

# Technische Hinweise

## Reparatur von GFK-Booten und Bauteilen

GFK-Boote sind äußerst robust und langlebig. Trotzdem können Beschädigungen auftreten durch Zusammenstöße oder unsanfte Anlegemanöver. In diesem Fall ist guter Rat teuer!

Aber: Nahezu jede Beschädigung lässt sich beheben. Man stellt also zuerst den Grad der Beschädigung fest und legt dann die Strategie für die Reparatur fest. Einfache Reparaturen sind zum Beispiel Löcher auffüllen oder kleinere, oberflächliche Risse beseitigen. Diese Schäden können von jedem selbst behoben werden. Bei strukturellen Schäden dagegen müssen tragende Strukturen von beiden Seiten des Laminates wieder aufgebaut werden. Mit allen zusätzlichen Arbeiten, wie Spachteln, Schleifen und Lackieren können hier einige Tage Arbeit ins Haus stehen. Dies ist in aller Regel dann die Arbeit für Profis.

Bevor wir loslegen, noch ein paar Gedanken zum Thema Epoxidharz oder Polyesterharz. Die meisten Schiffe sind mit Polyesterharz gebaut worden und somit sind Reparaturen mit Polyesterharz durchaus sinnvoll und vor allem möglich. Ebenso möglich sind hier natürlich Epoxidharze solange das Polyesterharz voll ausgehärtet ist. Andersherum sind Schiffe, die aus Epoxidharz gebaut wurden nur bedingt mit Polyesterharz zu reparieren. Die Ursache liegt in den unterschiedlichen Bruchdehnungen. Standard-Polyesterharze liegen mit 2-3% deutlich unter EP-Harzen, welche eher 4-7% Bruchdehnung aufweisen. Repariert man hier mit einem Standard Polyester gibt es anschließend Risse in der reparierten Stelle die sich auch noch in das bislang ungeschädigte Laminat fortsetzen können. Hier funktionieren nur spezielle Typen wie einige Iso-NPG Harze oder Vinylesterharze.

Im Zweifelsfall nimmt man natürlich ein Epoxidharz um ein Epoxy-Schiff zu reparieren.

Polyesterharz (UP)	Epoxydharz (EP)
<b>Grundsätzliche Eigenschaften des gehärteten Laminates</b>	
Geringere Bruchdehnung	Höhere Bruchdehnung
Hohe UV- und Witterungsbeständigkeit	Vergilbt unter UV-Einfluss
Spannungen, da Schrumpf in fester (geliertes) Phase auftritt	Spannungsarm, da Schrumpf in flüssiger Phase erfolgt
<b>Verarbeitung</b>	
Deutlich wahrnehmbarer Geruch nach Styrol	Nahezu geruchlos
Schnelle Härtung	Langsame Härtung
Lange überlaminierbar	Vor jedem Überlaminieren ist gründliches Schleifen und reinigen erforderlich
<b>Verstärkungsfasern</b>	
Glasmatte	Glasgewebe
Glasgewebe	Glasgelege
Glasgelege	Kohlefasergewebe
	Kohlefasergelege
<b>Kosten</b>	
In Kombination mit Glasmatte ausgesprochen kostengünstig	Epoxy mit Gewebe und Gelege sind durchaus teure Rohstoffe

# Technische Hinweise

## Reparatur von GFK-Booten und Bauteilen

### 1. Einfache Reparaturen

#### 1.1 kleine Löcher

Im einfachsten Fall muss nur ein Loch von einer ausgerissenen Schraube aufgefüllt werden. Hier gibt es 2 grundsätzliche Fälle: ein durchgehendes Loch oder ein sogenanntes Sackloch.

Das Vorgehen ist in beiden Fällen gleich mit einer Ausnahme. Ein durchgehendes Loch muss erst auf einer Seite verschlossen werden. Dies geschieht mit einem einfachen Stopfen.

Arbeitsschritte:

1. Ausbohren oder –fräsen bis zum tragfähigen Laminat
2. Lochrand anschärfen mit Senkbohrer
3. Bei durchgehenden Löchern stopfen einsetzen. Danach Loch mit Faserspachtel auffüllen (siehe Anhang).
4. Oberfläche mit Japanspachtel glatt ziehen und Faserspachtel härten lassen
5. Nach Härtung schleifen, füllern und lackieren.

#### 1.2 Große Löcher

Große Löcher werden ähnlich wie kleinere behandelt. Nur die Art des Stopfens sieht anders aus.

Arbeitsschritte:

1. Ausfräsen oder –schleifen bis zum tragfähigen Laminat
2. Anschleifen der Rückseite rund um das Loch (ca. 5cm breit)
3. Bei kleinen Löchern mit Senkbohrer den Rand anschrägen, bei großen Löchern den Rand mit Schleifpapier anschärfen.
4. Glasgewebe mit Harz/Härtergemisch tränken und auf der Rückseite über das Loch legen. Am Rand blasenfrei anlaminieren.
5. Nach der Härtung Faserspachtel auftragen und glatt ziehen.
6. Faserspachtel nach dem vollständigen Aushärten schleifen, füllern und lackieren.

### 2. Reparaturen an Strukturbauteilen

Bei Reparaturen an tragenden Bauteilen verbietet sich der Einsatz von Faserspachtel, vor allem wenn das Laminat aus Gewebe oder Gelege besteht. Hier kommt nur der Einsatz von Geweben/Gelegen und eventuell von Matten in Frage.

#### 2.1 Auffüllen von großen, durchgehenden Löchern in Strukturbauteilen

1. Ausfräsen oder Ausschleifen des Lochs bis zum tragfähigen Laminat
2. Anshrägen des Laminates im Verhältnis 1:10. Ein 10mm dickes Laminat wird auf 100mm um das Loch herum angeschrägt.
3. Gewebe und/oder Matten zuschneiden, dabei 2 Lagen so zuschneiden, das sie etwa 5mm größer als das Loch sind.
4. Die beiden größten Gewebeabschnitte mit Harz vortränken und von beiden Seiten auf das Loch legen. Im Randbereich die Laminatstücke gut andrücken und entlüften. Härten lassen.
5. Sobald die Laminatstücke leicht angehärtet sind das restliche Laminat aufbauen. Dabei mit den größten Stücken beginnen. Zuletzt die kleinsten Stücke auflaminieren. Dabei jede Lage gut entlüften.
6. Reparaturstelle aushärten lassen und dann glatt schleifen. Füllern und lackieren.

# Technische Hinweise

## Reparatur von GFK-Booten und Bauteilen

### 2.2 Auffüllen von großen, durchgehenden Löchern in Strukturbauteilen, die nur von einer Seite zugänglich sind

Gestaltet es sich noch recht einfach ein Loch zu reparieren, das von beiden Seiten zugänglich ist muss man sich bei nur von einer Seite zugänglichen Schäden mit einem kleinen Trick behelfen.

Im Prinzip verwendet man einen „Stopfen“, nur das dieser hier eher eine dünne Platte ist.

#### Arbeitsschritte

1. Eine Lage Gewebe zuschneiden die etwa 10-15mm größer als der Lochdurchmesser ist. Mit Harz/Härter tränken und aushärten lassen.
2. Vorbereiten des Loches wie unter 2.1
3. Die ausgehärtete Laminatlage in der Mitte mit einem Loch versehen und einen Draht durchstecken. Damit der Draht nicht durchrutscht umbiegen und mit etwas SciGrip fixieren.
4. SciGrip auf den Rand des Laminatstückes auftragen, den „Stopfen“ durch das Loch stecken und mit dem Draht gegen die unzugängliche Rückseite ziehen. Nach dem Aushärten des Klebers den Draht abkneifen.
5. Nun kann wie schon unter 2.1 das Loch mit Laminat aufgefüllt werden.

### 2.3 Auffüllen von großen, durchgehenden Löchern in Sandwichlaminaten

Grundsätzlich geht man hier genauso vor, wie bei den vorhergehenden Schadstellen. Im Unterschied zu vorher muss hier nur das Sandwich wieder hergestellt werden, also muss etwas Schaum bzw. Balsaholz eingesetzt werden. Dies geschieht mit einem leichten Sandwich-Kleber. Danach wird das Laminat aufgebaut.

#### Arbeitsschritte

1. Ausfräsen bzw. Ausschleifen des Loches bis zum Sandwich. Dabei wieder darauf achten, das Laminat im Verhältnis 1:10 anzufasen.
2. Beschädigtes Sandwich mit Lochsäge ausschneiden.
3. Mit Lochsäge ein Stück aus einer Platte (originalem) Kernmaterial ausschneiden.
4. Mit etwas Sandwich-Kleber den „Stopfen“ einsetzen. Austretenden Kleber abstreifen.
5. Glasgewebestücke und/oder Glasmattenstücke so zuschneiden, das das größte etwa 4-5mm größer als die ausgeschliffene Stelle ist. Das kleinste sollte etwa dem Durchmesser am Lochgrund (also am Sandwichkern) entsprechen.
6. Nachdem der Kleber angehärtet ist kann nun laminiert werden. Man beginnt wieder mit dem Größten Stück.
7. Durchhärten lassen und dann die Oberfläche glatt schleifen. Füllern und lackieren.

# Technische Hinweise

## Rerparatur von GFK-Booten und Bauteilen

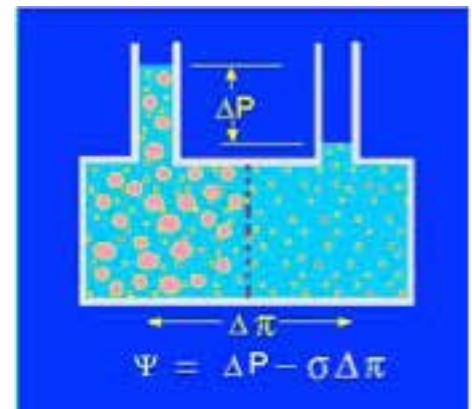
### 3. Osmosebeseitigung

#### 3.1 Was ist Osmose?



*Osmoseschaden in fortgeschrittenem Stadium*

Osmoseschäden sind meist auf eine schlechte Verarbeitung und/oder hohes Alter des Schiffes zurückzuführen. Auslöser sind meist Luftblasen im Laminat (schlechte Entlüftung bei der Herstellung) oder im Gelcoat. Diese führen aufgrund eines Konzentrationsgefälles dazu, dass das Wasser durch den Kunststoff in die Blase eindiffundiert. Es ist stets „weniger“ Wasser im Kunststoff als im umliegenden Meer oder See. Daher wird eine solche Blase sich mit Wasser füllen und solange weiter wachsen, bis sie aufplatzt. Im Bild rechts wäre die Blase rechts und das umliegende Wasser (das Meer) links. Durch das Konzentrationsgefälle entsteht der osmotische Druck, der letztlich dafür sorgt, dass immer mehr Wasser in die Blase gelangt.



Solche Schäden sind nicht so ohne weiteres zu beseitigen. Je nach Schwere des „Befalls“ muss hier ein Profi ans Werk. Trotzdem wollen wir den grundsätzlichen Ablauf einer Sanierung beschreiben.

#### 3.2 Sanierung von Osmoseschäden

Im einfachsten Fall findet man einige wenige Bläschen, die sich im Gelcoat befinden. Im schlimmsten Fall ist der gesamte Rumpf mit Osmosebläschen übersät, die noch dazu im Laminat sitzen.

Hier gilt es zuerst festzustellen, wo sich die Osmosebläschen befinden. Dazu sticht man mehrere Bläschen auf. In aller Regel läuft Wasser heraus. Ist das Bläschen im Gelcoat finden sich keine Glasfasern (Fall1). Findet man Glasfasern ist das Laminat geschädigt (Fall2). Das auslaufende Wasser riecht in aller Regel nach Essig oder sogar nach Mandeln. In beiden Fällen handelt es sich um Zersetzungsprodukte einiger Bestandteile des Kunststoffes. In jedem Fall muss jede dieser Blasen gut getrocknet werden.

# Technische Hinweise

## Rerparatur von GFK-Booten und Bauteilen

### Fall1

Ist nur das Gelcoat geschädigt, ist der Aufwand etwas geringer. Das Gelcoat wird bis auf das Laminat abgeschliffen, anschließend folgt der Aufbau einer Schutzschicht.

#### Arbeitsschritte

1. Abschleifen des Gelcoats bis auf das Laminat
2. Laminat auf Feuchtigkeitsgehalt prüfen (sollte unter 15% liegen). Ist der Feuchtigkeitsgehalt zu hoch, muss der Rumpf getrocknet werden.
3. Aufbringen einer Lage Laminat (160 g/m<sup>2</sup> Gewebe mit Harz AMPRO). Härten lassen.
4. Spachteln des Rumpfes mit S-FAir 600, anschließend schleifen
5. Versiegeln mit Hempels Light Primer (5-6 Lagen)
6. Neuen Unterwasseranstrich aufbauen

### Fall2

Ist das Laminat geschädigt, steht richtig viel Arbeit ins Haus. In diesem Fall muss nicht nur das Gelcoat entfernt werden, sondern das Laminat muss bis auf das gesunde Material abgetragen werden. Dann erfolgt der Neuaufbau des Laminats.

#### Arbeitsschritte

1. Entfernen des Gelcoats und des geschädigten Laminats. In der Regel wird in solchen Fällen der Rumpf gestrahlt. Schleifen oder Hobeln schädigt zu viel gesundes Material.
2. Rumpffeuchtigkeit messen. Bei mehr als 15% Rumpf trocknen (lassen).
3. Je nach entfernten Laminatschichten müssen mehrere Lagen Laminat aufgebaut werden. Dazu wird der gestrahlte Rumpf gespachtelt. Härten lassen.
4. Laminataufbau (mindestens 1 Lage Glasmatte bzw. Glasgewebe). Härten lassen.
5. Spachteln und schleifen der Oberfläche.
6. Versiegelung aufbringen.

Diese kurze Schilderung könnte den falschen Eindruck erwecken, das es sich um eine recht einfache Aufgabe handelt. Für diejenigen, die diese Aufgabe selbst lösen wollen, sei folgendes angemerkt:

1m<sup>2</sup> Osmose geschädigtes Laminat schleifen bedeutet etwa 1-2 Stunden Arbeit (sofern das Laminat nur etwa 2mm tief geschädigt ist). Bei einem 30` Schiff also zwischen 15 und 40 Stunden. Der anschließende Trocknungsprozess nimmt mehrere Wochen in Anspruch (in einer entsprechenden Temperkammer deutlich weniger). Spachteln und schleifen nehmen nochmals etwa 15 - 40 Stunden in Anspruch (der ungeübte muss in der Regel deutlich häufiger spachteln und schleifen bis das Ergebnis überzeugt). Anschließend wird das Laminat neu aufgebaut, was etwa 5-20 Stunden in Anspruch nimmt. Es folgt wieder spachteln und schleifen mit weiteren 10-20 Stunden und der abschließende Auftrag von einer Versiegelung. Je nach Material zwischen 2 und 6 Stunden. So kommen schnell 100 Arbeitsstunden oder mehr zusammen, was für den Hobbyisten etwa 3-4 Monate Arbeit bedeutet. Wohlgermerkt jeden Tag 2-3 Stunden Arbeit nach der eigentlichen Arbeit.

Die Trocknung eines Rumpfes erfordert in aller Regel den Einsatz von Temperkammern oder mindestens Heizgebläsen. Beides eine eher teure Variante.

Die Empfehlung kann daher hier nur lauten, diese Arbeiten von einem Profi ausführen lassen. Wir vermitteln Ihnen gerne einen Kontakt zu einem führenden Sanierungsunternehmen. Sollten Sie dennoch die Sanierung selbst in die Hand nehmen wollen, sprechen Sie uns an. Wir erarbeiten mit Ihnen zusammen ein Konzept für Ihr Schiff.

# Technische Hinweise

## Reparatur von GFK-Booten und Bauteilen

### 4. Notwendige Materialien

Polyesterharz	Epoxydharz
<p><b>Feuchtigkeitsmessgerät Skipper</b> Ein unverzichtbares Gerät bei der Renovierung eines Schiffes. Das Gerät bietet 3 unterschiedliche Messbereiche und bestimmt den Feuchtegehalt über 2 weiche Gummielektroden.</p>	<p><b>Feuchtigkeitsmessgerät Skipper</b> Ein unverzichtbares Gerät bei der Renovierung eines Schiffes. Das Gerät bietet 3 unterschiedliche Messbereiche und bestimmt den Feuchtegehalt über 2 weiche Gummielektroden.</p>
	<p><b>Faserspachtel</b> Um Löcher oder tiefe Beschädigungen in nicht tragenden Laminaten aufzufüllen, füllt man das AMPRO Laminierharz mit Glaskugeln und Colloidal Silica. Zum AMRPRO™ Laminierharz/Härtergemisch gibt man 3% Colloidal Silica. Gut einrühren. Anschliessend werden Glaskugeln solange eingerührt, bis eine cremig-feste und gut spachtelbare Masse entstanden ist. Der Spachtel muss innerhalb von etwa 15 Minuten verarbeitet werden</p>
	<p><b>Feinspachtel S/Fair 600</b> Alternativ kann man einen fertigen Spachtel einsetzen. Das S/Fair 600 lässt sich buttrig auftragen und leicht schleifen. Die maximale Schichtstärke beträgt 35 mm.</p>
<p><b>Laminierharz VE679PA</b> VE-Laminierharz zum Laminieren im Unterwasser- und Überwasserbereich. Thixotropiertes VE/DCPD-System mit hervorragenden Tränkungseigenschaften. Geleirzeit um 35 Minuten. Lloyd's Zulassung. Zur Erreichung bestmöglicher Witterungs- und Wasserbeständigkeit wird eine Nachhärtung empfohlen. