



VOSSCHEMIE

:: VOSSCHEMIE

DAS KLEINE  DES KUNSTSTOFFES

ENTWURF:HOWO/06

## :: EINLEITUNG

**Sehr geehrte Leserin und sehr geehrter Leser,**

**zunächst möchten wir uns bei Ihnen bedanken. Wofür fragen Sie sich?  
Für Ihr Interesse, sich mit dem Themenbereich „Kunststoff“ auseinanderzusetzen. Kunststoff begegnet uns täglich, ständig und überall. Man kann Kunststoff aus unserem Alltag gar nicht mehr wegdenken und doch nur Wenige beschäftigen sich genauer damit.**

**Wir hoffen, dass unser kleiner Ratgeber für Sie eine Hilfestellung ist, sich im Labyrinth der Fachbegriffe für den großen Bereich GFK (*GLASFASER-VERSTÄRKTER-KUNSTSTOFF*) besser zurecht zu finden.**



## :: **UP- HARZE** (UP = ungesättigtes Polyester)

Vor- und Nachteile der im Bootsbau verwendeten Harztypen

### → **ORTHOPHTHALSÄURE HARZ (STANDARD HARZ)**

- Niedriger Preis
- Gut organisiertes Vertriebsnetz, leicht erhältlich
- Einfache Handhabung/ Verarbeitung, einfach zu mischen  
(Amin Beschleuniger/ BPO- Paste bzw. Kobaltbeschleuniger/ MEKP Härter)
- Kurze Aushärtungszeit (ca. 15 – 60 Min. Topfzeit, je nach Harztype und Härtingssystem)
- Schrumpf des Reinharzes 7-9 Vol.-% (ca. 2 % in jede Richtung; Im Laminat wirken die Fasern dem Schrumpf entgegen.)

### → **ISOPHTHALSÄURE HARZ**

- Höhere mechanische Festigkeit
- Bessere Wasserbeständigkeit
- Hohe UV- Beständigkeit
- Einfache Handhabung, einfach zu mischen (Kobalt Beschleuniger/ MEKP Härter)
- Sehr gutes Preis/ Leistungsverhältnis
- Geringerer Schrumpf als beim Orthophtalsäure Harz

## :: UP- HARZE

Vor- und Nachteile der im Bootsbau verwendeten Harztypen

### → NEOPENTYLGLYCOL-TEREPHTHALSÄURE HARZ

- Hohe Wärmeformbeständigkeit
- Wasserbeständigkeit bis 30 °C
- Einsatzbereich z.B. Schwimmbeckenbau (Whirlpool)
- Gute Verarbeitbarkeit
- Hochwertigstes UP-Harz

### → VINYLESTER HARZ

- Höhere mechanische Festigkeit
- Sehr gute Wasser- und Chemikalienbeständigkeit
- Hohe UV- Beständigkeit
- Einfache Handhabung > einfach zu mischen (Kobalt Beschleuniger/ MEKP Härter – K12)
- Recht gute Vernetzung mit hochfesten Fasern
- Geringe Versprödung bei Alterung

Vinylesterharze bilden genau genommen eine separate Gruppe. Sie kombinieren die ausgezeichnete Chemikalienbeständigkeit von UP-Harzen mit den guten mechanischen Eigenschaften von EP-Harzen.

## **:: EP- HARZE (EP = EPOXID)**

Vor- und Nachteile der im Bootsbau verwendeten Harztypen

### **Vorteile:**

- Hohe Klebekraft auf vielen Materialien
- Sehr hohe Wasserbeständigkeit
- Sehr gute Vernetzung mit den unterschiedlichsten Fasern
- Gute Chemikalienbeständigkeit
- Bessere Dauerfestigkeit bei statischen- und dynamischen Beanspruchungen
- Geringe Geruchsbildung beim Verarbeiten (lösemittelfreie Systeme)
- Sehr geringer Schrumpf (ca. 0,1- 1% , deutlich geringerer Schrumpf als bei UP, da die Hauptvernetzung und damit auch der Schrumpf noch in der „flüssigen Phase“ passieren)
- Vielseitiger Einsatzbereich im Bootsbau

### **Nachteile:**

- Teurer als UP-Harze
- Auslösung schwerer Allergien möglich
- Keine Toleranz beim Mischungsverhältnis
- Nicht vergilbungsfrei



## :: FASERN

- Carbon oder Kohlenstoff-Fasern werden durch Pyrolyse und Graphitierung von Polyacrylnitrilfasern (PAN) hergestellt. Sie zeichnen sich durch ein besonders hohes E- Modul, eine 3-9 mal höhere Steifigkeit als Glas-, Titan-, Stahl- oder Aluminiumstrukturen sowie durch eine ausgezeichnete Zugfestigkeit aus. Carbon ist ideal einsetzbar, um sehr leichte und dennoch hochfeste Strukturen zu bauen. Beispiele finden sich bei Hochleistungsregattayachten und in der Luft- und Raumfahrttechnik. Carbon wird in verschiedenen Festigkeitsqualitäten (1K, 3K, 6K, 12K) angeboten.
- Dyneema- Fasern, auch als Spectra bekannt, ist eine hochfeste Faser, die in den letzten Jahren im Bootsbau für tragende Strukturen, etwa im Kielbereich, eingesetzt wird.
- Polyamid- Fasern sind auch als Nylon bekannt. Abreißgewebe werden aus diesen Fasern hergestellt. Für Abreißgewebe bieten sich gerade im Bootsbau viele Einsatzgebiete. Sie helfen, Schleifarbeiten zu reduzieren, da die Nylonfasern keine Verbindung mit den Harzen eingehen. Das Gewebe kann vor einem weiteren Arbeitsgang mühelos vom Laminat entfernt werden. Es bleibt eine fast glatte Oberfläche zurück, die aber rau genug ist, um für die nächste Lage einen guten Haftgrund zu bieten.
- Polyester- Fasern werden unter dem Handelsnamen Trevira oder Diolen als Vliesstoffe verkauft. Sie bestehen aus Polyesterfäden, die durch Nadelung verfestigt werden. Durch den Einsatz von Trevira im Bootsbau können besonders gute Oberflächen bei GFK-Bauteilen erzielt werden. Durch den Einsatz als erste Lage auf dem Gelcoat wird das Durchdrücken von Gewebe- oder Sandwichstrukturen wirksam verhindert.
- Hybrid ist kein neuer Faserwerkstoff. Hier werden zwei oder mehrere verschiedene Faserarten miteinander kombiniert, um bestimmte Eigenschaften in einem Laminat erzielen zu können. So können Festigkeitsnachteile eines Werkstoffe, z.B. beim E- Modul durch die andere Faser mit besseren Eigenschaften ausgeglichen werden, ohne das Gewicht des Bauteils zu erhöhen. Voraussetzung ist, dass man exakt über die Kräfte in dem Laminat Bescheid weiß.

## :: FASERN UND DEREN BINDUNGSARTEN

### Rovings:

Der einfachste Faseraufbau sind Rovings. Die Spinnfäden werden zu Bündeln zusammengefasst. Üblich sind 30 oder 60 Fäden in einem Rovingstrang. Das Material wird auf Spulen gewickelt.

### Glasmatten, Glas-Stapelfaser-Matten:

Sie sind die bekannteste Faserverstärkung. Glasfasern zwischen 50-53 mm Länge werden in gleichmäßiger Häufigkeit reglos geschichtet und durch ein aufgesprühtes Bindemittel zu Matten verschiedener Stärke fixiert. Handelsübliche Flächengewichten sind 150 bis 600 g/m<sup>2</sup>. Die Rollenbreiten liegen zwischen 1,0 und 1,50 m. Die Binder der Matten werden nur von Polyesterharzen gelöst. Qualitativ unterscheidet man zwischen emulsions- und pulvergebundenen Matten. Erstere wurden lange Zeit auch im Bootsbau eingesetzt, da sie sich schneller mit Harz tränken lassen. Wegen der höheren Wasserbeständigkeit werden heute aber nur noch pulvergebundene Matten eingesetzt.

### Gewebe:

Es gibt verschiedene Webarten. Je nach den gewünschten mechanischen Eigenschaften im Laminat wird die Webart gewählt. Die gängigsten Webarten sind:

Leinwandbindung: Sie ist die einfachste Bindung. Abwechselnd liegen Kett- und Schussfäden ober- und untereinander. Diese Bindung ist dimensionsstabil und daher einfach in der Handhabung.

Körperbindung: Der Schussfaden läuft über zwei Kett- und dann unter zwei Kettfäden hindurch, um wieder über zwei Kettfäden zu laufen. Durch die diagonale Versetzung der Verkreuzungen entsteht ein Fischgräten-Muster. Wegen der geringeren Fadenablenkung bringt diese Bindung mehr Festigkeit und Steifigkeit in einem Laminat, Außerdem sind Körpergewebe schmiegsamer als Leinwandgewebe.

Atlasbindung: Der Schussfaden läuft über mehrere Kettfäden, um dann nur unter einen Kettfaden zu laufen. Daher sind Festigkeit und Steifigkeit noch besser. Atlasgewebe lassen sich gut über sphärisch geformte Bauteile legen, sie ergeben besonders glatte Oberflächen, sind jedoch schwierig in der Handhabung.

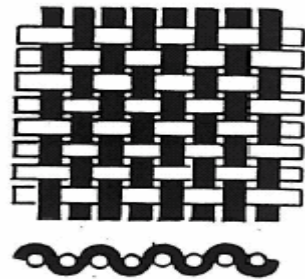
Unidirektionale Gewebe: Während bei den vorher beschriebenen Geweben Kett- und Schussfäden gleich oder annähernd gleich stark dimensioniert sind, sind in unidirektionalen Geweben die Schussfäden deutlich dünner ausgelegt als die Kettfäden.



## :: BINDUNGSARTEN BEI GEWEBEN

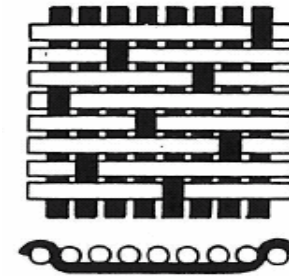
### LEINWANDBINDUNG (Taft)

- Einfachste Grundbindung mit abwechselnd unter- und übereinanderliegenden Kett- und Schussfäden.



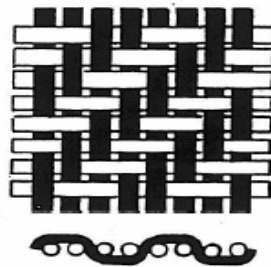
### ATLASBINDUNG (Satin) 1 / 7

- Verschobene Kreuzung, die sich jedoch nicht berühren und regelmäßig oder unregelmäßig über das ganze Gewebe verteilt sind.



### KÖPERBINDUNG (Crowfoot) 2 / 2

- Diagonale Verschiebung der Kreuzung und durch eine ausgesprochene Gratbildung gekennzeichnet.



## :: FASERN UND DEREN BINDUNGSARTEN

### Abstandsgewebe:

Sie sind eine Vorstufe zu Sandwichkonstruktionen. Zwei Deckgewebelagen sind durch eingewebte Stege, die sich beim Tränken aufstellen, miteinander verbunden.

### Gelege:

sind Faserstränge, die nicht miteinander verwebt sind. Die Faserstränge sind flächig in mehreren Lagen übereinander gelegt und miteinander fixiert (vernäht). Die Fasern liegen gestreckt, ohne die bei Geweben üblichen Krümmungen, im Laminat. Dadurch wird eine bessere Aufnahme der Kräfte im Laminat erreicht. Gelege werden je nach Faserausrichtung der Lagen benannt. Die Ausrichtung der Fasern wird meist in Grad angegeben.  $0^\circ$  entspricht der Kettrichtung,  $90^\circ$  der Schussrichtung,

Unidirektional: Die Fasern sind nur in eine Richtung ( $0^\circ$ ) ausgerichtet. Sie werden mit Nähfäden fixiert. Manchmal ist eine leichte Matte oder wenige leichte Fäden in  $90^\circ$  Richtung darunter gelegt.

Biaxial: Auch bekannt unter den Bezeichnungen Doppeldiagonal-Gelege. Die Fasern sind jeweils in  $\pm 45^\circ$  Richtung  $0/90^\circ$  zueinander ausgerichtet und aufeinander fixiert.

Triaxial / Quadriaxial: 3 bzw. 4 Lagen Faserstränge sind in unterschiedlichen Richtungen aufeinander fixiert. Bei mehreren aufeinander liegenden Faserlagen wird auch von Multiaxialen Gelegen gesprochen.

### Finish / Schlichte

Für eine textile Verarbeitung werden die Glasfasern mit einer textilen Schlichte versehen. Bei Matten und Rovingsträngen ist diese Schlichte mit einem Haftvermittler versehen. Gewebe werden nach dem Verweben meist thermisch entschlichtet und mit einem Finish ausgerüstet. Daher sind Gewebe vor dem Kauf zu prüfen, ob sie mit einem Finish für UP-oder EP-Harze versehen sind.

