

# Schlagflügelbespannung mit elastischer Folie

Beschreibung der Arbeitsgänge

zur Bespannung eines Schlagflügels der **EV**-Modellreihe<sup>1</sup>

Horst Rübiger

Bei der Bespannung eines Schlagflügels mit elastischer Folie sind insbesondere zwei Schwierigkeiten zu meistern.

- Bespannung eines leicht beweglichen Flügelgerippes, das ohne diese Hülle noch sehr fragil ist.
- Herstellen einer bestimmten, gleich großen und gleichmäßigen Folienspannung auf beiden Flügelhälften (reproduzierbar).

Für diese Aufgaben wurde ein Verfahren entwickelt, das hier beschrieben wird.

## Inhaltsverzeichnis

1. Bedingungen für das Flügelgerippe .....	2
2. Eigenschaften und Beschaffung der Bespannfolie .....	2
3. Eigenschaften und Beschaffung der Haftklebebänder .....	3
4. Verarbeitung der Haftklebebänder .....	4
5. Herstellung eines Bespannrahmens .....	6
6. Bespannung des Rahmens .....	8
7. Bespannung des Flügels .....	10
8. Maßnahmen bei Flügelzuspitzung .....	12

---

<sup>1</sup> Siehe <<http://www.ornithopter.de>>

## 1. Bedingungen für das Flügelgerippe

Schon bei der Konstruktion des Schlagflügels ist die elastische Bespannung zu berücksichtigen. Folgende Bedingungen sind zu erfüllen.

- Der Schlagflügel hat einen zumindest annähernd rechteckförmigen Umriss und er soll auf Ober- und Unterseite bespannt werden. Eine geringfügige Verjüngung des Flügelumrisses im Bereich der Flügelspitze ist akzeptabel.
- Es liegt ein fertiges Schlagflügelgerippe bestehend aus Holmen und Rippen vor, etwa so wie auf folgendem Bild. Das Gerippe muss in der Lage sein, Kräfte der Bespannung - insbesondere der Längsspannung mit ca. 2 N pro 1cm Flügeltiefe - ohne große Verformung aufzunehmen.
- Um im Flügelnasenbereich das Einfallen der Bespannung zwischen den Flügelrippen zu vermeiden, kommen vorgeformte „Nasenschalen“ zum Einsatz<sup>2</sup>.
- Die Ausführung der Endleiste ist weitgehend freigestellt (ggf. auch ohne).

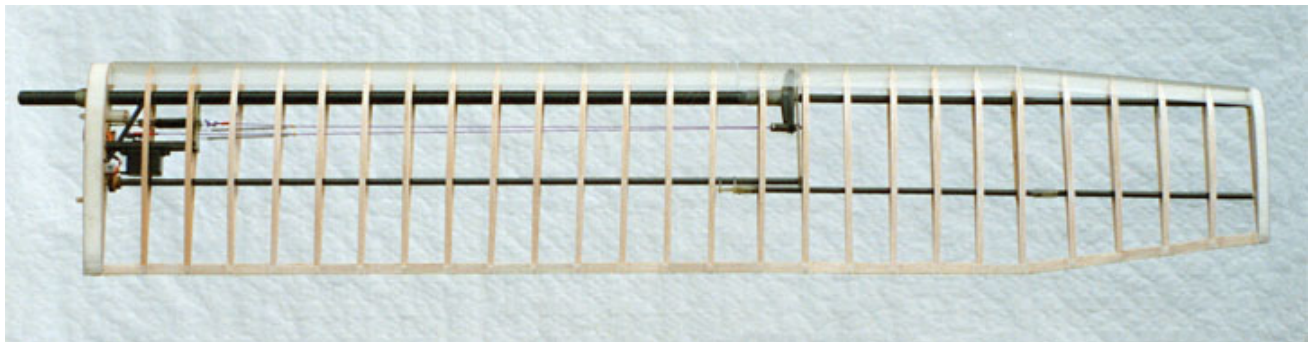


Bild 1 Draufsicht auf den Schlagflügelrohbau vom Modell **EV8b**

## 2. Eigenschaften und Beschaffung der Bespannfolie

Als Bespannung wird eine farblose Polyurethan-Folie vom Typ PLATILON U04 der Firma Plate Bonn GmbH verwendet. Sie dient im Allgemeinen zur Oberflächenveredelung von offenporigen und dehnfähigen Materialien wie z.B. Schaumstoffen (z.B. für Sitze) und war 1982 einmal in Stärken von 30, 50, 70, 100  $\mu\text{m}$  und noch dicker lieferbar. Bei den **EV**-Modellen wurde eine Folie mit einer Stärke von 0,050 mm und einem Gewicht von 60  $\text{g}/\text{m}^2$  verwendet (Dichte 1,19  $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Platilon U04 besitzt gummiähnliche Elastizität mit extremer Dehnungsmöglichkeit und sehr hohen Werten in der Einreiß-, Weiterreiß- und Abriebfestigkeit. Durch ein kleines Loch in der Folie lassen sich daher auch noch nach Fertigstellung des Flügels Arbeiten im Inneren des fertigen Flügels durchführen.

---

<sup>2</sup> Rübiger Horst: Gelenkschlagflügel. Siehe <<http://www.ornithopter.de/daten/gelenk.pdf>> 2006

Unter Sonneneinstrahlung altert die Folie. Sie verfärbt sich milchig und die Spannung lässt nach. Je nach Flugpraxis und Lagerung muss man also alle 1 bis 2 Jahre die Bespannung erneuern. Dies ist aber sowieso meist aus anderen Gründen (Reparaturen und Änderungen) schon früher erforderlich.

Die Beschaffung der Folie ist nicht ganz einfach. Sie muss im Regelfall aus dem industriellen Bereich in größeren Mengen bezogen werden. 1982 betrug die Mindestmenge einer knapp 1 Meter breiten Rolle immerhin 100 Meter. Mit etwas Glück erhält man aber vielleicht auch kleinere Mustermengen.

Da vorstehend genannte GmbH meines Wissens unter diesem Namen nicht mehr existiert, muss man versuchen unter dem Stichwort „PLATILON“ einen anderen Lieferanten ausfindig zu machen. Auch folgende, ältere Anschriften können vielleicht hilfreich sein.

- Fa. Wolff Walsrode AG, Walsrode / Bomlitz (Typ Platilon U 04), 1982
- Die Folie war 1976 auch mal unter der Bezeichnung „ELASTOLLAN C 85 A 13“ bei der Firma Elastogran Polyurethan-Chemie GmbH + Co. KG in Lemförde erhältlich (heute Polyurethan-Gruppe der BASF).
- Im Internet findet man unter den Stichworten „Platilon U“ bzw. „Walopur“ weitere Hinweise über Elastomerfolien.

Sicherlich gibt es aber auch Polyurethan-Folien mit anderen Bezeichnungen, die in gleicher Weise für die Flügelbespannung geeignet sind.

### **3. Eigenschaften und Beschaffung der Haftklebebänder**

Die Balsa-Flügelrippen sollen von hinten bis fast ganz vorne einen Doppelt-T-Träger-Querschnitt haben (T-Trägerbreite ca. 7 mm). Auf der mit einem Porenfüller vorbehandelten Ober- und Unterseite dieses Doppel-T-Trägers wird die Folie mittels dünner, beidseitig haftender, etwa 6 mm breiter Klebebänder befestigt. Die erforderlichen, schmalen Abmessungen der Klebebänder sind meist an der Ladentheke von Baumärkten und Bürobedarfsläden nicht erhältlich. Man muss daher entweder die käuflichen, breiten Streifen von Hand in entsprechend schmale Streifen schneiden oder sie in geeigneten Abmessungen in größeren Mengen direkt von der Industrie beziehen.

Bei der Auswahl aus dem sehr umfangreichen Sortiment der Haftklebebandsysteme sollte man insbesondere auf eine hohe Scherfestigkeit achten. Reicht diese nicht aus, so „kriecht“ die Bespannung im Laufe der Zeit von ihrer Haftfläche.

Haftklebebänder-Trägermaterialien mit einer Stärke bis zu 0,1 mm lassen sich gut verarbeiten und sind vom Gewicht her erträglich. Bisher wurden folgende Klebeband-Typen verwendet.

- Tesafix-959, 9 mm breit, 0.1 mm dick, 50 m lang, Fa. Beiersdorf AG, Hamburg, Industriebedarf, 1976
- Duplocoll 3205, 6 mm breit, 0.06 mm dick, 50 m lang, Fa. Lohmann GmbH, Neuwied, Industriebedarf, 1994
- Doppelklebeband, aus der Warengruppe fix-o-moll, Art.-Nr.4510, 10 m lang, 19 mm

breit, Bürobedarf, 2004

- Tesa Doppelband, Fotostrip, Fa. Beiersdorf, Hamburg, 5338, 10 m lang, 15 mm breit (in kl. Dose), Bürobedarf, 2004
- Doppelklebeband 6 mm x 50 m, Artikel Nr. 125411 aus Katalog 1, auch einzelne Rollen, <[www.architekturbedarf.de](http://www.architekturbedarf.de)> Hannover, 2005

Es gibt übrigens auch Roller, die einen hauchdünnen Klebefilm ohne jedes Trägermaterial aufbringen (z. B. der Pritt Roller von Henkel, für Bürobedarf und Fotoketten). Deren Klebekraft reicht aber nur aus, um die Rippen dort zu fixieren, wo sich die Folie sowieso schon von alleine an sie andrückt.

Andererseits sollte die Haftfähigkeit auch nicht so groß sein, dass man die Folie kaum mehr von den Flügelrippen abziehen kann. Zumindest während des Bespannvorganges ist dies oft mehrmals erforderlich. Die richtige Klebkraft - je nach Flügel- und Profilform – wird zweckmäßig durch Probieren ermittelt. Dazu ist es vorteilhaft, wenn man die Bespannfolie und die verschiedenen Bänder-Muster für einen direkten Vergleich vorliegen hat.

An den Flügelaußenkanten kann man vielleicht auch Flüssigkleber verwenden (z.B. UHU-Por). Deren Verarbeitung ist aber bei dem hier geschilderten Bespannverfahren nicht ganz einfach und wurde auch noch nicht praktiziert. Der beidseitige Auftrag auf beide Klebeflächen und das Antrocknen sind langwierig und die Folie lässt sich für Bespannkorrekturen kaum noch ablösen.

