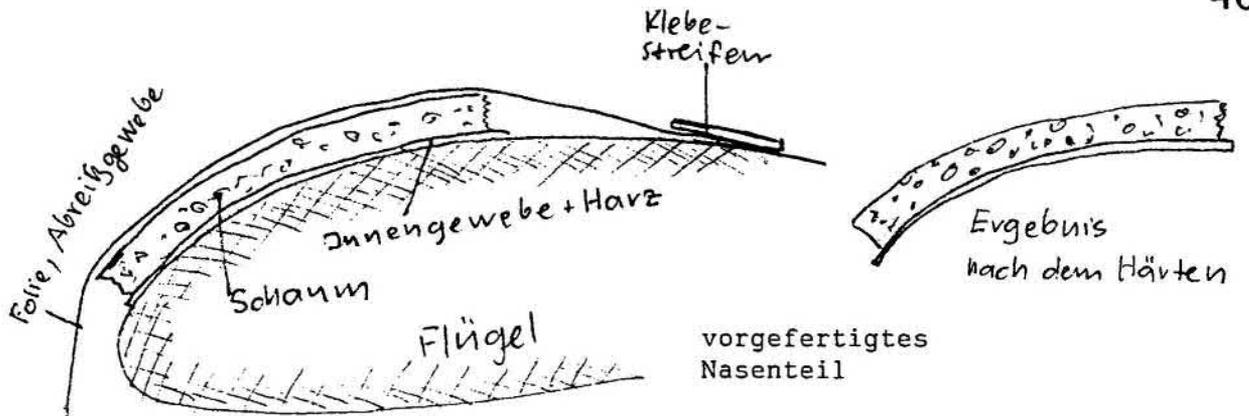
Man kann natürlich auch ganz feudal ein Stück Rohr 6xl nehmen, das hat einen Innendurchmesser von 4 mm. Darin werden 6 Rovingstränge abgestreift. Ein Rohr von 10 xl hat einen Innendurchmesser von 8 mm, es kann 25 Stränge aufnehmen, oder entspricht 4 Strängen von 4 mm  $\varnothing$ .

Man muß natürlich dafür sorgen, daß der Einlauf der Rovings in das Rohr schön sachte erfolgt. Bei Profis haben die Rohre einen etwa 50 mm langen Einlauf, der von einem Drehteil gebildet wird, welches an das Rohr gesteckt ist.

Die zu verstärkende Gegend wird aufgeraut, der Strang schön ausgeschäftet angelegt und immer mit einem Gewebe oder mehreren bedeckt. Sonst kann die Stranglage ausknicken.

Falls man einen gebrochenen Strang repariert, so muß die Schäftlänge auf das alte Strangstück mindestens 1 : 40 betragen.

Der Anschlag des Fahrwerkshebels kann sich bei Stellung "Ausgefahren" bei manchen Flugzeugen mit der Zeit ausscheuern. Bei allen GFK-Kulissen 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.



## 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 auszuschärfen 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 Gewebelagen 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.

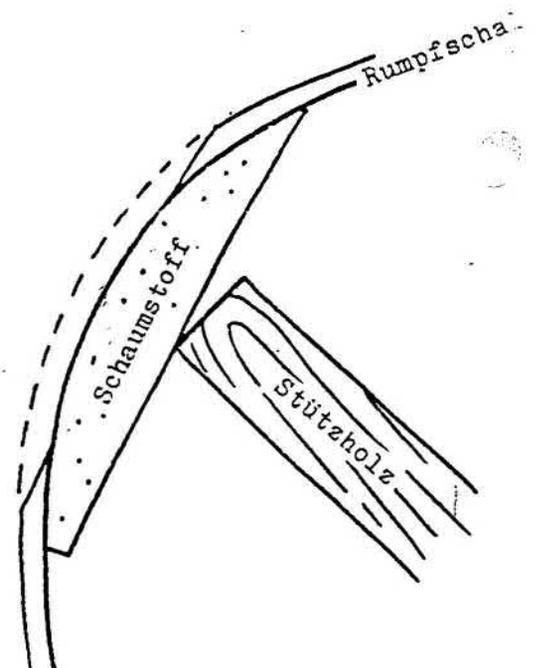
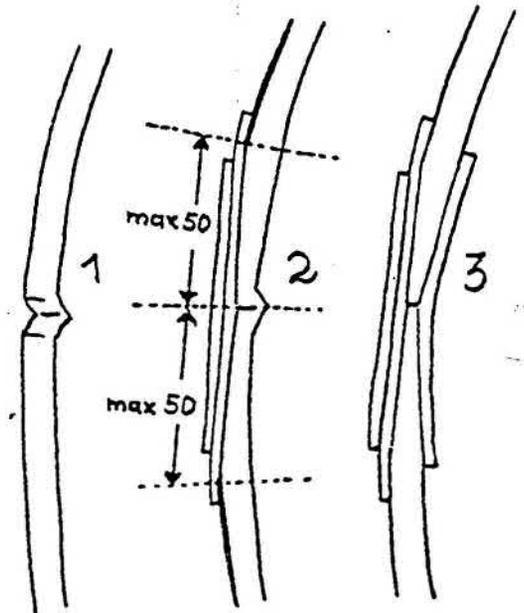
Möglichkeit 1: wir passen ein Stück Schaumstoff von innen gegen die Schalenkontur, sodaß es die offene Stelle gut formend überbrückt. Es wird mit gegengestützten Leisten o.ä. festgehalten.

