Flugzeuge selber bauen

Sonderheft

Oberflächenschutz

Metallveredelung, Lackieren

von Metall, von Holz,

von Faserverbundwerkstoff.

Bespannen und Lackieren

Reparatur bespannter Flächen

Oberflächenveredelung

Ausgabe April 2007

Inhalt

Abschnitt	Seite
Vorwort	3
Allgemeines zum Metall- Oberflächenschutz	4
Metall- Oberflächenveredelung	5
Vorbereitung zum Lackieren	6
Anschleifen der Flächen	7
Grundierung	9
Bespannen und Lackieren	11
Zugkräfte, Richtung und Verteilung	12
Die richtige Klebung	14
Festigkeit von Tuchen	15
Vernähen	17
Tuch thermisch vorspannen	20
Arbeiten an einem Ruder in Holzbauweise	21
Endlackierung mit DD-Lack	25
Arbeiten mit einem Lackierkissen	26
Reparaturen an bespannten Flächen	27
Eine besondere Bespannung von Metallflugzeugen	28
Bespannen von Metallrohr- Rümpfen	28
Pflege von Lackoberflächen	29

Trotz sorgfältiger eigener Versuche und Recherchen, können aus dieser Beschreibung keine Regressansprüche abgeleitet werden. Jeder Flugzeugbauer ist für seine Arbeit allein verantwortlich.

Vorwort

Oberflächenveredelung ist ein großes Wort, bezeichnet aber die wesentlichen Möglichkeiten, ein Teil oder ein ganzes Aggregat zu schützen vor den Einflüssen der Witterung vor allen möglichen Angriffen wie Rost und chemischen Reaktionen. Wir wollen damit aber auch das Gesamtbild verschönern, sowie die verschiedensten Kennzeichen, Signale und Mitteilungen anbringen.

Es soll hier nicht nur über Lackierung geschrieben werden, sondern über fast alle Arbeiten an den Oberflächen und die dazu gehörenden Vorarbeiten, über Materialien, Verfahren, Werkzeuge und Geräte, die uns dabei wertvolle Dienste leisten.

Ursprünglich wollte ich, auf vielfaches Drängen hin, nur über Flugzeugbespannung und anschließende Lackierung schreiben, dann wurde es immer mehr, weil auch Metallflugzeuge teilweise bespannt werden sollen.

Nun kann man aus vorhandenen alten Schriften eine Menge über Tuchbespannung lesen, und ich hätte Ihnen auch vieles daraus kopieren können.
Aber erstens kopiere ich ganz selten etwas, und dann nur Bilder, an die ich sonst nicht herankomme.

Zweitens lag mir etwas daran zu zeigen wie ich es gemacht habe, oder wie ich es machen würde.
Es gibt heute Materialien, die gab es vor fünfzig und mehr Jahren noch nicht, und das ist in meinen Betrachtungen wichtig.

Wer mit den meisten Arbeiten vertraut ist und täglich damit umgeht, der braucht natürlich nicht das ganze Heft von vorn bis hinten durchlesen, er kann sich die entsprechende Stellen aus dem Verzeichnis aussuchen. Denen aber, die sich neu mit der Materie befassen, empfehle ich, das Heft gründlich durchzulesen.

Ich wünsche Ihnen ein erfolgreiches Gelingen.
Ihr

H. Goldbrunner

Metall - Oberflächenschutz

Warum soll oder muss eine Metalloberfläche veredelt werden und wozu dient diese Veredelung ?
Besonders Metalloberflächen, die der Gefahr von Oxydation ausgesetzt sind, sollten entsprechend behandelt und geschützt werden.

Metalle, die zur Oxydation neigen, sollten vor allem eine glatte Oberfläche besitzen. Je glatter eine Oberfläche, um so geringer der Angriff jener Substanzen, die eine Oxydation erzeugen.

Je dichter das Gefüge, z.B. durch die vorausgegangene Bearbeitung wie z. B. Walzen Hämmern oder Kugelstrahlen, wurde, vermindert ebenso die Gefahr der Oxydation.

Den sichersten Schutz bewirken aber Überzüge, teils aus Metallen mit sehr geringer Oxydation, oder aus elektrisch nicht leitenden Materialien, wie z.B. Kunststoffen oder Glasähnlichen Materialien wie Emaille.

Besonders gefährdet sind Metalle, die aus sehr unterschiedlichen Metallen legiert sind.
Selbst wenn die einzelnen Elemente relativ gut der Oxydation widerstehen, sind sie legiert doch sehr anfällig, da zwischen den einzelnen Molekülen elektrische Ströme fließen können, die bei jeder Oxydation ein wichtige Rolle spielen.

Das kann auch dann noch erfolgen, wenn unter einem Überzug mit Kunststoffen (Lack etc.) kleinste Mengen von Wasser oder Säuren vorhanden sind. Um das zu verhindern sind schon beim Lackieren Vorsichtsmaßnamen zu berücksichtigen.

Aus diesem Grund sind auch Verbindungsstellen zweier verschiedener Metalle einem Angriff stark ausgesetzt. Bei Nietung bzw. Verschraubungen ist besondere Sorgfalt geboten.

Scharfe Kanten an Blechrändern, Bohrungen etc. verstärken ebenfalls den Angriff von elektrischen Spannungen, die eine Oxydation verstärken, und seien es auch nur mikroskopisch feine Risse, wie sie z.B. beim Biegen des Materials auftreten können.
In solche Risse kann auch schädliche Feuchtigkeit eindringen. Die besonders gefährlich ist, wenn sie Säuren enthält.
Selbst Wasser kann sauer werden, auch wenn sie sich unter einer schützenden Schicht aus Kunststoff (Lack) befindet.

Selbst wenn man vor dem Lackieren noch eben abgetrocknet hat kann sich dabei Feuchtigkeit niederschlagen, das passiert immer dann, wenn das zu lackierende Stück kühler ist als die umgebende Luft. Die Luft gibt in diesem Fall ihre Feuchtigkeit an die Oberfläche des Werkstücks ab, schon deshalb wird immer darauf hingewiesen, nicht bei kühlen Temperaturen zu lackieren.

Der Vorgang findet aber auch statt, wenn man mit dem zu lackierenden kalten Teil, in den warmen Arbeitsraum kommt. Das Teil muss erst aufgewärmt werden, wenn möglich mit einem Wärmestrahler, auf eine höhere Temperatur als die Raumluft.

Wenn wir das berücksichtigen, haben wir u.U. mehr für den Schutz der Oberfläche getan, als wenn wir mit komplizierten chemischen Vorgängen Metallüberzüge aufbringen.

Metallflugzeuge werden überwiegend aus Leichtmetall, sprich Alulegierungen hergestellt, dabei ist zu berücksichtigen:

1. Reines Aluminium schütz seine Oberfläche mit einer hauchdünnen eigenen Oxydschicht, die vor weiterer Oxydation schützt.
2. Je höher die Festigkeit der Alu-Legierung, meist ist es ein hoher Kupferanteil, um so mehr wird die Oberfläche angegriffen.
   Aus diesem Grunde werden seit vielen Jahren, schon seit Anfang des vorigen Jahrhunderts Aluminiumbleche hergestellt, die auf beiden Seiten eine dünne Schicht aus Reinaluminium aufgewalzt, besitzen.

Diese Schichten sind bei sehr dünnen Blechen etwa 0,03 mm dick, bei Blechen ab 0,5 mm Dicke bis zu 0,05 mm.
Daraus kann man unschwer erkennen, dass man mit der Oberfläche dieser Bleche sehr sorgsam umgehen muss. Kratzer gehen leicht durch diese Schicht, man sollte auch nicht viel daran schleifen, denn wenn die aufgewalzte Schicht (Plattierung) weg ist, kann die Oxydation voll angreifen.

Meine Empfehlung zu chemischer Behandlung:
Wenn nötig oder vorgeschrieben, dann beachten Sie die Hinweise der Lieferanten sorgfältig, sonst sollten Sie die chemische Behandlung weglassen. Die Teile müssen nach einer solchen Behandlung sorgfältigst mit Wasser gewaschen werden und es ist nicht

auszuschließen, dass in den kleinsten Ritzen und Hohlräumen Säurereste zurückbleiben.

Sollten Sie es aber dennoch überlegen, eine chemische Behandlung durchzuführen, können Nietungen und Verschraubungen erst nachher erfolgen, und dabei kann die Schutzschicht noch mal beschädigt werden.

Metall- Oberflächenveredelung

Unter Oberflächenveredelung versteht man eine Behandlung der Oberfläche, um sie entweder zu verschönern, sie gegen Korrosion oder andere Einflüsse zu schützen.

Grundsätzlich gilt das für alle Oberflächen, gleich welchen Materials, obwohl jedes Material eine andere Behandlung braucht. Eines ist jedoch bei allen Materialien gleich wichtig und doch unterschiedlich: Die Vorbereitung der Oberfläche.

Bei Holz ist es in der Regel ausreichend, wenn sie fein geschliffen ist und dann gewachst, geölt oder lackiert wird.

Bei Kunststoffen ist es schon etwas komplizierter, es kommt auf den Kunststoff an.

Thermoplaste sind in der Regel gegen jeweils andere Kunststoffe abweisend und gehen nur eine schlechte Verbindung ein. Ganz besonders gilt dies für Polyamide und Polyäthylene. Sie werden deshalb auch als Unterlage verwendet (Folien), um darauf mit Klebern und Flüssigkunststoffen zu arbeiten, man kann sie nachher leicht voneinander trennen, durch Abziehen.

Will man sie mit anderen Kunststoffen verbinden, müssen komplizierte Verfahren (ätzen) angewendet werden.

Aber auch Kunststoffe, wie glasfaserverstärktes Epoxydharz oder Polyesterharz können Tücken aufweisen, wenn sich auf der Oberfläche, besonders wenn sie in eine Negativform einlaminiert wurden, eine Schicht aus Wachs oder gar Siliconöl befindet. Auch wenn diese Schicht nur ein Hauch ist, trennt sie doch sicher jede weitere Verbindung, sie muss entfernt werden !

Oft wird das durch Abwaschen mit einem Lösungsmittel gemacht, das funktioniert nicht oder nur mangelhaft. Lösungsmittel (Benzin, Spiritus, Aceton o.ä.) verdünnen die Schicht zwar, aber es kann immer noch ein mikroskopisch feiner Film auf der Fläche bleiben, der die sichere Haftung des Lacks verhindert. Sicher ist nur Abschleifen !

Man sollte überhaupt nicht mit Benzin oder Nitroverdünnung abwaschen, da die angebotenen Mittel teilweise gestreckt werden und ölhaltige Substanzen enthalten, und wir bekommen dann Probleme, die wir sonst gar nicht hätten.
Sicher geht es mit so genannten Silikonentfernern, es gibt sie an Tankstellen, deren Qualität nicht immer nachgewiesen ist, aber auch bei der Firma :
Joachim Fischbacher in Hasling bei München.
Wenn derartige Pasten oder Flüssigkeiten nachher mit viel Wasser abgespült werden müssen, haben wir ein Umweltproblem, abgesehen davon, dass Schmutzwasser ins Innere der Flügel gelangen kann.

Korrosionsschutz

Um Korrosion hervorzurufen, muss immer ein so genannter Elektrolyt vorhanden sein. Sauerstoff ist ein starker Elektrolyt und alle Verbindungen mit ihm (Säuren) erzeugen auf einer Metalloberfläche Korrosion.
Meist haben wir es mit Metalllegierungen zu tun, einer Vermengung unterschiedlicher Metalle.
Von der Batterie kennen wir die Wirkung eines Elektrolyten zwischen zwei Metallen, es entsteht eine Spannung.
Jedes Metall hat ein ihm eigenes Spannungspotential, hier nur einige Beispiele von Spannungspotentialen gegen Wasserstoff:

Potential in Volt	Metall	Zeichen
-1,6	Magnesium rein	Mg
-1,4	Reinaluminium	Al
-1,1	Mangan	Mn
-0,7	Zink	Zn
-0,6	Chrom	Cr
-0,5	reines Eisen (Ferro)	Fe
-0,3	Kobalt	Co
-0,2	Nickel	Ni
-0,1	Zinn (Stanum)	Sn
-0,1	Blei (Plumbum)	Pb
+ 0	Wasserstoff	H
+0,2	Antimon	Sb
+0,4	Kupfer	Cu
+0,7	Silber	Ag
+0,8	Platin	Pt
+1,4	Gold	Au

Diese Spannungen entstehen gegen eine so genannte Wasserstoffelektrode, die nicht näher

beschrieben werden soll. Sie ist willkürlich ausgewählt und interessiert in unserem Zusammenhang eigentlich nicht.
Wichtig ist nur der Unterschied zwischen zwei Elementen.

Legierungen fügen sich in diese Reihe oft ganz eigenartig ein, so liegt Al Cu Si Mg eher bei Kupfer als bei Aluminium, obwohl es den Hauptanteil darstellt.

Die so genannten unedlen Metalle, mit besonders niedrigem Spannungspotential gehen mit dem Sauerstoff eine Verbindung ein (Oxyde), beim Eisen z.B. ist das Rost.

Innerhalb von Legierungen selbst findet ein Ionenaustausch statt, der auch aus der Tiefe des Materials erfolgen kann (Lochfraß).
Auch wenn zwei unterschiedliche Metalle einander berühren, können Ionen vom einen zum anderen wandern.
Die positiven Ionen wandern zu den negativen, das "negativere" Metall scheidet sich auf dem "positiveren" ab. Negativere Ionen wandern in den Elektrolyt.
Ein ähnlicher Vorgang besteht beim Galvanisieren.

Besonders tragisch kann das werden, wenn wir zwei Metalle miteinander verbinden, z.B. Edelstahlschrauben in einem Alu-Gewinde. Da kann es sein, dass nach längerer Zeit die Schraube nicht mehr lösbar ist. Wendet man Gewalt an, reißt man Löcher in das (weichere) Aluminium.

Wenn wir nun unser Metall mit einem Lacküberzug versehen, wollen wir verhindern, dass irgend ein Elektrolyt an unsere Oberfläche kommt, vorausgesetzt der Überzug ist dauerhaft dicht.

Nehmen wir an, wir haben es nicht mit Reinaluminium zu tun, dann haben wir ein Oxydationsproblem. Wo immer Sauerstoff an die Oberfläche gelangen kann, verursacht er Schäden. Deshalb verwenden wir nach Möglichkeit plattiertes Alublech. Genauer ausgedrückt: Hochlegiertes Aluminium wie AlCuMg u.ä. das mit einer dünnen Folie aus Reinaluminium plattiert ist. Die Schichtdicke ist sehr gering gehalten, weil man ja die höhere Festigkeit nicht verlieren möchte.
Die hochfeste Legierung hat gegenüber Reinaluminium eine dreimal so hohe Bruchfestigkeit.

Die Schwierigkeiten fangen aber an Stellen an, wo wir Löcher stanzen oder bohren und dort Verbindungsteile aus anderem Metall einsetzen.
Hier ist ganz besonders auf dauernde Dichtheit unseres Lacküberzuges zu achten.

Man muss sich nun vorstellen, dass durch die ständigen Lastwechsel an den Verbindungen gearbeitet wird.
Nur wenn diese Verbindungen absolut dicht, spielfrei und nicht überlastet sind, bekommen wir keine Probleme.

Im Klartext: Niete müssen fest sitzen und dürfen keinerlei scharfe Kanten haben, das setzt sorgfältiges Arbeiten, insbesondere bei Senknieten voraus.

Wenn aber aus Preis- oder anderen Gründen unplattierte Bleche verwendet werden, empfiehlt sich eine Passivierung vor der Lackierung.
Eine solche Passivierung wäre Eloxieren, nur: Auf einer Eloxalschicht hält kein Lack.

Es gibt aber eine Behandlung mit Säuren, (Chromsäure, Phosphorsäure), die Metall- Ionen enthalten, die sich während der Behandlung auf der Oberfläche niederschlagen.
Es gibt Zink-Chromat-Sprays, leider sieht es da mit deutschen Herstellern schlecht aus. Amerikanische Firmen wie "Aircraft Spruce" oder "AVIALL" können damit dienen. Friebe Luftfahrtbedarf bietet ein Zink- Chromat- Spray an.
In der Literatur angegebene Lieferanten, wie Herbol, Sikkens o. ä. haben den Nachteil, dass Sie als kleiner Eigenbauer möglicherweise noch nicht einmal eine Antwort auf Ihre Anfrage bekommen. Ein umfangreiches Angebot erhalten Sie jedoch von der Firma Turco-Chemie GmbH in Hamburg, Postfach 3233.

Vorbereitung zum Lackieren

Das Gleiche gilt auch für die Vorbereitung von Metallflächen. Selbst bei neuen Metallflächen können ganz oder teilweise Verunreinigungen vorhanden sein. Schon bei ihrer Herstellung können Gleitmittel eingesetzt worden sein, sich Ölnebel niedergeschlagen, oder durch bloße Berührung mit den Händen Öl und Fettfilme gebildet haben.
Zu ihrer Entfernung werden mitunter rabiate Mittel eingesetzt, die die Oberfläche anätzen, manchmal gewollt, um sie dabei aufzurauen.