## :: SANDWICH- / KERNMATERIALIEN

Bei Sandwich-/ Kernmaterialien unterscheidet man verschiedene Grundmaterialien: Schaum, Vlies, Balsa, Waben und Holz

### Schäume:

Besonderes Kennzeichen ist die hohlezellige Struktur und das niedrige spezifische Gewicht. Hergestellt werden sie aus Polykondensaten (Phenolformaldehyd), Polymerisaten (PVC- Schaum, Polystyrol) und Polyadditionsprodukten (Polyurethan). Es gibt offen-, geschlossen- und gemischtzellige Schäume, deren Einstellung sprödhart, zähhart und weichelastisch sein kann.

### Polystyrolschaum:

auch bekannt als Styrodur, dieses Material ist empfindlich für Feuchtigkeitsaufnahme und wird von Lösemitteln zerstört.

### Polyurethanschaum oder Pur- Schaum:

geschlossen- oder offenzellig. Dieser Schaum ist für den Einsatz im Sandwichbau nur bedingt geeignet, da er zur Wasseraufnahme neigt. Er kann mit lösemittelhaltigen Harzen verarbeitet werden. PUR- Schäume werden zum Schäumen von Hohlräumen (Auftriebskörper) oder als Plattenware zur Formgebung von Stringern oder Spanten eingesetzt

### PVC- Schaum:

Er wird hauptsächlich im Sandwichbau eingesetzt. Um sie in gekrümmten Flächen einsetzen zu können, müssen sie in einem Ofen erhitzt werden. Dann wird das Material weich und kann geformt werden. (Thermoplast) Er besitzt eine sehr hohe Druckfestigkeit. Die mechanischen Werte:

Raum- Gewicht Kg/m <sup>2</sup>	E- MODUL	Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Druckfestigkeit N/mm <sup>2</sup>
50	1836	71	20
80	3060	204	50

## :: SANDWICH- / KERNMATERIALIEN

### PVC-Schaum:

Vernetzte PVC- Schäume enthalten eine duoplastische Komponente. Dadurch wird die Formbeständigkeit bei Wärme verbessert. Durch einseitiges Schlitzen lassen sie sich leichter in Rundungen einpassen. Die Schlitze müssen dann mit angedicktem Harz verspachtelt werden. Mit der Zunahme des Raumgewichts verbessern sich die mechanischen Eigenschaften. So können in höher belasteten Bereichen schwerere Platten verwendet werden als in anderen Regionen.

Die mechanischen Werte:

Raumgewicht KG/m <sup>3</sup>	40	60	80	100	130	200
Druckfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	0,35	0,8	1,3	1,5	2,5	4,0
Scherfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	2,3	2,8	4,0	-	-	-
Biegefestigkeit N/mm <sup>2</sup>	0,6	1,2	4,0	-	-	-
Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	0,9	1,6	2,1	2,5	4,0	5,0
E-Modul N/mm <sup>2</sup> Biegung	9,0	15	25	-	-	-
aus Zug	6,5	11	20	-	-	-
aus Druck	11	18	28	-	-	-

## **:: SANDWICH- / KERNMATERIALIEN**

### **(Kern-) Vlies:**

Besteht meistens aus Polyesterfaserbahnen (gebunden mit styrollöslichen Bindemitteln) und eingebetteten Micro-Hohlkörnern. Das hat die Vorteile der Gewichtsreduktion bei gleichzeitig hohen Festigkeitswerten von Faserverbundwerkstoffen. Vliese besitzen im allgemeinen eine hohe Biegefestigkeit im Verhältnis zum Gewicht, hohe Schlagzähigkeit, niedrige Herstellungskosten, keine Wasseraufnahme und verhindern die Übertragung Laminat bedingter Strukturen.

Beispiele: Spheretex, Firet, Coremat und Trevira, ein genadeltes Vlies, das keine Bindemittel enthält.

### **Balsaholz:**

Balsa-Hirnholz ist wegen seiner großen Festigkeit ein besonders beliebtes Sandwich-Kernmaterial. Es wird gewässert, im Ofen getrocknet und zu Blöcken geschnitten. Aus diesen Blöcken werden dann Platten hergestellt. Sie werden anschließend mit einem Trägergewebe beklebt. Es muss zusätzlich geschlitzt werden, um Rundungen besser und einfacher auslegen zu können. Balsa besitzt eine sehr hohe Druck-, Schub- und Zugfestigkeit und ist daher als Kernmaterial bestens geeignet. Balsaholz muss sehr sorgfältig verarbeitet werden, da es anfällig für Verrottung ist.

### **Waben:**

Waben werden überwiegend im Rennyachtbau eingesetzt, da ihre Verarbeitung einen hohen technologischen Aufwand und spezielle Laminiervorgänge verlangt (Vakuumtechnik). Es werden Waben aus phenolharzgetränkter Pappe oder Aramid eingesetzt. Auch Aluminium-Waben können als Kernmaterial verwendet werden.

## :: FÜLLSTOFFE

Füllstoffe sind pulverförmige Substanzen, die einem Harz zugegeben werden. Sie können z. B. als Thixotropiermittel eingerührt werden, um die Standfestigkeit des Harzes zu erhöhen oder, vor allem in Verbindung mit EP-Harzen, um Verklebungen zu verbessern. Die Vielfalt der möglichen Füllstoffe ist so groß, dass hier nur die Wichtigsten vorgestellt werden können:

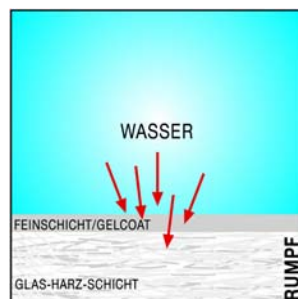
- Aerosil (Siliciumdioxid oder Kieselsäure) ist ein Thixotropiemittel, das sowohl mit UP- als auch mit EP-Harzen verwendet wird, um die Harze „anzudicken“. Ein Absacken von schrägen oder senkrechten Flächen wird so verhindert.
- Quarzmehl ist ein fester Füllstoff, der vor allem die Druck- und Abriebfestigkeit von Harzen verbessert. Es ist außerdem für hochbelastete Verklebungen von Beschlägen oder Buchsen geeignet.
- Celluloseflocken oder -fasern werden vorwiegend als Füllmittel eingesetzt. In Verbindung mit Quarzmehl findet man sie häufig in Klebeharzen.
- Microballons sind sehr kleine Hohlkugeln aus Kunststoff oder Glas. Sie werden für Spachtelmassen und als Kleberzusatz verwendet. Durch die Kugelform wird eine sehr hohe Druckfestigkeit erreicht und die Dichte herunter gesetzt.
- Graphitpulver ist ein sehr geeignetes Mittel, um Lagerbuchsen in Verbindung mit EP-Harz herzustellen.

## :: OSMOSE – EIN BESONDERES PROBLEM

### Was ist Osmose?

Ein kurzer Ausflug in die Physik ist notwendig, um den Ablauf einer Osmose zu erläutern. Der Begriff „Osmose“ beschreibt im Grunde einen in der Natur alltäglichen, physikalischen Prozess. Es versuchen hierbei zwei Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Konzentrationen durch eine halbdurchlässige Membran einen Konzentrationsausgleich zu erreichen. Dabei lässt die höher konzentrierte Lösung (*Wasser mit gelösten Substanzen aus dem Laminat*) durch die Membran (*Gelcoat*) die niedriger konzentrierte Lösung (*Wasserdampf von der Außenseite*) diffundieren.

Was der Eigner an seinem Rumpf sieht, ist somit korrekt genommen das Resultat - eine Blasenbildung - hervorgerufen durch einen osmotischen Prozess. Der fälschlich angewendete Begriff ist jedoch für den Bereich soweit etabliert, dass wir ihn für unsere Ausführungen weiter verwenden.



## :: OSMOSE – EIN BESONDERES PROBLEM

### Ursachen einer Osmose

Die Ursachen für eine Osmose sind vielfältig. Häufigste Fehlerquellen sind bereits beim Bau des Rumpfes die Verwendung von unzureichenden Materialqualitäten oder nicht fachmännische Verarbeitungsmethoden. Aber auch die Umwelteinflüsse während der Nutzung spielen eine wichtige Rolle.

Eine kleine Übersicht der häufigsten Ursachen:

- Kleine Luftblasen im Laminat, die während der Verarbeitung nicht entlüftet worden sind.
- Die Gelcoatschicht ist zu dünn dimensioniert oder nur mangelhaft vernetzt (Über- bzw. Unterdosierung des Härter).
- Die Polyesterharze und Glasfasermatten des Laminats sind qualitativ nicht für eine dauerhafte Wasserbelastung geeignet (geringere Hydrolysebeständigkeit).
- Die Glasfasern sind nicht vollständig mit Harz getränkt worden.
- Wasserqualität (Süß- oder Salzwasser) und Wassertemperatur. Testreihen belegen, dass Süßwasser sowie warme Wassertemperaturen eine Osmose begünstigen.
- Keine Regenerationsmöglichkeit des Rumpfes an Land z.B. durch Trocknung während des Winterlagers.



## :: OSMOSE – EIN BESONDERES PROBLEM

### Ursachen einer Osmose

Bedingt meist durch das Zusammenspiel mehrerer dieser Schwachpunkte kann der Wasserdampf durch das Gelcoat, welches im Hinblick auf die Polyester-Basis nicht vollständig diffusionsdicht ist, in die kleinen Hohlräume des Laminats diffundieren. Dort kondensiert der Dampf zu Wasser und kann in dieser Form nicht mehr zurück entweichen. Die häufigsten Schwachstellen sind meistens kleine Lufteinschlüsse zwischen der Gelcoat-Schicht und der ersten Laminatschicht. Das Wasser reagiert dort mit wasserlöslichen, chemischen Substanzen von Harz, Härter oder Bindemittel. Diese Flüssigkeit versucht sich weiter zu verdünnen und zieht immer mehr Wasser von außen in den Hohlraum. Der auf diese Weise entstehende Innendruck verformt das Gelcoat und zeichnet sich als allmähliche, größer werdende Blase in der Außenhaut ab. Zuletzt ist der Innendruck so groß, dass das Gelcoat sogar aufplatzen kann.

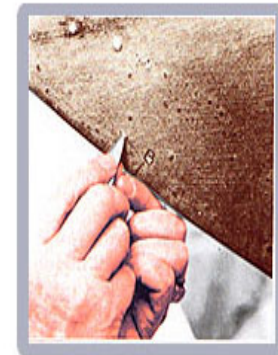
Der Prozess einer Osmose erfolgt überwiegend von außen, d.h. der Wasser zugewandten Seite, nach innen. In selteneren Fällen kann sich eine Osmose auch im Innenbereich z. B. in einer stets feuchten Bilge oder durch undichte oder schlecht eingepasste Wassertanks entwickeln. Sogar im Überwasserbereich können die Blasen durch Schwitzwasser aufgrund einer zu eng sitzenden Plane entstehen.

## :: OSMOSE – EIN BESONDERES PROBLEM

### Diagnose

Sollten Ihnen also beim Aufslippen des Schiffes im Herbst kleine Blasen am Rumpf auffallen, sollten diese umgehend untersucht werden. Eine Blasenbildung kann durchaus unterschiedliche Ursachen haben wie z.B. durch Lösemittelschlüsse im Antifouling oder in der Primerschicht. Die typischen Osmose-Bläschen sind in oder unter der Gelcoat-Schicht zu finden. Enthalten die Blasen eine Flüssigkeit, muss diese gründlich geprüft werden. Riecht diese meist bräunliche Flüssigkeit säuerlich bzw. reagiert diese beim Test mit Lackmuspapier sauer, liegt mit sehr großer Wahrscheinlichkeit eine Osmose vor. Die sofortige Untersuchung ist notwendig, da die kleineren Blasen bereits nach kurzer Zeit wieder „verschwinden“. Eine Osmose ist aber nicht reversibel, d.h. sie bleibt latent im Laminat vorhanden und „erwacht“ bei einer erneuten Wasserbelastung wieder zum Leben. Handlungsbedarf zum Werterhalt ist auf jeden Fall unvermeidlich. Eine wachsende Wasseraufnahme im Laminat kann zu einer Delaminierung der einzelnen Schichten führen und die Stabilität des Rumpfes stark beeinträchtigen.