Wir nehmen den Schaumstoffklotz heraus, schärfen 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.

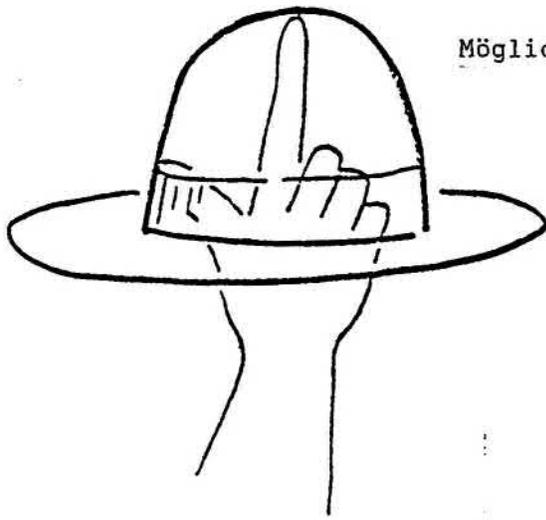
Man kann auch ohne Folie auf dem Schaumstoff arbeiten, sofern er sich mit dem Harz verträgt (vorher an einem Brocken ausprobieren! Erprobt: Styropor.) Dann hat man nachher eben mehr Arbeit, die Stelle zu verschleifen.

Und natürlich gibt es die Möglichkeit, sich auf einer benachbarten Gegend des Rumpfes ein Einbauteil herzustellen.

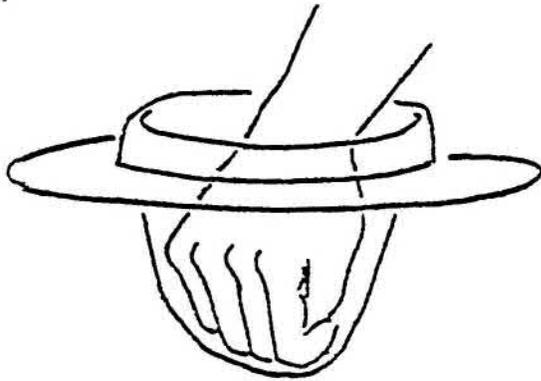
(S.407)



Möglichkeit bei sphärisch verformten Teilen:



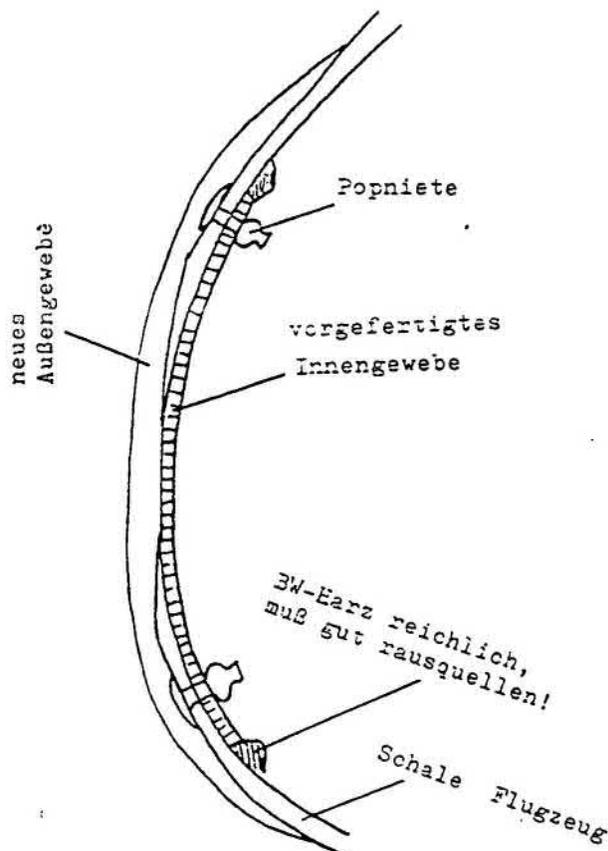
man wachst die der Schadenstelle symmetrisch gegenüberliegende Gegend des Flugzeugs gut ein (sofern wenigstens sie heilgeblieben war!). Darauf legt man 1 Lage getränktes Glasgewebe 300 oder 400 g, läßt härten und verschleift, so gut man kann. Dann nimmt man das Stück vom Flugzeug ab und wendet es um wie einen alten Hut: jetzt gibt die frühere Außenseite eine Negativform für die betreffende Kontur der Schadenstelle ab. Man rauht sie auf, belegt sie mit den nötigen Gewebelagen und drückt sie vorsichtig gegen die sauber vorbereitete, angeschäftete Schadenstelle. Mit Popnieten befestigen.



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.).

