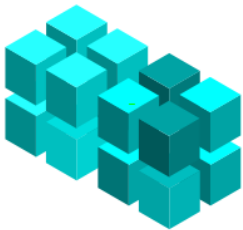


# Formenbau-Formherstellung mit Glasfaser und Glasfilamenten



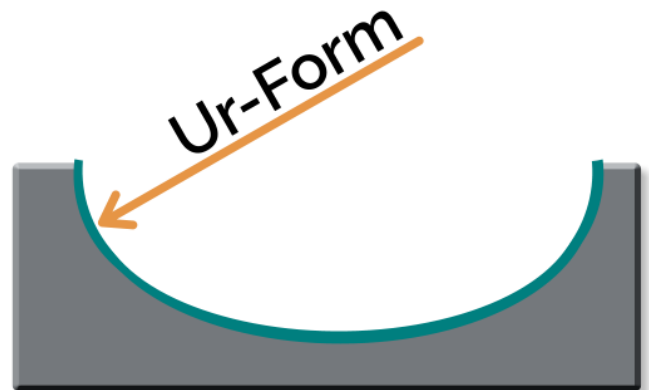
Um ganze Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen herzustellen benötigt man eine entsprechende Form. Diese kann preisgünstig und schnell aus GFK gefertigt werden. Dabei gilt, wenn die Form öfters genutzt werden soll, muss Sie einen soliden Aufbau haben, der bei der Exthermie/Wärmebildung nicht bricht. Wichtig ist auch die Art des zu verwendenden Harzes, da z.B. Schaumstoff von Styrolen in Polyesterharzsystemen aufgelöst werden.



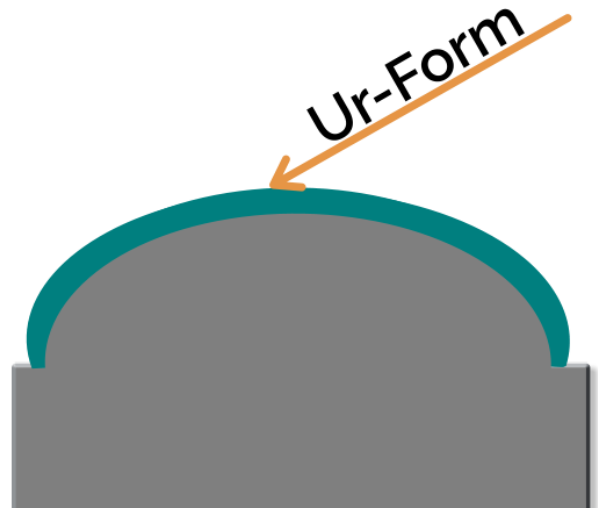
## Die Form Art

**Negativ**-Formen sollten es sein, wenn die Fertigteile glatte Außenflächen aufweisen, wird eine Negativ-Form erstellt (Boote, Kanu, Karosserieteile, Modellbaurümpfe etc.). Man spricht hier vom direkten "Abdruck" des Originalteiles

Sind die Konturen komplexer, oder mit Hinterschnedungen versehen, muss die Form in mehrere Segmente aufgeteilt werden.



**Positiv**-Formen werden bei Gegenständen mit glatten Innenflächen (Behälter, Springbrunnen, Schalen) eingesetzt, das bedeutet, die Form bildet einen Formkern innerhalb des Originals. In der Regel ist die zur Form gewandte Seite die spätere Sichtfläche. Eine sauber und glatt gearbeitete Form erspart daher ein Nacharbeiten und garantiert die Maßhaltigkeit des späteren Bauteils. So kann z.B. als erste Schicht auf die Negativform bereits die spätere Deckschicht (Gelcoat) aufgebracht werden. Aufwendige Oberflächenbearbeitungen können so komplett entfallen.





# Hartschalengips

ist auch eine mögliche Variante, die in Verbindung mit einer harten Oberflächenschicht aus Epoxyd-Formenharz eingesetzt wird.

Mögliche Formenstückzahlenergeben sich ähnlich wie bei GFK-Formen.

Hauptnachteil dieser Bauweise ist das relativ hohe Gewicht

(ca. 20 - 30 kg/m<sup>2</sup>) und die hohe Empfindlichkeit gegen Stöße.



