



**suter-kunststoffe ag**  
[www.swiss-composite.ch](http://www.swiss-composite.ch)

Bernfeldweg 4 CH3303 Jegenstorf +41(0)31 763 60 60 Fax 763 60 61

**Reparieren von GFK-Modellflugzeug-Rümpfen.  
Réparation des fuselages de modèles réduits  
en matériaux composites.**

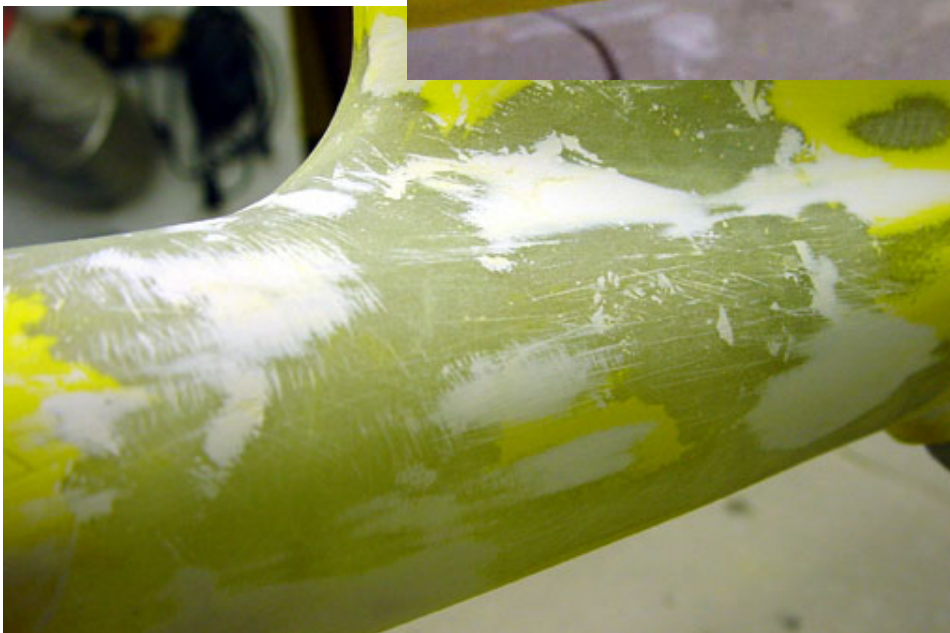
**„Plätzli-Technik“**



## Flüssigkunststoffe und Zubehör

- Epoxydharze
- Füllstoffe
- Werkzeuge
- Poliermittel
- Keramikmassen
- Silikonmassen
- Glasgewebe
- Glasmatten
- Fertigteile
- Schleifmittel
- Polyesterharze
- Carbongewebe
- Abstandsgewebe
- Werkzeuge
- Literatur
- Vinylesterharze
- Aramidgewebe
- Stützstoffe
- Klebstoffe
- Zubehör

Reparieren von GFK-Modellflugzeug-Rümpfen.  
Réparation des fuselages de modèles réduits en matériaux composites.



**Reparieren von GFK-Modellflugzeug-Rümpfen.  
Réparation des fuselages de modèles réduits en matériaux composites.**

**Reparieren von GFK Modellflugzeug-Rümpfen und Bauteilen**

Meistens wird die Bruchstelle mit Gewebe umwickelt. Im Bereich der Rumpfröhre wird versucht, mittels aufblasbaren Ballons, Bändern und Gewebe von innen aufzukleben, usw. Alle diese Methoden können einen gewissen Erfolg bringen, sie sind aber grundsätzlich falsch, weil nur Material auf das defekte Laminat aufgeklebt wird.

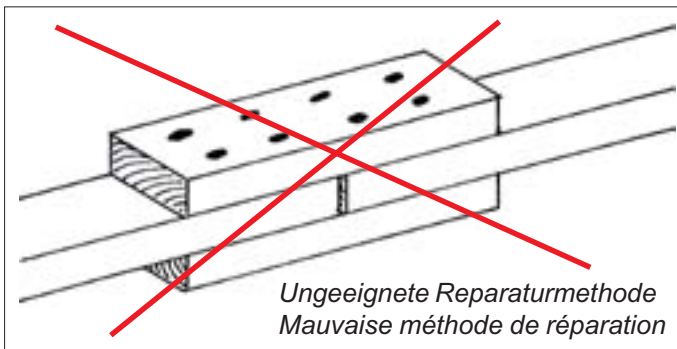
**Schäften**

Eine perfekte GFK-Reparatur wird genau so ausgeführt, wie eine perfekte Holz-Reparatur, nämlich durch Schäften.