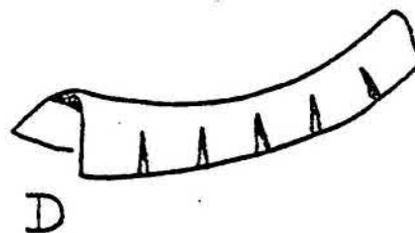
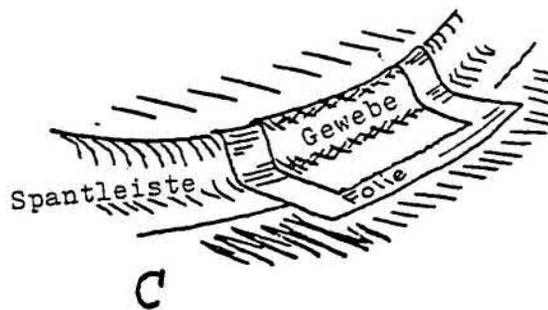
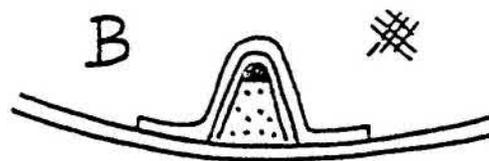


#### Ein Loch

kann man oft nicht glatt mit nassen 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 Knicke 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:

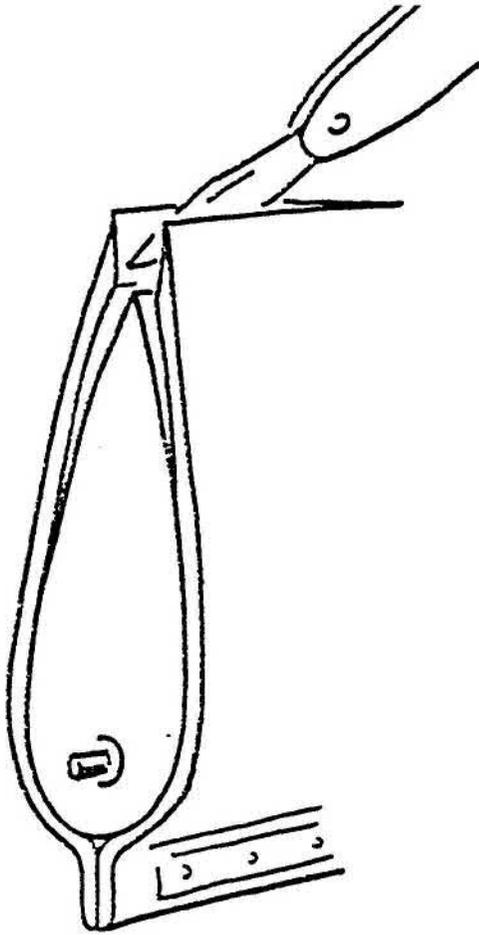
wenn sie nur ein wenig aufgeplatzt sind, genügt es oft, wenn man obere und untere Hälfte ein wenig voneinander spaltet, Harz hineinfüllt und die beiden Hälften zwischen zwei geraden Leisten zusammenspannt (Foto- oder Fixklammern) Vorher gut rauhen (Sägeblatt)

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 klebstreifbewehrter 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.

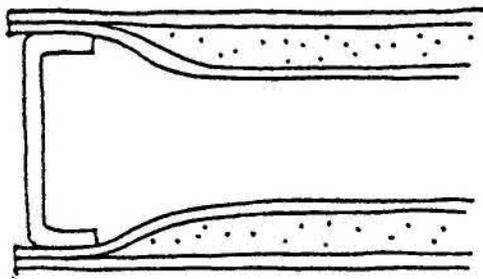
Die Reparatur selbst geschieht analog dem beim Flügel Gesagten, aber man muß schon ein bisschen geschickt sein.

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

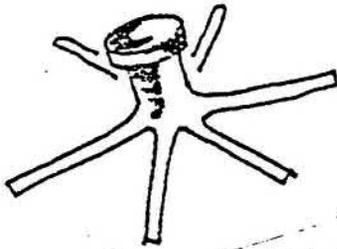
Man flickt dann zuerst die eine Schalenseite, setzt die Rippe ein, und benutzt sie als Auflage für die zweite Seite.

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

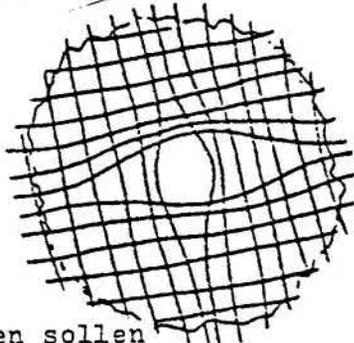
Um die korrekte Kontur der Außenlage herzustellen, kann es sich lohnen, eine Hartfolie über die beschädigte Stelle zu spannen; diese muß so weit in den gesunden Bereich ragen, daß die Kontur von dort gut übernommen wird. Auf die Folie kommt das GFK.



Beachten Sie bitte, daß bei den meisten End- und Wurzelrippen der Stützstoff vor der Rippe ausläuft. (der Stützstoff wird nicht zur Aufnahme von Kräften herangezogen).



Diverse Harzereien...