Lautet die Diagnose „Osmose“, ist nicht nur der sprichwörtliche „Gute Rat“ teuer. Ob man selber Hand anlegt oder einen Fachbetrieb mit der Reparatur beauftragt, ist ebenso vom Ausmaß der Osmose abhängig zu machen wie natürlich auch vom Geldbeutel, den handwerklichen Kenntnissen und der Arbeitsmöglichkeit des Eigners. Für eine professionelle Einschätzung – auch beispielsweise beim Kauf einer GFK-Gebrauchtyacht – kann man in Erwägung ziehen, einen Sachverständigen auf diesem Gebiet zu Rate zu ziehen. Die Fachleute können das Ausmaß einer Osmose und die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen kompetent beurteilen.



# ::OSMOSE – EIN BESONDERES PROBLEM

## Sanierung

Bevor mit der eigentlichen Sanierung des Rumpfes begonnen werden kann, sind einige wichtige Punkte im Vorwege generell zu beachten:

1. Entfernung aller Altanstriche (Antifouling, Primer etc.).
2. Jede einzelne Blase wird sorgfältig geöffnet bzw. bei größeren Schäden wird das Laminat durch Schleifen, Fräsen oder Strahlen des Gelcoats freigelegt.
3. Bei einer größeren Sanierung wird auch ein Teilbereich oberhalb der Wasserlinie mitbehandelt, um ein Osmose-Potential aus diesem Bereich ausschließen zu können.
4. Die Flächen werden mehrmals gründlich mit Frischwasser gespült, um die gelösten Substanzen vollständig herauszuwaschen.
5. Das Laminat muss längere Zeit trocknen können, damit alle Feuchtigkeit restlos aus dem Rumpf verdunsten kann. Während dieser Zeit sollte der Feuchtigkeitsgrad an mehreren Stellen des Rumpfes regelmäßig mit einem Feuchtigkeitsgerät gemessen werden. Vergleichswerte werden ebenfalls vom trockenen Überwasserbereich genommen. Eine zu voreilige Beschichtung des Rumpfes beseitigt nicht die Osmose, sondern konserviert diese vielmehr im Untergrund. Ist der erforderliche Trockenheitsgrad erreicht, wird die gesamte Fläche erneut übergeschliffen und der Schleifstaub entfernt.
6. Entstandene Unebenheiten durch das Öffnen der Blasen werden mit einem Epoxy-Spachtel wieder ausgeglichen.
7. Die angeschliffene Gelcoatschicht wird nun durch einen Neuaufbau mit einem 2-komponentigen Epoxy-Primer ersetzt. Die empfohlene Schichtstärke des Primers sollte mind. 350 µm erreichen. Falls die Gelcoatschicht komplett entfernt werden musste, muss eine Primerschichtstärke von mind. 600 µm aufgetragen werden.
8. Bei einer schwerwiegenden Osmose muss die Festigkeit des Rumpfes durch den erneuten Auftrag von Laminatschichten wieder hergestellt werden. Erst dann folgt der Ablauf wie unter Punkt 6-7 beschrieben.

## :: GELCOAT

### Zweck:

- Das Gelcoat ist stets der erste Auftrag vor den eigentlichen Laminierarbeiten in einer Form. Es dient in erster Linie dazu, den Untergrund, also das Laminat gegen äußere Einflüsse zu schützen. Durch diese „Schutzschicht“ werden die Fasern direkt vor den Umwelt-, Wasser- und Chemikalienbelastungen geschützt. Erst im zweiten Schritt spielt die Farbgebung eine Rolle. Das Gelcoat wird entweder transparent oder wie zu meist üblich farblich hergestellt, um dem Endkunden das gewünschte hochglänzende und farbige Erscheinungsbild zu bieten.
- Die Dicke dieser Schutzschicht beträgt zwischen 0,4 und 1,2 mm. Ist diese Schicht zu dünn, besteht die Gefahr des Durchscheinens und -drückens des Laminats. Die Schutzfunktion wird verhindert. Eine zu dicke Schicht neigt zur Rissbildung, insbesondere bei unflexiblen Deckschichtharzen.
- UV-Blocker verhindern das zu schnelle Verkreiden des Gelcoats. Mit der Zeit bleichen Gelcoats trotzdem aus und eine Nachpflege der Oberschicht wird erforderlich, um die volle Funktion und einwandfreie Optik weiterhin zu gewährleisten.
- Diese Nachpflege erfolgt am Besten mit einer Schleif- und Polierpaste. Dabei wird die verwittrte Schicht ultradünn abgetragen und es stellt sich das ursprüngliche Glanzbild ein. Abschließend wird eine Versiegelung auf Wachsbasis oder aus der Nano-Technologie aufgebracht, um die aufgearbeitete Gelcoatschicht schmutzabweisender zu gestalten und einen neuen UV-Schutz herzustellen. Aber auch hier gilt „Vorbeugen ist besser als heilen“ und daher sollte man den stetigen UV-Schutz nie vernachlässigen.

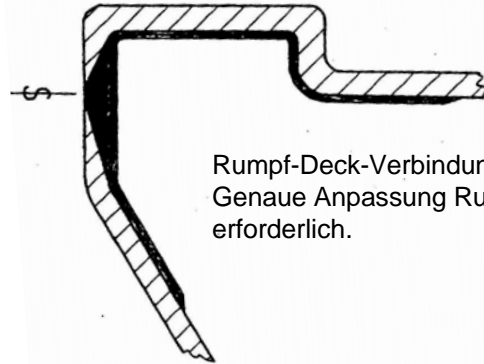
## **:: RUMPF – DECK – VERBINDUNGEN**

**Die Verbindung des Decks mit dem Schiffskörper nennt man auch Eheschließung.**

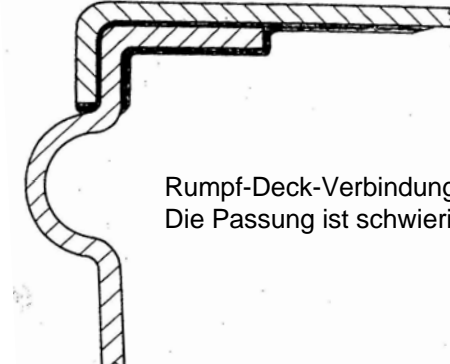
**Wie in jeder guten Ehe sollte man darauf achten, dass beide Hälften gut zusammenpassen.  
Würde dieses nicht so sein, gäbe es stets Probleme.**

**Die Verbindung des Decks mit dem Schiffskörper muss durch Laminate und / oder  
Verschraubungen wasserdicht ausgeführt werden. Die Festigkeit und Wasserdichtigkeit  
des Schiffskörpers darf durch das Anbringen von Scheuerleisen, Sülleisten usw. nicht  
beeinträchtigt werden.**