#### **4. Verarbeitung der Haftklebebänder**

Eine 50 µm dicke Bespannfolie nach einem Jahr oder länger vom Flügel wieder abzuziehen, gestaltet sich wegen der in der Zwischenzeit stärker gewordenen Haftkraft schwierig. Es ist aber mit etwas Vorsicht und Geduld durchaus zu schaffen. Vorsorglich sollte man schon beim Flügelneubau für die T-Trägerstreifen der Rippen relativ hartes Balsaholz verwenden. Andernfalls wird das Balsaholz beim Lösen der Folie aufgerissen.

Da die Hauptzugrichtung der Folie längs der Halbspannweite verläuft, sind an der Flügelwurzel und an der Flügelspitze größere, etwa 20 bis 30 mm breite Klebeflächen einzuplanen. Besonders effektiv sind diese, wenn sie um die Flügelkanten herum reichen bzw. nach außen gewölbt sind. Die Folie zieht sich dann dort auf der Haftfläche alleine fest. An den Stirnflächen und an der Hinterkante des Flügels ist eine Überlappung der Klebeflächen zweckmäßig. Aber auch ein Überkleben der Folienenden von Flügelober- und Unterseite mit einem Klarsicht-Klebefilm hat sich bewährt.

Am fertig gestellten Flügelrohbau sind die Ober- und die Unterseite der Flügelrippen mit Haftklebeband zu bekleben. Die Abdeckpapierstreifen des Klebebandes werden dabei wegen der Verschmutzungsgefahr zunächst noch nicht abgezogen. Lediglich auf eine Länge von ein bis zwei Zentimetern ist die Ablösung an jeweils einem Streifenende zweckmäßig. Das erleichtert und beschleunigt dann den späteren Bespannvorgang.

Unter und auf den Profil-Nasenschalen ist kein Haftklebeband erforderlich, bzw. für eine leichte Flügelverwindung auch nicht zweckmäßig. Es ist aber sehr hilfreich, in diesem Bereich den Rippenabstand durch ein vielleicht nur provisorisches, längs der Spannweite verlaufendes

Klarsichtfilm-Klebeband, einem angeklebten Faden oder ein ähnliches Hilfsmittel zu fixieren. An den Holmen werden die Rippen ja nicht auf Abstand gehalten.

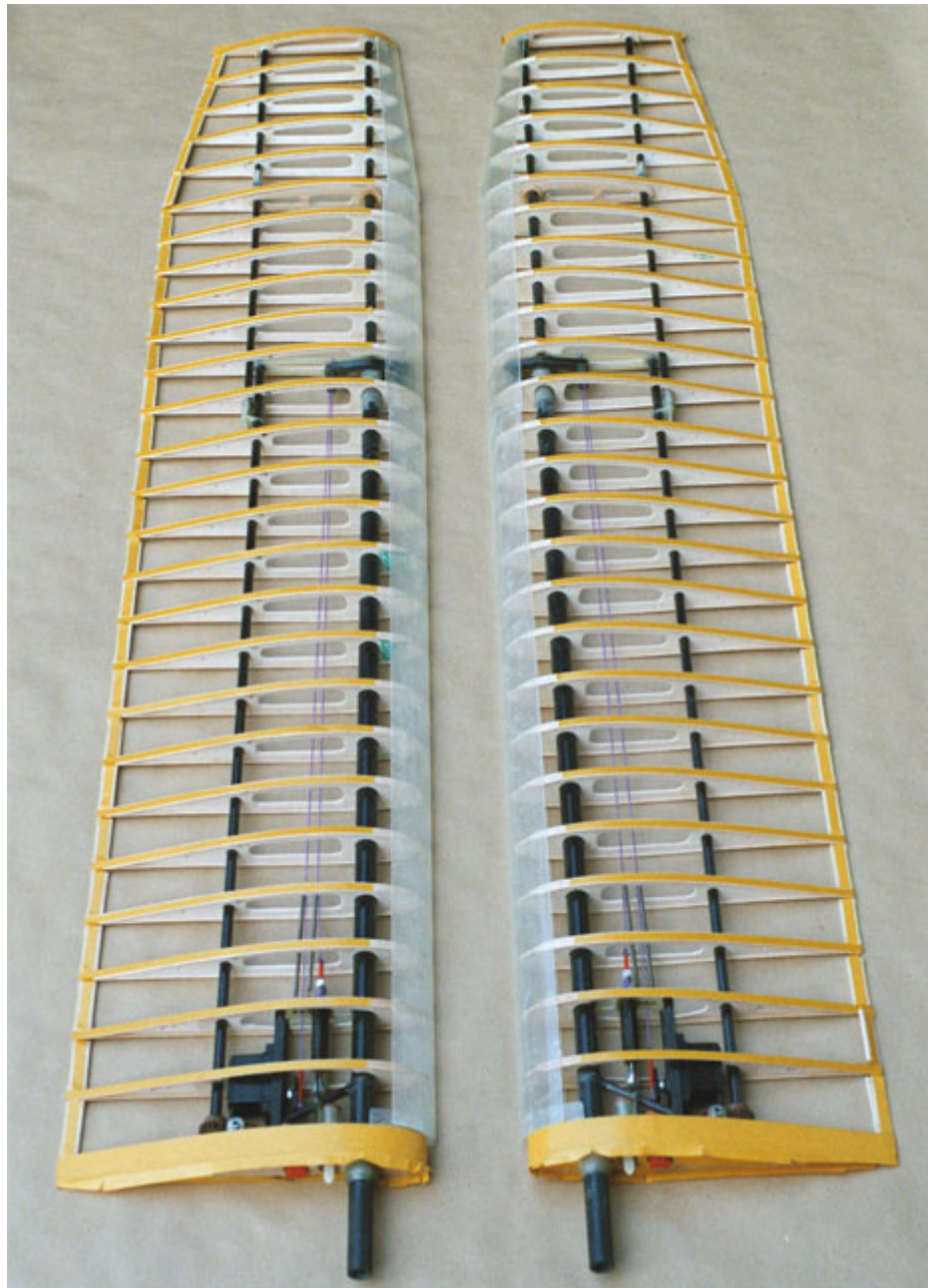


Bild 2 Flügelgerippe mit Haftklebestreifen beklebt, Profilnasenschalen aufgesteckt und fertig für den Bespannvorgang. Die Haftklebestreifen der Flügelrippen reichen nicht bis zur Nasenschale.