Ich habe da grundsätzliche Bedenken, da die ätzenden Mittel nachher gut abgespült werden müssen, das kann allein schon ein Entsorgungsproblem ergeben.
Heute darf man solche Substanzen nicht einfach im Boden versickern oder in die Kanalisation fließen lassen.

Ein anders Problem ist, wenn sich in der Oberfläche Niete bzw. Verschraubungen befinden, dann kriechen solche Substanzen unter bzw. zwischen die Teile und können lange weiterätzen und Korrosion hervorrufen.

Anschleifen

Sowohl bei Faserverbundteilen als auch bei Blech befindet sich an der Oberfläche oft nur eine dünne Deckschicht, die man nicht verletzen sollte. Da kann man nicht einfach so drauf herumschleifen.

Es ist weniger die raue Oberfläche, die zurückbleibt, als dass die Deckschicht durchgeschliffen wird.

Besonders gilt dies für plattierte Aluminiumbleche, die wir im Flugzeugbau verwenden. Diese Bleche bestehen aus legiertem Aluminium, das mehr oder weniger zu unerwünschter Oxydation neigt.
Nur Reinaluminium ist dagegen unempfindlich, unter Einwirkung des Sauerstoffs bildet sich eine Oxydschicht, die sich selbst vor weiteren Angriffen schützt.

Aus diesem Grunde ist bei den hochwertigen Blechen eine dünne Schicht aus Reinaluminium aufgewalzt. Bei diesen Blechen brauchen wir uns deshalb keine Sorge machen um eine Lackierung der Innenflächen bzw. der inneren Teile eines Flügels.

Die Schicht hat eine Dicke von nur 20 - 30 µm, das sind 0,02 - 0,03 mm.
Daraus erklärt sich, dass eine solche Schicht sehr leicht durchzuschleifen ist. Die teuer aufgebrachte Schicht ist damit zerstört.

Ein weiterer Punkt ist noch zu bedenken: Diese dünne Schicht kann nur von sehr glatten Walzen aufgebracht werden, weshalb auch die Oberfläche meist hochglänzend ist.
Hochglänzende Flächen eignen sich aber schlecht, für eine Haftvermittlung zwischen Blech und Lack.

Ich habe mich mit verschiedenen Leuten über dieses Thema unterhalten, alle kennen diese Problematik, und raten, weder mit chemischen Mitteln noch mit Schleifpapier daranzugehen.
Aber wie sollen wir nun der Fläche eine feine Rauheit geben und gleichzeitig Öl-, Wachs- und andere Trennschichten entfernen ?

Es gibt im Farbenhandel so genannte Schleifpads, sie sind aus weichem Schaumstoff oder einer Art Papierfilz. Die Schleifwirkung entspricht etwa einem Schleifpapier mit Körnung 600. Der Unterschied ist, dass die Schleifkörner jedem Hindernis ausweichen.
Weder Buckel noch Vertiefungen werden angeschliffen, bzw. ausgelassen.

Auch hier sagte ich mir wieder. Probieren geht über studieren.
Die Firma "ROT-WEISS", (siehe Seite 30) erzeugt verschiedene Schleif- und Polierpasten, die garantiert silikonfrei sind. Es gibt in dem Programm eine Schleifpaste, die nur sehr gering, aber ausreichend die Oberfläche aufraut und gleichzeitig schädliche Öl- und andere Filme absorbiert, die beim Trockenreiben entfernt werden.

ich bin noch einen Schritt weitergegangen und habe mir von "ROT-WEISS" die Pulver besorgt, die in den Pasten vorhanden sind, und habe damit Aluflächen "gescheuert", eigentlich nur trocken abgerieben.
Es entsteht dabei eine matte Oberfläche mit guten Hafteigenschaften.

Das verbrauchte Mineralpulver kann mit dem Restmüll entsorgt werden. Ebenso die dabei verwendete "Polierwolle", sie besteht aus Stoff-Fasern.

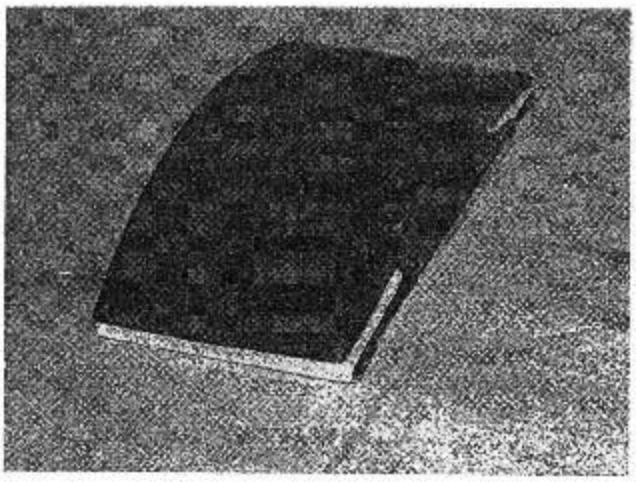
Natürlich kann man auch ein weiches Tuch oder Filz verwenden. Bei den Versuchen wurde auch ein Schwingschleifer verwendet, in dem ein Filz eingespannt war. Der Vorteil ist, man kann größere Flächen schneller behandeln.
Um Kanten oder Nieten herum oder bei Vertiefungen muss man aber von Hand arbeiten.

Lackierer nehmen oft einfach das Schleifpapier in die Hand und führen es über die Fläche.

Das Schleifpapier über einen harten Klotz legen und damit schleifen ist nicht ratsam, es können Riefen entstehen.

Besser sind da schon Schleifpapierhalter, wie auf dem nachfolgenden Bild. Sie sollten aus Gummi sein, damit sie kleinen Unebenheiten ausweichen können.

Ihr Vorteil ist, man kann schnell das Schleifpapier wechseln.



Aber auch sie bergen eine gewisse Gefahr in sich, da sie z.B. bei Nieten die Nietköpfe sehr stark anschleifen.

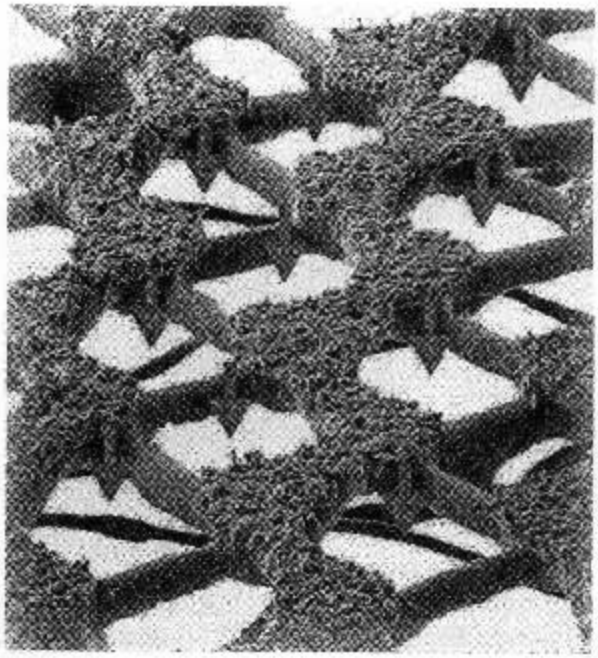
ABRANET die Revolution des Schleifens

Seit einigen Jahren gibt es Schleifmittel, die einfach alles bisher Vorhandene mit Abstand übertreffen.
Wir kennen das Problem, dass sich bei weichen Materialien wie Holz oder Kunststoff sich das Schleifmittel schnell zusetzt. Es entsteht dadurch ein hoher Verbrauch an Schleifpapier und das Schleifergebnis ist nicht immer befriedigend.

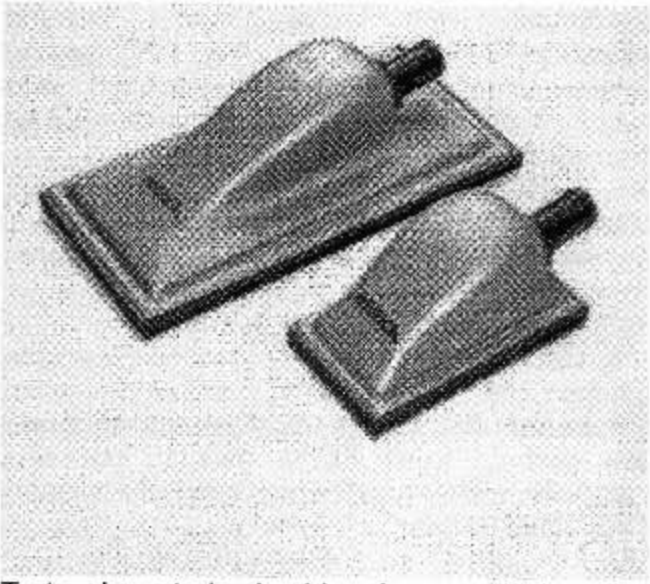
Die Finnische Firma MIRKA hat etwas entwickelt, das sich vom Schleifpapier generell unterscheidet. Es werden keine Schleifkörner auf Papier o.ä. aufgebracht, sondern auf einem Geflecht, das große Luftdurchlässe besitzt.
In starker Vergrößerung sieht das so aus, wie rechts oben abgebildet.

Die starke Luftdurchlässigkeit ermöglicht ein staubfreies Arbeiten, wenn man einen Schleifblock bzw. Schleifteller mit Absaugung einsetzt. Moderne Schleifmaschinen arbeiten alle mit Absaugung.
Die Schleifblätter halten durch Klettverbindung.

Anschließend eine etwa zwanzigfache Vergrößerung der Schleifblattfläche.



Selbst wenn man Handschleifblöcke von MIRKA, wie nachstehend abgebildet, verwendet, kann man einen Staubsauger anschließen und staubfrei arbeiten.



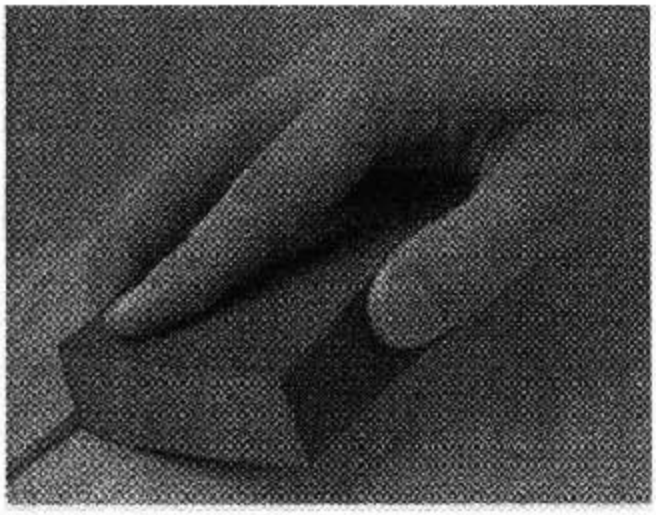
Trotz der stark durchbrochenen Fläche sind Schleifblätter sehr eben. Beim Schleifen entstehen (weder bei Körnung 80 noch bei Körnung 600) keine Riefen oder Streifen.
Auch ohne Absaugung gibt es kein Problem: Man braucht nur immer wieder den Schleifblock auf den Tisch klopfen und schon fällt der Schleifstaub heraus.

Die Schleifblätter gibt es in unterschiedlichen Größen und mit den Körnungen von 80 bis 600.

Selbst bei Körnung 600 findet noch ein schneller Abtrag der Oberfläche statt.

Wer nur eine feine Aufrauung erzielen will, kann so genannte Schleifpads verwenden. Sie bestehen aus unterschiedlich weichen Materialien und tragen das Schleifkorn direkt in sich.
Es gibt sie mit unterschiedlich starker Schleifwirkung.

Das auf nachfolgendem Bild gezeigte ähnelt einem Schleifklotz und lässt sich gut in der Hand führen.
Auskunft über Liefermöglichkeit: Fa. MIRKA – Schleifmittel GmbH, Kronberg Ts. Tel.06173-93450



Das folgende Bild zeigt eine besonders weiche Art, man bedient es mit der flachen Hand, es sorgt aber für eine gleichmäßige und feine Oberfläche, die nur sehr leicht aufgeraut wird.
Man kann das Pad direkt mit den Fingern halten bzw. die flachen Hand darauf legen, oder aber einen Halter mit Kletthaftung verwenden.

Bevor jedoch mit dem Schleifen begonnen wird müssen etwaiges Öl oder andere Verschmutzungen abgewaschen werden, Silikonentferner oder Aceton sind geeignet.

Nach dem Schleifvorgang muss ebenfalls noch mal abgewaschen werden.

Grundierung

Flugzeuge aus Holz

Jeder, der schon mal Holz lackiert hat, weiß, dass sich zuerst viele kleine Fasern, die noch mit dem Holz Verbindung haben, hochstellen, sobald sie feucht werden. Sie würden sich auch nach der Endlackierung noch abbilden.

Wenn man z.B. mit einem feuchten Tuch über die Oberfläche streicht, dann abtrocknen lässt, kann man sie mit feinem Schleifpapier oder mit einem Schleifpad entfernen.

Man kann auch mit stark verdünntem Lack einen ersten Anstrich machen, das ergibt denselben Effekt.
Der Vorteil ist, dass dann schon Lack in die Poren eingedrungen ist.

Ähnlich kann man auch die Innenseiten und Innenteile behandeln, sie sind dann ausreichend gegen Feuchtigkeit geschützt.

Wird das Flugzeug anschließend bespannt, genügt dieser Voranstrich, um darauf den Klebelack oder den Kautschukkleber aufzutragen. Nur bei sehr rauer Oberfläche sollte man eine zweite Vorlackierung auftragen und dann Feinschleifen.

Handelt es sich aber bereits um eine endgültige Fläche, kann jetzt Lack aufgetragen (gespritzt oder gewalzt) werden.

Ich glaube nicht, dass heute noch jemand mit Naturlacken arbeiten will, es kommt also bei Holz nur DD-Lack infrage.

DD-Lack = Desmodur-Desmophen, das sind zwei Substanzen, die miteinander reagieren und dadurch aushärten. Im unverdünnten Zustand findet fast keine Verdunstung statt. Dieser Lack ist auch unter dem Oberbegriff "Polyurethanlack" zu finden.

Anders ist es, wenn der gemischte Lack, zum Zwecke des Spritzens stark verdünnt werden muss, da muss dann anschließend die Verdünnung durch Verdunsten wieder heraus.
Eine solche Verdunstung hinterlässt mikroskopisch feine Kapillaren, die die Witterungsbeständigkeit negativ beeinflussen können.

Wenn man vom Hochglanz absieht, ist der unverdünnte Auftrag mit Pinsel oder Walze der bessere.

Mit anderen synthetischen Lacken (Nitrozellulose, Acryl o.ä.) wird man bei Holz keine dauerhafte Freude haben, sie werden hart und können die "Arbeit" des Holzes, feuchtigkeits- oder temperaturbedingt, nicht mitmachen.

Es empfiehlt sich, bereits die erste Lackierung mit weißem DD-Lack auszuführen, auch wenn die Endlackierung farbig sein soll. Die Farben werden reiner und leuchtender.

Flugzeuge aus Faserverbundwerkstoff

Man kann davon ausgehen, dass die Außenflächen bereits aus Deckschichtharz bestehen. Bei Epoxydharz besteht die Gefahr, dass hart auftreffende Regentropfen bewirken, dass die Oberfläche ausgewaschen wird, das blanke Glasgewebe kommt dann an die Oberfläche. Schwere Regentropfen treffen mit großer Energie auf.
DD-Lack dagegen verhindert das Auswaschen nachhaltig, weil er elastisch ist.

Ein Langzeitversuch von mir hat das bestätigt.
Nachdem wir nun die Oberfläche sorgfältig vorbereitet haben, können wir mit dem Lackieren beginnen.

Beim Auftrag mit der Walze genügt u.U. ein einziger Auftrag. Denken Sie daran, auch Lack hat ein Gewicht.
Ein unverdünnter Auftrag hat etwa eine Dicke von 20 µm = 0,02 mm und ein Gewicht von ca. 20 g/qm.
Ein gespritzter Auftrag mit verdünntem Lack (ca 15 - 20% Verdünnung) etwa 0,015 mm. Es sind aber mindestens zwei Spritzgänge erforderlich.

Dies gilt nur dann, wenn der Untergrund bereits weiß ist (Deckschicht).

Ist die erste Schicht aber nicht deckend, muss eine zweite bzw. dritte darüber. Dazwischen sollte leicht angeschliffen werden, wenn man nicht nass in nass arbeiten kann.

Dazwischen kann auch gespachtelt werden, wenn möglich mit einem Epoxydharzspachtel. Polyesterspachtel kann schon nach einigen Jahren reißen, da er anders schrumpft als Epoxydharz.

Wenn Sie kein Hochglanz-Fetischist sind empfehle ich, das Spachteln ganz wegzulassen, es bringt nur Gewicht.
Ehe man sich versieht, hat man 4 - 5 kg Lack mehr auf dem Flugzeug. Denken Sie daran, 10 qm Tragfläche sind 20 qm lackierte Fläche. Bei drei Spritzgängen bedeutet das 10 - 12 kg. Die Lackdicke ist dann ca. 50 - 60 µm.
Häufig wird eine bestimmte Dicke der Lackschicht gefordert, dazu gibt es eine Faustformel: 1 µm Lackdicke bedeutet :
10 g Lack / qm.

Bei Motorflugzeugen bringt Hochglanz gegenüber einfacher Lackierung keinen messbaren aerodynamischen Vorteil.

Die Lackierung von bespannten Flächen wird weiter hinten noch ausführlicher beschrieben.

Flugzeuge aus Metall

Wenn die Flächen, wie auf den vorderen Seiten beschrieben gereinigt und fein geschliffen sind, kann man direkt darauf Lackieren. Eine besondere "Grundierung" ist in der Regel dann nicht mehr erforderlich.

Soll der Lack von Hand mit der Walze aufgetragen werden, empfehle ich auch hier unbedingt DD-Lack. Als Zweikomponentenlack gewährleistet er eine gute Aushärtung bei hoher Elastizität.

Etliche Flugzeugbauer aber bringen ihre Erzeugnisse einfach in eine Autolackiererei. Dort wird überwiegend mit Acryllacken gearbeitet. Bringen sie deshalb Ihren DD-Lack mit.

Acryllackschichten sind nicht dünner als DD-Lack aber härter, man sollte deshalb besonders darauf achten, dass keinerlei scharfe Kanten vorhanden sind, dort reißt der Lack sonst zuerst.

Autolacke haben in der Regel eine höhere Pigmentierung, was sich im Gewicht niederschlägt (etwa 20% schwerer). Beim Auto machen 20% weniger Lackgewicht auch keinen Sinn, beim Flugzeug ist jedes Kilogramm mehr, eines zu viel.

Ganz besonders gilt dies für Ultraleicht-Flugzeuge, die nach den heutigen Regeln ständig zu schwer werden. Statt 1 kg Lack kann man 1,5 ltr. Treibstoff mehr mitnehmen.

Über Autolacke möchte ich deshalb auch nicht zu viele Worte verlieren, nur soviel:
Autolackieren muss schneller gehen, der Lack muss deshalb schneller trocknen. Zeit ist dort Geld.

Autolacke werden in großen Mengen verarbeitet, was dort auch Umweltprobleme verursacht, insbesondere auch die Lackverdünnung, die heute z.T. schon mit Wasser erfolgt. Solche Lacke scheiden für uns Eigenbauer aus, da ein nachfolgendes Einbrennen unerlässlich ist.

Noch ein Wort zu farbiger Lackierung:

Bei Holz- oder insbesondere GFK/CFK-Flugzeugen ist, zumindest für die Oberseiten weiße Lackierung angesagt, da farbige Lackierung durch die Sonneneinstrahlung mehr aufgeheizt wird, was bei Holz eine schnellere Alterung bewirkt.

Bei GFK/CFK bewirkt eine Aufheizung der Oberfläche auch eine Erwärmung und damit Erweichung der darunter liegenden Hartschäume. Stark erwärmte Hartschäume leiden aber an Festigkeitsschwund. Schon bei den Festigkeitsuntersuchungen muss das durch erhöhte Belastung berücksichtigt werden.

Höhere Festigkeitsanforderung bedingen wiederum eine Verstärkung der tragenden Elemente und somit mehr Gewicht.
Noch ein Hinweis:
Bevor Sie beginnen, sollten Sie sich auch mit den Anleitungen der Lackhersteller auseinandersetzen.

Außerdem kostet Nachfragen in der Regel nichts.

Bespannen und Lackieren

Flügel oder Rumpf teilweise oder ganz mit gespanntem Tuch zu verkleiden, dient ausschließlich der Gewichtsreduzierung. Die immerwährenden Fragen sind: Welche Vor- und Nachteile hat Bespannung ? Kann man jedes Flugzeug bespannen bzw. wo sind die Grenzen dafür ? Sind es die Flächenlast oder die Geschwindigkeit, die Grenzen setzt ? Leidet die Aerodynamik darunter ?
Auf der Suche nach Antworten kann das bisher Geschriebene nicht voll befriedigen.

Grenzen für bespannte Flächen

Sucht man nach geeignetem Bespannstoff, wird man auf Hinweise wie: Geeignet für ULs und Segelflugzeuge oder geeignet für Motorflugzeuge mit Geschwindigkeiten über 150 km/h u.ä. stoßen.

Sicher spielt die Fluggeschwindigkeit bei der Auswahl eine Rolle, treten doch bei höheren Geschwindigkeiten auch höhere Flächenlasten auf.
Die Geschwindigkeit allein kann aber nicht Ausgangskriterium sein.

Auch der Anwendungszweck eines Flugzeuges bzw. die Flugzeugkategorie sind es nicht. Es muss in jedem Einzelfall geprüft werden, welche Lasten bzw. Kräfte das Tuch ertragen muss.

Flächenlast
Die mittlere Flächenlast ist bei allen statischen und aerodynamischen Betrachtungen ein Ausgangspunkt. Im Einzelfall spielen aber die Größe der jeweiligen Teilfläche, ihr Grundriss und die Form eine Rolle, d.h. ist sie eben, gerade, positiv oder negativ gewölbt ?

Ferner wissen wir, dass die Flächenlast keineswegs gleichmäßig verteilt ist.
im vorderen Flügelbereich ist die Flächenlast doppelt so hoch wie im hinteren. Das ändert sich aber, wenn wir Landeklappen haben und diese bespannen wollen.

Bei der Neuentwicklung eines Flugzeuges kommen wir um eine genaue Berechnung der Lastverteilung an einem Flügel nicht herum, wobei wir mehrere Rechnungen für die unterschiedlichen Flugzustände durchführen müssen.

Wenn wir maximale Flächenlasten von 160 kp/m² (beispielsweise 40 kg/m² Grundlast bei 4g Beschleunigung) annehmen, wie bei ULs älterer Bauart, brauchen wir uns um ein brauchbares Tuch keine großen Sorgen zu machen.

Wo und wie treten kritische Beanspruchungen auf ?

Dreierlei Beanspruchungen müssen wir beachten:

1. Das Tuch muss grundsätzlich die Zugkräfte in der bespannten Fläche ertragen.
2. Die Haftung (Scherfestigkeit) der Klebung des Tuches muss ausreichend sein.
3. Das Tuch darf nicht durch Kanten und Punktlasten gefährdet sein.

1. Zugkräfte, Richtung und Verteilung

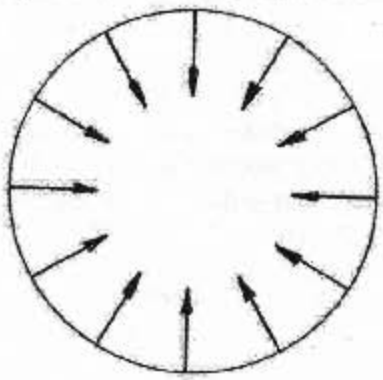
Wird auf eine Fläche, die ringsum eingespannt (festgeklebt) ist, ein Druck ausgeübt, so entstehen längs der Kante dieser Fläche Zugkräfte, die das Tuch belasten.
In unserem Fall kommen noch Spannkräfte hinzu, da das Tuch ja vorgespannt ist, um die gewünschte Form zu behalten.

Welches Verhältnis besteht nun zwischen Flächendruck (p) und Zugkräften am Rand (F_R) nennen wir sie Randkräfte ?

Eine wesentliche Rolle dabei spielt die Elastizität (ε) des Tuches bzw. seiner Fasern.
Um Ungeübten das Problem deutlich zu machen, möchte ich ein Beispiel anführen:
Sie nehmen ein Band und legen darauf ein Gewicht (ein Stück Rundmaterial o.ä.).

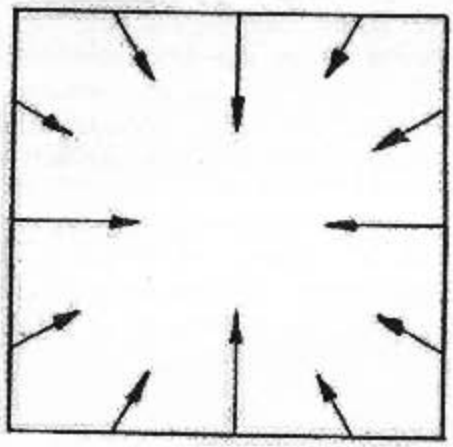
Wenn Sie nun das Band an beiden Enden anheben, verspüren Sie nur das Gewicht des Materials. Wenn Sie nun das Band gerade ziehen wollen, stellen Sie fest, je gerader das Band wird, um so stärker müssen Sie es auseinander ziehen.

Der umgekehrte Vorgang findet statt, wenn ein eben gespanntes Band (oder Tuch) mit einem Gewicht belastet wird.
Selbst wenn das Band nur leicht gespannt war, wird sich mit jeder weiteren Last die Spannung des Bandes erhöhen, weshalb es durchhängen wird und das um so mehr, je elastischer es ist.

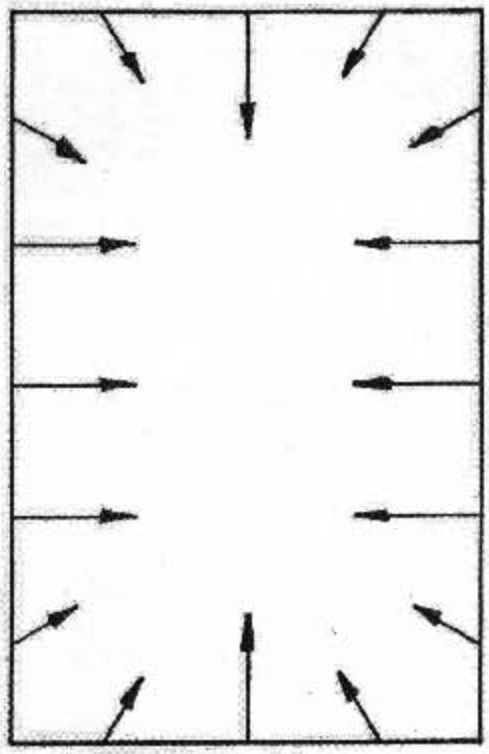


Wäre unsere bespannte Fläche kreisrund, dann würden wir bei einem gleichmäßigen Flächendruck ringsum eine gleiche Zugspannung erhalten.

Bei einem Quadrat sieht es schon anders aus, in der Mitte der jeweiligen Seiten haben wir dann deutlich höhere Zugkräfte als in den Ecken. Unberücksichtigt Bleibt dabei noch die Zugrichtung, die nicht immer in Richtung der Fäden verläuft.



Noch größer ist der Unterschied, wenn die belastete Fläche ein Rechteck darstellt.

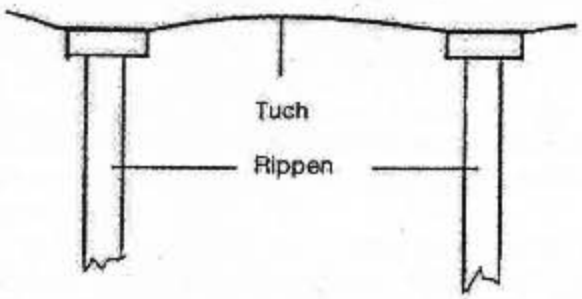


Infolge der Elastizität des Tuches (Spannlack und Oberflächenlack inbegriffen) findet eine Dehnung statt, die von Flächendruck, Spannlänge und Dehnzahl abhängt.

Nähern wir uns der Grenzspannung, wird das Tuch an der Klebestelle ebenfalls gedehnt, was eine Ablösung des Tuches beschleunigt.

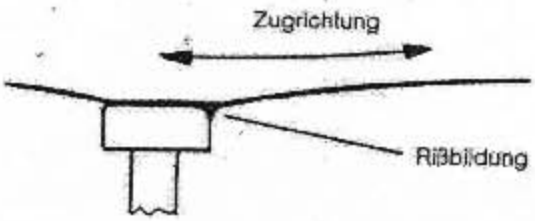
Bei meinen Versuchen habe ich festgestellt, dass selbst bei geradem, d.h. tangentialem Zug bereits eine Ablösung eintritt, wenn etwa ein Drittel der maximal zulässigen Zugspannung erreicht ist.

Wenn bei negativem Druck (Unterdruck an der Flügeloberseite) sich die Teilfläche wölbt kommt teilweise ein schräger Zug auf die Klebefläche, der eine Schälbelastung bewirkt. Diese Schälbelastung verstärkt sich, wenn alterungsbedingt die Tuchspannung so weit nachgelassen hat, dass das Tuch flattern kann.



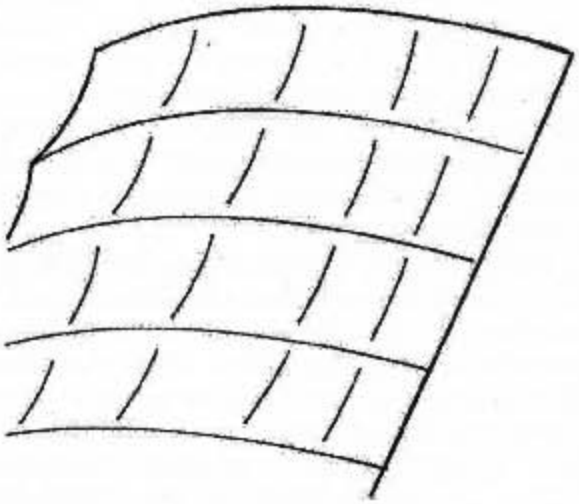
Eine Gefahr droht durch scharfe Kanten an der Klebestelle. Es sollten die Kanten deshalb leicht gebrochen, jedoch nicht abgerundet werden.
Beim Kleben folgt das Tuch (der Kleber schrumpft beim Trocknen) teilweise der Rundung und bei jeder Zugspannung entsteht am Übergang eine Schälwirkung, die das Tuch dann hier zuerst abreißen lässt.

Ähnliches kann auch erfolgen, wenn falsch genäht wird, aber dies behandeln wir noch.



Durch die Wölbung der Flügelfläche (gebogene Rippen) und die Vorspannung im Tuch kommt es an der Flügeloberseite zu Einfallstellen, da sich das Tuch auch in der Flügeltiefe zusammenzieht.

Früher hat man das Baumwolltuch beim Festkleben so geschoben, dass das Tuch in Richtung Rippe ganz lose war, so dass es nachher mehr Quer- als Längsspannung hatte. Dies war die hohe Kunst des Bespannens.
Mit Dacrontuch, das nachher mit Hitze gespannt wird, geht das nur sehr schwer. Die dadurch erzeugte Spannung holt sich Tuch, wo immer es etwas nachgibt.



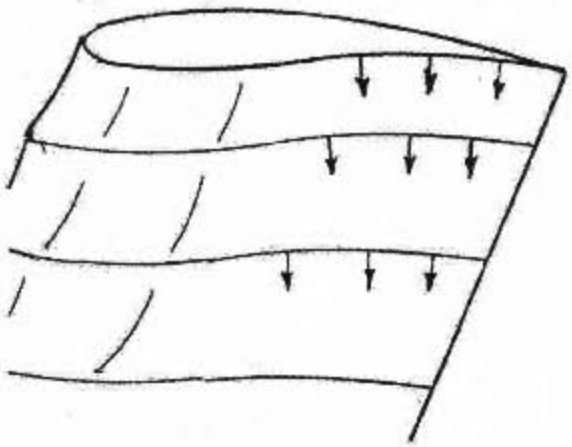
Im Grunde spielen diese Einfallstellen keine bedeutende Rolle, auch die Aerodynamik wird dadurch nicht wesentlich gestört.

Kritisch ist das aber auf einer negativ gewölbten (konkaven) Unterseite, besonders bei Profilen mit großer Wölbungshöhe.

In diesem Fall will die Spannung des Tuches dieses von der Klebestelle ablösen. Bei schlechter Klebung schafft sie das auch nach geraumer Zeit.

Das ist der Hauptgrund, warum das Tuch mit der Rippe vernäht wird.

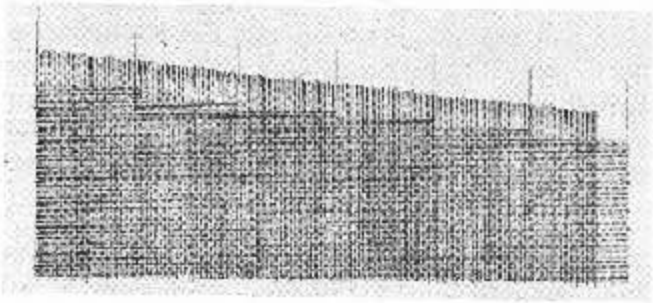
Die Vernähung ist aber nur eine Krücke und es ist fortwährende Kontrolle wichtig, für den Fall, dass sich die Bespannung ablöst.



