

## Formenbau mit Laminierkeramik

Dieser Artikel, bereits einmal erschienen in der Zeitschrift Aufwind 4/96, zeigt eine Möglichkeit, auf einfache Art und Weise absolut steife und verzugsfreie Formen zum Laminieren von Tragflächen herzustellen. Der Text und die Fotos stammen vom Logo-Team, R. Kaufmann, Stefan Knechtle und Michael Wohlfahrt. An dieser Stelle besten Dank für das Einverständnis, diesen Artikel verwenden zu dürfen. Der Text wurde unverändert übernommen, Anmerkungen unsererseits sind in *kursiver Schrift* eingefügt, dort wo wir es für sinnvoll erachten. In der Regel geht es uns nicht um Korrekturen, sondern um Ergänzungen oder mögliche Varianten. Der Formenbau mit Laminierkeramik kann selbstverständlich auch für viele andere Teile angewendet werden. Der Vorteil von Laminierkeramik-Formen ist der, dass die Formen absolut steif und verzugsfrei sind, dass das Material gesundheits- und umweltschonend ist und dass sehr schnell gebaut werden kann. Für komplizierte und schwer entformbare Bauteile eignet sich diese Methode eher weniger, da die Formen wie erwähnt sehr steif sind und zum Entformen nicht gedehnt werden können. Hier eignen sich eher dünn gehaltene und noch leicht verformbare GFK-Formen besser.

### Formenbau mit Laminierkeramik:

R. Kaufmann, Stefan Knechtle, Michael Wohlfahrt

Als die Eckdaten unseres neuen F3B-Modells *AB-ART* feststanden, war uns klar, daß bei der Fertigung nur das Beste gut genug sein würde. Denn wir hatten große Erwartungen an unsere neue Maschine, deren Prototyp bereits in Positivbauweise besser war als ihr Vorgänger *GILB*. Gleichzeitig standen wir aber auch unter Zeitdruck. Galt es doch, in rund 10 Monaten Urmodelle, Formen und schließlich 6 Modelle (für 6 Piloten) herzustellen. Je früher, desto mehr Zeit blieb, um mit dem neuen Gerät für die Schweizer Meisterschaft '95 zu trainieren. Schließlich flogen auch 4 *ABART* bei diesem Anlass, 3 davon landeten sogar auf dem Treppchen!

Möglich war dieser Kraftakt in so kurzer Zeit zum Teil auch deshalb, weil wir zum Formenbau die neue Laminierkeramik von R&G eingesetzt haben. Mit diesem Material spart man beim Laminataufbau einer Form gut die halbe Zeit! Zudem macht die Arbeit mit der Keramik auch mehr Spaß! Dazu später mehr.

Die Laminierkeramik besteht aus zwei Teilen. Zum einen aus der eigentlichen Keramik, einem gipsartigen, weißen Pulver, das mit Wasser angerührt wird. Diese Masse dient als Matrix im tragenden Laminat der Form. Der andere Teil ist eine spezielle Glasmatte. Sie ist extra dick, um einen zügigen Schichtaufbau zu ermöglichen und besteht aus einem vliesartigen Glasmattenteil, in den ein lockeres Rovinggewebe eingearbeitet ist. Der Verbund aus dieser Glasmatte, getränkt mit der keramischen Matrix wird hier als Laminierkeramik bezeichnet.

Im folgenden soll der Formenbau mittels Laminierkeramik in illustrierter Weise dargestellt werden, damit Sie sich ein Bild von den Möglichkeiten dieses neuen Werkstoffes machen können.



Bild 1:

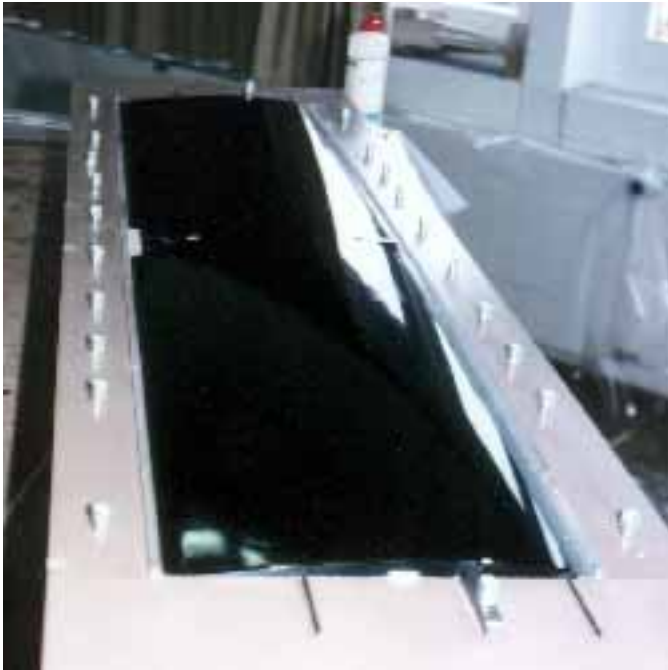
Als erstes ist das Urmodell des Flächenmittelstücks zu sehen. Es liegt, mit Sekundenkleber fixiert, in der Negativ-Urform aus Ureol, einem Epoxidschaum, die von der Fa. Streifeneder auf einer CNC Maschine hochpräzise gefräst wurde.

*Selbstverständlich kann die Urform auch auf herkömmliche Art erstellt werden.*

Diese Urformen enthalten bereits alles, was in der späteren Form notwendig ist. So auch Führungen für Steckverbinder, Torsionsstifte, Zentrierbolzen, Schraubenlöcher, Trennschraubenlöcher etc.

In dieser Urform wurde das Urpositiv der Fläche hergestellt, wie auch das Urmodell für den Holm abgenommen. In der jetzigen Phase wird sie ein letztes Mal als Trennebene für den Aufbau des Formoberteils verwendet.

Dieses erstklassige Werkstück entstand nach Vorschlägen der Firma Streifeneder. Dort versteht man sein Handwerk wirklich. Auch mit Tips und Kniffen aus der Praxis halten diese Leute nicht zurück.



**Bild 2:**  
Im nächsten Schritt sehen wir schon die Ram-  
pamuffen (R&G Fix-A-Form Verschraubungen) für die  
spätere Formverschraubung auf der Trennebene.



**Bild 3:**  
Hier ist bereits alles für die Abformung montiert in-  
klusive Passdübel, Leisten für den Absaugkanal etc.  
Der Rahmen für den Formenrand besteht aus Reso-  
palplatten und wurde direkt an das Urnegativ ange-  
schraubt. Der obere Rand ist L-förmig abgeschlos-

sen, damit eine ebene Abstellfläche auf der Rahmen-  
kante entsteht. Das erleichtert später den Umgang  
mit der Form und hilft Verzüge zu vermeiden.  
(Resopal oder andere beschichtete Spanplatten eig-  
nen sich ebenfalls.)



**Bild 4:**  
Nach dem Wachsen geht es wie üblich los: Das  
Epoxyd-Formenharz wird blasenfrei aufgestrichen.  
Hier ist darauf zu achten, daß alle Metallteile voll-  
ständig mit Formenharz bedeckt sind. Da die  
Laminierkeramik mit Wasser angerührt wird, würden  
sie sonst beim Aushärten rosten. Und rostige  
Passdübel lösen sich schlecht!

**Trennmittel:**

*Es gibt keine guten und schlechten Trennmittel! Rich-  
tig angewendet, funktionieren alle. Man kann auch  
sagen, dort wo Trennmittel vorhanden ist, dort trennt  
es auch!*

*Neue Formen und Urformen müssen, je nach Trenn-  
mittelsystem, mehrmals behandelt werden, bis die  
Oberfläche richtig eingelassen ist. In der Regel sind  
es 5 - 10 Trennmittelaufträge mit einem weichen  
Baumwoll-Lappen mit jeweils kurzem Zwischen-  
trocknen und ablüften lassen des Lösemittels. Erst  
dann erfolgt ein sorgfältiges Polieren der Wachs-  
oberfläche von Hand!*



**Bild 5:**  
Um eine optimale Verbindung vom Formenharz mit der Kupplungsschicht zu erreichen, haben wir Glaschnitzel auf das Formenharz gestreut. Bei dünnen Formenharzschichten kann es allerdings geschehen, daß diese sich beim Tempern leicht abzeichnen. In solchen Fällen empfehlen wir Baumwollflocken für diese Aufgabe.