## 5. Herstellung eines Bespannrahmens

Insbesondere die kräftige Längsspannung der Folie beeinflusst die Flügelverwindung nicht unerheblich. Aber gerade um diesen Einfluss immer gleich groß zu gestalten, wurde diese Bespanntechnik entwickelt. Sie ist zwar anfangs durch die Herstellung des erforderlichen Bespannrahmens mit etwas Aufwand verbunden, hat sich aber sonst seit ihrer Einführung beim Modell **EV2** sehr gut bewährt.

Nachstehende Maßangaben beziehen sich auf die Flügelgröße des Modells **EV7**, mit einer Halbspannweite von ca. 1,5m, Flügeltiefe ca. 0,30 m, Profil CLARK Y 11,7.

Zuerst wird aus kräftigen, gehobelten Holzleisten (z. B. 2x5 cm) ein Rahmen mit stufenlosen Verbindungsstellen gefertigt (Leisten z.B. verzapft). Seine lichte Weite sollte ca. 15 cm länger und gut zweimal so breit wie ein Flügel (z.B. 2 x Flügelbreite + 10 cm) sein.

Um diesen Rahmen auch für weitere Flügelbauten verwenden zu können, ist es womöglich vorteilhaft, die genannten Übermaße großzügig zu gestalten. Auch der Bespannvorgang wird durch größere Abmessungen erleichtert. Die Rahmenbreite wird allerdings durch die Breite der zur Verfügung stehenden Folie begrenzt (gängige Breite 96 cm). Auch um den Rahmen herum ist ein zusätzlicher Folienüberstand von ca.10 cm oder größer zweckmäßig.

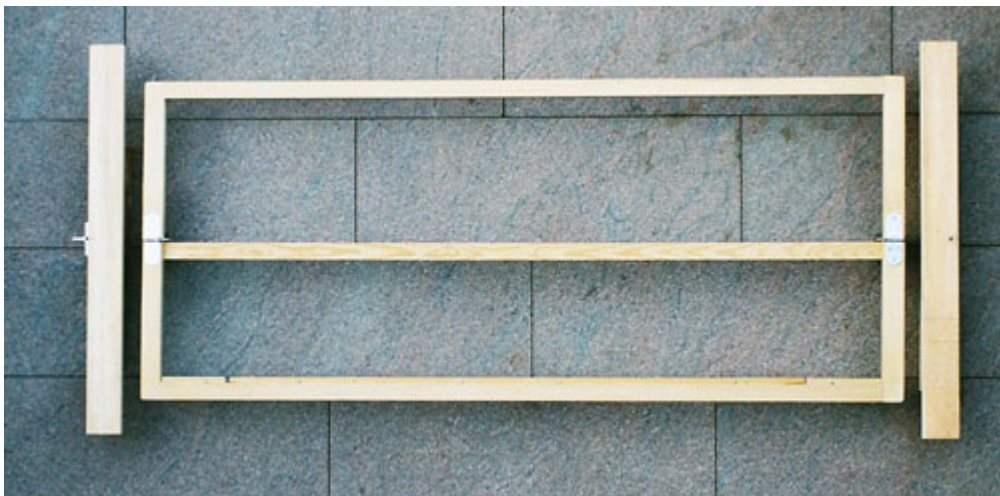


Bild 3 Aufgeklappter Bespannrahmen in der Draufsicht.

Rechts und links liegen die so genannten Zug- bzw. Spannleisten mit ihren Zugösen lose daneben. Sie dienen zur definierten Vorspannung der Folie. Die Länge der Zugleisten entspricht der Folien-Nennbreite.

Der Bespannrahmen wird in Längsrichtung mittig geteilt und mit aufgeschraubten Scharnieren wieder verbunden. Eine der beiden Rahmenhälften sollte man zusätzlich, mit einer unten aufgesetzten Holzleiste, in Längsrichtung aussteifen (siehe vorstehendes Bild). Nun ist noch die Abstützung des Flügels während des Bespannvorgangs vorzubereiten.

Die Querspannung der Folie führt dazu, dass beim späteren Zusammenklappen des Rahmens über den Flügel, dieser nach hinten zur Bespannrahmen-Längsleiste gezogen wird. Das würde

die Herstellung einer definierten Querspannung verhindern. Zur Fixierung ist daher das Flügelholmgerüst, je nach Flügelstabilität, an etwa drei Stellen gegenüber den Rahmen-Längsleisten abzustützen. Im nächsten Bild sind diese Stützen auf einem mit Folie bespannten Rahmen, zusammen mit dem Flügelgerippe zu sehen.

