

Version 18.04.05

# Silikon- und andere Scharniere

im Flugmodellbau

- Anwendung
- Materialauswahl
- Herstellung
- Tips und Tricks
- Beispiel-Bilder



## Silikon-Ruderscharniere

### Silikon-Ruderscharniere

#### Warum Silikon-Scharniere:

Es gibt zweifellos die verschiedensten Möglichkeiten, die Ruder bei Flugmodellen flexibel zu befestigen.

- Einfaches Klebeband-Scharnier mit Tesa 4104, MPX-Scharnierklebeband, Scotch 471 o.ä.
- Scharnier mit eingelegtem Abreissgewebe, Aramidgewebe, Nylon-Bändern u. ä.
- Scharnier aus aufgebügeltem Streifen Bügelfolie
- Herkömmliches Scharnier mit irgendwelchen Metall- oder Kunststoffscharnieren, Stiftscharnieren u.s.w.
- Das richtig angelegte Silikon-Ruderscharnier als gute Alternative zu den erwähnten Methoden, für praktisch alle Fälle anwendbar.

Wir möchten hier nicht das eine gegen das andere System ausspielen. Es geht lediglich darum, auf die speziellen Gegebenheiten bei Silikon-Ruderscharnieren hinzuweisen.

Wenn man allerdings diese Tipps und Tricks beachtet, dann sind Silikon-Ruderscharniere eine absolut patente Sache, sehr rasch gemacht, kein gegeneinander Verschieben von Stabulo und Ruder, (fast)keine Alterung, sicher und stabil, optisch und aerodynamisch sauber und „professionell“.

Wer es nicht glaubt; der „Giotto“ hat Silikon-Ruderscharniere, sowohl bei den Querrudern, Wölbklappen und beim Höhenruder und der älteste Giotto fliegt immerhin bereits seit ein paar Jahre im härtesten Gebirgseinsatz ohne jegliche Probleme oder Alterungserscheinungen.

**Das funktioniert allerdings nur, wenn die folgenden Ratschläge berücksichtigt werden!**

#### Welche Art von Flächen eignen sich für Silikon-Ruderscharniere:

Grundsätzlich spielt es keine Rolle, aus welchem Material die Flächen und Ruder bestehen. Silikon-Ruderscharniere können bei allen folgenden Systemen angewendet werden:

- Flächen aus Kunststoff (GFK, CFK) mit speziell angeformten Flächen etc.
- Flächen aus Holz (Styro/Apachi oder Balsa) mit Gewebe überzogen und Lackiert.
- Flächen aus Holz (Styro/Apachi oder Balsa) mit Bügelfolie überzogen.
- Flächen aus Holz in Rippenbauweise, mit Seide, Papier oder mit Bügelfolie überzogen.

Auch die Form und Ausbildung der Ruder resp. der Kontaktfläche ist nicht so wichtig. Bei richtiger Anwendung funktioniert es bei jeder Art, vorausgesetzt, die Klebeflächen sind sauber und fettfrei. Ein Entfetten mit Aceton vor der Verklebung kann also nicht schaden.

#### Silikon-Auswahl:

Wie sie auf den folgenden Seiten feststellen können, ist Silikon eben nicht einfach Silikon!

Hier gibt es recht grosse Unterschiede in der Elastizität, Viskosität (Flüssigkeit), Reissfestigkeit, Zugfestigkeit, Härte und Klebkraft. Was wir brauchen ist ein Silikon, der für unsere spezielle Anwendung geeignet ist.

Viele Versuche scheitern, weil der Anwender irgend ein Baumarkt-Silikon verwenden will, der für Ruderscharniere halt einfach nicht passend ist. Zudem enthalten viele Baumarkt-Silikone Zusätze wie Fungizide u.s.w. die für unsere Belange die Qualität auch nicht verbessern.

Eine Tube mit einem geeigneten Silikon reicht locker für 10 bis 20 Flieger, also was soll das Geschrei nach dem Preis, wenn allenfalls mit einem ungeeigneten Silikon ein paar Franken oder Euros gespart werden wollen?

Auf den folgenden Seiten geben wir Ihnen eine Uebersicht, über die von uns getesteten und vorgeschlagenen Silikon-Typen mit den entsprechenden technischen Daten.