Nun wird ganz klassisch eine Kupplungsschicht aufgetragen. Zuerst EP-Harz + Baumwollflocken, danach Harz + Glasschnitzel. Wichtig ist, alle Ecken und Kanten gut auszurunden, sowie um sämtliche Muffen und Stifte gut aufzufüttern.

*Wir empfehlen eher, 2 Anstriche mit Formenharz, also eine dickere Formenharz-Schicht. Das ist vor allem wichtig bei komplizierten Formen mit vielen Kanten und Ecken. Damit ist gewährleistet, dass die Formenharz-Schicht auch an diesen Stellen dick genug ist. Anschliessend werden mit der Kupplungsschicht, nur die Kanten und Ecken ausgerundet. Auf glatten Oberflächen ist eine Kupplungsschicht nicht unbedingt erforderlich, schadet aber auch nicht.*



**Bild 7**

**Bild 8**



**Bild 6:**



Bild 7 und 8:

Auf diese Kupplungsschicht wird ein relativ feines Gewebe (z.B. 163 g/m<sup>2</sup> Glas/Köper) mit guter Drappierbarkeit aufgebracht. Wichtig ist natürlich, daß dieses Gewebe vollständig entlüftet wird. Also genügend Harz verwenden und mit dem Pinsel stupfen, bis alle Luftblasen entfernt sind! Davon legen wir 2-3 Lagen ein.

Bis hierher war alles wie gehabt. Früher begann nun der Aufbau mit den mittleren und schweren Geweben, Sandstampfen und Gewebeaufbau rückwärts, damit sich nichts verzieht. Das dauerte Stunden. Aber das ist vorbei. Alte Schule! Ab jetzt beginnt der große Spaß. Zuerst sieht es zwar nach großer Schweinerei aus (soll u.U. ja auch Spaß machen) doch nach 5 Minuten hat man sich daran gewöhnt und alles geht ruckzuck.

Stück der speziellen Glasmatte und tränken sie gut durch. Danach wird das Stück leicht ausgewrungen, keine Angst das Zeug ist erstaunlich robust.



Bild 10:

So vorbereitet wird das Spezial-Gewebe auf das noch nasse (!) EP-Harz-Laminat aufgelegt. Es ist erstaunlich, aber die beiden unterschiedlichen Materialien verbinden sich wirklich. Wir haben noch nie erlebt, daß sich da was löst. Die Keramik erwärmt sich beim Aushärten deutlich und beschleunigt so den Härteprozess des EP-Harzes. Falls die Kupplungsschicht aus irgend einem Grunde bereits gehärtet sein sollte, muss erneut ein Anstrich mit EP-Harz gemacht werden. Eine gute Verbindung wird nur erreicht, wenn die Laminierkeramik auf eine noch nasse EP-Schicht gelegt wird!



Bild 9:

Im Detail: Man nehme einen Eimer, fülle entsprechend den Herstellerangaben Wasser und Keramikpulver in der benötigten Menge ein. Das wird gut verrührt und erinnert den Betrachter stark an Gips. In diesen Matsch tauchen wir nun ein vorbereitetes



Bild 11

*Das Spezialgewebe muss nicht in einem Stück aufgelegt werden. In der Praxis werden meistens Stücke von ca. 30x30cm geschnitten und getränkt. Damit wird dann die Oberfläche Stückweise belegt.*



Bild 12



Bild 14



Bild 13



Bild 15

Bild 11 + 12 + 13:

Jetzt wird dieses Laminat ganz einfach mit den Händen in die Form gedrückt. Die erste Lage wird bei den Fix-A-Form Schraubmuffen noch mit der Scheere eingeschnitten, die zweite Lage kann ganz belassen werden. Sie wird einfach gut angedrückt. Man kann richtig großzügig arbeiten. An den Ecken muss das Gewebe eingeschnitten werden, ist sonst aber flexibel genug, um auch Halbkugelformen sicher zu umschließen.