Die Stützen sollten bis zum Hauptholm reichen und müssen um den Hilfsholm und die Endleiste herum geführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass sie sich später aus dem Flügel nach hinten wieder heraus nehmen lassen.

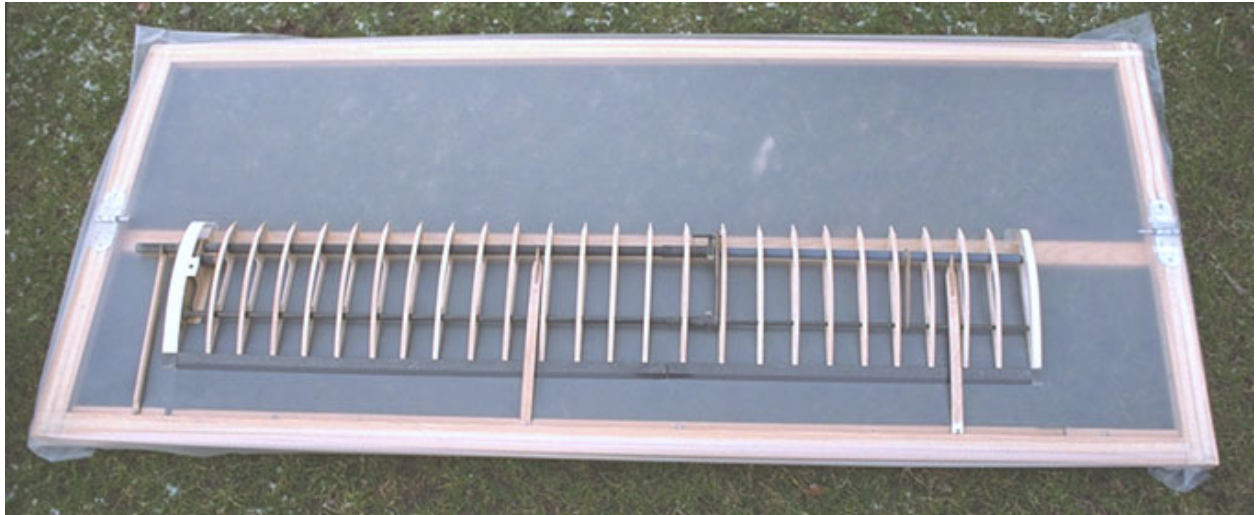


Bild 4 Folienbespannter Rahmen mit aufgelegtem Flügelrohbau.

Der Rahmen ist fertig zum Zusammenklappen.

Der Flügelrohbau ist mit drei flachen Holzleisten nach hinten abgestützt.

Ich verwende für die Stützen flach Holzleisten (Buche 20x2 mm), die vorne - senkrecht zur Leistenfläche - ein kleines Sperrholzstück zur Anpassung an die Flügelholmrundung eingesetzt bekommen.

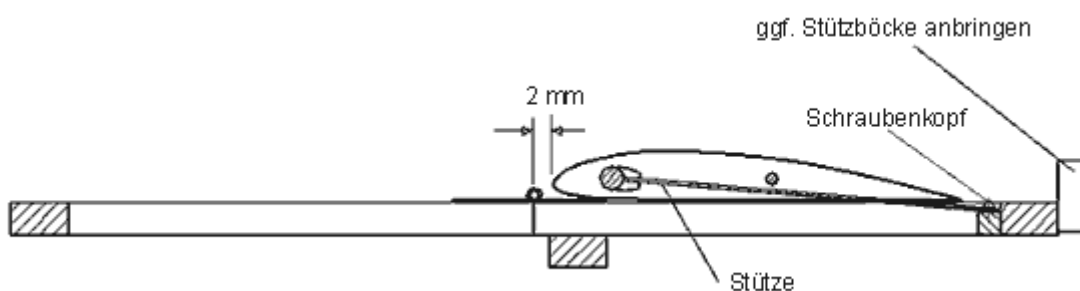


Bild 5 Stützen im Rahmen- bzw. Flügelquerschnitt,

hier unterhalb von Hilfsholm und Endleiste verlaufend gezeichnet (siehe hierzu Bild 4).

Am hinteren Ende erhalten die Stützen eine tiefe Kerbe. Damit wird jede Stütze leicht lösbar unter einen Schraubenkopf auf einer Leiste gesteckt, die versenkte auf der Innenseite des Rahmens geklebt wurde (siehe Bild 5). Man kann aber auch Stützböcke auf die Rahmenaußenseite schrauben und den Flügel dort abstützen.

Die Länge der Stützen ist so zu bemessen, dass die Flügelvorderkante in ca. 2 mm Abstand (je nach Profildicke) zur Rahmen-Scharnierachse zu liegen kommt. Die davon abhängige Folien-Querspannung im Profilnasenbereich kann später in folgendem Arbeitsschritt Nr. 15 kontrolliert und notfalls auch noch korrigiert werden.

Mit der Herstellung dieses Bespannrahmens ist ein wesentlicher Teil der ganzen Bespannarbeit getan. Der Rahmen wird anschließend, in möglichst definierter und reproduzierbarer Weise, mit einer Folie bespannt und über den mit Klebestreifen versehenen Flügelrohbau zusammengeklappt. Mit etwas Nacharbeit ist dann der Bespannvorgang dann schon erledigt.

## 6. Bespannung des Rahmens

Zur Bespannung des Rahmens werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt.

1. Rahmen wie ein offenes Buch aufgeklappt auf den Boden legen. Auf die Oberseite der Längsleisten ein ca. 15 mm breiten Haftklebeband kleben und fest andrücken.

Man vermeidet Klebekraftprobleme und erleichtert sich das spätere Lösen der Folie, wenn das Klebeband jeweils um das Leistenende herum reicht.

An den Rahmen-Schmalseiten sind wegen der größeren Folienlängskräfte zwei dieser Klebebänder nebeneinander erforderlich. Die Scharniere werden dabei einfach überklebt.

Rahmen aufgeklappt lassen und Schutzabdeckung des Haftklebebandes noch nicht abziehen, sondern nur an einem Ende auf ca. 2 cm Länge ablösen.

2. Bespannfolie ca. 20 cm länger als die Rahmenlänge von der Rolle schneiden. Die Breite der Folienbahn bleibt vorerst unverändert. Folie auf dem Fußboden ausbreiten.
3. Beide Enden der Folienbahn ohne wesentliche Quer- oder Längsspannung mit einem ca. 30 mm breitem Haftklebeband (z.B. 2x15 mm nebeneinander) auf die Zugleisten kleben. Die beiden Leisten dienen anschließend zur Aufnahme und Einstellung der Folien-Längsspannung.

Achtung!

Die Bespannfolie wird mit einer Trägerfolie angeliefert. Bei diesem Arbeitsschritt wird die Trägerfolie noch nicht entfernt. Die Bespannfolie lässt sich so leichter ausrichten.

4. Trägerfolie der Bespannfolie komplett abziehen. Infolge elektrostatischer Aufladung zieht dabei die Bespannfolie Schmutz stark an. Es ist daher angebracht, auf einer Sauberkeitsschicht z.B. aus Zeitungspapier zu arbeiten.
5. Die am Boden liegende Folie mittels Zugleisten und Seilzug in Längsrichtung spannen. Die Zugkraft wird zur Reproduzierung durch eine Zugfederwaage gemessen. Die spezifische Zugkraft beträgt bei einer 50 µm Folie etwa 1 N pro 1 cm Folienbreite (Längsdehnung ca. 5%).  
Bei einer Gewichtsfederwaage zum Messen der Längsspannung eines 100 cm breiten Folienstreifens sollten also etwa 10 kg angezeigt werden (gegebenenfalls reichen auch 7 oder 8 kg).  
Zugleisten in dieser Stellung fixieren.



6. Von einer Längsseite des Bespannrahmens den Abdeckstreifen vom Haftklebeband entfernen und den aufgeklappten Rahmen, mit der beklebten Fläche nach unten, mittig auf die gespannte Folie legen. Folie auf der einen Rahmenseite mit dem frei gelegten Haftklebeband gut festdrücken.

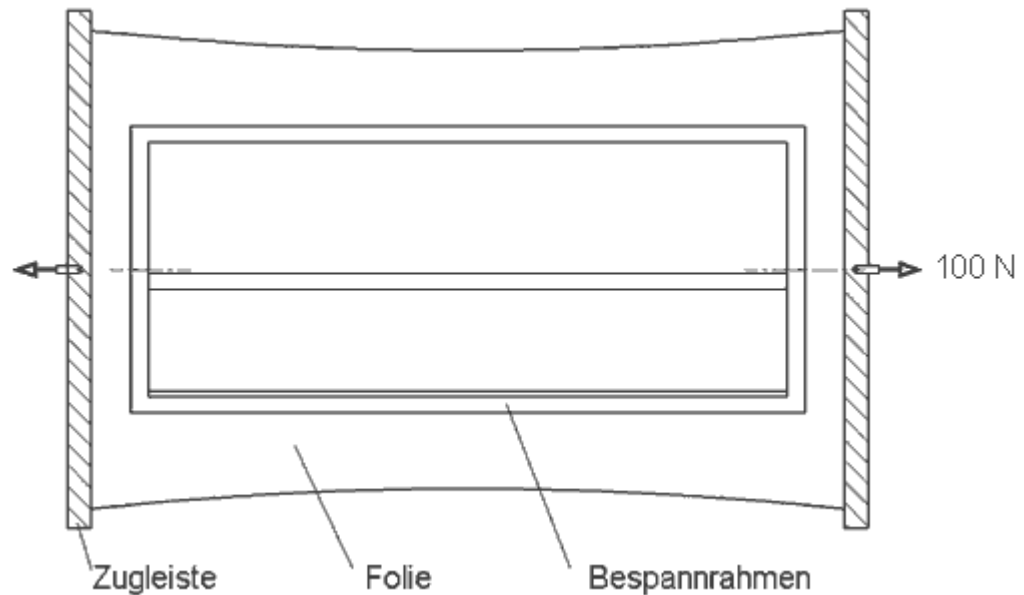


Bild 6 Spannung der Folie in Längsrichtung

7. Bespannrahmen an den Scharnieren leicht anheben und unterbauen. Die Giebelhöhe der Rahmen-Dachstellung ist so zu bemessen, dass der Rahmen in gestreckter Stellung ca. 2,5% breiter ist (Dachneigungswinkel ca. 13 Grad,  $\cos 13^\circ = 0,974$  bzw.  $\sim 2,5\%$  weniger als 100%).

Die genannten Werte sind maßgebend für die spätere Folienspannung in Richtung der Flügeltiefe. Um den Einfall zwischen den Rippen nicht zu groß werden zu lassen, sollte diese Querspannung deutlich kleiner sein als die Längsspannung.