## Metall

Metallwerkzeuge sind am haltbarsten und werden vor allem für Großserien eingesetzt. Sie sind im Vergleich zu den gebräuchlichen GFK-Formen außerordentlich teuer.

## Dauerelastische Formen

Für Formen mit starken Hinterschneidungen oder reliefartigen Oberflächen werden hochflexible Siliconkautschuk-Abformmassen verwendet. Die Dehnfähigkeit beträgt zwischen 350 und 500 %. Siliconkautschuk ist selbsttrennend und für Entformungen mit Polyesterharz, Gips, Wachs etc. geeignet. Bei Verwendung von Epoxyd-Gieß/Laminierharzen sollte zuvor Grundierwachs aufgetragen werden.



# GFK Formen erlauben

eine größere Menge an entformbaren Stückzahlen.

Hierbei bestimmt die Deckschicht die Güte der entformbaren Teile in Bezug auf die Oberfläche. Polyesterformen schwinden stärker im Vergleich mit Epoxydharzformen.

Sie sind daher vor allem für einfachere Formteile wie z.B. Behälter und Bootsschalen geeignet, bei denen nicht die höchste Maßhaltigkeit gefordert wird.



## Glasfaser-Epoxydharz sind sehr hochwertige und langlebige

Formen, bestens für z.B. für Flugzeug-, Modell- und Maschinenteile geeignet.

Sie können viel genauer angefertigt werden.

Die Formoberflächen sind polierfähig und abhängig vom verwendeten Formenharz unterschiedlich hart.

Der Schrumpfgrad bei diesen Formen ist geringfügig, da Epoxidharze lösemittelfrei sind und deshalb im Volumen nicht so stark ausdünsten.

Im Einsatz mit Glasgewebelaminat ist der Schwund am geringsten.

Um die Form vor einem Verziehen zu schützen, sollte die Form symmetrisch aufgebaut werden.

Dieses Verfahren wird ab Seite 3 ausführlich beschrieben

Meist werden Faserverbundbauteile in Formen hergestellt, die selbst aus Faserverbundwerkstoffen aufgebaut sind. Mit wenig Hilfsmitteln und mit etwas Geschick, lässt sich bereits eine Kunststoffform herstellen.

---

In unserer Anleitung gehen wir natürlich auf GFK Formen ein.

## Unterteilen Sie sich die Arbeitsschritte in:

- ☞ Herstellung und Vorbereitung des Positivkernes
- ☞ Festlegung der Trennebenen
- ☞ Erstellung des Trennbrettes
- ☞ Vorbereitungen zum Abformen
- ☞ Laminieren der Formteile
- ☞ Nachbehandlung der Form







## Werkzeugliste

1. Grundierwachs
2. Folientrennmittel PVA
3. Formenharz Z.B. AT-Epoxidharz A19/30 oder Neuladur Formenbauharz
4. Epoxyd-Laminierharz AT 38/30 oder bei schnellen Aufbauten AT 38/20
5. Glasgewebe zwischen 163 g/m<sup>2</sup> - 390 g/m<sup>2</sup> oder ein biaxialgelege mit 300g/m<sup>2</sup>
6. Glasfaserschnitzel
7. Baumwollflocken
8. Paßstifte oder Paßdübel
9. Fix-a-Form Formverschraubungen
10. Abreissgewebe
11. Modelliermasse
12. SekundenkleberWerkzeuge + Hilfsstoffe
13. Glas- oder Aramidscheren
14. Pinsel
15. Schaumstoffwalzen (Laminierset)
16. Mischbecher und Rührstäbchen
17. Digitalwaage
18. Bohrmaschine
19. Stichsäge
20. beschichtete Spanplatten
21. Gips
22. Messer, Stechbeitel



Handschuhe  
nicht vergessen!