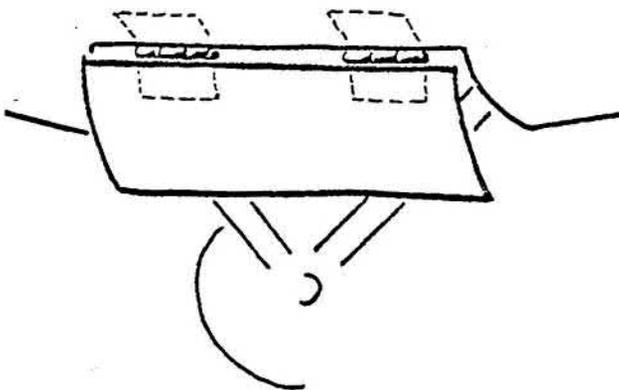


Die Flecken sollen verschieden groß sein, etwa von 50 - 65 mm. Ø.

wenn man etwas festharzen will:  
rauen Sie die Stelle gut auf;

Legen Sie jetzt zunächst 2 Lagen Glasgewebe auf die Stelle. Setzen Sie den neuen Bolzen auf. Schieben Sie in runden Flecken Glasgewebe die Fasern in der Mitte auseinander, - etwa mit einer Scherenspitze oder einem Feilenende - sodaß zwar ein Loch da ist, aber keine zerschnittenen Fasern. Knöpfen Sie diese Flecken über den Kopf des Bolzens, und ordnen Sie sie so an, daß die Faserrichtung wechselt. Durchtränken, härten lassen.

Hier unter dem Spachtel sitzen Scharniere und Schrauben (rumpfseitig) bzw. Niete (klappenseitig)



#### Fahrwerksklappen

Beschädigte Klappen baut man aus, indem man die Scharniere freilegt und die Schrauben löst.

Ist ein Scharnier entzwei, so kann man jedes einigermaßen geeignete Messingscharnier als Ersatz nehmen.

Die GFK-Schäden an den Klappen werden repariert "wie gehabt", sind Stränge durchgebrochen, so gilt das unter "Verlegen von Rovingsträngen"

Gesagte ( S. 404.)

Ist eine Klappe stark beschädigt, so müssen Sie Ersatz beschaffen, da Sie die Form nur mühsam exakt rekonstruieren können.

#### Etwas ganz Grundsätzliches zum Einbau von Zusatzteilen:

1. jedes von den netten kleinen Zusatzdingen kostet Gewicht. Ganz schnell können auf diese Weise etliche kg zusammenkommen, und die zehren an der zulässigen Zuladung.

2. Das Flugzeug ist nach seinen Musterunterlagen zugelassen. Abweichungen davon können die Verkehrszulassung unterbrechen, mit allen Konsequenzen (Versicherungsschutz!) Das gilt auch für Zusatzausrüstung. Oder das Weglassen von Teilen, die in den Musterunterlagen stehen.

Wenn Sie eine solche Änderung gegenüber dem Musterstand für wirklich wesentlich halten, so können Sie eine "Änderung am Stück" beantragen. Den dazu nötigen Papierkrieg kennt der Hersteller oder das LBA.

Noch was zum Papierkrieg: die vorhandene Ausrüstung muß mit dem aktuellen Ausrüstverzeichnis übereinstimmen. Sonst gibt's Ärger mit dem Bauprüfer.

## 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 aufgeraute 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 5 mm-Röhrchen braucht nicht so viel wie ein Instrument von 1 kg.

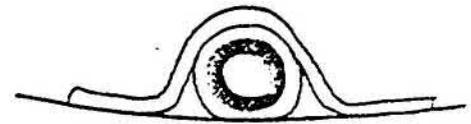
**A** Müssen Sie Ösen, Buchsen, Führungsrohre an der Schale anbringen, so schleifen Sie wieder zuerst die Stelle auf. Danach umwickeln Sie das Rohr (die Buchse) mit einem Streifen getränktem Gewebe, legen einen weiteren Streifen darüber, den Sie an der Schalenwand austreichen, und lassen Sie härten.

**B** Mehr Festigkeit erzielen Sie, wenn Sie die Buchse mit einem getränktem Roving umwickeln, die Enden an der Schale austreichen und noch mit einem darüber gelegten Gewebe zusätzlich sichern.

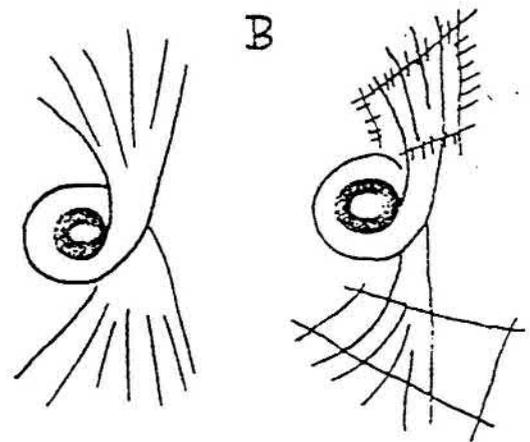
Sie können auch eine demontierbare Befestigung herstellen:

- 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 Geweberleck in Ihrem Flugzeug und fixieren Sie mit Schraubzwingen.

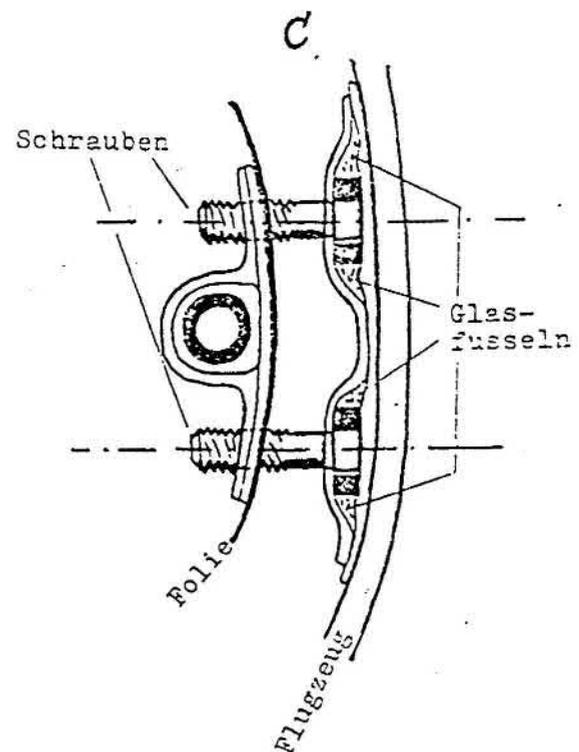
Es ist klar, daß die Schraubenköpfe nicht zu dick sein dürfen, wenn beim Anpressen eine Verbindung zwischen dem Gewebe am Flugzeug und dem auf der Befestigungsplatte entstehen soll. Außerdem müssen Sie darauf achten, daß die Schrauben annähernd parallel aus der Platte stehen, sonst können Sie später die Platte nicht entfernen.



A



B



C

# 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.

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.

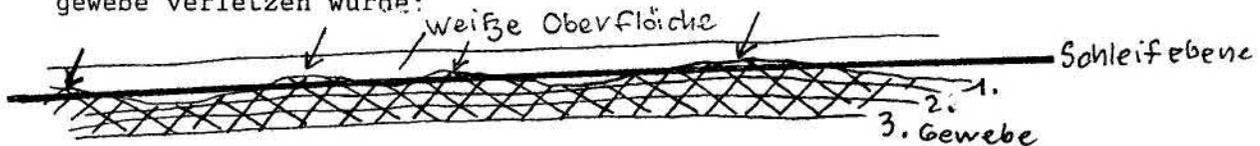
Gelcoat ist in den meisten Fällen eine ziemlich dicke Schicht; man braucht also kaum befürchten, sofern man beim Schleifen eine vernünftige Körnung benutzt, daß man "durchkommt"; es läßt sich aber manchmal nicht sehr gut polieren. Wenn man etwas aufzutragen hat, ist gutes Aufschleifen vorher unerlässlich. 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.

Gelcoat  
Harz

Der Polyester- Schwabbellack wird zwar auch zuerst in die Negativ- Polyesterform 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.

Polyester  
Schwabbel  
lack

Außerdem bedingt das Auftragen mittels Anstrich, daß die weiße Schicht eine unebene Oberfläche hat, die natürlich von der daraufliegenden Fiberglasschicht teilweise mitgemacht wird. Man darf in solchen Fällen nicht den Ehrgeiz haben, jedes bißchen weiße Farbe wegzuschleifen, weil man dann an vielen Stellen das Glasgewebe verletzen würde:



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.

- Auftragen** 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 entfettet 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.
- Reaktion** 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.
- schleifen** 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, kommt die Feinarbeit mit 800, 1000 und zum Schluß dem Hellgrauen 1500- Papier.

Die Fläche hat jetzt schon einen feinen Glanz, den wir durch Polieren mit einer guten Autopolitur, z.B. 1 Z, Glassopaste, rosa VW- Schleifmittel noch auf Hochglanz bringen. Beide Mittel können von Hand verarbeitet werden, denn die Schwabbel-scheibe 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 herunter schleifen, 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.

Für viele Schwabbellacke gibt es Verdünner oder Härter, die es erlauben, ihn per Spritzpistole zu verarbeiten. Bei größeren Flächen sollte man das vorziehen. Man kann es in einer normalen Werkstatt tun, die man durch Abdecken der Umgebung und Besprengen von Fußboden und anderen Stauberzeugern entsprechend vorbereitet hat.

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

Zum Unterschied vom Schwabbellack 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 Schwabbellack und bleibt dauernd weiß.

**Aufbau** 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.

**spritzen** Der Lack ist meist ein normaler 2 Komponenten- Autolack. Er muß in einer staubfreien Kabine gespritzt werden. Er ist durch Verdünnung und Arbeitstemperatur so einstellbar, daß ein geübter Spritzlackierer ihn durchweg hochglänzend, ohne Orangenmuster und ohne "Rotznasen" hinkriegt.