#### Auswahl der Bügel- und Selbstklebefolien:

Hier ist äusserste Vorsicht geboten, welche Folie verwendet werden und verklebt werden soll.

Unsere Versuche sind zugegebenermassen nicht wissenschaftlich und auch nicht abschliessend mit allen Bügelfolien und allfälligen Selbstklebefolien gemacht worden. Auch ist es z.Z. schwierig, bei Fertigmodellen im nachhinein festzustellen, welche Folie verwendet wurde.

#### Folgendes kann festgestellt werden:

Original **ORACOVER®-Folien** bestehen aus einer speziellen Polyester-Trägerfolie mit firmentypischer Rauhtiefe der Oberfläche. Auf diesen Folien hält Silikon **Elastosil E-41** ohne Primer und auch **DowCorning 734** in Verbindung mit Primer einwandfrei. Dieselbe Erfahrung haben wir auch mit **Proficover**-Polyester-Gewebefolie von Toni Clark gemacht. Mit allen andern Folien, im Speziellen mit Folien auf polyolefiner Basis, also PE, PP u.ähnlich ist keine vernünftige Verklebung machbar, sowohl mit und ohne Primer. Bei Unsicherheit müssen unbedingt vorher Versuche gemacht werden. Bei ungeeigneter Folie und allenfalls ungeeignetem Silikon oder sogar beidem, kann die Silikonraupe nach der Vernetzung (Härtung) einfach abgezogen werden, ohne jegliche Haftung!

Der eine oder andere hat möglicherweise diese Erfahrung bereits einmal gemacht und will deshalb von Silikon-Ruderscharniere nichts mehr wissen. Das ist schade, wir sagen ihnen hier, wie es funktioniert und hält.



**Silikon-Ruderscharniere**

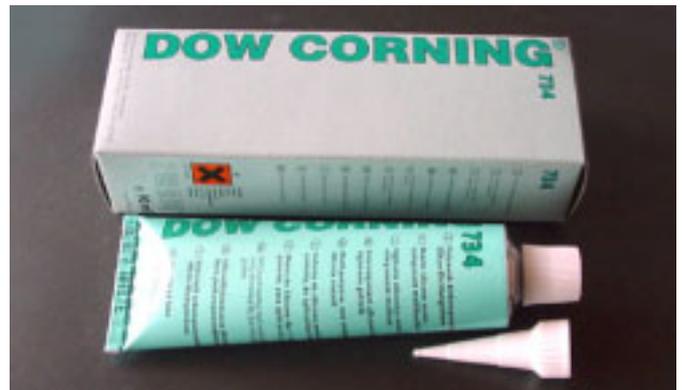
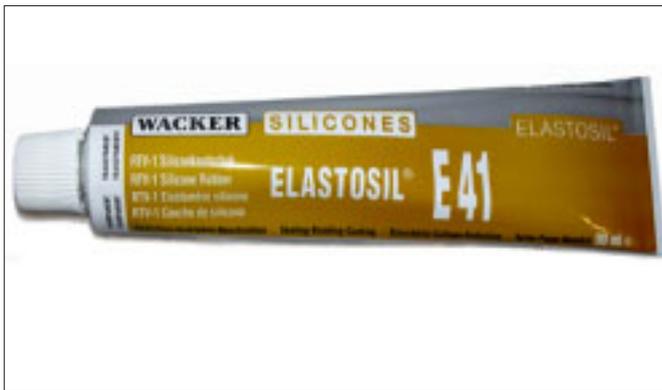
**Silikon-Auswahl**

**Wie bereits erwähnt, Silikon ist nicht gleich Silikon!** Welche Voraussetzungen muss ein geeigneter Silikon mitbringen:

Das ist eine **möglichst dünnflüssige Type**, (niedrige Viskosität) **damit die Masse selber dorthin läuft wo sie hingehört** und es muss möglich sein, die Silikon-Masse mit einer Spritze und einer 1,2mm Nadel zu applizieren. Zudem muss die Haftung, wenn möglich auch ohne Primer, sehr gut sein. Die Härte sollte möglichst gering sein und die Zugfestigkeit und Reissdehnung möglichst hoch.

Alle diese Forderungen erfüllt eigentlich nur **ELASTOSIL E-41 Art. Nr. 410.0090** vollumfänglich. Allerdings gibt es diese Type nur transparent. Das muss kein Nachteil sein. Wer es aber unbedingt weiss haben möchte, der kann mit der Type **DowCorning 734 Art. Nr. 734.0000** weiss und Primer ebenfalls gute Ergebnisse erzielen.

Diese Auswahl ist nicht abschliessend, aber wir haben bisher keine valable Alternative gefunden.



	Einheit	E-41	734	744	732	736
Viskosität bei 23°C	m/Pas	<b>65'000</b>	44'000	Paste	Paste	Paste
Farbe		<b>klar</b>	weiss	weiss	weiss/klar	rot
Härte	Shore A	<b>30</b>	30	35	25	32
Zugfestigkeit	MPa	<b>2,5</b>	2,0	2.3	2,3	2,5
Reissdehnung	%	<b>500</b>	350	650	520	400
Durchhärtung	24 Std.	<b>3mm</b>	3mm	2mm	5mm	3,2mm
Klebkraft/Haftung	ohne Primer	<b>sehr gut</b>	sehr gut	sehr gut	normal	mässig

**Der vollständigkeit halber, hier noch die Eigenschaften der übrigen aufgeführten Typen:**

**DowCorning Type 744**

Das ist eine standfeste (dickflüssige) Paste mit höchster Klebkraft auch ohne Primer. Zudem basiert die Vernetzung auf Alkoholbasis. Aus diesem Grund ist keine Korosion an elektrischen Teilen zu befürchten. Es ist also genau die Standard-Type die der Modellbauer zum Einkleben von Servobrettern, Verstärkungen, elektronischen Teilen etc. braucht, für Silikonscharniere ist sie aber viel zu Dickflüssig.

**DowCorning Type 732**

Das ist eine standfeste Paste zum Kleben, dichten und reparieren und entspricht am ehesten den meistverwendeten Typen, wie sie etwa auch im Baumarkt angeboten werden. Auch diese Type ist zu Dickflüssig und die Klebkraft zu gering.

**DowCorning Type 736**

Das ist eine standfeste Paste mit sehr hoher Hitzebeständigkeit bis 250°C, kurzfristig bis 300°C.

**Primer (Haftvermittler) für Silikone**

**OS-Primer** für noch bessere Haftung auf praktisch allen Untergründen. Die Haftfähigkeit von Silikonen allgemein wird mit einem vorgängigen Primer-Anstrich wesentlich verbessert.

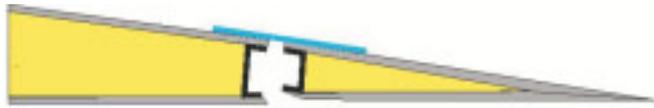
**Art. Nr. 1200.0100**

DC Silikon-OS-Primer Haftvermittler 100ml klar

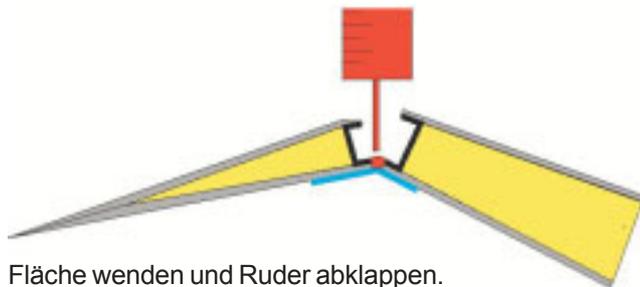
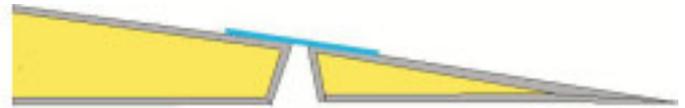