Baumwollflocken



Glasfaserschnitzel





## Vorbereitungen und Erstellen des Positivkerns

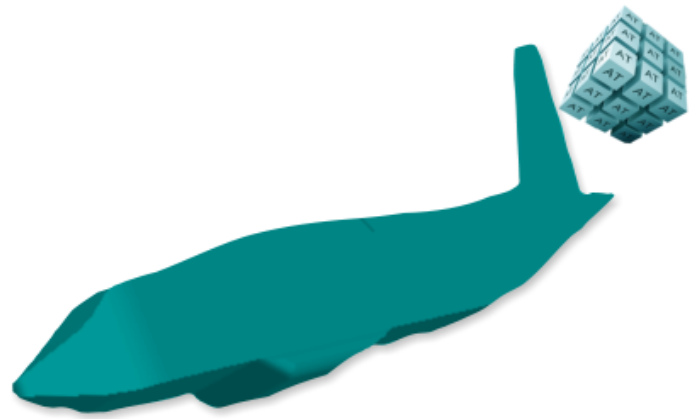
Der Positivkern wird als Urmodell bezeichnet.  
Er ist die Kontur für die Bauteile, die später  
abgeformt werden sollen.

Vorhandene Bauteile, die z.B. in Styroor oder Holzbauweise  
gefertigt werden, lassen sich schon häufig dafür benutzen.  
Wichtig ist aber bei der Rohstoffauswahl, das Polyesterharz  
Styropor oder Schaumstoff anätzt.

Der Kern wird also grob vormodelliert oder aus einem Muster gezogen.  
Wichtig ist dann, das Sie diese Stücke mit einer oder mehreren  
Lagen GFK versehen, das kann mit Glasfilament oder Glasfaser geschnitten oder als Matte erfolgen.  
Bei größeren Projekten ist das auch mit einem Glasroving umsetzbar.

Danach werden die feineren Bereiche entweder modelliert und angeklebt oder mit einem Formenbauharz  
grob aufgetragen und dann in Form geschliffen.

Selbst normaler Polyesterspachtel kann dafür eingesetzt werden.  
Sie können auch mit Polyesterharz und Baumwollflocken eine  
Spachtelmasse herstellen und nach ihren Wünschen andicken.



Hier ein Beispiel für Epoxidharz mit  
eingerührten Baumwollflocken.

Neukadur O Paste Schwarz  
unsere Formenbau Empfehlung von den Profis  
Haupteigenschaften:

- Epoxidharz-System
- metallisch gefüllt
- hochviskos
- abriebfest
- hartelastisch
- hohe Wärmeformbeständigkeit
- sehr schleiffest

Anwendungen

- Formenbau
- Blechumformwerkzeuge
- Vakuumtiefziehwerkzeuge
- Schäumformen
- Eine weitere Schicht kann aufgebracht werden,  
sobald die Oberflächenschicht angeliert aber noch leicht klebrig ist.  
Dieser Zustand ist temperaturabhängig und wird bei Raumtemperatur nach ca.  
35 – 40 Minuten bzw. 200 Minuten je nach Härtertyp erreicht.

Jetzt ist es noch wichtig, das die Oberfläche glatt wird, das sorgt für leichteres Abformen und weniger Einsatz  
von Trennmitteln.





Abschliessend sollte die Form so gut geschliffen sein, das Sie mit Watte ohne Probleme aufpolieren können.

Dabei ist jedoch unbedingt zu beachten, daß die verwendete Politur siliconfrei ist, da Siliconrückstände das Trennergebnis beeinträchtigen. Autopolituren enthalten häufig Siliconbestandteile und sind deshalb nicht empfehlenswert.



Acmos bietet Polituren an, die speziell auf den Kunststoffformenbau abgestimmt sind.



Bevor der Positivkern das erste Mal mit Trennmittel behandelt wird, sollte er mit einem Reinigungsmittel, Aceton gereinigt werden. Dabei ist vorher die Verträglichkeit des Reinigungsmittels mit der Oberfläche zu testen. Das Reinigungsmittel muß vor dem ersten Wachauftrag mehrere Stunden in einem warme vollständig ablüften. Auch wenn das Reinigungsmittel oberflächlich schon lange abgetrocknet ist, könnten ansonsten Rückstände des Lösungsmittels, die in tieferen Poren zurückbleiben, chemisch mit dem Trennmittel reagieren.



## Die Kupplungsschicht



Hier wird jetzt n das aufgestrichene Formenharz werden Kurzglasfaserschnitzel eingestreut, überschüssige Glasfaserschnitzel werden, nachdem die Deckschicht ca. 2 Stunden angeliert ist, vorsichtig wieder abgesaugt.

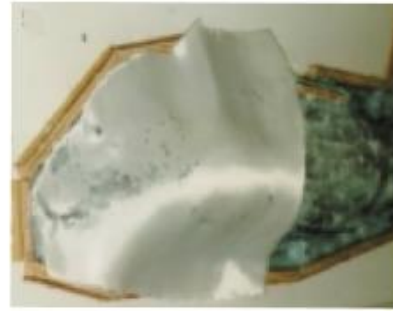
Für die Kupplungsschicht werden Kurzglasfasern und Baumwollflocken zu gleichen Teilen in das Harz gemischt. Die Kupplungsschicht vermeidet Lufteinschlüsse zwischen Deckschicht und Laminat und wird insbesondere in Ecken und Kanten sowie im Bereich damit die erste Gewebelage faltenfrei laminiert werden kann .





## Der Schichtaufbau

Die hintere Verstärkung oder Aufbau erfolgt mit mehreren Lagen Glasfilamentgewebe oder einem sogenannten Biaxialgelege und mehreren Lagen Glasgewebe.



Begonnen wird mit einer Schicht Glasfilamentgewebe, die gut eingearzt wird.



Die erste Gewebelage wird harzreich laminiert, damit oberflächennahe Luftpinschlüsse vermieden werden, überschüssiges Harz aus den ersten Gewebelagen wird ohnehin von den nächsten Gewebelagen aufgesaugt. Um genügend Wandstärke aufzubauen, folgen zwei Lagen Glasrovinggewebe 450g/m<sup>2</sup>. Sie werden mit je 260g/m<sup>2</sup> Harz getränkt.

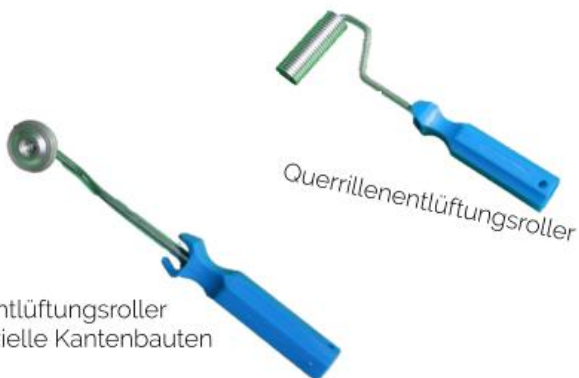


Danach erfolgt feucht in nass, also das Harz hat geliert, aber noch nicht die Endfestigkeit erreicht, die zweite Schicht, die aus Roving gemacht wird.

Es wird oft auch hier empfohlen, Glasfasern und Baumwollflocken einzustreuen, was aber letztlich einen höheren Harzverbrauch zur Folge hat und ganz bestimmt nicht die Anhaftung des Harzes und des Filamentes verbessert.

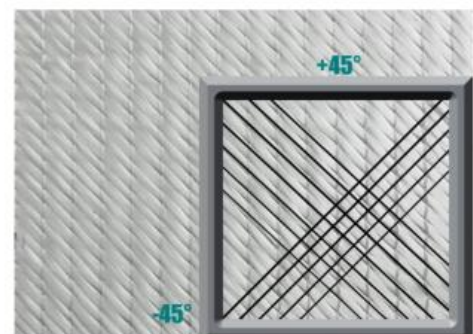
Überschüssiges Harz der ersten Gewebelagen wird von den weiteren Gewebelagen aufgesaugt. Um einen Verzug der Form zu verhindern, erfolgt der Lagenaufbau symmetrisch. Zunächst wird das Formenharz aufgetragen und mit dem Pinsel gleichmäßig verstrichen. Damit in den Kanten keine Luftpinschlüsse entstehen, muß das Formenharz entlang der Kanten mit einem weichen Pinsel gründlich verstrichen werden.

Nun kommt der Entlüftungsroller auch zum Einsatz, um Luft und überschüssiges Harz nach außen auszustreichen.