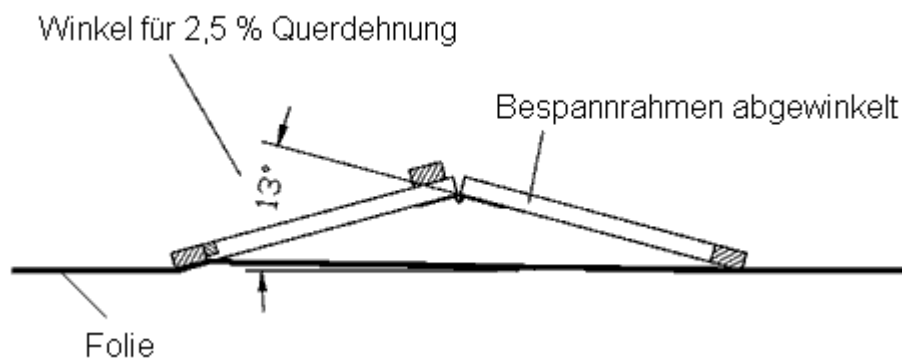


Bild 7 „Dachstellung“ des Bespannrahmens auf der Folie, für eine definierte Querspannung

8. Haftklebebandabdeckung der zweiten Längsleiste abziehen. Folie unter dem Rahmen ohne nennenswerte Querspannung glatt ziehen und fest von unten an den Haftklebestreifen andrücken.

9. Haftklebebandabdeckung der beiden Rahmen-Schmalseiten und Dachunterbau entfernen. Spannrahmen-Dachform in die gestreckte Stellung bringen (Folie wird dabei quer gespannt). Folie fest an Bespannrahmen-Schmalseiten andrücken.

Der Bespannrahmen ist jetzt komplett gespannt.

10. Die Zugvorrichtung der beiden Zugleisten wird entspannt und die Folie von den Zugleisten gelöst. Anschließend wird die mit der Folie versehene Seite des Bespannrahmens nach oben gedreht.  
Bespannrahmen dabei immer aufgeklappt halten, sonst löst sich ggf. die Folie.

### **Achtung!**

Anfangs immer wieder Haftung der Folie auf dem Bespannrahmen kontrollieren (insbesondere an den Ecken und bei den Scharnieren) und ggf. von Hand nachspannen und neu andrücken. Diese Korrekturarbeit wird durch den großen Folienüberstand rund um den Rahmen erleichtert.

## **7. Bespannung des Flügels**

Der Bespannvorgang geht wie folgt weiter.

11. Haftklebebandabdeckungen des Flügels komplett abziehen.
12. Flügelrohbau mit der Unterseite, in Längsrichtung etwa mittig, auf die Folie des Bespannrahmens legen. Die Flügelvorderkante soll dabei in ca. 2 mm Abstand von der Bespannrahmenachse zu liegen kommen. Schon beim Auflegen des Flügelgerüsts auf die Folie die hinteren Stützen als Abstandshalter verwenden (siehe Bild 4).  
Solange man die Folie auf den Rippen nicht fest andrückt hat, kann man die Flügelposition und die Lage der einzelnen Rippen noch ohne weiteres korrigieren.
13. Die einzelnen Flügelrippen ausrichten und Bespannfolie von unten leicht andrücken, im Bereich der Flügelabstützungen hinten nur leicht andrücken. Dabei Bespannrahmen immer aufgeklappt halten.
14. Profil-Nasenschalen einlegen.
15. Bespannrahmen vorsichtig zusammen klappen. Dabei Flügelgerippe leicht nach unten drücken, um es auf seiner Position in der Rahmenebene zu halten.  
Während des Zuklappens die Folien-Querspannung um die Flügel Nase herum kontrollieren. Ggf. Rahmen wieder aufklappen und die Länge der Abstützung und die Flügellage korrigieren.
16. Nach dem endgültigen Zusammenklappen des Rahmens die Bespannfolie an den Rippen fest andrücken, im Bereich der Flügelabstützungen eher mäßig.
17. Mit dem Herausnehmen des Flügels bzw. der Folie aus dem Bespannrahmen wird es nun vorübergehend etwas knifflig. Die Folie muss - obwohl noch nicht vollständig mit der Endleiste und den Endrippen verbunden - vom Rahmen gelöst werden. Wenn sich dabei die Bespannung stellenweise wieder von den Rippen abhebt, Nerven behalten!

Das Loslösen der Folie aus dem Rahmen beginnt zweckmäßig an der Längsseite. Beim Ablösen der Folie vom Bespannrahmen ist es vorteilhaft, die Klebestreifen möglichst auf dem Rahmen kleben zu lassen. An der Folie stören sie nur. Vollständig vermeiden lässt sich das Kleben bleiben an der Folie aber meist nicht.

Die relativ leichte Lösbarkeit der Folie von den Haftklebestreifen und der große Folienüberstand ermöglicht ein örtliches Nacharbeiten längs des ganzen Flügels ohne größere Probleme. Insbesondere die Folienlängsspannung sollte aber in der ursprünglichen Form erhalten bleiben. Daher ständig auf gute Haftung an den Flügelenden achten. Immer wieder kontrollieren!

Im Bereich der Endleiste kann sich die Folie stellenweise schon mal ein paar Zentimeter von den Rippen lösen. Dies lässt sich aber durch den großen Folienüberstand relativ leicht wieder korrigieren.