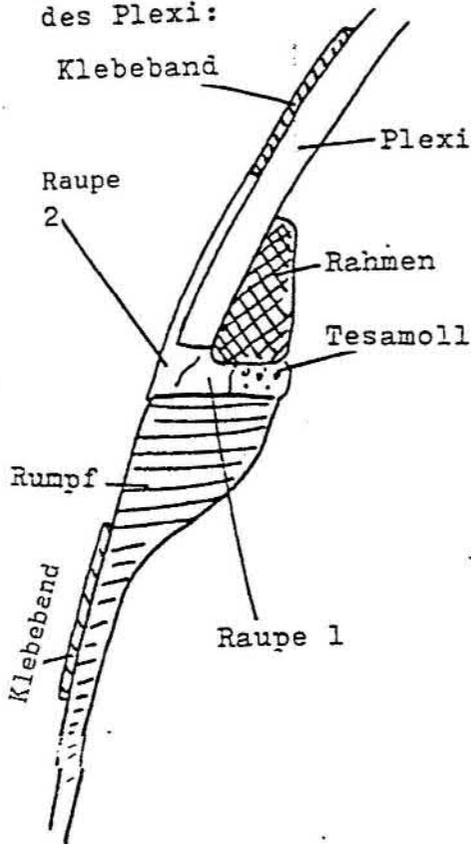
Sollte der Lack, der Lackierer oder die Umstände nicht so gut gewesen sein, daß wir vollauf zufrieden sind, sodaß wir schleifen müssen, so tut man das grundsätzlich erst nach voller Aushärtung, die je nach Temperatur Tage oder Wochen dauern kann, denn Einbrennen fällt bei uns ja flach. Ein uns ärgerndes Orangenmuster schleift man mit 600 Naßpapier weg. Man benutzt dazu ebenfalls ein langes Holz. Nur wo etwa größere "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.

**Finish** 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 800 - bis 1500 - 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, oder die weiße Glasso- Feinschleifpaste. Bei entsprechender Geduld kann man auf seinem Vogel einen diamantenen Hochglanz erzeugen, der wegen der Härte des Lackes länger Freude macht als Schwabbellack.

Wenn an alten Flugzeugen die Dichtung 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:

Zum Schutz des Plexi:



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 3 Cm über dem Rand abschließt. Es muß sauber und faltenfrei liegen.

Wenn man jetzt die Haube auf den Rumpf setzt und schließt, bemerkt man zwischen Rumpf 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 Rumpftrand wird vor der Arbeit dünn mit Staufferfett eingerieben, damit dort nichts klebenbleibt. oder mit einem dünnen, elastischen Klebeband gesichert.

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 Rumpf. 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 glatt gezogen. Der Spachtel liegt dabei einerseits auf dem Rumpf, 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 .

Wenn man nicht sehr geübt ist, sollte man das von Hand tun, etwa mit Watte und einem milden Poliermittel. Zum Schluß sprüht man dann etwa Pronto darüber, das nimmt haarfeine Kratzerchen weg. Profis polieren mit der Schwabbelnscheibe und Polierkäse - siehe unten,

In schweren Fällen, etwa wenn die Haube heruntergefallen ist, muß man sich mit ziemlich tiefen Kratzern herumschlagen. Man darf sich nicht scheuen, die zuerst mit ziemlich grobem Papier herauszuschleifen. Man fängt etwa mit 80 oder 120 an und wird nach und nach immer feiner, bis hin zum 1000er. Dann nimmt man ganz mildes Poliermittel, etwa Glasso- Paste oder 1 Z, und am Schluß sucht man sich einen Köhner, der mit der Schwabbelnscheibe drübergeht. Dabei muß man nämlich verdammt aufpassen, daß das Plexi nicht warm wird, sonst 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 angepaschten 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 Rahmen-aufpassen, 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.

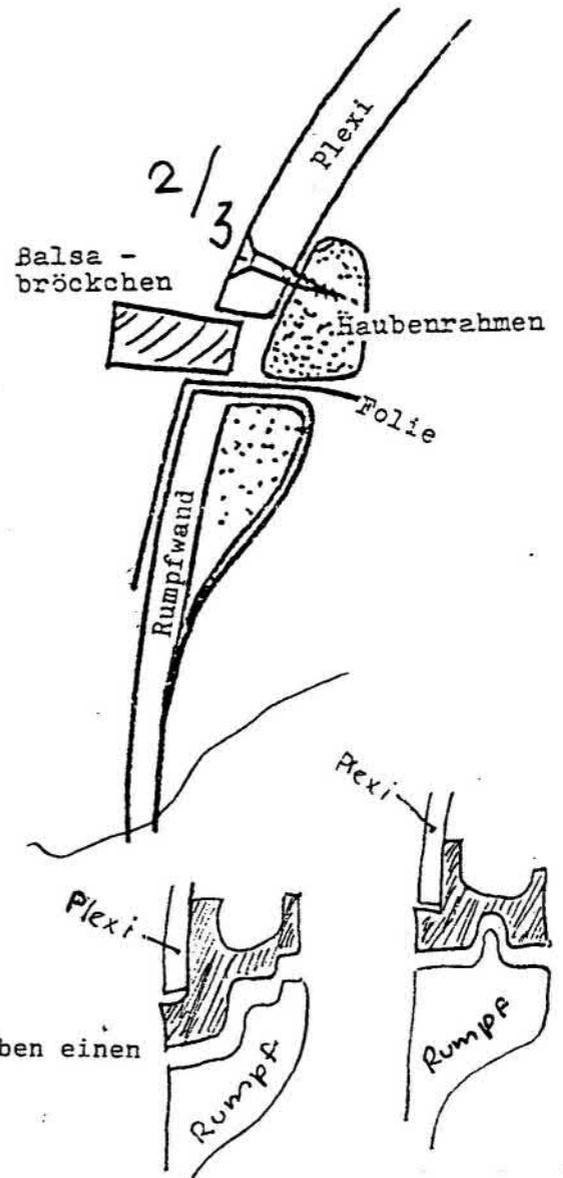
Der Rohling ist mit einer Schutzfolie versehen, um Kratzer zu vermeiden. Die lassen Sie bis zum Schluß drauf.