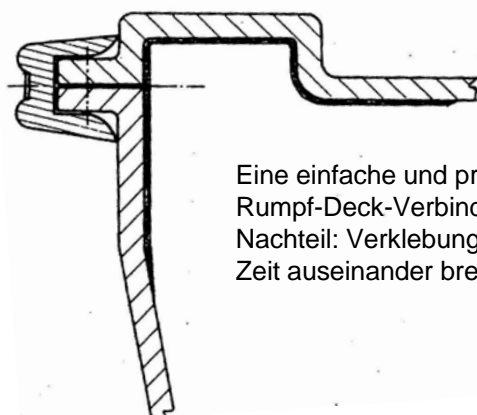
## :: RUMPF – DECK – VERBINDUNGEN im Yachtbau



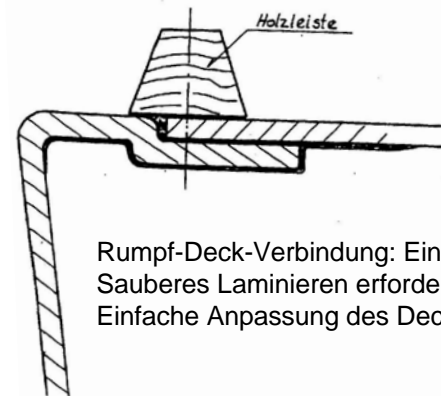
Rumpf-Deck-Verbindung mit V- Naht  
Genaue Anpassung Rumpf zum Deck  
erforderlich.



Rumpf-Deck-Verbindung Prinzip: „Schuhkarton“  
Die Passung ist schwierig herzustellen



Eine einfache und preisgünstige  
Rumpf-Deck-Verbindung  
Nachteil: Verklebung kann mit der  
Zeit auseinander brechen



Rumpf-Deck-Verbindung: Einfach in der Herstellung  
Sauberes Laminieren erforderlich.  
Einfache Anpassung des Decks.

## **:: BEFESTIGUNG VON SCHOTTEN IN GFK-RÜMPFEN**

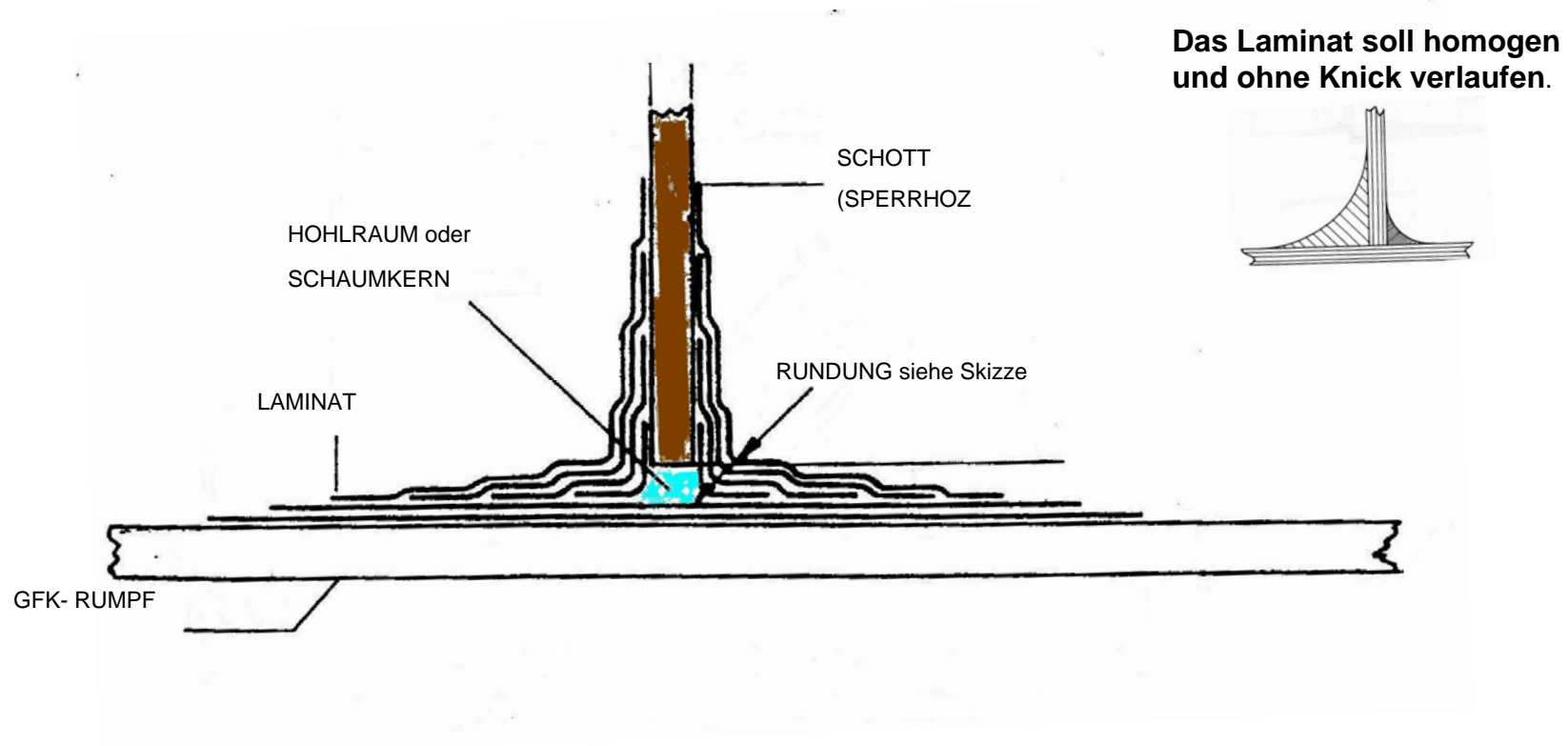
**Wichtig beim Anlaminieren von Elementen ist, dass stets eine Dämmzone gebildet wird. Soll ein Schott befestigt werden, wird zunächst die erforderliche Dimension der Verstärkung (Anzahl der Mattenlagen) festgelegt. Die Anzahl der Matten richtet sich dabei nach der Stärke des Sperrholzes, welches befestigt werden soll.**

**Ein Beispiel:**

**Ein Schott mit einer Stärke von 10 mm muss ebenfalls eine Laminatsstärke von 10 mm aufweisen. Hierbei wird noch unterschieden, ob von beiden Seiten oder nur von einer Seite laminiert wird. Wird von beiden Seiten laminiert, dann wird die Laminatsstärke halbiert - also auf jeder Seite 5 mm. Beispiel: Die erste Mattenlage ragt 5,0 cm am neuen Schott und der Außenhaut über. Die nächsten Lagen werden dann jeweils 2,5 cm breiter bzw. länger (siehe Zeichnung Folgeseite). Ansonsten würden sich die anlamierten Elemente an der Außenhaut abzeichnen und bei einer direkten Druckausübung eine Delamination entstehen. Um einen homogenen Laminatsübergang zwischen Hauptlaminat und Schott zu bekommen, muss in dem direkten Knick eine Hohlkehle gezogen werden. Durch diese Kehle ist gewährleistet, dass die Fasern nicht genickt werden und sich optimal an das Objekt anschmiegen.**

## :: BEFESTIGUNG VON SCHOTTEN IN GFK-RÜMPFEN

Beim Anlaminieren von Elementen stets sorgfältig arbeiten !