2. Richtige Klebung und Vorbereitung

Früher hatte ich eine Klebung mit Klebelack favorisiert, weil sie sehr einfach durchzuführen ist und sehr schnell geht.
Bei Flächenlasten bis zu 40 kg/m² dürfte das auch in den meisten Fällen ausreichend sein.
Nachdem ich aber Versuche und Vergleiche mit Kautschukkleber von der IRSA Lackfabrik durchführte, konnte ich einen großen Unterschied feststellen:

Die Klebung mit Kautschukkleber weist eine etwa doppelt so hohe Schälfestigkeit auf, deshalb soll sie hier beschrieben werden.
Eine Erhöhung der Randfestigkeit wird erzielt, wenn man die Ränder ausfranst. Man zieht einfach die letzten Querfäden aus dem Tuch, das erhöht die Bindung des Tuchrandes an das Bauteil.
Die Einzelfäden werden besser vom Kleber umschlungen. Auf Zug werden ohnehin nur die Längsfäden beansprucht.



Die Klebung mit Klebelack wird noch ausführlich beschrieben.

Vorbereitung

Die Oberflächen der Rippen sollten leicht aufgeraut (geschliffen mit Korn 80) sein. Mit einem sauberen Tuch, besser noch mit Staubsauger den Schleifstaub entfernen, keinesfalls nachher etwa abwaschen, auch nicht mit einem Lösungsmittel.

Insbesondere bei Rippen aus Faserverbundwerkstoff, deren Oberfläche noch mit einem Hauch von Trennmittel aufweisen kann, würde ein Abwischen zusammen mit einem Lösungsmittel, das eben abgeschliffene Trennmittel, das sich noch im Staub befindet, wieder gleichmäßig auf der Oberfläche verteilen.

Die Haftung, gerade von Klebelack, würde sich dadurch erheblich verschlechtern.

Fäden, und Gewebe die ja aus solchen bestehen, brechen, wenn sie über scharfe Kanten gezogen werden; aus diesem Grunde müssen Kanten unbedingt gebrochen werden. Der Kantenradius sollte mindestens das dreifache der Fadenstärke betragen. Die Klebefläche selbst sollte eben, d.h. in Geweberichtung verlaufen, damit die Zugspannung immer tangential verläuft.

Klebung

Für Kautschukkleber braucht man natürlich geeignetes Werkzeug.

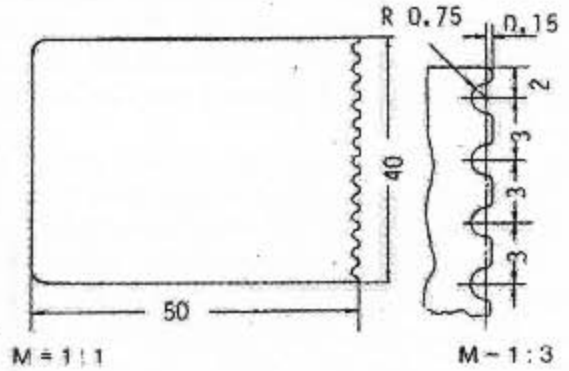
Man trägt den Kleber, ähnlich wie es die Bodenleger bei Teppichen machen, mit einer Zahnspachtel auf die Rippe auf.

Nun wollen wir mit dem Klebstoff nicht verschwenderisch umgehen, da es uns außer mehr Gewicht nichts bringen würde.

Möglicherweise werden wir eine geeignete Zahnspachtel nicht kaufen können und machen uns deshalb selbst eine aus dünnem Alu- oder Stahlblech, etwa 1 mm stark.

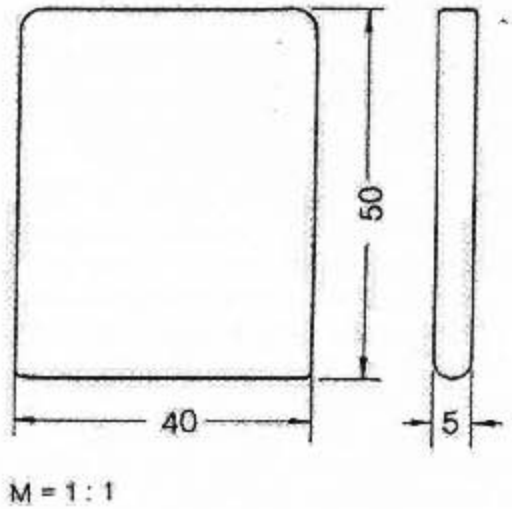
Wir nehmen einen Blechstreifen und setzen, wie nachfolgend gezeichnet, eine Lochreihe, □ 1,5 mm.
Anschließend schneiden wir mit einer Schere den Blechstreifen durch. Der Schnitt sollte 0,15 - 0,2 mm neben der Lochmitte verlaufen. Ein eventueller Grat ist allseits zu entfernen.

Die halben Löcher zwischen den Zähnen lassen genau die richtige Menge Klebstoff übrig, der dann in Rillen auf unserer Klebestelle liegt.



Nachdem der Kleber aufgetragen ist wird das Tuch aufgelegt und leicht angedrückt.

Nun brauchen wir noch eine Rakel, mit der wir das Tuch durch Darüberstreichen andrücken, bis erkennbar wird, dass der Klebstoff das Tuch durchdringt.
Er durchdringt dabei alle Fasern des Tuches und schafft eine glatte Oberfläche. Gleichzeitig wird dabei der Kleber auch in die Poren der Holzleisten gedrückt, was den hohen Hafteffekt bewirkt.



Die abgebildete Rakel fertigen wir am besten aus Kunststoff (PVC, Polyamid, Pertinax o.ä.). Wichtig ist, dass der Radius glatt ist, damit die Rakel über das Tuch gleitet beim Andrücken.

Zahnspachtel und Rakel sollten nicht breiter sein als gezeichnet, da sonst zu viel Kleber daneben geschmiert wird.

Bevor wir uns mit dem Nähen befassen, zuerst etwas über die Kräfte, die überhaupt zwischen Tuch und Rippen bzw. den Klebeflächen auftreten.
Ausgangspunkt ist unsere Flächenlast. Nehmen wir an, sie sei etwa 50 kg/m². Das ergibt bei einer Abfangbeschleunigung von 4 g, p ~ 200 kp/m² das sind 0,02 kp/cm².

Bei einer solchen Maximallast und einem Abstand zwischen den Rippen von 30 cm bekäme das Tuch einen Bauch von etwa 10 - 12 mm Höhe. Die Zugspannung in einem 1 cm breiten Streifen würde ~ 1,5 kp (inkl. Vorspannung) betragen.

In Bezug zur Festigkeit des Tuches ist das völlig unbedeutend. Die elastische Dehnung wäre bei dieser Belastung aber schon 3%.

Zugfestigkeit von Tuchen

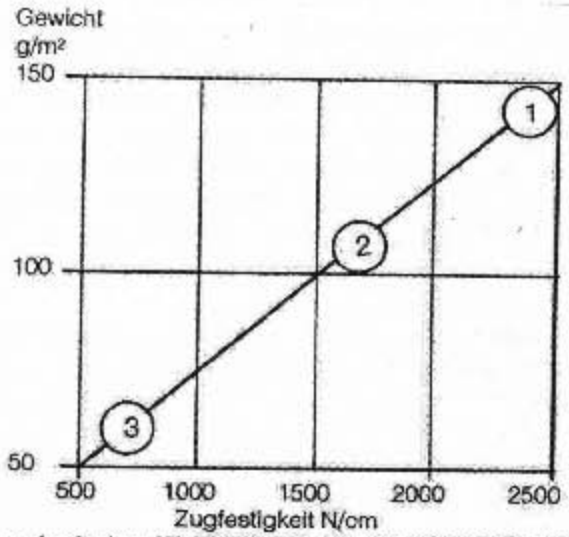
Baumwolltuch soll hier nicht beschrieben werden, da ich es für eine Neubespannung heute nicht mehr verwenden würde. Das Arbeiten damit ist nicht nur zeit- und materialaufwendiger, es erfordert auch wesentlich mehr Geschicklichkeit.

Unsere synthetischen Fasern bestehen aus dem Grundstoff Polyterephtalat (auch bekannt unter Polyester). Die bekanntesten Hersteller dieser Fasern sind:

Du Pont (Dacron) und Glanzstoff AG (Diolen).
Außerdem gibt es noch verschiedene Weberein wodurch ebenfalls noch Festigkeitsunterschiede herauskommen. Man sollte deshalb nicht unbedingt am Tuch sparen.
Das bekannteste Dacron-Tuch für uns ist unter der Marke >Ceconite< bekannt. Es hat zudem den Vorteil, dass es von der FAA zertifiziert ist und ständig kontrolliert wird.

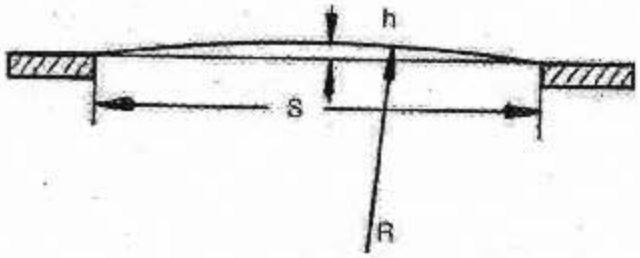
Verwendet man aber ein anderes Material, kann man trotzdem von einer bestimmten Festigkeit ausgehen.

Die Zugfestigkeit ist abhängig von der Fadenstärke was sich im Tuchgewicht niederschlägt. Man kann etwa von den Werten des nachfolgenden Diagramms ausgehen:



es bedeuten: (1) CECONITE 101, (2) CECONITE 102, (3) CECONITE 103

Zwischen der Aufbauchung (h) durch die Flächenlast = Flächendruck (p) und der Randspannung ($\square_R$) besteht ein fester Zusammenhang. Wird eine Fläche gleichmäßig mit Druck beaufschlagt, wölbt sie sich durch. Ein Schnitt dadurch gleicht etwa einer Parabel, in unserem Fall kann man auch einen Kreisabschnitt annehmen.



Die in diesem Kreis auftretende Spannung kann man nach folgender Formel berechnen:

$$s = \frac{R \cdot p}{s}$$

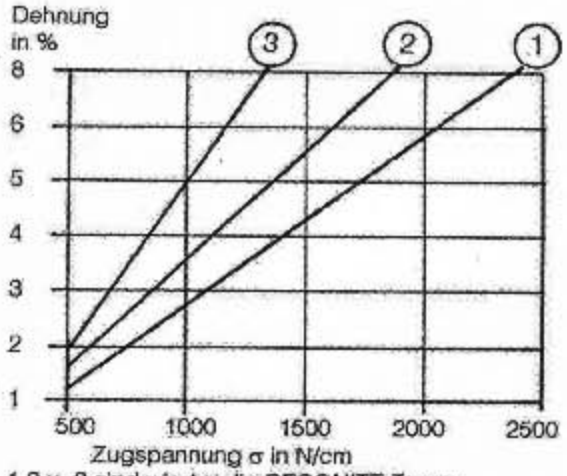
R = Kreisradius, p = Flächendruck, s = Sehnenlänge

Den Radius kann man berechnen nach der Formel:

$$R \sim \frac{S^2 + 4h^2}{8h}$$

(hier ist N/cm statt N/cm² üblich, da der Tuchquerschnitt von mehreren Faktoren abhängt und deshalb schwierig zu ermitteln ist)

Man spricht hier auch von der Reißlänge, d.h. einer Länge (cm) des Tuches, auf die die Reißkraft in N bezogen ist.



1,2 u. 3 sind wieder die CECONITE-Typen.

Anzumerken wäre, dass die durch die Tuchvorspannung zwecks Glättung erzeugte Spannung etwa 3-4 mal größer ist als die der Flächenlast.

Diese Spannung addiert sich also zur Flächenlast.

Die maximale Schälkraft der Klebung, die auch in Zusammenhang mit der Haftfestigkeit auf Zug steht, muss diesen Kräften widerstehen, und das mindestens mit 4-facher Sicherheit.

Bei meinen Versuchen habe ich festgestellt, dass bei Klebung mittels Klebelack eine maximale Schälkraft von 9 N/cm und mittels Kautschukkleber von 17 N/cm zu erwarten ist.

Die Ablösung bei tangentialem Zug erfolgt bei ca. 40 N/cm mit Klebelack und bei ca. 70 N/cm mit Kautschukkleber.

Es ist also leicht zu erkennen, dass die Festigkeit des Tuches weit darüber hinausgeht.

Spannlack

Der Spannlack hat zwei Aufgaben: Er soll die Spannung im Tuch noch geringfügig erhöhen durch Schrumpfung. Ein anderer Lack, z.B. DD-Lack unmittelbar aufgetragen, würde die durch

Wärme erzielte Spannung eher wieder verringern, da er in die Fäden und Zwischenräume eindringen, diese quellen lassen, aber anschließend nicht schrumpfen würde. Der Spannlack dient somit auch als Grundlack und verschließt erst mal alle Hohlräume.
Ist das Tuch mit Spannlack versehen, kann mit der eigentlichen Lackierung begonnen werden.

In manchen Anleitungen wird oft darauf hingewiesen, vor der Lackierung auch die Tuchflächen erst anzuschleifen. Das ist gefährlich, wenn man an den Übergängen nicht vorsichtig genug ist! Man kann all zu schnell an den Kanten das Tuch an- und sogar durchschleifen. Ein Bruch ist dann vorprogrammiert.
Sollte der Spannlack schon etwas eingedickt sein, dann sollte man ihn verdünnen, damit er auch ins Gewebe eindringt.

Ich trage Spannlack, nicht wie häufig empfohlen, mit dem Pinsel, sondern mit der Schaumwalze auf. Auf der Ablauffläche der Wanne kann man durch mehrmaliges Hin- und Herbewegen überschüssigen Lack aus der Walze entfernen und mit nur angefeuchteter Walze den Spannlack auf das Tuch aufbringen. Das hat den Vorteil, dass man einen gleichmäßigen Auftrag erreicht und die unangenehmen Tropfen, die nach innen gehen, vermeidet.
Spannlacktropen lassen sich nie mehr entfernen und schön sind sie nicht gerade. Ihre Eigenart ist, dass sie sich auch nach außen hin zeigen, da das Gewebe an dieser Stelle anschwillt.
Der Spannlack sollte in 4-5 Schichten, nass in nass aufgetragen werden.

Auch nach dem Auftrag sollte das Tuch noch eine deutliche Gewebestruktur zeigen. Darauf hält dann auch der weitere Lackauftrag, sogar ohne Anschleifen. Sind aber glänzende Stellen vorhanden, muss man leicht aufrauen, am besten mit einem Schleifpad und nicht mit einem Schleifklotz.

Noch ein Hinweis: An kühlen Tagen mit besonders hoher Luftfeuchtigkeit sollte man keinen Spannlack auftragen, insbesondere wenn er verdünnt ist. Die Verdunstung der Verdünnung erzeugt Kälte und die kann im Extremfall Kondenswasser erzeugen, das wir dann in den Lack mit einarbeiten würden. Das ist nicht gut für die Lackierung und kann unschöne Flecken erzeugen.

Spannlackverbrauch

Wenn man ihn sorgsam mit der Walze aufträgt, kommt man mit 100 – 150 g/m² aus.
Wichtig ist, dass das Tuch nachher dicht ist, also keinen Lack mehr aufsaugt.

Immer wieder kommt die Frage: Soll man eine Schicht mit Alupulver auftragen ?
Ich halte das für falsch, da der weiße DD-Lack (ein anderer Lack ist bei bespannten Flächen nicht zu empfehlen) bereits UV-Strahlen zurückhält.
Hier eine alte Weisheit:
Selbst wenn man farbig lackieren will, sollte man erst weiß grundieren, da die Farben dann schöner und gleichmäßiger herauskommen.

Vernähen

Wer sich schon einmal mit der "christlichen Seemannschaft" befasst hat, weiß, dass dort das Thema "Knoten" eine ganz wichtige Sache ist. Es gibt dort ganz große und viel bewunderte Meister und Könner. Die Zahl der möglichen Knoten ist Legion.
Die "Spezialisten im Knoten" gibt es auch bei Flugzeugbauern, ich sehe das (obwohl ich eine Unmenge Knoten beherrsche, siehe Seefahrt) mit anderen Augen.
In unserem Fall geht es weniger um Knoten, sondern um zusätzliches Anbinden des Tuches an die Rippen, sollte einmal die Verklebung nicht mehr halten.
Wohlgemerkt: Das gilt aber nur für einen ganz, ganz kurzen Zeitraum !

Hat man festgestellt, dass sich eine Verklebung gelöst hat, muss diese Stelle sofort repariert werden, bevor die Fetzen fliegen !
Die Vernähung sollte kein Teil der Sicherheit sondern nur zusätzliche Sicherheit sein. Anders ausgedrückt: Die Bespannung muss auch ohne Vernähung halten.
Unvergleichlich mehr Sicherheit würde eine breitere, d.h. größere Klebefläche ergeben.

Was ich ebenfalls nicht verstehen kann ist, was ein Stichabstand von 70 mm (21/12" wird z.T. empfohlen) soll ?
Ein Faden alle 70 mm hält auch nichts mehr, wenn sich die Bespannung dazwischen gelöst hat, allenfalls, dass der Faden(vorausgesetzt er

ist stark genug) an dieser Stelle das Tuch aufreißt.
Die Zahl der Fäden muss in kleineren Abständen Tuch und Rippe umschlingen, soll eine Sicherheitsfunktion eintreten. Sonst ist es wie mit der Artillerie:
Trifft sie, haut sie alles kaputt. Trifft sie nicht, bleibt nur die moralische Wirkung.

Sollte aber in einer Bauvorschrift, z.B. bei der Renovierung eines Oldtimers eine Vernähung vorgeschrieben sein, soll Nachfolgendes dabei helfen:

Das Vernähen sollte während des Aufbringens der Bespannung erfolgen. Da es sich hier um eine sicher stark beanspruchte Bespannung handelt, empfehle ich, die Klebung mittels Kautschuckkleber vorzunehmen.

Man fängt an einem Ende (Wurzelrippe oder Flügelrand) mit dem Kleben und Vernähen an.
Zuerst verklebt man mal bis zur ersten Schlinge der Vernähung, und dann wird diese vernäht.

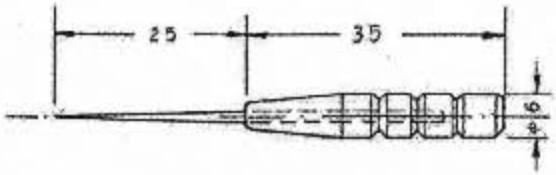
Sollte man vorhaben, beispielsweise nur die Unterseite (etwa eine negativ gewölbte Fläche) zu vernähen, kann man dort die ganze Bespannung ankleben und anschließend vernähen, bevor man die obere Seite bespannt.

Die Vernähung wäre einfacher, wenn wir mit Klebelack kleben würden; aber ich gehe davon aus, dass wir uns für den besseren Kautschukkleber entschieden haben.

Wichtig ist, dass wir das Tuch unmittelbar an der Rippe durchstechen und das ist mit einer Nähnadel nicht ganz einfach. Ich empfehle deshalb, dass wir uns eine kleine Ahle machen, mit der wir ein präzises Loch dort vorstechen, wo die Nähnadel hindurch soll. Dieses Loch kann ruhig etwas enger sein als die Nähnadel.

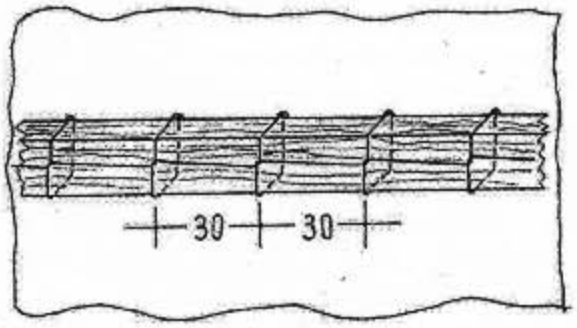
Den Griff der Ahle können wir aus einem Stück Rundmaterial herstellen, in den wir eine Bohrung einbringen, die etwas größer als eine Nadel ist. Die Nadel kleben wir dann mit Epoxydharz oder LOCTIDE ein.

Der Griff gestattet uns, die Ahle (Nadel) präzise zu führen.



Man kann auch eine große Stecknadel dazu benutzen.

Die einfachste Stichführung auf der Innenseite der Rippe könnte dann so aussehen, aber sie ist nicht sehr effektiv.



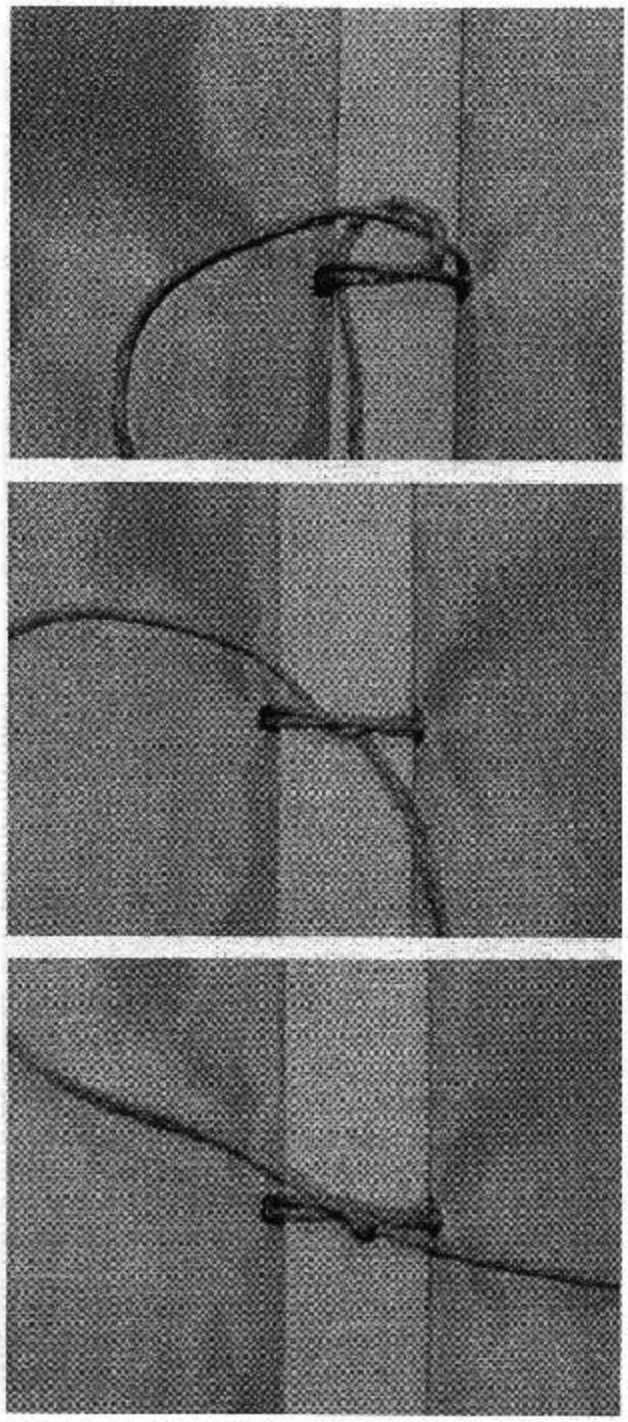
Auf alle Fälle muss dabei die Unterseite, vor allem der Verbindungsfaden angeklebt werden.

Statt alle Schlingen mit einander zu verbinden, empfehle ich, jede Schlinge einzeln zu binden.

Es gibt unendlich viele Knoten, wir sollten aber nicht die der „Künstler", sondern Jahrtausende bewährte Seemannsknoten verwenden.

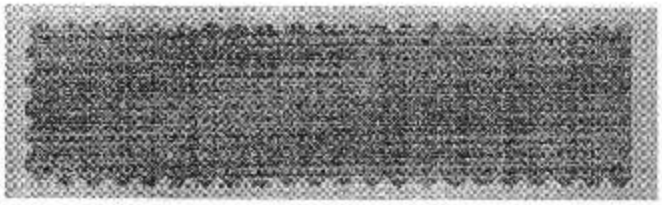
Zum Knoten auf nachfolgender Seite:

Zuerst legen wir zwei Schlingen, dann schieben wir eine Schlaufe des einen Fadenendes unter der Schlinge durch und ziehen das andere Fadenende durch die Schlaufe.
Nun ziehen wir die beiden Fadenenden fest und legen damit noch obendrauf einen einfachen Knoten.
Das Ganze wird gleich wieder mit Kleber gesichert.

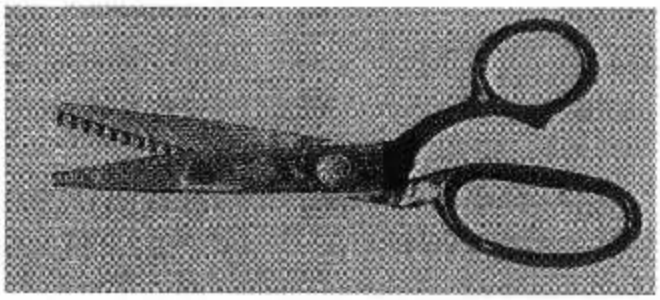


Auf der Außenseite sind jetzt natürlich die einzelnen Schlingen sichtbar und auch einer möglichen Beschädigung ausgesetzt. Vielfach wird deshalb ein so genanntes Zackenband darüber geklebt.

Sinn der Zacken soll sein, dass eine längere Klebekante entsteht, um ein Ablösen durch den Fahrtwind zu erschweren.



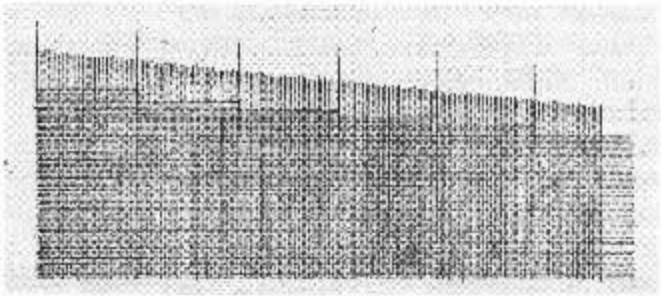
Um den gleichen Effekt an den Tuchrändern zu erzielen, werden auch Tuchkanten mit Zacken geschnitten. Um dies zu rationalisieren, hat man die Zackenschere (siehe nachfolgendes Bild, sehr teuer) erfunden.



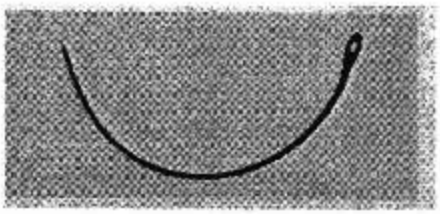
Es gibt aber eine noch einfachere, effektvollere und billigere Methode, die Haftung des Tuchrands zu erhöhen, nämlich den Tuchrand mit Fransen zu versehen.
Man zieht einfach die letzten 5 – 7 Querfäden aus dem Tuch heraus.

Das geht sehr leicht, wenn der Tuchrand parallel zum Faden verläuft.

Ist dies nicht der Fall, muss man etwa alle 3 – 5 cm einen kurzen Schnitt, quer zu diesen Endfäden einschneiden, wie nachfolgend dargestellt.



Die abgebildete krumme Nähnadel kann beim Vernähen wertvolle Dienste leisten.

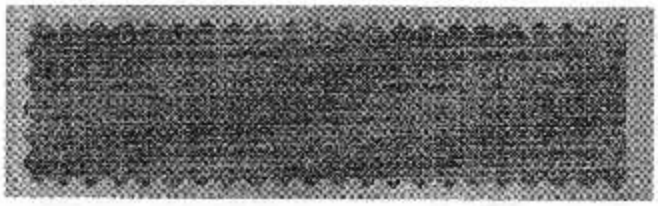


Schlingenabstand

Der Schlingenabstand sollte so sein, dass sich Fadenfestigkeit und Haftung der Klebung gleichen.
Beispiel:
Fadenfestigkeit 2 x 10 = 20 kp, dazu eine Klebefläche von 4 cm² mit einer Haftung von 5 kp/cm².
Das ergibt bei einer Rippenbreite von 15 mm einen Stichabstand von 3 cm oder weniger.

Wenn wir den Faden nach dem Vernähen auf der Innenseite gleich mit Klebe- oder Spannlack bestreichen, somit an der Rippe festkleben, sind auch unsere Knoten unlösbar, selbst wenn der Faden mal an einer Stelle reißt.

Tuch vorspannen



Dacron bzw. Diolen lässt sich durch mäßiges Erhitzen sehr gut spannen.

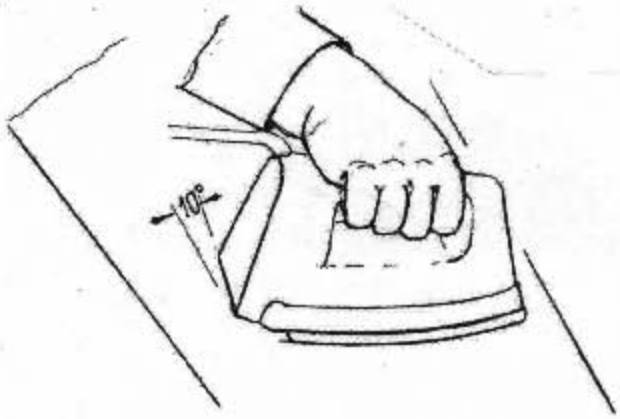
Manche empfehlen dazu Heißluft, besser aber ist ein Bügeleisen.
Es sollte auf etwa 200 °C aufgeheizt werden. Bügeleisen haben heute meist einen Regler, der aber nicht sehr präzise regelt und auch nicht auf eine bestimmte Gradzahl, sondern auf "Wolle", "Leinen" oder "Seide" einstellbar ist.
"Wolle" dürfte die richtige Einstellung sein, aber man sollte sich das erste Mal langsam herantasten.
Am besten probiert man es an einem Abfallstreifen des Bespanntuches aus. Auf keinen Fall darf das Tuch verbrennen.

Wie nachfolgend gezeichnet, hält man das Bügeleisen etwa 10° geneigt, so dass nur die Kante des Eisens das Tuch berührt. Die Hitze der ganzen Fläche strahlt trotzdem auf das Tuch ein.

Knicke im Tuch lassen sich durch mehrmaliges Darüberstreichen herausbügeln. Eine genauere Beschreibung folgt weiter hinten.

Noch zwei Tipps:

Bespannte Flächen sollte man nach Möglichkeit nicht spachteln, denn Spachtelmasse verändert an dieser Stelle die Elastizität des Tuches. Besser ist, die Klebeflächen vorher genau zu bearbeiten und wenn es nicht anders geht, vor dem Bespannen spachteln und schleifen.



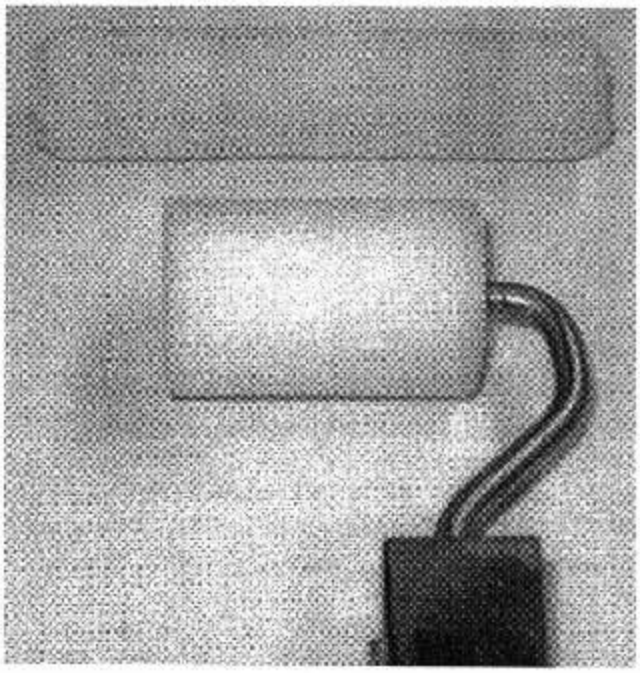
Wenn man, zum Zwecke der Belüftung bzw. eines Druckausgleichs Löcher in die Bespannung einbringen muss, geht dies am besten mittels einer Lötspitze.
Rund um die Lötspitze schmilzt das Dacron und verhindert ein Ausfransen des Tuches, da die einzelnen Fäden miteinander verschmolzen werden.

Nun muss das Tuch anschließend mit Spannlack behandelt werden, obwohl es ja eigentlich vom Bügeln her schon ausreichend gespannt ist.
Diese Maßnahme ist unbedingt nötig, denn würde man gleich mit einem anderen Lack über das Tuch gehen, würde sich dieses damit voll saugen und die Spannung wäre verloren.
Spannlack ist ein spezieller Lack, der zwar auch vom Tuch aufgesogen wird, aber anschließend stark schrumpft, wodurch das Tuch gespannt bleibt.
Der Spannlackverbrauch liegt bei mindest 150 g/m² und sollte 230 g/m² nicht überschreiten.

Weiterer Hinweis: Nicht bei sehr kühlen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit lackieren, das Tuch sollte trocken sein, damit die Fäden auch durchtränkt werden.
Solange es noch Spannlack aufnimmt, erscheint das Tuch so als würde es feucht sein. Ist es gesättigt, bekommt es einen leichten Glanz.