1 Zuerst passen Sie den Haubenrahmen an. Setzen Sie alle Beschläge und Verschlüsse an ihren Platz. Passen Sie den Rahmen so an daß rundherum eine Distanz von 3 - 4 mm um die Rumpfkontur entsteht, dies entspricht der Dicke des Plexiglasses. Einige späte Libellen und der SALTO Baur. II haben einen Rahmen mit einer Stufe, sodaß das Plexi auf dieser Stufe sitzt und die Stufe entspricht der Rumpfkontur. Wenn die Passung des Rahmens Sie zufriedenstellt, kleben Sie die Beschläge mit schnellem Harz an den Rahmen, entfernen diesen vorsichtig vom Rumpf und schrauben die Beschläge an.

2 Jetzt kommt das Plexiglas. Es wird zugeschnitten am besten mit einem kleinen Winkelschleifer, dem man eine ganz kleine abgeschliffene Scheibe aufsetzt.

Man setzt das Plexiglas auf den Rahmen. Der muß zu diesem Zweck am Rumpf befestigt sein! Nie eine Haube aufziehen auf einen losen Rahmen, das paßt niemals!

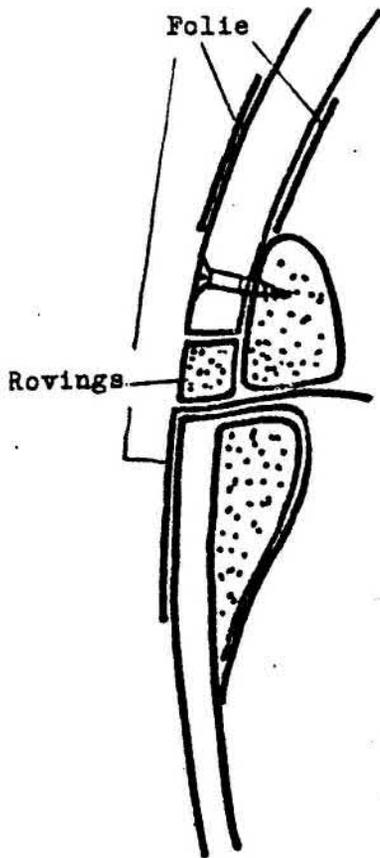
Das Plexi muß satt am Rahmen sitzen. Wenn der Rahmen keine Stufe hat, schiebt man einige Bröckchen Balsa unter das Plexi, sodaß dieses mit einer Distanz von ca 4 mm auf dem Rumpf sitzt. Diese Distanz wird später mit Rovingsträngen ausgefüllt. Das Plexi soll nie den Anschlag auf dem Rumpf bilden. \*)



\*) Etliche neuere Haubenrahmen haben einen Querschnitt, der Ihnen diese Justiererei erspart:

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 Primat hat.

- 3 Man bohrt zunächst 6 - 8 Löcher für die Schrauben, befestigt dort das Plexi und bohrt dann die übrigen Löcher (für 2,9 mm-Schrauben bohrt man 2,5 mm - Löcher). Die Haube abnehmen.
- 4 Man schützt das Plexi innen knapp über dem Rahmen mit einem Klebeband. Mit einem scharfen Messer schneidet man direkt über dem Rahmen entlang. Wenn man jetzt den Rahmen abschraubt, kann man einen Streifen rundherum abziehen. Dort wird das Plexi aufgeraut.



- 5 Den Haubenrahmen ebenfalls am Kleberand rauhen. Man schützt nun den Rumpf ebenfalls mit Klebeband und reibt ihn mit Fett ein.

Setzen Sie den Haubenrahmen jetzt auf den Rumpf und schließen Sie die Verschlüsse. Man gibt den angerührten Kleber auf den Rahmen und schraubt alle Schrauben sachte hinein, über Kreuz und so, daß man jede Schraube zuerst mit Gefühl anzieht und dann wieder 1/4 Umdrehung lockert. Das vermeidet die gefürchteten Haar- Rißen um die Schraubenlöcher.

- 6 Wenn die Sache trocken ist, bereiten Sie ein Bündel Rovings mit Harzmix vor und drücken das in den Spalt zwischen Plexi und Haubenrahmen. Damit ist das Plexi besser gegen Platzen geschützt als wenn man dort Spachtel hineinschmiert (viele Hauben sind nicht gegen Zuschlagen durch den Wind gesichert!)

Mit dieser Maßnahme kann man den Haubenrand schon fast glatt bekommen. Den Rest muß Spachtel und Lack erledigen.

- 7 Bevor Sie diese Arbeit beginnen, kleben Sie ein Klebeband genau gegenüber demjenigen, das innen über dem Rahmen sitzt. Jetzt brauchen Sie eine ruhige Hand: man nimmt das scharfe Messer und schneidet genau an der Unterkante des Klebebandes entlang. Danach kann man diesen Streifen abziehen. Hier wird dann das Plexi aufgeraut.

- 8 Wenn alles zufriedenstellend fertig ist, können Sie die Schutzfolien abziehen. Wenn mit dem Schutzlack auf der Haube gespart wurde, muß man Wasser oder Spiritus zu Hilfe nehmen - auf keinen Fall Aceton!

# 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 ER-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 andere 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. Sprechstastknopf 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 ER?

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

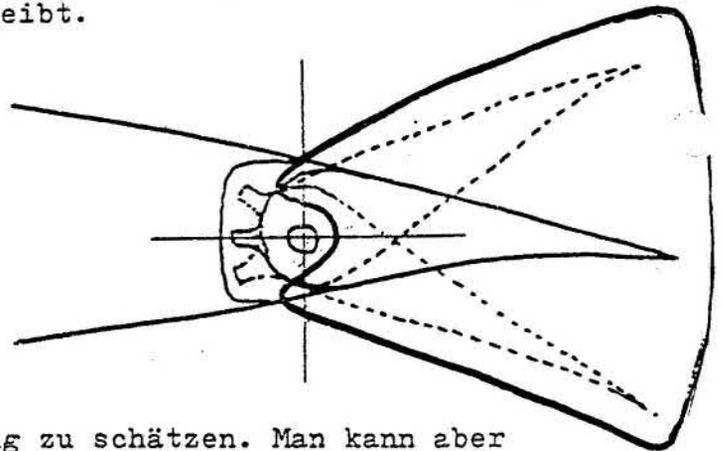
Wir können nun unser Flugzeug regelrecht "eichen", d.h. Beladung und deren Verteilung dem Wetter anpassen.

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 Rumpfe und dort ins Freie zu schaffen. GFK- Rümpfe sind meistens ohne Rückspannt 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 Schemp-Hirth-Klappen) haben aber heute getrennte BK-Schächte oder überhaupt keine Klappe auf der Flügelunterseite, sodaß kein Dichtungsproblem auftritt.

An allen Rudern mit Mittellagerung (GLASFLÜGEL, SALTO) gibt es 2 Möglichkeiten:

einmal die ganz einfache mit der V-Dichtung von TESA, die es in fast jedem Baumarkt zu kaufen gibt, und die man nachträglich im unteren Ruderspalt anbringt (sie kann dranbleiben, wenn man das Ruder ausbaut), und die komfortablere mittels feinen Teflongewebestreifen.

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

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.

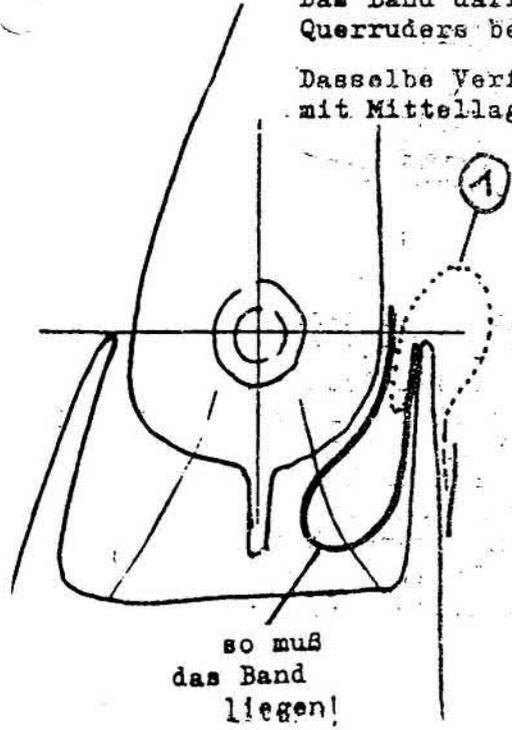
Man streicht den Streifen auf einem ebenen Tisch oder Brett an der Kante und die Fahne des Flügels innen mit Kontaktkleber, wartet, klebt den Streifen an, wobei man sich von einem Helfer das andere Ende halten läßt. Der Streifen muß völlig gerade und verzugsfrei liegen.

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).



Machen Sie ein bisschen Gymnastik und schauen Sie sich mal an, wie Ihre Fahrwerkklappen schließen. Windkanalmessungen beziehen sich immer auf völlig glatte Rumpfe!

Maßnahmen wie Wasserballast-Einbau oder Flügelverlängerungen sind in jedem Falle musterbezogen und eine sog. "Große Änderung". Trotzdem gibt es für manche Vögel Bausätze für den Selbsteinbau. Hersteller fragen!

Noppen-, Zacken- und ähnliche Bänder: bevor Sie diese anbringen, sollten Sie sich bei Ihrem Hersteller erkundigen, ob und wie man Erfahrungen damit hat.