## :: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK

**GFK ist zwar sehr strapazierfähig, aber leider lassen sich durch Kollision mit Felsen, Steganlagen oder einem anderen Schiff bei einer Regatta schwerere Beschädigungen wie Löcher oder Brüche nicht immer vermeiden.**

**Zum Glück für alle Eigner ist Glasfaserverstärkter Kunststoff aber ein Material, welches sich sehr gut reparieren, verändern und verstärken lässt. Mit etwas handwerklichem Geschick kann man die kleineren Schäden selbst und damit kostensparend reparieren. Fleiß und Geduld bei der Arbeit belohnen den Eigner nachher mit einem nicht mehr sichtbaren Schaden.**



## :: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK

- Rund um die Schadensstelle wird das beschädigte und zerstörte Laminat großzügig herausgesägt. Helle bzw. weißliche Stellen im sonst dunklen Laminat weisen dabei deutlich auf zu entfernende Bruchstellen und Verbundschäden hin.
- Die inneren und äußeren Ränder der Bruchkanten werden mit einer Raspel oder Flex grob abgeschrägt. Die Innenseite dabei in einem geringeren Winkel anschrägen.

Verhältnis der Anschäftung für einen guten Kraftschluss:

Matten ca. 12 : 1 (mm Schäfllänge / mm Dicke)

Gewebe 40 : 1

Gelege 70 : 1

Eine höherwertige Verstärkung kann mehr Kraft aufnehmen und weiterleiten. Demnach benötigt sie eine größere Fläche, um diese weiterzugeben.



## :: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK

- Festlegen des Umfanges und Abkleben der Reparaturstelle mit YC CLASSIC TAPE , um den umliegenden Bereich bei den Schleifarbeiten zu schützen. Den Reparaturbereich dabei nicht zu klein wählen.
- V-förmiges anschärfen der Kanten zuerst mit einer Schleifmaschine und später für den Feinschliff per Hand. Das Anschärfen bzw. Verjüngen der Wandstärke vereinfacht die Nachstellung des ehemaligen Konturenverlaufs. Das Aufrauen des Untergrundes garantiert die gute Anhaftung des Reparaturmaterials. Der Schleifstaub muss wieder sorgfältig entfernt werden. Das YC STAUBBINDETUCH ist hierbei ein praktischer Helfer.

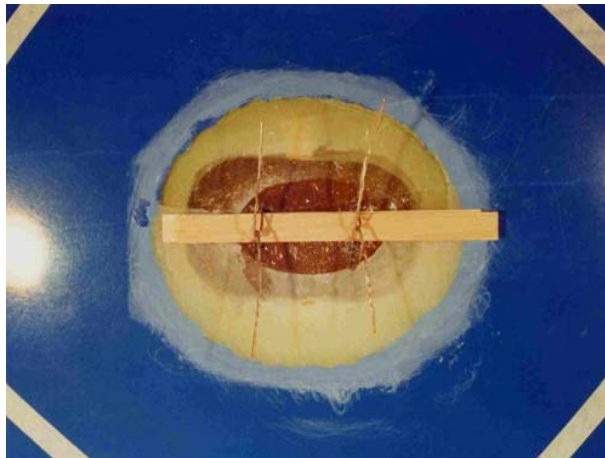


## :: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK

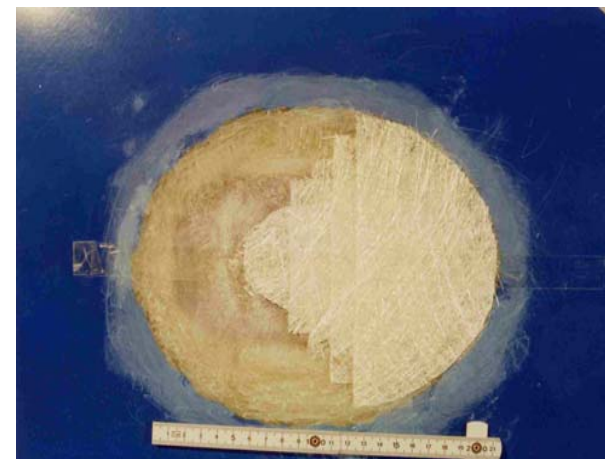
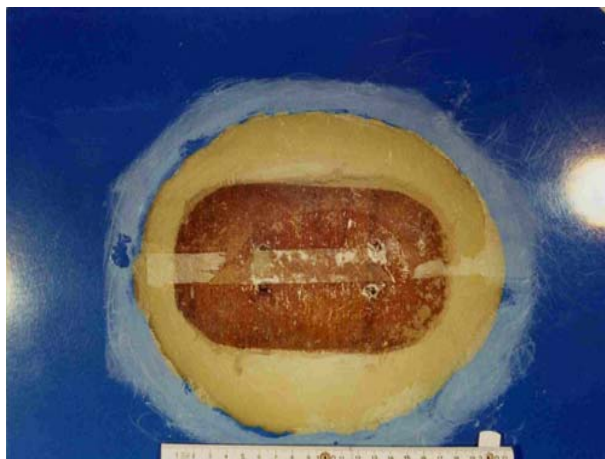
- Um auf einem stabilen Untergrund arbeiten zu können, muss das Loch von der Rückseite her verschlossen werden. Im Idealfall ist die Rückseite von innen zugänglich und man kann relativ einfach eine Hinterfütterung in Form von einem Stück Pappe gegensetzen. Ist die Rückseite nicht direkt zugänglich, muss man einen kleinen Trick anwenden. Man fertigt sich eine Hinterfütterung aus einem Stück Pappe an. Man durchsticht diese mit 2 stabilen Drahtbügeln und befestigt, so wie auf der Abbildung sichtbar, ein Rührholz auf der Rückseite. Wenn das Loch klein ist, ist diese Stabilisierung nicht notwendig.
- Auf der Hinterfütterung wird ein entsprechend großes Stück YC GLASMATTE mit Polyesterharz YC i25B (+2-3 % MEKP-Härter) getränkt. Das Stück wird durch die Öffnung geschoben und mit Hilfe der Drahtenden so angepasst, dass die neue „Rückwand“ rundum flächig anliegt und das Loch komplett von hinten abgedeckt. Ein weiteres Rührholz wird von außen angelegt. Die Drahtenden werden durch Drehen über das Rührholz gespannt und halten die Platte während der Aushärtung des Laminates in ihrer Position. Nach der Aushärtung wird das Holzstück entfernt und die Drahtenden gekappt.



## :: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK



- Nachdem das Loch von hinten verschlossen ist, werden als Nächstes die Mattenstücke zurechtgeschnitten. Man beginnt mit dem kleinsten Mattenstück und vergrößert die Stücke allmählich. Dabei sollten die Überlappungen möglichst gleichmäßig ausfallen. Wir empfehlen, die Mattenränder auszukämmen oder zu zurupfen, um die Übergänge weich zu halten.





## :: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK

- Das Polyesterharz YC i25B wird mit 2-3 % MEKP-Härter angesetzt. Die zu laminierende Stelle wird mit Harz eingestrichen. Das Mattenstück wird aufgelegt und mit Polyesterharz komplett durchtränkt. Erst wenn die Mattenschicht komplett durchsichtig erscheint, ist die Lage optimal durchtränkt. Alle Luftblaseneinschlüsse müssen sehr sorgfältig mit Hilfe der Pinselborsten entlüftet werden. Bei größeren Reparaturstellen empfiehlt sich der Einsatz einer professionellen Entlüftungswalze, um die Laminatschicht zu verdichten und fest anzupressen. Dabei werden zugleich alle Luftblasen entlüftet. Diese Schritte werden solange wiederholt, bis alle Mattenstücke aufgebraucht sind. Die fertige Reparaturstelle sollte in ihrer Stärke die ursprüngliche Form etwas überragen, um ausreichend Material zum Planschleifen aufzuweisen.
- Die Reparaturstelle wird durch Schleifen geglättet. Anschliessend wird mit dem YC GELCOAT REPARATUR-SET das neue Laminat versiegelt und die einstige hochglänzende Optik wieder hergestellt. Bei großen Reparaturstellen kann es erforderlich sein, mit einer 2-komponentigen Epoxy-Grundierung und einem Bootslack die Reparatur zu beenden.



## **:: REPARATUR VON LÖCHERN IN GFK**



**REPARATUR EINSEITIG**  
**SCHÄFTUNGLÄNGE:**  
**15- 20 FACHE WANDSTÄRKE**



**REPARATUR BEIDSEITIG**  
**SCHÄFTUNGLÄNGE:**  
**15- 20 FACHE WANDSTÄRKE**

## :: DAS ABC DER FACHAUSDRÜCKE

<b>Aminröte</b>	Bildet sich auf der ausgehärteten Epoxidoberfläche. Kann durch Verwendung von Abreißgewebe einfach abgerissen werden oder muss vor einer Weiterbearbeitung mit Wasser entfernt werden.
<b>Auskreiden</b>	Alterungsprozess durch UV-Strahlen bei Gelcoat
<b>BPO-Härter</b>	Härter für aminbeschleunigte Harze
<b>EP</b>	Epoxid-Harz
<b>Feinschicht / Gelcoat</b>	äußere, meist farbige Abschlussschicht bei GFK
<b>GFK</b>	Glasfaserverstärkter Kunststoff
<b>Glasmatten / Glasgewebe</b>	Verstärkungsmittel aus E-Glas
<b>Inhibitor</b>	Verzögerer
<b>Katalysator</b>	Beschleuniger
<b>MEKP-Härter</b>	Härter für kobaltbeschleunigte Harze
<b>Osmose</b>	Wasser wird durch das Gelcoat aufgenommen und schädigt das Laminat, typisches Zeichen: Blasenbildung an der Außenhaut
<b>Schrumpf</b>	Volumenveränderung
<b>Styrol</b>	Monomeres Lösemittel in Polyesterharzen
<b>Schlußlack / Topcoat</b>	Feinschicht mit Paraffinzusatz für eine klebefreie Schicht
<b>Thixotropiemittel</b>	Verdickungsmittel, verhindert als Abfließen an senkrechten Flächen
<b>Topfzeit</b>	Es ist also die Zeit zwischen dem Anmischen einer Substanz und dem Ende der Verarbeitbarkeit, sozusagen die Zeitspanne, in der sich die Substanz noch aus dem Topf nehmen und verarbeiten lässt
<b>UP</b>	ungesättigtes Polyesterharz
<b>Viskosität</b>	Fließverhalten einer Flüssigkeit



## **:: DAS ABC DER FACHAUSDRÜCKE**

### Harzbedarf für Verstärkungsmaterial:

1-faches Gewebegewicht pro m<sup>2</sup>

3-faches Mattengewicht pro m<sup>2</sup>

Beispiel: zum Durchtränken von 1 m<sup>2</sup> 300 g Matte benötigt man 900 g Harz

### Erzielte Laminatdicke pro Schicht:

300 g Matte	ergibt ca.	0,90 mm	Schichtstärke
450 g Matte		1,20 mm	
80 g Gewebe		0,08 mm	
160 g Gewebe		0,16 mm	
400 g Gewebe		0,40 mm	

**:: VOSSCHEMIE**

Seit über 50 Jahren kompetent für kalthärtende Kunststoffe

**Kontakt:**

**VOSSCHEMIE GmbH**

Esinger Steinweg 50

D-25436 Uetersen

Tel. 04122 / 717-0

Fax 04122 / 717-333

[info@vosschemie.de](mailto:info@vosschemie.de)

[www.vosschemie.de](http://www.vosschemie.de)

**Diese Broschüre soll Sie informieren und beraten. Die Übertragbarkeit von allgemeinen Erfahrungswerten und Laborergebnissen auf den konkreten Anwendungsfall hängt jedoch von vielen Faktoren ab, die sich unserem Einfluss entziehen. Aus der Beratung durch diese Broschüre lassen sich daher keinerlei Ansprüche ableiten. Alle angegebenen Daten unterliegen eventuellen Änderungen.**