Das Tuch darf auf keinen Fall geschliffen werden, da sonst die Fäden beschädigt werden und Fasern hoch stehen.
Bevor man weiter mit Decklack arbeitet, kein Acryl- oder Emaillack, sondern nur mit DD-Lack, muss der Spannlack mindestens 24 Stunden

getrocknet sein, bei niedrigen Temperaturen noch länger .
Es gibt verschiedene Methoden, zu Lackieren. Spritzlackierung ist meist nur etwas für „Profi", die meisten von uns haben weder eine Anlage noch den geeigneten Raum dazu. Mit dem Pinsel zu lackieren ergibt meist keine befriedigenden Ergebnisse, weil der Auftrag nicht sehr gleichmäßig wird, ich empfehle die Walze.
Walze ist aber nicht gleich Walze. Nachfolgend sind zwei Arten dargestellt, die Schaumstoffwalze (unteres Bild), mit ihr sollten wir den Spannlack auftragen, und zwar sehr sparsam in mindestens vier, besser in fünf Vorgängen.
Für die Decklackierung sollten wir eine Gewebefaserwalze verwenden, nicht zu verwechseln mit der Fellwalze. Sie hat zwar auch eine Art Fell, das aber sehr gleichmäßig und kurz geschoren ist. Will man absolut sicher gehen, dass sich im Fell weder Staub noch andere Fremdkörper befinden, kann man die Walze zuerst mit ACETON auswaschen.
Die Schaumstoffwalze ist für die Endlackierung nur bedingt geeignet, sie kann sehr viele Luftbläschen erzeugen und das sieht schlecht aus.
Die Luftbläschen kann man aber während dem Lackieren beseitigen, wenn man mit einer sauberen Walze, die in ACETON getaucht wird, ganz leicht über die frisch lackierte Fläche walzt. Die Bläschen platzen sofort und bilden nachher keine Krater.



Wir tragen zwei Schichten DD-Lack auf, jeweils 150 – 170 g/m². da es sich um einen Zweikomponentenlack handelt, muss nach Härterzugabe und „sanftem" rühren der Lack erst reifen. Man lässt ihn je nach Temperatur, bei < 20°C eine Stunde und bei höherer Temperatur eine halbe Stunde ruhen, bevor man beginnt. Der zweite Auftrag kann etwa zwei Stunden nach dem ersten erfolgen.
Noch besser ist die Lackierung mit Lackierkissen, die weiter hinten noch beschrieben wird.
Soll farbig lackiert werden, empfehle ich als erste Schicht weiß zu lackieren, die Farben kommen nachher besser und einheitlicher heraus.
Die gesamte Lack- Palette gibt es von IRSA-Lackfabrik, Deisenhausen, Tel. 08282-89440
Auch Friebe Luftfahrtbedarf bietet sie an.

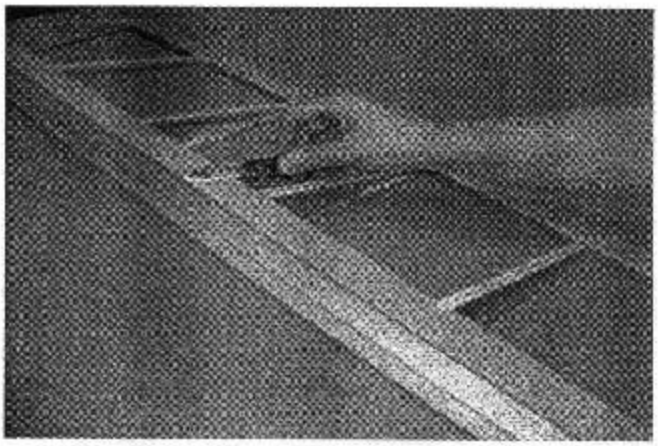
Arbeiten mit Klebelack

Wie bereits erwähnt, arbeitet es sich mit Klebelack einfacher. Ursprünglich war es die einzige Methode, beim Bespannen das Tuch anzukleben.
Man verwendete dazu den damals bekanntesten synthetischen Lack aus Zellulose, in verschiedener Konsistenz. Dickflüssig als Kleber, dünnflüssiger als Spannlack.

Zunächst muss das zu beklebende Teil (Flügel oder Ruder, bzw. die Klebestellen) mindestens dreimal mit Klebelack eingestrichen werden.

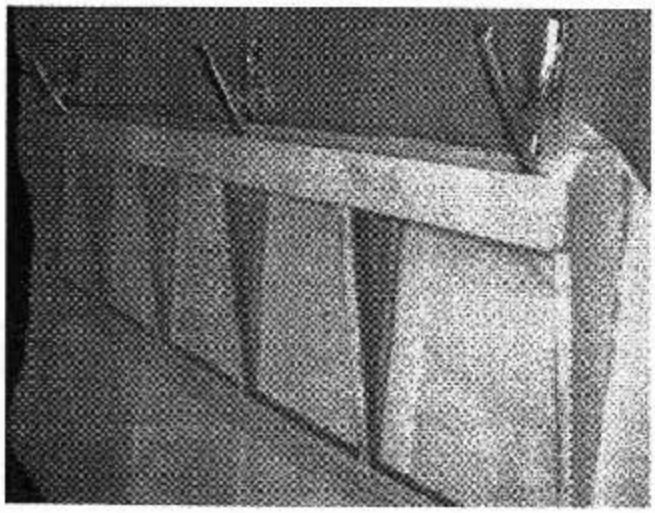
Bevor man nun das Tuch auflegt prüft man mit den Fingern, ob Staubkörner oder aufstehende Fasern für eine Unebenheit sorgen, die sich nachher durch das Tuch abmarkieren könnten.

Solche hervorstehende Teile entfernt man am Besten mit einem (nicht allzu scharfen) Messer.



Wo soll man nun mit dem Kleben beginnen ?
Bei einem Ruder empfehle ich , das Tuch um die Hinterkante zu schlingen und dann nach vorne weiter zu arbeiten.

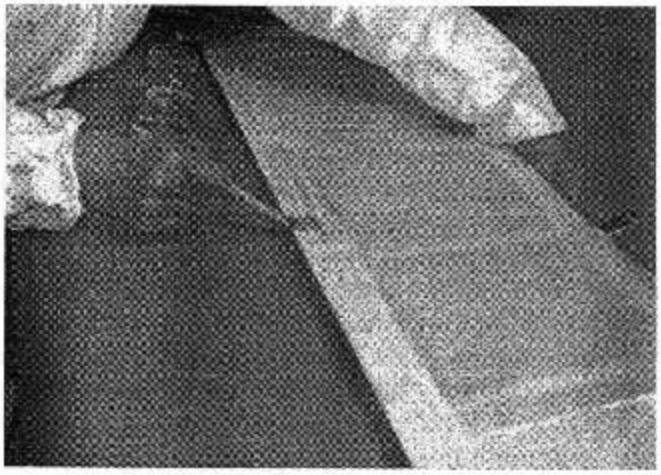
Wir können zuerst das eine Tuchende an der Vorderseite mit Klammern (Klebestreifen o. ä.) provisorisch befestigen und schlagen es anschließend um, so dass die andere Hälfte dann auf dem Ruder liegt.



Nun können wir mit dem Klebevorgang beginnen:
Die Klebung erfolgt, indem wir mittels Verdünnung den vorher aufgetragenen Klebelack durch das Tuch hindurch anlösen, der dann in das Tuch eindringt.

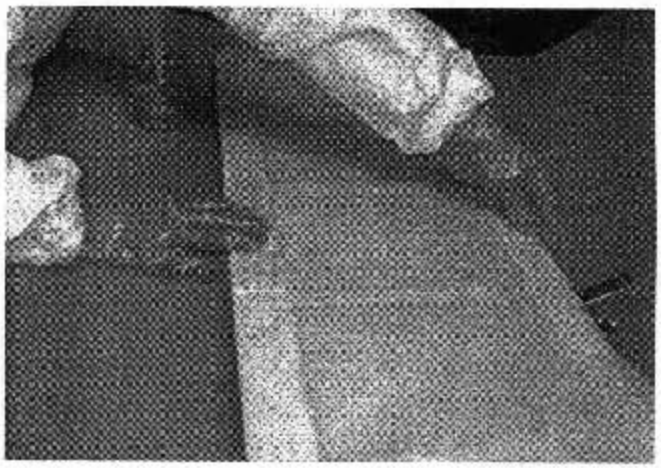
Dazu benützen wir einen kleinen Pinsel, den wir in die Verdünnung eintauchen und diese dann auf der Klebestelle verteilen.

Keine große Fläche sondern maximal 100 cm².



Anschließend muss das Tuch angerieben werden, während die Verdünnung soweit verdunstet, dass das Tuch kleben bleibt.

Eine Hand spannt das Tuch, und die andere reibt es fest.



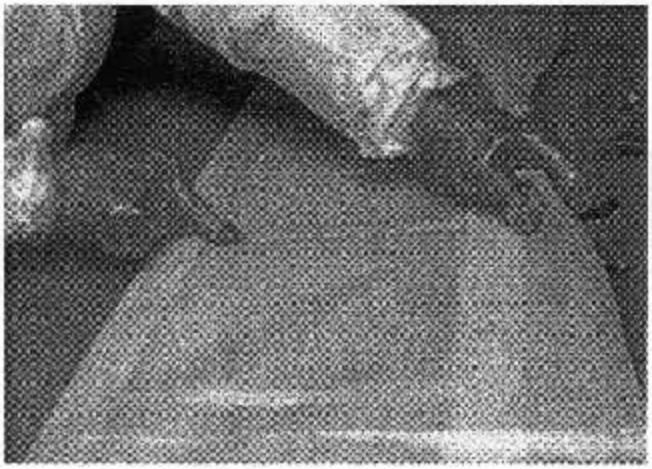
Natürlich fängt man damit in Rudermitte an und arbeitet sich dann weiter zu den Rändern hin, damit man nachher nicht eine Reihe Falten übrig hat.

Leider musste ich ein Tuch verwenden, das mehrmals zusammengelegt war, wodurch viele Knitterfalten vorhanden waren.

Man darf solche Knitterfalten in keinem Fall vorher ausbügeln, da sonst die Eigenschaft, sich unter Wärmeeinfluss zusammen zu ziehen, verloren gehen würde.

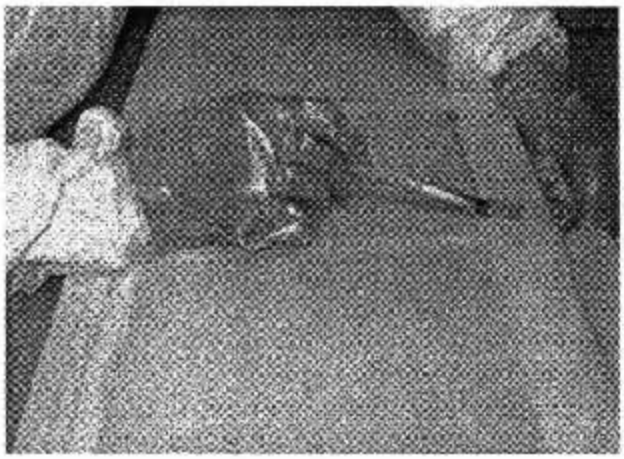
Diese Falten werden nachher bei der Wärmebehandlung ausgebügelt. Das ist auch der Grund dafür, weshalb ich zur Erzeugung der Tuchspannung keinen Föhn, sondern das Bügeleisen empfehle.

Es folgen dann die Rippen, sie werden genau so behandelt, von der Endleiste bis zu Holm des Ruders.
Man wird versuchen, das Tuch möglichst faltenfrei zu spannen, aber keine zu große Spannung erzeugen.

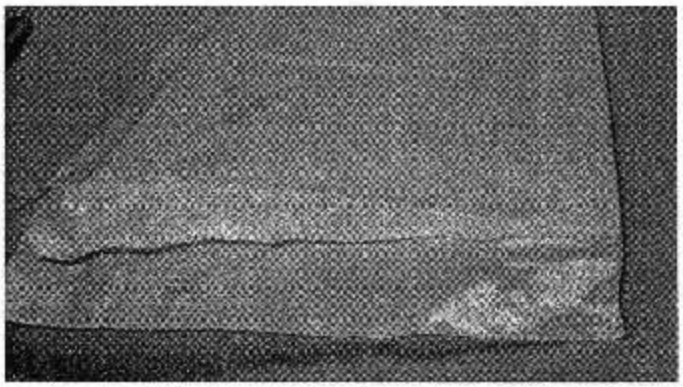


Nun werden wir die Klebung noch am Holm abschließen.
Von der Mitte aus arbeiten wir uns nun von Feld zu Feld weiter bis zur jeweiligen Endrippe.

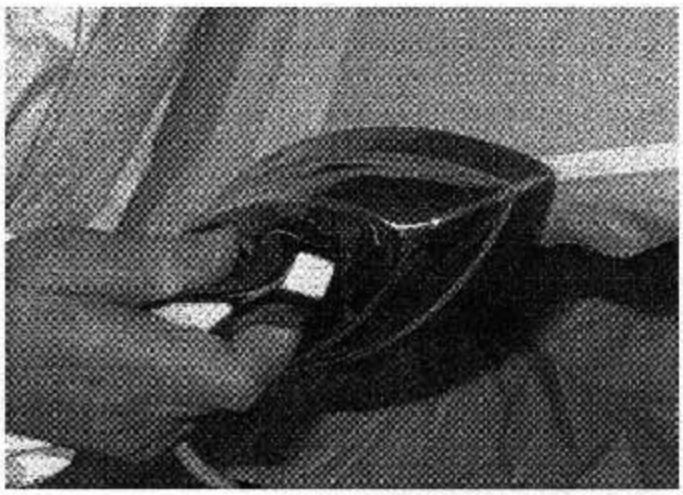
Je ein Feld wird nun abgeschlossen und auch am Holm festgeklebt, bevor wir zu nächsten Feld weiter gehen.



Haben wir bis jetzt den Tuchrand großzügig überstehen lassen, muss nun das Dreieck des der Endrippe zugeschnitten werden.

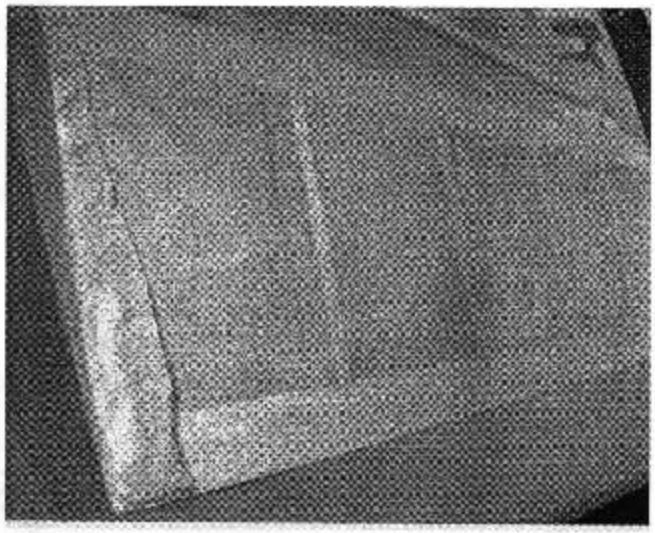


Anschließend kann das Tuch an der Endrippe angeklebt werden.
Von Vorteil ist es, wenn wir vor dem Kleben das Tuch an die Endrippe anbügeln.



Wenn dieser Tuchteil festgeklebt ist, braucht er keine Schrumpfung mehr, es ist aber besser, wenn er bereits flach angeklebt ist.

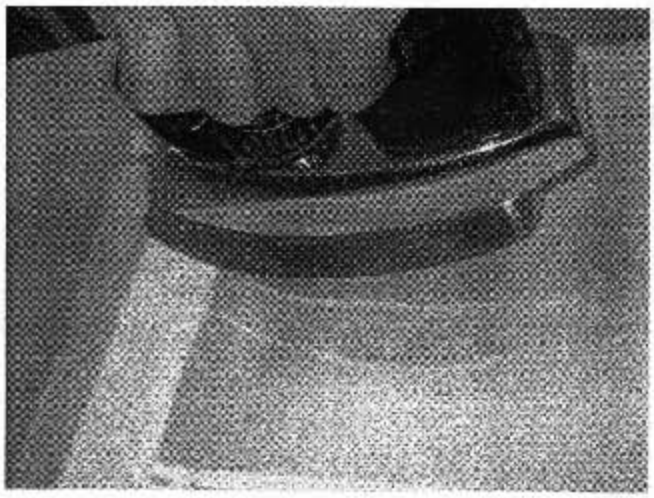
Eine Seite haben wir nun geklebt und wiederholen die gleiche Prozedur auf der anderen Seite.
Auch das Tuch an der Endleiste wird von der anderen Seite her, ein zweites mal festgeklebt, dabei müssen wir unbedingt vorher über das Tuch von der ersten Seite Klebelack auftragen, sonst findet keine Verbindung statt.