Bild 14 + 15:

Auf die 2. Lage haben wir Rippen aus Styropor aufgesetzt und diese mit einer Lage Keramiklaminat überzogen. Damit wird die Formenwand gegen Durchbiegung sicher abgestützt und die ganze Form wird verwindungssteifer. Bei kleineren Formen, wie Leitwerke, Hauben etc. können Sie sich das schenken. Es wird in diesen Fällen auch mit einer einzigen Keramiklage genug sein.

*Es ist auch möglich, aus dem Keramiklaminat eine Wurst zu formen und diese als Verstärkungsrippe auf die Formrückseite zu pappen. Auch das ergibt sehr steife Verstärkungen.*

All diese Arbeit ist je nach Manpower in einer halben bis einer Stunde erledigt. Wie lange das sonst noch dauern würde, wissen Sie vielleicht selbst - länger auf jeden Fall.

Nebst der Arbeitersparnis erhält man auf diese Weise sehr steife Formen mit einem angenehmen Gewicht. Schließlich haben nicht alle Modellflieger die Konstitution eines A. Schwarzenegger. Auch das Modellflieger-Budget wird mit dieser Technik weniger belastet.

Nach genügend Aushärtezeit wird alles ganz normal entformt. In unserem Fall war es wichtig, daß sich die Fläche aus dem Ur-Negativ löst und in der Keramikform drinbleibt. So wurde die zweite Formenhälfte analog zur ersten gleich auf dieser aufgebaut.

So, jetzt hoffe ich, Sie mit meinen Ausführungen dieser neuen Technologie etwas näher gebracht zu haben. Vielleicht versuchen Sie es bei Ihrem nächsten Projekt? Ich wünsche an dieser Stelle allen viel Erfolg und im weiteren viel Freude an unserem schönen und interessanten Sport.

R. Kaufmann Logo Team

Fotos: Stefan Knechtle und Michael Wohlfahrt

### **Materialzusammenstellung:**

**Trennmittel:** Es können alle üblichen Trennmittel verwendet werden, da der Trennfilm ja mit der Laminierkeramik nicht in Berührung kommt. Wir empfehlen Trennwachs-Flüssig, Trennwachs-Paste oder Grundierwachs und PVA.

**Formenharz:** Auch das Formenharz hat auf die Laminierkeramik keinen Einfluss. Wir empfehlen das schwarze Formenharz-P.

**Epoxydharz:** Für den folgenden Laminataufbau der Form empfehlen wir das preisgünstige Epoxydharz Typ L mit Härter L.

**Laminierkeramik:** Laminierkeramik für die Herstellung von absolut formstabilen und verzugsfreien Formen für den Teilebau aus Polyester- oder Epoxydharzlaminate. Die erste Schicht besteht dabei aus normalem Epoxyd-Formenharz. Der stützende Aufbau wird anschliessend aus umweltfreundlicher Laminierkeramik erstellt. Für eine optimale Verbindung ist wichtig, dass die Keramik immer auf nasses Epoxydharz aufgetragen wird. Also die Keramik direkt auf das nasse Epoxyd-Formenharz oder auf einen nachträglichen Anstrich mit normalem Epoxydharz auftragen. Verbrauch, ca. 4-5 kg Laminierkeramik pro m<sup>2</sup>.

Erhältlich in Pkg. à 1L, 5L, 10L oder 25kg Säcken.

### **Glasgewebe für Laminierkeramik (Volumat)**

Anschmiegsamer, dicker, geadelter Gewebe Matten-Komplex mit wasserfreundlichem Finish, speziell geeignet zur Herstellung



leichter, hochfester Laminat in Verbindung mit Laminierkeramik.

M1-Glaskomplex 620gm<sup>2</sup> 50cm breit, per Lfm oder per Rolle à 50 Lfm

**Fix-A-Form Verschraubungen:** 2 Rampa-Muffen mit und ohne Innengewinde + 1 Imbusschraube. Erhältlich in Btl. à 6 oder 12 Paar, sowie Grosseinheiten.

**Passdübel:** 3-Teilige Passdübel aus Messing mit herausnehmbaren Messing-Passbolzen. Btl. à 10 Stk. oder Grosseinheiten. (Messing rostet nicht!)