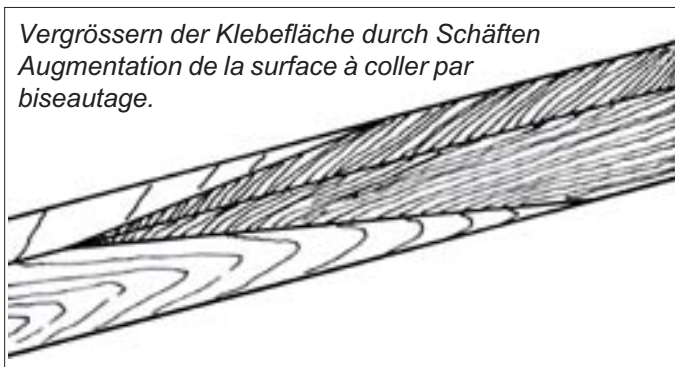
Bei dieser Technik wird versucht, durch schräges Anschneiden der Füge-teile eine möglichst grosse Klebefläche zu erzielen. Genau das muss auch bei der GFK-Reparatur erreicht werden. Der kontinuierliche Kräfteverlauf innerhalb des Laminats darf dabei nicht durch aufgeklebte Bänder oder Gewebestücke gestört werden. Es kommt noch dazu, dass beim Verschleifen von Bandagen meist neue „Sollbruchstellen“ eingeschliffen werden.

In der allgemeinen Luftfahrt und vom Luftamt gefordert, sind Schäftungsverhältnisse von mindestens 50:1 und bei Primärstrukturen, also tragenden Teilen wie Holmen etc., ein Verhältnis der Ueberlappung zur Materialdicke von 100:1.

Die Mindestüberlappung muss dabei jedoch immer mindestens 15mm betragen. Selbstverständlich können diese Werte bei den dünnen Laminaten von Modellflugzeug-rümpfen nicht immer eingehalten werden. Eine grösstmögliche Schäftungslänge (Ueberlappung) ist aber anzustreben.



*Ungeeignete Reparaturmethode  
Mauvaise méthode de réparation*



*Vergrössern der Klebefläche durch Schäften  
Augmentation de la surface à coller par biseautage.*

**Réparation des fuselages de modèles réduits en composites.**

Dans la plupart des cas, les endroits cassés sont enrobés avec du tissu de verre. Si le fuseau du fuselage est endommagé, on essaie de coller des rubans ou des tissus à l'intérieur en les pressant contre les parois du fuselage à aide de ballons gonflables, etc.

Toutes ces méthodes peuvent donner certains résultats, mais en principe elles sont fausses.

**Collage en sifflet**

Une réparation parfaite des composites est réalisée exactement comme une réparation du bois, à savoir par collage en sifflet.

Par ce procédé on essaye d'obtenir une grande surface de collage des pièces à réunir grâce au biseautage de la taille en sifflet. Il faut procéder exactement de la même façon lors de la réparation des matériaux composites. Il ne faut pas interrompre la répartition continue des contraintes dans le stratifié par des rubans ou des pièces de tissu collés sur la surface du matériau. En outre, si l'on ponce des bandages, on crée dans la plupart des cas des nouveaux points de rupture annoncée.

Dans l'aviation civile ainsi qu'à l'Office Fédéral de l'Aviation, on exige des rapports de biseautage d'au moins 50:1; pour les structures primaires, c.-à-d. pour les pièces portantes comme des longerons, ce rapport doit être d'au moins 100:1 par rapport à l'épaisseur de la pièce à réparer avec un chevauchement d'au moins 15 mm

On ne peut évidemment pas toujours respecter ces rapports avec les minces stratifiés des fuselages de modèles réduits. On doit toutefois chercher à obtenir un biseautage (chevauchement) aussi élevé que possible.