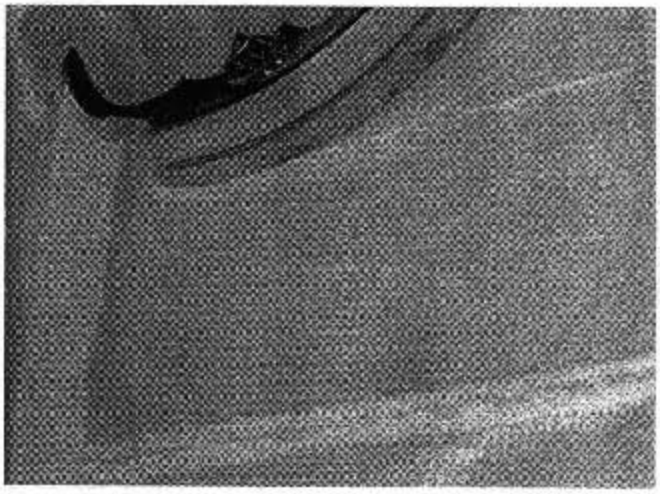
Überstehendes Tuch kann nun vorsichtig auch mit einem scharfen Messer abgeschnitten werden.
Besitzt der Holm des Ruders einen U- förmigen Querschnitt, wird auch darüber das Tuchende angeklebt.

Thermisches Spannen

Wie bereits erwähnt, erledigen wir das am besten mit dem Bügeleisen.
Wir stellen auf eine mittlere Temperatur ein, es darf nicht so heiß sein, dass das Tuch schmilzt oder gar verbrennt. Probieren Sie es erst mit einem kleinen Tuchrest.



Auf der Endleiste oder am Holm können wir das Bügeleisen flach aufliegen lassen und Falten glatt bügeln.
Zwischen den Rippen aber sollten wir das Tuch nur mit der Kante berühren, ohne einen zu starken Druck auszuüben.
Bei Knitterfalten bügeln wir mit der Kante mehrmals über die Falten, bis sie sich glätten



Wenn wir mit dem Bügeln durch sind, beginnen wir den Spannlack aufzutragen.

Spannlackieren

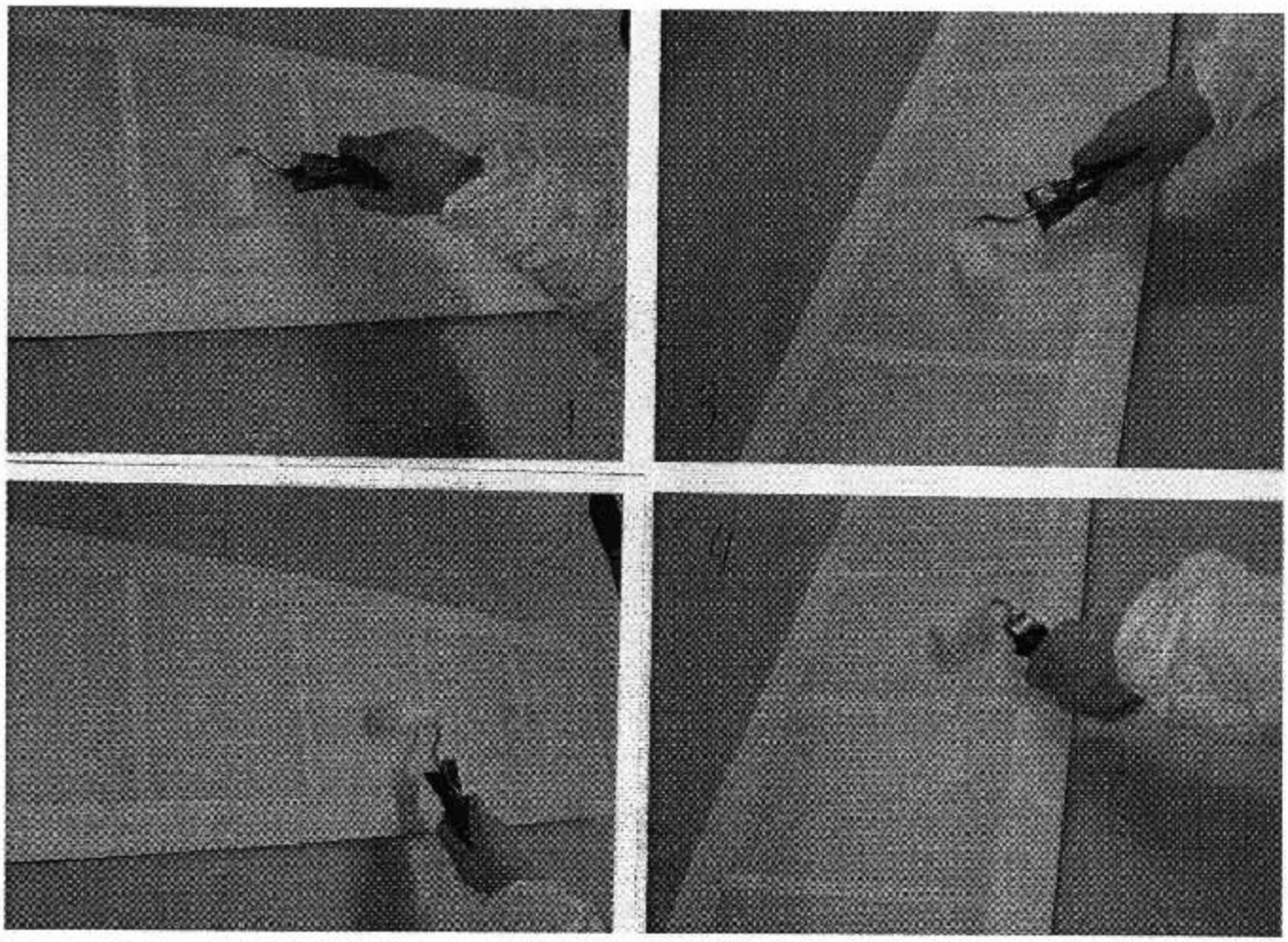
Als Klebe- und Spannlack wird ein klarer Zelluloseacetatbutyrat – Lack verwendet.
Es gibt nicht mehr viele Lackhersteller, die ihn Liefern, ich verwende immer den der Firma IRSA, Irmgard Sallinger Lackfabrik, (siehe Seite 29) den auch Friebe Luftfahrtbedarf (siehe Seite 31) anbietet.
Dieser Lack verträgt sich auch mit dem End-Lack, einem Polyurethanlack = DD – Lack.
Bei anderen Herstellern bzw. Lack – Kombinationen sollte man vorher die Verträglichkeit feststellen.

Den Lackauftrag könnte man z. B. durch Spritzen vornehmen, ich rate aber eher davon ab, da der Lack beim Spritzen verdünnt werden muss und deshalb keine gute Kontrolle vorhanden ist.
Wird zu viel Lack an einer Stelle aufgebracht, können sich Tropfen bilden, die an dieser Stelle sich in das Tuch saugen und auch nach außen als Tropfen abbilden, das ist unschön. Das selbe kann auch passieren, wenn man den Lack mit einem Pinsel aufträgt.
Die beste Erfahrung habe ich mittels Walze gemacht.

Beim ersten Anstrich sollte man den Klebelack etwas verdünnen, damit er gut in das Tuch eindringen kann.

Man kann die Walze erst einige male auf dem Ablaufteil der Wanne hin und her Walzen, bevor den Auftrag auf das Tuch beginnt.
Die Walze sollte gut getränkt sein, aber nicht tropfen.
Nachfolgend ist gezeigt, wie man das Walzen vornehmen soll. Man wird Feld für Feld bearbeiten und mit der Walze viermal darüber gehen (1-4)

erst links – rechts, dann vor und zurück, und noch mal über Kreuz diagonal.
Das ist wichtig, damit eine gleichmäßige Lack-Verteilung gewährleistet ist.
Wenn man mit einer Schicht durch ist, kann man anschließend die nächste, nass in nass wieder beginnen, bis man vier Schichten aufgetragen hat.



Wenn man die Flächen beschichtet hat, sollte das Tuch einen seidenmatten Glanz haben, die Fasern sollten noch gut erkennbar sein.

Darauf kann jetzt die Endlackierung aufgebracht werden. Ein Anschleifen der Bespannung ist meist nicht erforderlich, im Gegenteil sehr gefährlich, weil man das Tuch dabei beschädigen kann.

Endlackierung mit DD - Lack

Natürlich ist eine Spritzlackierung das Ideale, vorausgesetzt, man hat den geeigneten Raum und die Anlage dazu.

Um ein Optimum zu erreichen, muss eine Kabine vorhanden sein, in die gefilterte und meist geheizte Luft von oben zugeführt wird.
Gleichzeitig muss, die mit Lacknebel durchsetzte Luft unten wieder abgesaugt werden,

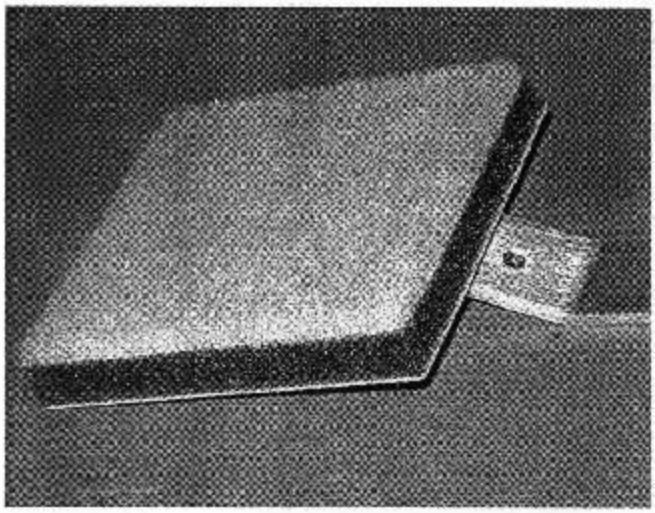
Die Spritzpistole sollte mit Druckluft arbeiten. Es gibt auch Pistolen(die Hersteller nennen sie vorsorglich Sprühgeräte), die direkt an die elektrische Steckdose angeschlossen werden können, ich denke, dass diese Geräte für eine saubere Lackierung ausscheiden.

Möglicherweise gibt es einen Hersteller, der ein brauchbares Gerät in seinem Programm hat,

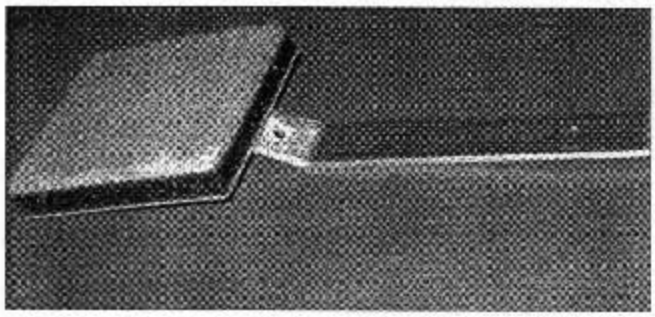
leider konnten wir zusammen keinen Versuch unternehmen, ich schien im zu uninteressant, als dass er dafür Zeit aufbringen könnte.
Wenn Sie also eine saubere Spritzlackierung vornehmen wollen, kann ich Ihnen nur empfehlen, mit dem Flugzeug zu einem professionellen Lackierer zu gehen. Wenn Sie mit DD-Lack lackiert haben wollen, sollten Sie den Lack mitbringen, da die Lackierer meist Autolacke verwenden, die weniger dauerelastisch sind.

Es gibt aber einen Ausweg !

Seit einigen Jahren gibt es **Lackierkissen**, wie nachstehend abgebildet:



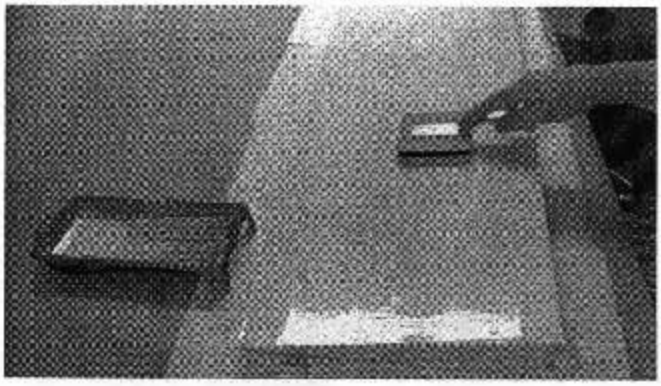
Das Lackierkissen besteht aus einem dünnen Kunststoffplättchen, auf das ein etwa 8 mm dickes Schaumkissen geklebt ist, und darüber wieder ein Velourteil.
Eine handliche Größe misst etwa 8 x 8 cm.



Es gibt geeignete Halter für diese Kissen, aber eigentlich kann man sich einen einfachen Bügel aus Flachaluminium zurechtbiegen und das Kissen mittels doppelseitigen Klebebands daran befestigen.

Ein solcher Bügel kann gegebenenfalls handlicher sein, als ein Griff, der oben auf dem Kissen sitzt.

Man muss das Kissen beim Lackieren flach über das zu lackierende Teil ziehen können.
Weiter empfehle ich eine kleine Lackierwanne, wie nachstehend abgebildet, zu verwenden.



Man hebt die Wanne etwas an, bis der Lack über das flache Ablaufteil läuft, und kann dann das Lackierkissen dort eintauchen.

Das Kissen wird nun über Kreuz über das zu lackierende Teil geführt, bis ein satter Auftrag erfolgt ist. Es entsteht nach meiner Erfahrung ein Lackauftrag, der sich neben einem gespritzten Auftrag sehen lassen kann.

Achtung !
Beim Zuschneiden der Kissen, können lose Fasern entstanden sein. Es ist deshalb ratsam, vor dem Lackieren das Kissen einige Male in Verdünnung zu tauchen und über eine Kante abzustreichen.

Bei richtiger Handhabung ist die lackierte Fläche nachher streifenfrei, da der Lack sehr glatt verläuft.

Hinweise zum DD-Lack

Der Lack besteht aus zwei Komponenten, dem eigentlichen Lack und dem Härter.
Meist (z.B. beim IRSA- DD-Lack) werden Lack und Härter im Verhältnis 2:1 gemischt.
Nach sorgfältiger Durchmischung muss der Lack mindestens 20 Minuten ruhen, damit die Reaktion der beiden Komponenten eingeleitet wird.

Mischen Sie nicht mehr Lack an, als Sie in etwa $1^1/_2$ Stunden verarbeiten wollen.

Während man, wann immer möglich, waagrecht lackiert und dabei einen satten Auftrag erzielt, sollte man bei vertikalen Flächen, z.B. an den Rumpfseiten, mit dem Auftrag etwas vorsichtiger sein.
Obwohl (im Gegensatz zur Spritztechnik) der **Lack unverdünnt** verarbeitet wird, können sich

bei zu sattem, vertikalem Auftrag, Tropfen und Schlieren bilden.

Weitere wichtige Hinweise !

Ihre Lackierung ist am Ende so sauber, wie Ihre Vorbereitungen, das heißt:
Für möglichst staubfreies Arbeiten ist zu sorgen. Da aber beim Schleifen immer Staub entsteht, muss dieser vor dem Lackieren sorgfältig entfernt werden. Am besten geschieht dies mit einem leicht angefeuchteten Tuch, das nicht fusselt.

Eine weiter Maßnahme wäre, den Fußboden vor Lackierbeginn anzufeuchten, damit wir beim Gehen keinen Staub aufwirbeln.
Wenn der Raum sehr verstaubt ist, kann man noch unter der Decke eine saubere Folie aufspannen.

Wenn z.B. bei vertikalen Flächen zwei Aufträge erforderlich sind, muss natürlich der erste Auftrag nach Aushärtung noch mal leicht angeschliffen werden. Auch hierbei sind die obigen Maßnahmen zu berücksichtigen.

Bei farbiger Endlackierung sollte immer erst weiß lackiert werden, weil der anschließende Farblack dann einheitlicher und leuchtender aussieht.

Reparaturen

Soll ein Flugzeug, oder auch nur ein Teil davon neu lackiert werden, sollten alte Lackreste entfernt werden. Es gibt zu diesem Zweck chemische Lackentferner, diese enthalten teilweise ätzende Substanzen, weshalb man damit vorsichtig umgehen soll. Nach einer Lackentfernung damit muss meist kräftig mit Wasser gespült werden. Auch bei noch so gründlicher Spülung kann nicht sicher davon ausgegangen werden, dass alle Säurereste entfernt sind, solche könnten anschließend noch viel Ärger bereiten.

Haftet der alte Lack noch einwandfrei, kann er direkt angeschliffen und darauf neu lackiert werden.

Vorher sollte man aber eine Probe durchführen, ob alter und neuer Lack einander vertragen.

Bei Bespannungen verbietet sich eine solche Abbeizung von selbst, da die Substanzen in das Gewebe eindringen können.

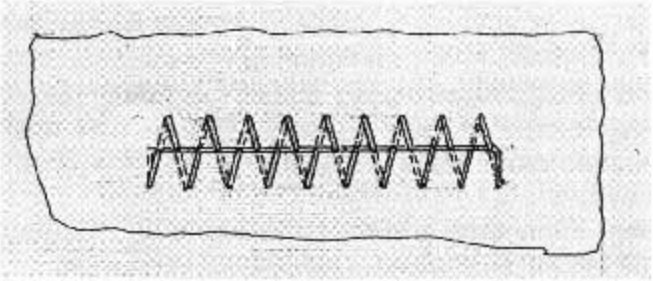
In einem solchen Fall ist es besser, wenn man auch gleich die Bespannung erneuert, die dann wieder lange ihren Dienst tut.

Manchmal muss auch nur ein entstandener Riss im Tuch geflickt werden.

Nachdem man die Stelle um den Riss herum angeschliffen und gesäubert hat, wird mit einem so genannten „Baseballstich" vernäht.

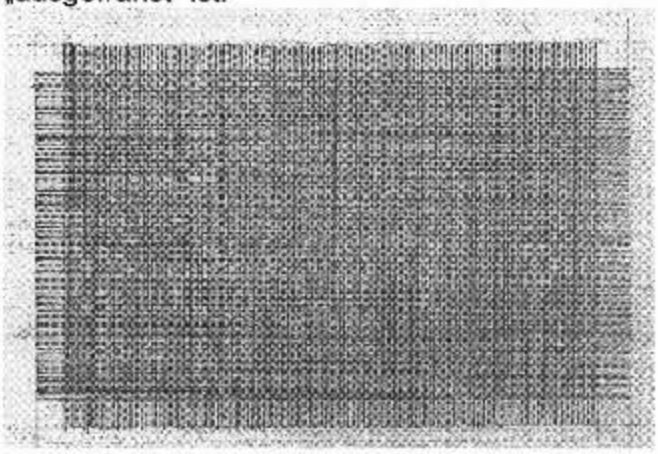
Die Einstichstellen sollte man vorher mit einer Nadel vorstechen, damit man mit der gebogenen Nähnadel dann auch von unten her an der richtigen Stelle einsticht.

Es wird im Wechsel einmal von oben und dann von unten der Faden eingeführt. Am Riss wechselt der Faden jeweils die Seite.
Die Beiden Fadenenden können dann unterhalb des Risses dazwischen gelegt werden.



Nachdem um die Nahtstelle genügend Klebelack aufgetragen wurde, kann der nachfolgend abgebildete Flicken aufgeklebt werden.

Wie bereits erwähnt könnte es ein Zackenstreifen sein, der aber nach der Endlackierung nicht so gut aussieht, und auch nicht so gut hält wie ein Flicken, der ringsum „ausgefranst" ist.



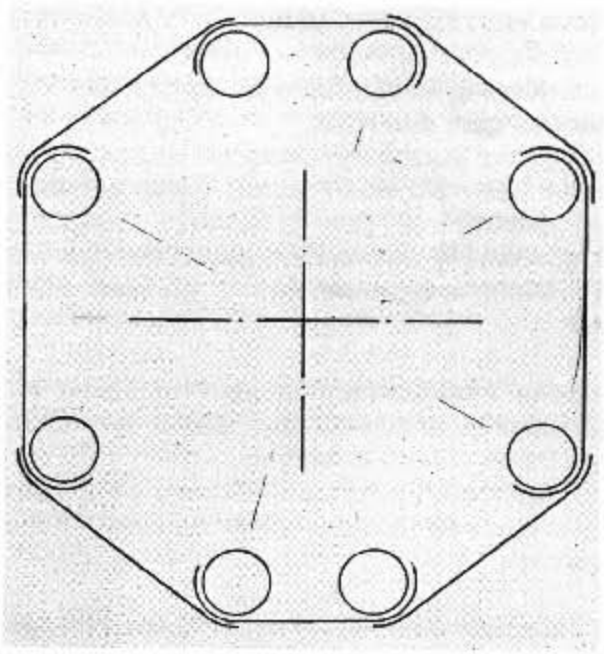
Nicht immer ist dabei eine Neulackierung des Flugzeugs verbunden, es genügt, wenn um die Flickstelle mit DD- Lack überlackiert wird.

Besonderheiten bei Metallrohr- Rümpfen

Würden wir um die Rohre einfach mit Tuch umschlingen, bekämen wir nur an den Tangenten ganz schmale Berührungen.
So schmale Klebestellen ergeben keine befriedigende Befestigung unseres Bespanntuches.
Auch eine anschließende Vernähung kann keinen befriedigenden Halt zwischen Tuch und Rohren erbringen.
Ich schlage deshalb eine Bespannung mit mehreren Streifen vor.

Wenn der Rumpfquerschnitt aus acht Rohren besteht, wie oben abgebildet, umschließt man zunächst jeweils zwei Rohre mit einem Streifen.

Nach Trocknung muss erst wieder an den Klebestellen neuer Klebelack aufgetragen werden, bevor man die restlichen Streifen aufklebt.

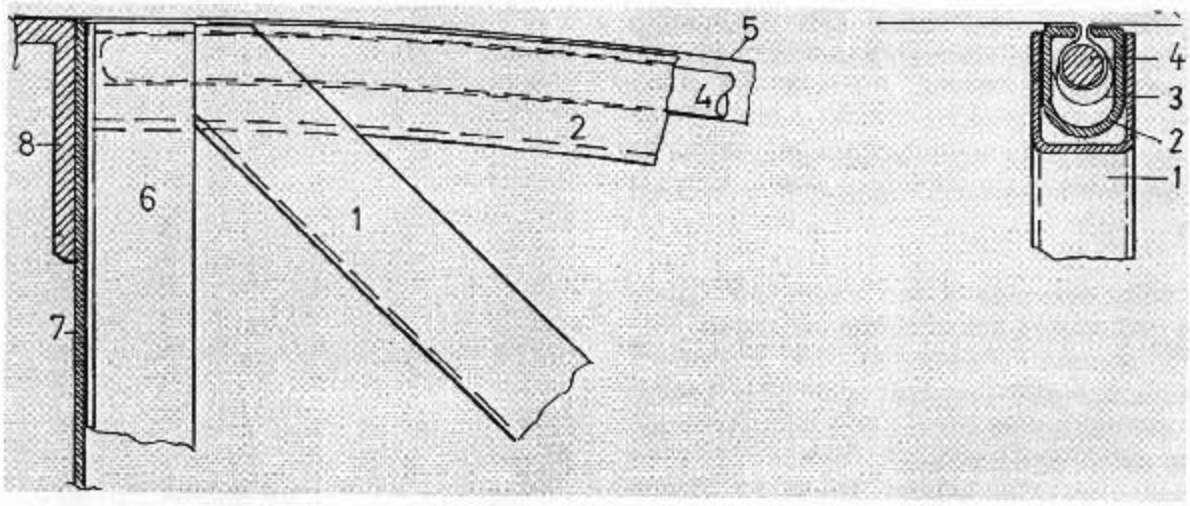


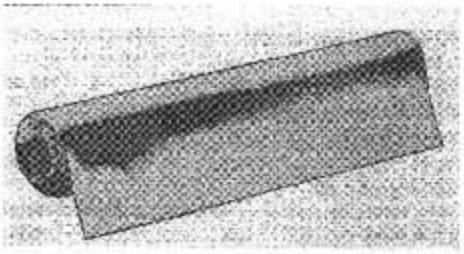
Tuchbespannte Metall-Flügel

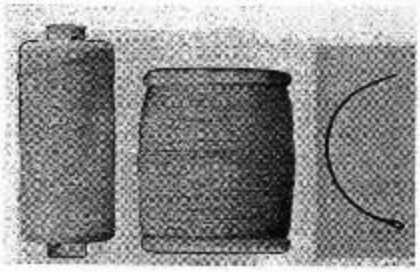
Bei Flugzeugen aus Metall, in der Regel Aluminium, muss man auch für eine ausreichend breite Klebefläche für das Tuch vorsehen.
Man kann dies erreichen, indem man Rippen mit einem T- förmigen Querschnitt verwendet.

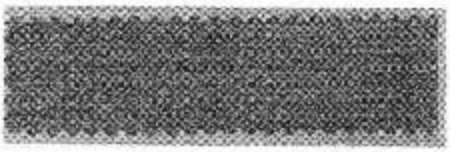
Beim russischen Doppeldecker AN-2 habe ich eine interessante Bespannung entdeckt.
Der Querschnitt der Rippen sieht ähnlich aus, wie in der nächsten Abbildung gezeigt.
Mit den Stegen (1 u.6) ist die Außenrippe (2) fest verbunden. Die Stege (6) dienen der Verbindung mit dem Holm (8) bzw. den Holmstegen (7)

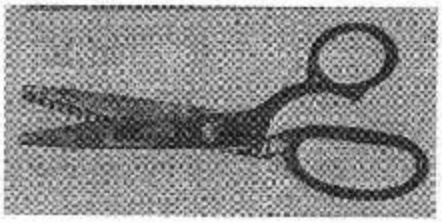
Das Blech der Rippe ist so gebogen, dass gegen das Tuch hin ein Schlitz von etwa 1,5 mm Breite bleibt.
In den Schlitz wird eine Schleife des Tuches mit Hilfe eines dünnen Blechs eingelegt, und anschließend vom Endholm her, durch eine Bohrung (3) ein runder Kunststoffstab eingeführt.
Wenn man jetzt jeweils das Tuch stramm zieht, verhindert der Stab, dass das Tuch wieder heraus kann.
Als Verklebung reicht nachher der Auftrag von Spannlack.
Eine solche Bespannung sieht sehr gut aus,
Wenn Sie die Möglichkeit haben, sehen Sie sich mal eine AN2 an !











Flugzeugbau- Material

Der große Lieferant für Luftfahrtbedarf ist die Firma Friebe in Mannheim, direkt am Flugplatz Mannheim.
Natürlich führt Friebe auch alle Artikel, die für eine Bespannung und auch Lackierung nötig sind.

Da sind zuerst die Bespanntücher >Ceconite< 101 und 102 Superflite und 104a das nicht zertifizierte. Sie sind in beliebiger Größe kurzfristig lieferbar.

Für alle, die das Tuch vernähen wollen, gibt es zwei verschieden starke Nähfaden und das Zubehör, insbesondere auch Nähnadeln.

Um die Naht zu überdecken, stehen verschieden breite Zackenbänder zur Verfügung, in verschiedenen Längen (Rollen).

Auch Zackenscheren sind erhältlich, die es im Eisenwarenhandel nicht gibt.

Für Flugzeugbauer, die in Holz bauen wollen gibt es einen altbewährten „Flugzeugleim" >AERODUX<, der den alten Bauvorschriften entspricht. Das ist interessant für alle, die ein historisches Flugzeug nachbauen oder reparieren wollen.
Die Zulassungsbehörden verlangen, dass dabei die gleichen Materialien verwendet werden.

Wer nach einem neueren Entwurf bauen will, kann auch Epoxydharz verwenden, das es ebenfalls bei Friebe gibt.
Auch wer in Faserverbundwerkstoff bauen oder reparieren will, der findet bei Friebe Harz und Verstärkungsmaterial.

Manchmal braucht man auch ein schnell härtendes Epoxydharz, das in 100 Gramm – Gebinden lieferbar ist,

Auch das Lack- Programm der Firma IRSA kann über Friebe bezogen werden.

Man könnte die Artikelreihe von Friebe beliebig fortsetzen, das würde aber den Rahmen sprengen.
Fordern Sie einfach einen Gesamtkatalog an bei:

Friebe Luftfahrt-Bedarf GmbH, City Airport,
68163 Mannheim Tel. 0621- 412408, Fax 0621- 416759

Produkte der IRSA – Lackfabrik Irmgard Sallinger GmbH

Die hier vorgestellten Produkte dienen der Oberflächenveredelung, vor allem dem Bespannen und Lackieren.

Zuerst muss das Bespanntuch auf Flügel und Rumpf festgeklebt werden. Wer sich etwas mehr Mühe geben will, verwendet dazu den **IRSA – Kautschukkleber**, er garantiert die höchstmögliche und dauerhafte Haltekraft zwischen Tuch und Bauteil.

Bei Leichtflugzeugen wird man damit in den meisten Fällen auf eine Vernähung verzichten können.
Der Kautschukkleber verträgt sich problemlos mit den IRSA-Lacken.

Wer nun etwas schneller Verkleben und Spannen will, kann auf den **IRSA – Klebelack** zurückgreifen.
In den meisten Fällen wird auch er die nötige Haftung zwischen Tuch und Bauteil vermitteln, aber es muss öfter an kritischen Stellen das Tuch vernäht werden.

Eine geringfügige Arbeitszeitverkürzung ergibt sich dadurch, dass man den Klebelack vorher mit einem Pinsel oder einer Rolle auf das Bauteil auftragen kann.

Die Klebung erfolgt dadurch, dass man durch das Tuch hindurch mit ACETON den Klebelack anlöst, der dann teilweise in das Tuch eindringt.

Die Bespannung ist erst dann perfekt, wenn anschließend an den Klebevorgang, das Tuch mit dem **IRSA – Spannlack** getränkt wird.

Heute werden zwar Tuche verwendet, die sich leicht durch Wärmeeinwirkung spannen lassen, dennoch muss vor dem Lackieren das Tuch mit Spannlack getränkt werden.

Würde man das Tuch sofort mit dem Endlack lackieren, würde es sich mit Lack voll saugen, es würde sich dabei wieder ausdehnen und die Spannung rückgängig machen.

Endlackierung

Im Gegensatz zu Autolacken bietet IRSA einen hervorragenden DD-Lack an.
DD-Lack hat den großen Vorteil, dass er elastischer ist, das kommt besonders der Tuchbespannung zu gute.

IRSA bietet eine ganze Palette an farbigen Lacken an.

Vor einer farbigen Lackierung sollte als Grund erst weiß lackiert werden, die Farben kommen dann einheitlicher und leuchtender heraus.
Wird statt Spritzen der Lack durch Walzen oder Streichen aufgetragen, ist die Deckung dichter und der Lack noch widerstandsfähiger.

Lieferant: **IRSA Lackfabrik Irmgard Sallinger GmbH,**
Telefon: 08282-89440, Fax 08282-894444, email: info@irsa.de

Pflege der lackierten Oberflächen

Segelflugzeuge werden meist nach jedem Flugtag gereinigt, um insbesondere die Flügel-Oberfläche sauber zu halten. Das ist aus aerodynamischen Gründen wichtig.
Eine Fläche ist um so leichter sauber zu halten bzw. zu reinigen, je glatter sie ist. Auch Umwelteinflüsse greifen eine raue Fläche mehr an als eine glatte.

Es ist also ratsam, die lackierten Flächen zu pflegen und zu versiegeln.

Die Firma ROTWEISS bietet hierzu eine ganze Palette von Mitteln an, zur Versiegelung, wenn nötig zum Schleifen und Polieren.
Es stehen folgende Produkte zur Verfügung:

ROTWEISS Hochglanzpolitur, silikonfrei.

ROTWEISS Lackreiniger, versiegelt die Oberfläche und besitzt eine sehr feine Schleifwirkung.

ROTWEISS Polierpaste, mit feiner Schleifwirkung.

ROTWEISS Schleif- und Polierpaste, mit mittlerer Schleifwirkung.

ROTWEISS Schleifpaste RUBIN mit sehr starker Schleifwirkung, die man nur dann anwendet, wenn die Oberfläche aufgearbeitet werden soll.

Da diese Produkte silikonfrei sind, kann, wenn nötig unmittelbar darauf neuer Lack aufgetragen werden.
Bei den feineren Schleif- bzw. Polierpasten sollten natürlich die Flächen vorher gründlich gereinigt werden. Haushaltsreiniger sollten dabei nicht angewendet werden, da sie oftmals Substanzen enthalten wie Säuren und Alkohole.
Besser ist es, wenn man nur mit klarem Wasser, wenn nötig mit Neutralseife reinigt.
Mit einem Hochdruckreiniger sollte man nicht herangehen, sondern mit Schwamm und einem sauberen weichen Tuch.
Die Firma ROTWEISS bietet darüber hinaus Polituren zur Pflege von Edelstahl, Aluminium und Chrom an. Sie können auch das nachfolgend abgebildete Pflegeset bestellen.

ROTWEISS Produkte erhalten Sie bei vielen Flugbedarfshändlern und direkt bei:

ROTWEISS Produkte, Josef Zürn,
Sandgraben 8, 88131 Lindau- Wsb.
www.rotweiss.com - email:
info@rotweiss.com

Nachdem Sie nun dieses Heft gelesen haben, möchten wir Ihnen Auch unsere anderen Schriften empfehlen.

Mehr als zehn Jahre schon erscheint die Zeitschrift > *Flugzeuge Selber bauen* < . Sie erscheint vier mal im Jahr und ist eine spezielle Zeitschrift für den Flugzeug- Eigenbauer. Sie behandelt Theorie Und Praxis gleichermaßen, stellt Konstruktionen und Material vor.

Gleiche Themen sind in Sonderheften zusammengefasst wie:

Flugphysik, **eine verständliche Erklärung aller physikalischen Vorgänge beim Fliegen.**
Flugzeugbau in Faserverbundwerkstoff,
Flugzeugbau in Holz,
Flugzeugbau in Metall,
Propeller. **Theorie und Herstellung**
Material- und Beschaffungshandbuch,
Flugzeugberechnung **mit Rechenprogramm**
Betriebshandbuch und Flugerprobung

Rufen Sie an unter Telefon + Fax 07532-9436

VERLAG GOLDBRUNNER OHG