Ab jetzt wird die Bespannung freihändig und ohne jede Helling-ähnlichen Hilfsmittel fertig gestellt. Der Flügel ist jetzt aber mechanisch auch nicht mehr empfindlich.

18. Sofort nach dem Herauslösen aus dem Bespannrahmen ist die Bespannung an den Endrippen um die Kanten herum zügig fertig zu stellen. Für die weiteren Arbeiten im Bereich der Endleiste und der mittleren Flügelrippen steht dann wieder mehr Zeit zur Verfügung.
19. Flügelabstützungen aus dem Flügel nach hinten herausziehen und Bespannung im Nahbereich korrigieren. Folie jetzt auch dort fest andrücken.
20. Ist eine Flügelendleiste vorhanden, so sollte die Folie von Flügelober- und Unterseite, insbesondere bei Verwendung relativ schmaler Haftklebestreifen, möglichst überlappend festgeklebt werde (von der Oberseite um die Hinterkante herum auf die Unterseite und umgekehrt). Alternativ hat sich auch das Überkleben der Hinterkante mit einem Klarsicht-Klebefilmstreifen bewährt (in Längsrichtung um die Hinterkante gefaltet).

Ohne Endleiste oder ähnliche Kantenverstärkung treten an der Flügelhinterkante kaum Folienkräfte in Erscheinung. Eine straffe Profilauslaufkante zu erzielen ist daher in diesem Falle schwierig (Erfahrung beim **EV2** und **EV6**).

21. Wenn alles zur Zufriedenheit aussieht, Folie noch einmal überall fest andrücken.
22. Folienüberstand mit Rasierklinge vorsichtig abschneiden

Fertig.

Bei guter Vorarbeit und etwas Übung dauert so ein Bespannvorgang von Rahmen und Flügel etwa zwei bis drei Stunden.

## 8. Maßnahmen bei Flügelzuspitzung

Ist die Flügelform nicht rechteckig sondern an der Flügelspitze etwas verjüngt, sind ein paar zusätzliche Arbeiten erforderlich.

Wie in nachstehendem Bild erkennbar, verlängert man dafür jeweils eine Scharnierachse des Bespannrahmens, etwa auf der Länge der Flügelverjüngung, mit einem relativ dicken Rundmaterial.

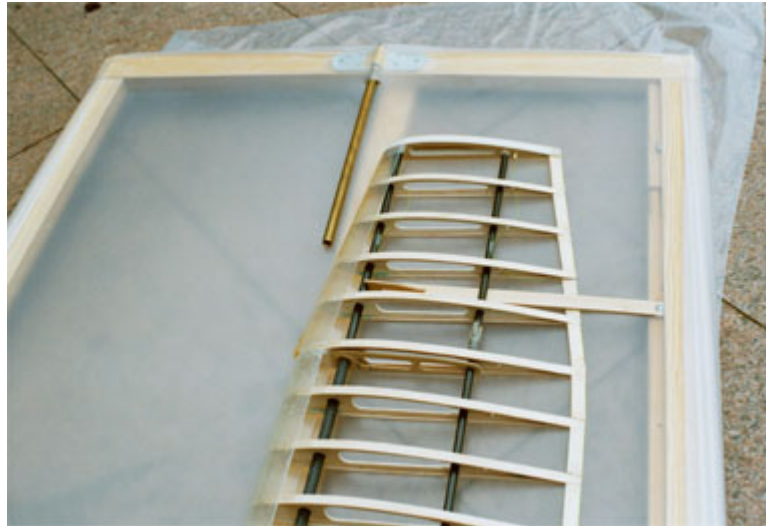


Bild 8 Abstützungen im Flügelspitzenbereich

Dazu wird schon beim Bau des Rahmens die Scharnierachse durch einen längeren, auf der Rahmeninnenseite einige Zentimeter herausragenden Stahlstift ersetzt. Dieser sollte biegefest sein (Federstahl). Auf diesen Stahlstift wird dann das genannte dicke Rundmaterial einigermaßen passgenau aufgesteckt.

Mit dem Rundmaterial stößt man dann beim Bespannvorgang - bei noch aufgeklappten Rahmen – so durch die Folie, dass es, aufgesteckt auf die Scharnierachse, auf der Folieninnenseite zu liegen kommt. Dadurch bleibt beim Zusammenklappen des Bespannrahmens die Querspannung in diesem Bereich annähernd erhalten (vorstehendes Bild).

Nach dem Herauslösen des Flügels aus dem Bespannrahmen und der endgültiger Befestigung der Folie an den Flügelendrippen (vorstehende Anweisung bis einschließlich Arbeitsschritt 17) werden nun einige zusätzliche Arbeiten ausgeführt.

18a. Die Folie wird im Bereich der Flügelverjüngung entlang der vorderen Folienfalte aufgeschnitten und überlappend mit Haftklebeband an der Vorderkante der nun lose aufgesteckten Nasenschale festgeklebt.

Bei der Bespannung der anderen Modellflügelhälfte ist die gleiche Vorrichtung am anderen Bespannrahmen-Scharnier erforderlich.

Die Bespanntechnik kann sicher noch weiter verbessert werden. Das Ergebnis ist aber schon ganz passabel. Vor allem – diese Bespannmethode schafft die Voraussetzung für eine gleichmäßige Verwindung beide Schlagflügelhälften.



Bild 9 Der fertig bespannte Flügel