**Technique de réparation en sifflet des fuselages de modèles réduits en composites.**

Les dégâts aux fuselages des modèles réduits peuvent se présenter sous formes différentes, la gamme allant de la simple fissure dans le stratifié jusqu'à la rupture

totale du fuselage. Le procédé de réparation reste toutefois le même.

**Schäfttechnik für die Reparatur von GFK-Modellflugzeugen (Plätzli-Technik)**

Rumpfrüchte können verschiedene Formen aufweisen. Vom einfachen Riss im Laminat bis zum totalen Bruch bringen die Modellflieger alles fertig.

Die Reparaturmethode bleibt aber immer dieselbe.

Zuerst wird die Bruchstelle grob gereinigt. Dann wird die Bruchstelle so gut es geht zusammengefügt und allenfalls mit ein paar Tropfen Sekundenkleber geheftet. Bei totalen Brüchen empfiehlt es sich, die Bruchstelle mit Holzleisten und Klebeband vorher zu fixieren.

Nun wird grossflächig die Farbschicht entfernt. Es ist

nämlich durchaus möglich, dass unter dem Farbkleid verborgen, weitere Risse oder Rissfortsätze (sog. Weissbrüche) zum Vorschein kommen.

Nun erfolgt das möglichst flache Ausschleifen. Für diese Arbeit eignet sich am besten ein „Dremel“ oder „Proxxon“ Handfräser, ein Werkzeug, das sowieso in keiner Werkstatt fehlen darf.

Als Schleifkörper wird ein Gummidorn mit Schleifband oder der abgerundete Gummidorn mit Schleifkappe verwendet. Mit diesen Schleifkörpern wird flach ausgeschliffen bis an der eigentlichen Bruchstelle nur noch eine papierdünne Schicht vorhanden ist. Schlecht passende oder eingedrückte Stellen werden mit einem gebogenen und angeschliffenen Draht gerichtet und nötigenfalls mit Sekundenkleber geheft.

Wenn Löcher entstehen oder Teile fehlen, wird von innen ein Klebeband als Stützform angebracht. Das Schleifen muss mindestens 1-2 cm über den eigentlichen Bruch hinaus erfolgen. Bei dieser Arbeit darf nicht zimperlich vorgegangen werden. Alles defekte Material muss weg! Nun wird die Reparaturstelle mit Luft oder allenfalls mit Pinsel oder Bürste vom Schleifstaub gereinigt. Bitte nicht erneut mit den Fingern eine Fettschicht aufbringen. Die Reparaturstelle muss absolut fettfrei und sauber sein!

**Gewebe vorbereiten**

Verwenden Sie Glasgewebe mit ca. 40-50gm<sup>2</sup> Flächen-gewicht oder das Gewebe mit 105gm<sup>2</sup> Körperbindung. Andere Gewebe eignen sich erfahrungsgemäss nicht! Auch extreme Brüchte von Grossmodellen lassen sich damit einwandfrei reparieren. (Keine gröbereren Gewebe verwenden!) Aus diesen Geweben werden auf einer Kartonunterlage mit Messer und Lineal, oder noch besser mit dem Rollmesser, kleine Stücke „Plätzli“ geschnitten. Ein richtiger Modellbauer hat immer eine ganze Büchse voll vorgeschritten, damit er bereit ist, wenn's kracht.

Das Rollmesser eignet sich übrigens auch generell hervor-ragend zum verzugsfreien Zuschneiden von Glasgeweben.

On procède d'abord à un nettoyage grossier de la zone de rupture. Puis on ajuste les parties aussi bien que possible, et les immobilise avec quelques gouttes d'adhésif instantané cyanoacrylate. En cas de cassures totales, nous recommandons d'éclisser les deux parties à l'aide de listeaux de bois et de ruban adhésif et de les aligner avec précision.

On enlève ensuite la couche de peinture sur une grande surface autour de la cassure, car il est possible que, sous cette couche, apparaissent d'autres fissures ou des "délaminages blancs".

On effectue ensuite un ponçage de l'endroit cassé, en ponçant aussi à plat que possible. Une fraiseuse à main «Dremel» ou «Proxxon»

se prête au mieux à ce travail. Une telle fraiseuse ne devrait d'ailleurs manquer dans aucun atelier de bricolage.

On utilise comme fraise un mandrin cylindrique en caoutchouc pourvu d'un cylindre en papier abrasif ou un mandrin arrondi muni d'un capuchon abrasif. A l'aide d'une de ces meules, on ponce le matériau à un angle aigu aussi plat que possible jusqu'à ce que le matériau à l'endroit de la cassure soit aussi mince que du papier. Les endroits qui se raccordent mal ou qui sont enfoncés peuvent être alignés à l'aide d'un fil métallique replié et, si besoin est, fixés avec de la colle instantanée.

Si des trous apparaissent ou si des morceaux manquent, coller à l'intérieur un ruban adhésif comme support. Le ponçage doit s'étendre à au moins 1 - 2 cm aux delà de la cassure proprement dite. Il ne faut pas effectuer ce travail de façon minimaliste! Il faut éliminer tout ce qui est abîmé. Enlever ensuite la poussière du ponçage avec de l'air comprimé ou, faute de mieux, avec un pinceau ou une brosse. Ne pas rajouter une couche graisseuse avec les doigts: la zone nettoyée doit être absolument propre et exempte de graisse!

**Préparation des tissus**

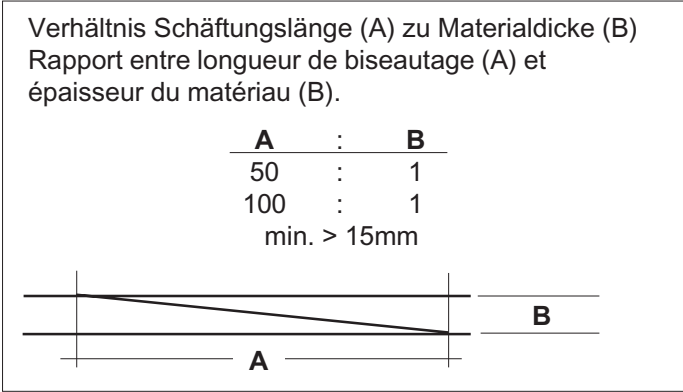
Utilisez exclusivement du tissu de verre de 40 - 50 g/m<sup>2</sup> environ ou du sergé de 105gm<sup>2</sup> maximum. Ces tissus permettent de réparer les cassures même des plus grands modèles.

On coupe ces tissus, posés sur un carton, à l'aide d'un cutter et d'une règle ou, mieux encore, avec une roulette de découpe, en morceaux de 2x2 cm environ. Un vrai modéliste garde toujours une boîte remplie de ces morceaux de tissu, en prévision d'une réparation.

La roulette de découpe permet aussi de découper d'autres tissus de verre, sans les déformer ni les effranger.

**Stratification de la cassure**

Appliquer d'abord une couche mince de résine époxyde R&G L ou LF sur toute la zone à réparer. (Ne pas utiliser de résine époxyde 5 minutes!). Il est important que la première



### Laminieren der Bruchstelle

Zuerst wird die ganze Reparaturstelle dünn mit R&G Epoxydharz Typ L oder LF (L-285) eingestrichen. (Kein 5-Min. Epoxy oder ähnliche Kleber verwenden!). Dabei ist es wichtig, dass der erste Harzauftrag auch in die hinterste und letzte Fuge und Ritze eindringt. Deshalb den ersten Harzauftrag leicht mit dem Föhn wärmen damit das Harz wasserdünn wird und gut eindringen kann! (Keine Verdüner verwenden!)

Dann wird mit einem Reparaturpinsel Gewebestück um Gewebestück auf die Bruchstelle aufgelegt und getränkt. Der Auftrag erfolgt solange, bis die Ausschleifung wiederum mit Gewebe ausgefüllt ist.

Am meisten Gewebe wird es also im Bereich der eigentlichen Bruchstelle brauchen und immer weniger gegen aussen. Das ausgeschliffene Laminat wird so kontinuierlich durch ein neues Laminat ersetzt. Die Faserrichtung muss dabei nicht berücksichtigt werden. Die Gewebestücke werden kreuz und quer aufgelegt wo nötig. Das Einhalten der ehemaligen Faserrichtung wäre zwar theoretisch richtig, praktisch aber kaum durchführbar. In der Praxis ergeben sich daraus keine feststellbaren Nachteile.

Es ist sehr hilfreich, wenn ab und zu über die Kontur der Reparaturstelle geschaut wird. Damit kann einfach festgestellt werden, wo noch zusätzlich Gewebe nötig ist. Die Reparaturstelle soll nach dem Aufbringen der Gewebestücke wiederum möglichst exakt mit dem gesunden Laminat fluchten. Eine Aufdickung im Reparaturstellenbereich ist weder erwünscht noch nötig.

### Finish

Wenn das Epoxydharz gut durchgehärtet ist, wird die Bruchstelle zuerst mit einer groben Feile (am besten eignen sich sog. Zinnraspeln vom Spengler/Klempner) und dann mit Schleifpapier und Schleifklotz geglättet. Allfällige Unebenheiten werden mit feinkörnigem, weissem 2-K Spachtel ausgeglichen und feinst geschliffen. Nach dem anschliessenden lackieren und polieren werden Sie die Reparaturstelle praktisch nicht mehr finden.

**Achtung:** Farbe und Reaktionsharze müssen sehr gut gehärtet sein, bevor geschliffen und poliert werden kann. Bei gewissen Produkten kann das Tage bis Wochen dauern!

### Zusammenfassung

Der kontinuierliche Kräfteverlauf innerhalb des Laminats wird durch eine fachgerechte Reparatur kaum gestört und ein weiterer Bruch an derselben Stelle ist nicht zu erwarten. Mindestens ist diese Stelle nicht anfälliger als andere.

Eine Reparatur nach dieser Methode ist zudem sehr einfach und schnell auszuführen. Mit derselben Methode lassen sich auch andere GFK-Teile reparieren. Auch Vollkunststoff-Tragflächen oder Styropor-Tragflächen, vorallem wenn sie mit Gewebe überzogen sind, lassen sich auf diese Weise vorzüglich reparieren. Wenn Sie diese Technik einmal beherrschen, sind Sie inskünftig richtig enttäuscht, wenn's nicht kracht.

Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Reparieren mit der „Plätzli-Technik“.

couche de résine pénètre dans toutes les fissures et les moindres interstices. Chauffer légèrement avec un sèche-cheveux pour rendre la résine aussi liquide que de l'eau pour qu'elle pénètre plus facilement. (Ne pas utiliser de diluant!).

Déposer ensuite avec un pinceau de réparation un morceau de tissu après l'autre sur la zone à réparer jusqu'à remplissage du creux.

On utilise donc plus de tissu dans le creux créé par le ponçage au niveau de la cassure et on en applique d'autant moins qu'on se rapproche des bords. De cette manière on remplace le stratifié éliminé par le ponçage par un nouveau stratifié. Il n'y a pas besoin de tenir compte de l'orientation des fibres des morceaux de tissu, que l'on dispose n'importe comment, là où c'est nécessaire. Théoriquement, il serait correct de respecter l'orientation des fibres d'origine, mais en pratique, c'est impossible. L'expérience a montré que ce non respect de l'orientation des fibres ne créait aucun inconvénient. De temps en temps, il est utile de jeter un coup d'oeil sur le contour de la zone réparée. Le contour de la stratification terminée doit affleurer exactement celui du stratifié sain.

### Finition

Après durcissement complet de la résine époxyde on applanit la zone réparée avec une râpe grossière (râpe de ferblantier) puis avec du papier abrasif en utilisant un bloc à poncer. Les inégalités éventuelles sont éliminées en appliquant du mastic fin à deux composants suivi d'un ponçage avec un grain fin. Après laquage et polissage on ne pourra pour ainsi dire plus repérer l'endroit réparé.

**Attention:** Les peintures et les résines à deux composants doivent être très bien durcies avant d'envisager leur ponçage et polissage. Certains produits requièrent une durée de durcissement de quelques jours ou même de quelques semaines.

### Résumé

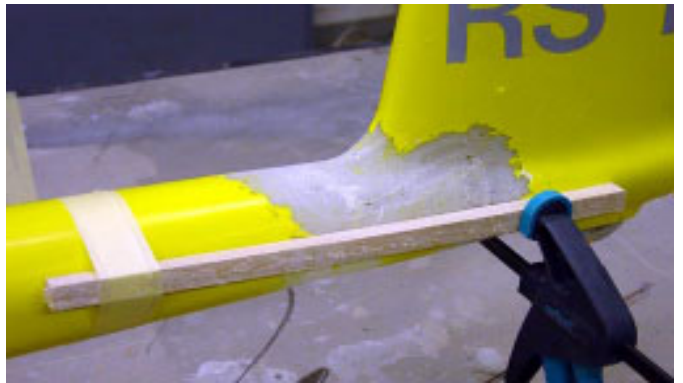
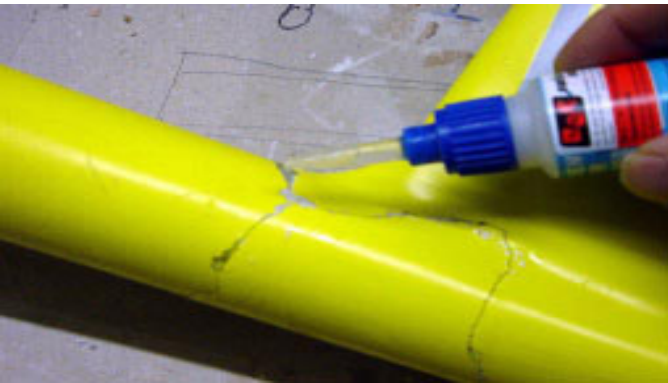
La répartition continue des contraintes à l'intérieur du stratifié n'est presque pas modifiée si la réparation est réalisée de façon experte, sans qu'il n'y ait à craindre une nouvelle rupture au même endroit. Tout au moins, cet endroit n'est pas plus susceptible aux ruptures que d'autres.

Une réparation suivant ce procédé peut d'ailleurs être réalisée facilement et en peu de temps. Le même procédé s'applique aussi à la réparation d'autres pièces en composites. Les ailes tout plastique ou construites avec du styropore peuvent également être réparées suivant ce procédé, surtout si les ailes en "sandwich styro-abachi" sont revêtues de tissu de verre. Quand vous maîtriserez totalement cette technique, vous serez déçus si vous n'avez plus de "crash" à réparer! Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir lors de vos prochaines réparations en utilisant cette technique dite des "blätz"<sup>1)</sup>.

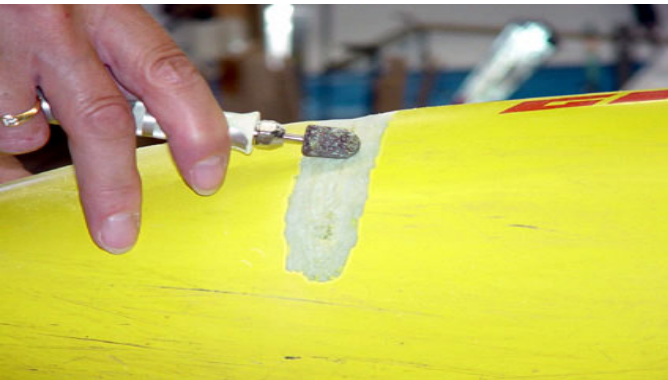
<sup>1)</sup> Nous utilisons ce terme par simplification au lieu d'écrire "réparation composite par de petits morceaux de tissu de verre"



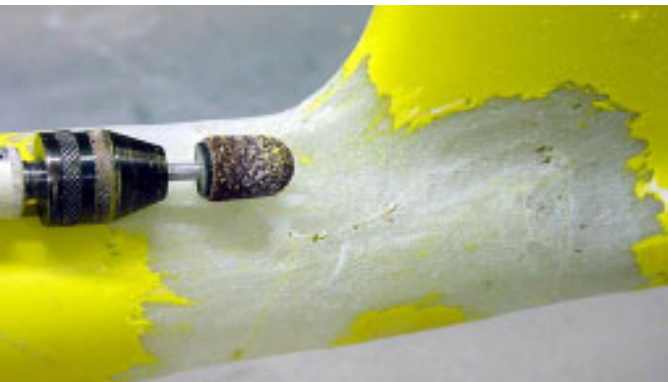
Risse im Laminat oder komplette Brüche lassen sich mit der „Plätzli-Technik“ problemlos und dauerhaft reparieren.  
*La technique des “blätz” permet de réparer sans difficultés et durablement les fissures et autres ruptures des stratifiés.*



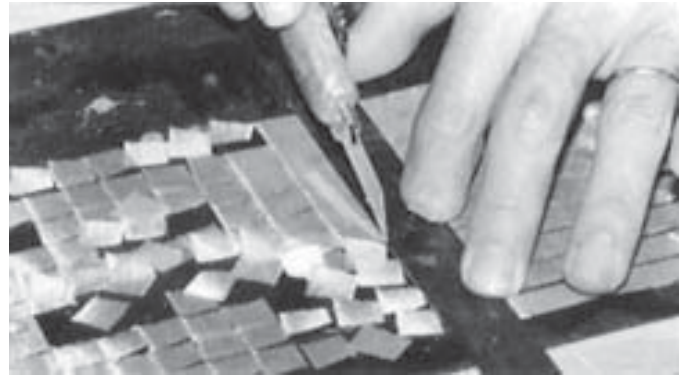
Die Bruchstücke werden gerichtet, allenfalls fixiert und mit Sekundenkleber geheftet....  
*On aligne les parties cassées, les immobilise et les fixe avec de la colle instantanée cyanoacrylate.....*



und anschliessend möglichst flach nach links und rechts verlaufend, ausgeschliffen. Es wird solange geschliffen bis....  
*puis on les ponce aussi à plat que possible à gauche et à droite. On ponce aussi longtemps que.....*



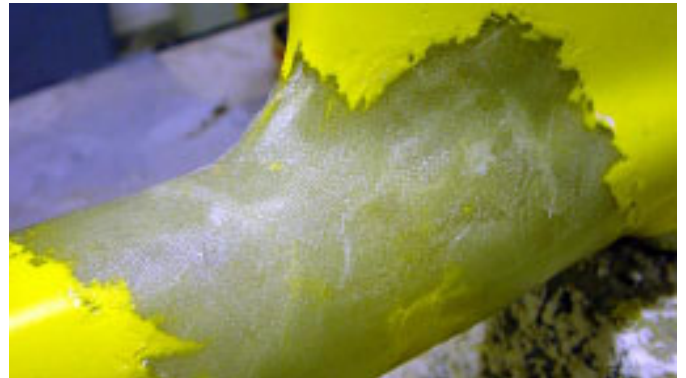
die eigentliche Bruchstelle nur noch papierdünn ist oder sogar teilweise durchbricht.  
*la cassure proprement dite soit aussi mince que du papier ou même partiellement perforée.*



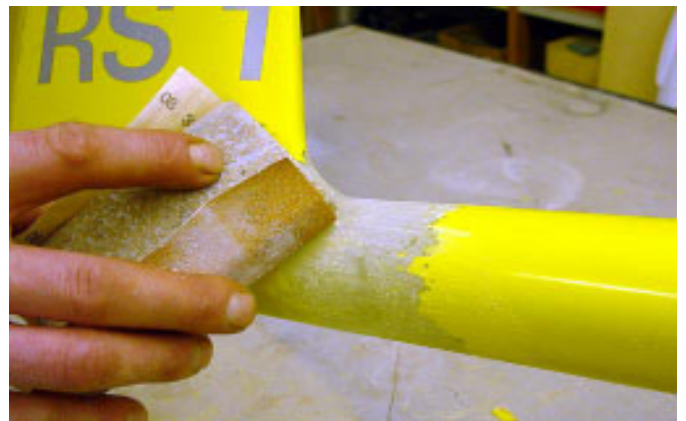
Nun werden die Gewebe-„Plätzli“ geschnitten. Gewebe 49g/m<sup>2</sup> und 105g/m<sup>2</sup> eignen sich am besten.  
*On découpe ensuite les „blätz“ de tissu. Les tissus de 49g/m<sup>2</sup> et 105g/m<sup>2</sup> conviennent le mieux.*



Diese „Plätzli“ werden nun mit Epoxydharz (kein 5-Min. Epoxy verwenden!) Stück um Stück aufgetragen, bis die aus-  
*Ces „blätz“ sont déposés l'un après l'autre avec de la résine époxyde (ne pas utiliser de l'époxyde 5 minutes), jusqu'à ....*

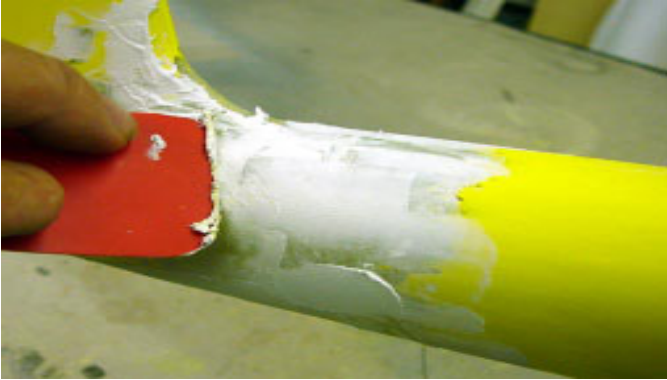


geschliffenen Vertiefungen wiederum mit der übrigen Oberfläche bündig sind oder sogar etwas darüber.  
*ce que les creux dus au ponçage affleurent ou même dépassent les surfaces voisines.*

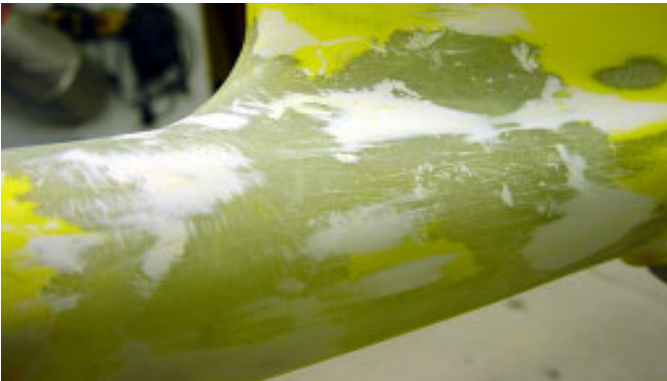


Nach der Härtung wird die Reparaturstelle vorerst mit einer Zinnraspel (Spengler- oder Klempnerbedarf) grob geschlichtet  
 und mit Schleifpapier geschliffen.

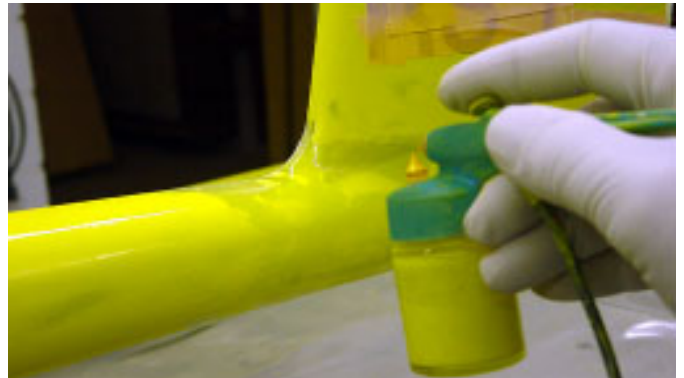
*Après durcissement, on râpe l'endroit réparé avec une râpe grossière (de ferblantier p. ex.) puis avec du papier abrasif.*



Anschliessend wird mit feinkörnigem 2-K Polyesterspachtel gespachtelt und wiederum geschliffen.  
 Finalement on mastique avec du mastic fin polyester à 2 composants puis poncer encore une fois.



Nach dem Trockenschliff kann noch mit einem Nass-Schliff nachgearbeitet werden.  
 Après un ponçage à sec, on peut finir le travail avec un ponçage à l'eau. On masque .....



Grob abdecken, allenfalls grundieren und mit einer einfachen Spritzpistole oder Spraydose ausgespritzt.  
 grossièrement les parties adjacentes puis applique une couche de fond sur la réparation et la colore à l'aérographe.



Die fertige Reparaturstelle kann sich sehen lassen. Die Reparatur dauert durch die Härtezeit des Harzes bedingt etwa zwei Abende. Die einfache Spritzpistole funktioniert nur, wenn die Luft (ca. 1,5 - 2 bar) aus einem Kompressor geliefert wird! (die kleinen Druckluftflaschen werden sofort sehr kalt und dann kommt keine Luft mehr!)

*L'endroit réparé vaut la peine d'être vu. La réparation dure environ deux soirées à cause du temps de durcissement de la résine. L'aérographe ne fonctionne que si l'air est amené par un compresseur (env. 1,5 – 2 bar).*