## Silikon-Ruderscharniere

### Schematische Darstellung:

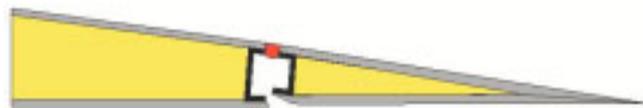
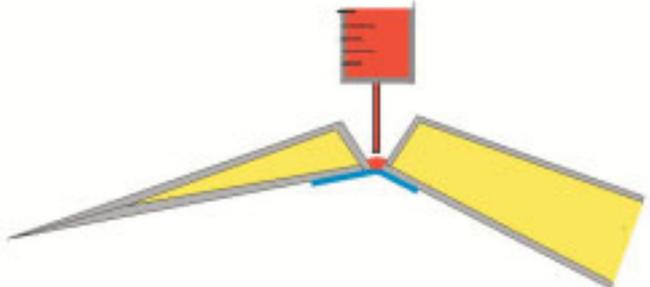


Klebeband sehr gut andrücken, ev. mehrere Lagen aufbringen! Spaltbreite je nach Ruderlänge ca. 1-2mm

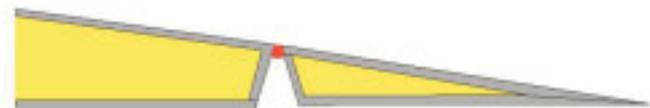


Fläche wenden und Ruder abklappen.

Silikon E-41 in Spritze abfüllen und mit dünner Raupe den Ruderspalt füllen. Keinesfalls zuviel Silikon auftragen, zuwenig macht nichts, es kann notfalls nachgebessert werden. Raupenhöhe je nach Ruderlänge ca. 1-2mm.



Nach der endgültigen Vernetzung (Unbedingt 2-3 Tage warten!) Fläche erneut wenden und Klebeband in möglichst flachem Winkel abziehen.



Normale Styro-Apachi-Fläche mit Glas-Beschichtung und farbiger Lackierung



Schalenfläche mit Wabensandwich, auch das geht.



Nadel auf ca. 10mm kürzen verringert den nötigen Druck ungemein.

Der Silikon-Auftrag geschieht am besten mit einer Spritze **Art. Nr. 330.1541** und einer mit einer Trennscheibe oder Feile gekürzten 1,2mm **Art.Nr. 330.1551** oder 2mm **Art. Nr. 496.0000** Kanüle. Nur so ist ein reproduzierbarer Auftrag mit einer gleichmässigen und genügend dünnen Raupe möglich.

Es braucht auch bei gekürzter Kanüle noch ordentlich Druck und man muss aufpassen, dass sich die Nadel nicht durch zuviel Druck von der Spritze löst. (Möglicherweise mit einem Tropfen Sekundenkleber sichern!) Ein allzustarkes drücken ist aber auch nicht nötig, etwas mehr Geduld hilft auch. Das Silikon braucht halt einfach seine Zeit um durch die Kanüle auszutreten. Dafür lässt sich aber eine sehr schöne Raupe auftragen.

Alle Uebungen mit direktem Auftrag aus der Tube, mit zugeschnittenen Kreditkarten, Schraubenziehern u.s.w. enden stets in einem undefinierten Geschmiere und schlussendlich mit schwergängigen Rudern.

### Arbeitsschritte:

Die Zeichnungen erklären eigentlich alles.

Durch die Dicke und durch die Breite der Silikonfuge wird die Ruderhärte bestimmt.

Die vom Servo aufzubringende Kraft ist aber auch von der Ruderlänge abhängig.

Eine Fuge von ca. 1-2mm wird in den meisten Fällen die ideale Lösung sein.

Wichtig ist zudem, dass die Silikonfuge **mindestens 2-3 Tage** ruhen kann, bevor das Klebeband entfernt wird.

Die Trocknung auf der Unterseite der Fuge (Klebebandseite) dauert wegen dem Luftabschluss hier am längsten.

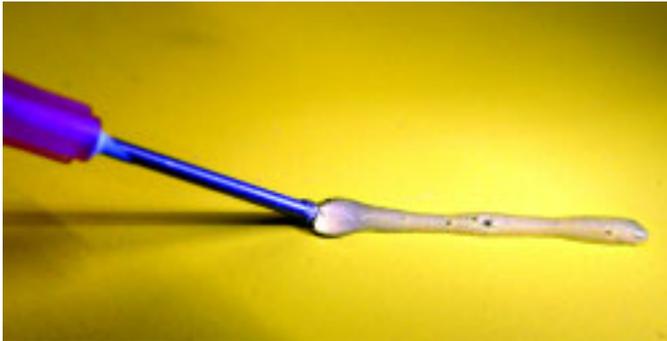
Die Geduld wird durch einen sauber passenden Uebergang von Fläche/Silikonfuge/Ruder belohnt.

**Auch das Gefühl, der Klebestreifen klebe am Silikon, ist dann weg.**

Auf der folgenden Seite sind noch ein paar Bilder zu finden, die den Ablauf zusätzlich erklären.

Die Fotos wurden an einem mit rotem Oracover bespannten Höhenruder gemacht, weil hier die transparente Silikonfuge zum Fotografieren einigermaßen sichtbar war.

Selbstverständlich können aber auch grosse und lange Ruder, Ruder von Gross-Seglern, Motormodellen, Ruder aus GFK, Holz u.s.w. auf diese Weise angeschlagen werden. Bei letzteren empfiehlt sich eine vorgängige Grundierung. Bei richtiger Materialwahl hält das bombenfest.



Silikon-Raupe mit Spritze und gekürzter 1,2mm Nadel ...



zum ca. 1mm dicken Auffüllen des Ruderspalt.



Ruder und Fläche mit Abdeckband fixieren. Abwechselnd links und rechts korrigieren bis 1-2mm Spalt vorhanden.



Mit stabilem (nicht zu weichem) Klebeband, (ev. 2-3 Lagen) Spalt überdecken und sehr gut andrücken.

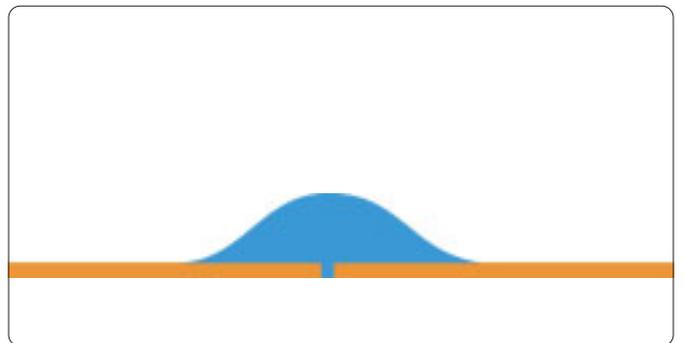
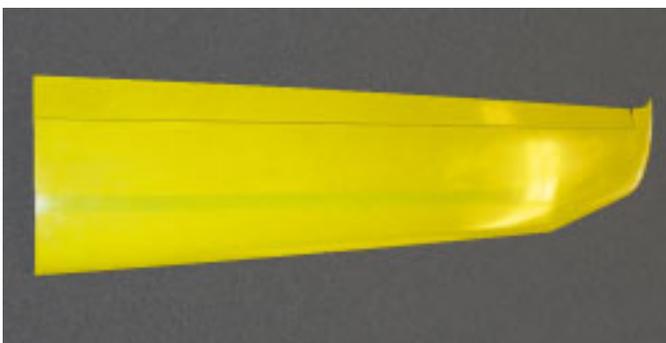
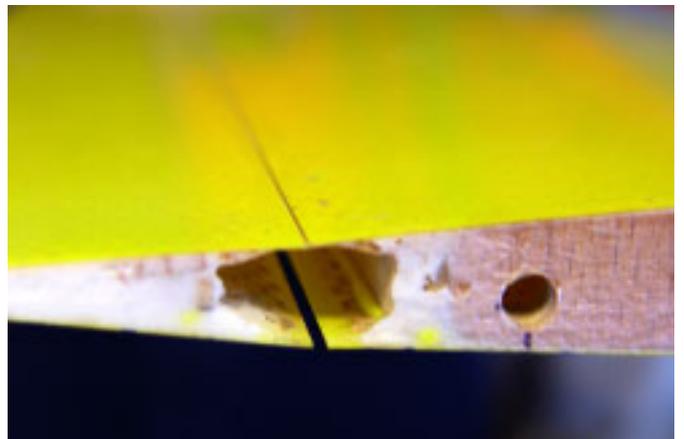
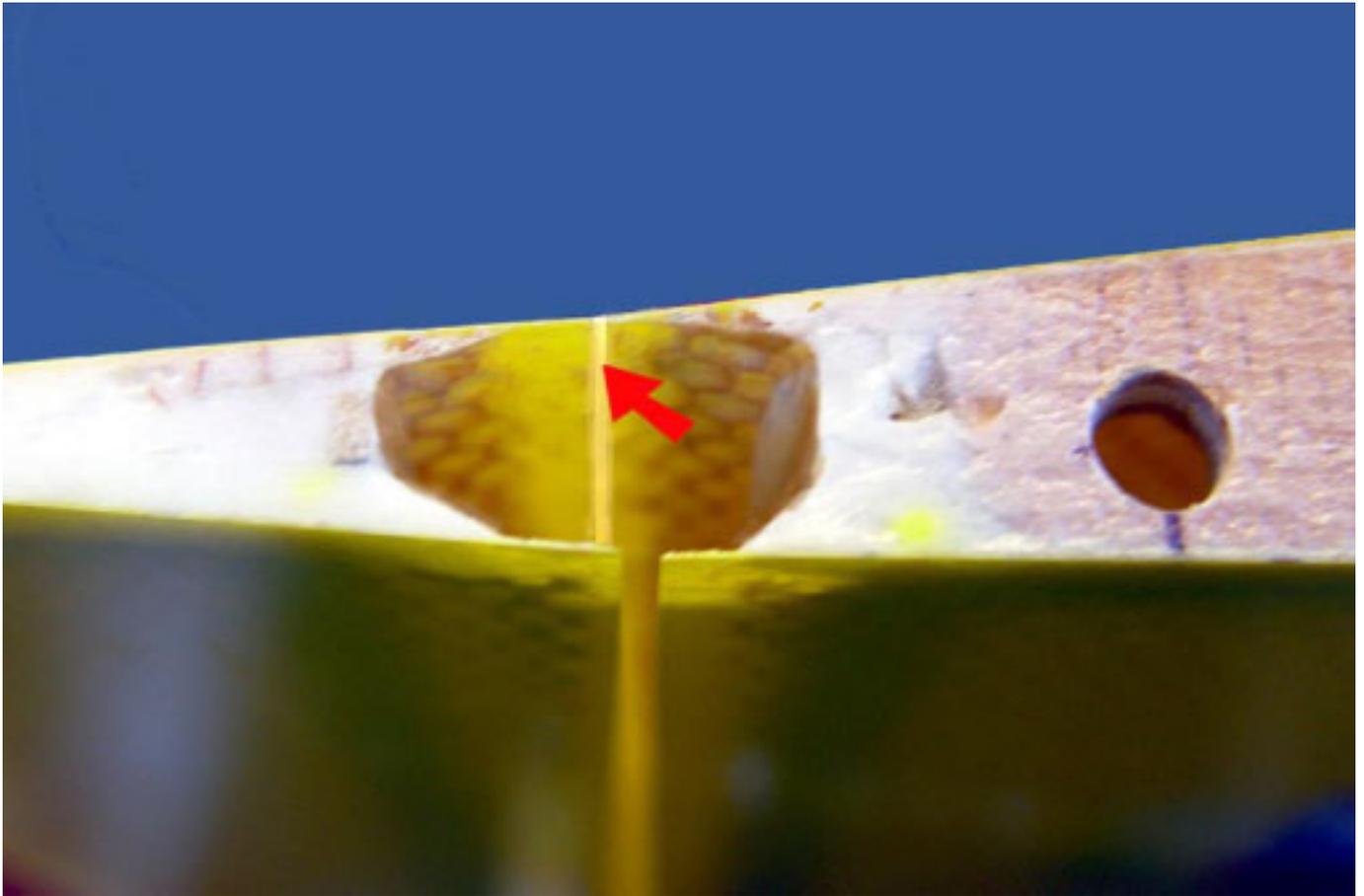


Links und rechts Klebeband nochmals lösen und Abdeckband-Fixierung entfernen, dann erneut andrücken.



Hier das fertige Silikon-Ruderscharnier an einem gewöhnlichen, Oracover-Light bespannten, Rippen-Höhenruder.





Ein weiteres Beispiel:

Silikon- Querruder-Scharnier an einer Schalenfläche mit Waben-Sandwich. Die zu verbindende Haut ist so dünn, dass das Silikon nicht nur in den Spalt dazwischen gefüllt werden kann, sondern wie auf der Skizze vermerkt, befindet sich ein kleiner Silikon-Berg innen auf und über dem Ruderspalt.

## Ruderscharniere mit Abreissgewebe

Je nach Konstruktion und Aufbau der Tragflächen gibt es natürlich die verschiedensten Möglichkeiten für die Herstellung von Ruderscharnieren. Abgesehen von den käuflichen Scharnieren aus Metall oder Kunststoff ist auch die Variante mit Abreissgewebe (Peelply) weit verbreitet.

### Ruderscharnier mit Abreissgewebe:

Diese Methode ist anwendbar bei Tragflächen in Schalenbauweise, also wenn die Flächen in einer Form gebaut werden, aber auch bei Styro-Apachi-Flächen, wenn diese selber gebaut werden. Bei Fertigflächen scheidet diese Methode logischerweise aus.

Der Witz dieser Methode ist der, dass ein flexibles Gewebe verwendet wird, an dem das Epoxydharz nicht haftet und damit keine innige Verbindung eingeht, wie das bei Glasgewebe der Fall wäre.

Sehr gut geeignet ist dafür Abreissgewebe in Streifenform oder aber auch ein Stoffband aus Nylonfasern.

Das Abreissgewebe (Peelply) wird bei der Herstellung der Flächen zwar ebenfalls mit Harz getränkt, aber nach der Härtung springt das gehärtete Harz an den bewegten Stellen wiederum ab und übrig bleibt das flexible Gewebe.

**Bei der Schalenbauweise** wird ein Abreissgewebe-Streifen im Scharnierbereich eingelegt und darüber die normalen Gewebelagen laminiert. Nach der Härtung wird das Laminat an der Scharnierstelle bis auf das Abreissgewebe getrennt. Das Problem besteht hier darin, das Laminat nur soweit zu durchtrennen, dass das Abreissgewebe nicht verletzt wird. Anschliessend wird das Ruder 2-3mal kräftig auf und ab gebogen, bis sich das gehärtete Harz an der Scharnierstelle vom Gewebe gelöst hat. Nun sollte das Ruder leicht und frei beweglich sein.

**Bei der Styro-Apachi-Bauweise** wird ebenfalls ein Abreissgewebe-Streifen im Scharnierbereich, direkt unter die Apachi-Beplankung, gelegt. Allfällige Gewebeverstärkungen sollten allerdings nicht über die Scharnierlinie gelegt werden, sondern nur von beiden Seiten bis an die Scharnierlinie. Nach dem Absaugen der Beplankung auf den Styropor-Kern muss nun die 0.6 bis 0.8mm dicke Apachi-Beplankung wie oben bereits beschrieben, durchtrennt werden. Das Problem besteht auch hier darin, die Apachi-Beplankung nur soweit zu durchtrennen, dass das Abreissgewebe nicht verletzt wird. Anschliessend wird das Ruder 2-3mal kräftig auf und ab gebogen, bis sich das gehärtete Harz an der Scharnierstelle vom Gewebe gelöst hat. Nun sollte das Ruder leicht und frei beweglich sein.

### Vor- und Nachteile:

Der grosse Vorteil ist sicher der, dass das Ruder nie von der Fläche abgetrennt werden muss und demnach auch nicht nachträglich exakt eingepasst werden muss.

Der grosse Nachteil dagegen der, dass das Laminat oder die Beplankung exakt am richtigen Ort bis auf das Abreissgewebe getrennt werden müssen, ohne dasselbe zu verletzen. Mit etwas Übung und allenfalls speziellen Vorrichtungen gelingt das aber in der Regel doch ganz gut und falls irgendwo das Abreissgewebe leicht verletzt werden sollte, ist das nicht so schlimm, das „Scharnier“ ist dann meistens noch lange genug.

Zu guter letzt noch folgenden Trost: Wenn die ganze Übung nicht funktioniert, kann nachträglich immer noch ein Silikon-Scharnier angebracht werden.