Eckenentlüftungsroller für spezielle Kantenbauten

Querrillenentlüftungsroller



**Das Biaxialgelege besteht aus zwei in 45° Winkel aneinander genähten Reihen von Glasstrings. Dadurch entsteht in diesem Winkel eine sogenannte Fließgasse, in der Sie das Harz dann bequem ausstreichen können.**



## Der Laminataufbau

einer Form kann auf unterschiedliche Weise und mit unterschiedlichen Materialien erfolgen. Im Folgenden wird der klassische Laminataufbau einer GFK-Form mit symmetrischem Laminataufbau dargestellt:

Als Deckschicht für die Form wurde hier das Formenharz A1900 verwendet. Dieses Formenharz zeichnet sich durch eine gute Verarbeitbarkeit, hohe Kantenfestigkeit und thixotropes Verhalten an steilen Flächen aus. Es läßt sich mit einem Pinsel blasenfrei auftragen, so daß sich die porenfreien Oberflächen der Negativform hochglänzend aufpolieren lassen.



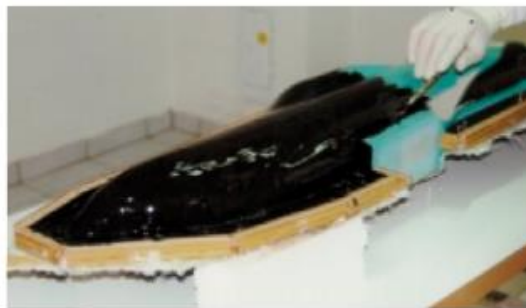
Um mit einem symmetrischen Lagenaufbau den Verzug der Form zu vermeiden, wird danach wieder ein 163 g/m<sup>2</sup> Glasgewebe auflaminiert. Bei dem symmetrischen Aufbau der Form ist auch die gleichmäßige Orientierung der Faserrichtungen zu berücksichtigen.

Die letzte Gewebelage wird dabei immer relativ harzarm laminiert, da genügend Harz aus den unteren Gewebelagen zur Verfügung steht



Zum Schluß wird das Laminat noch einmal mit Formenharz eingestrichen, in unsere'm Fall schwarz eingefärbt, um den Unterschied kenntlich zu machen.

Anschließend sollte die Form mind. 24 Stunden bei Raumtemperatur aushärten, bevor das überstehende Gewebe am Formenrand abgeschnitten und die Auflagefläche entfernt wird.



## Die Nachbehandlung



Um einen Verzug zu vermeiden, muß die Form mindestens 24 Stunden bei einer Temperatur von 25 °C aushärten.

Es wird empfohlen, die Form vor dem Öffnen zumindest einige Tage möglichst warm zu lagern.

Temperaturunterschiede sollten aber nur langsam erfolgen. Nach dem Aushärten und Tempern wird das überstehende Gewebe abgeschnitten und die Form geöffnet.

Die Leistenabschnitte am Formenrand werden entfernt. Nach außen überstehendes Laminat wird am einfachsten mit einem Metallsägeblatt abgetrennt.

Das Folientrennmittel verbleibt in den Negativformen und kann mit Acmos Formenreiniger ausgewaschen werden.

Bei sorgfältiger Arbeitsweise präsentieren sich die Form hochglänzend. Fehlstellen können bei Bedarf ausgeschliffen und aufpoliert werden.

Grundsätzlich muss die Form jetzt mehrmals mit Acmos 82-99 eingepinselt und aufpoliert werden.

Der Positivkern lässt sich nur entformen, wenn die Form keine Hinterschneidungen aufweist und bei den Vorbereitungen, insbesondere dem Trennmittelauftrag, auf Sauberkeit geachtet und sorgfältig gearbeitet wurde.

Eine auf diese Weise hergestellte GFK-Form übersteht bei sachgerechter Vorgehensweise mehrere hundert Entformungen.

Wenn noch Fehler in der Form festgestellt werden, können diese mit Schleifpapier Korn 500 - 1200 im Naßschliff beseitigt werden.

Unebenheiten oder Lufteinschlüsse an der Oberfläche werden mit einem "Klecks" Formenharz versehen und durch einen aufgeklebten Tesafilm geglättet.

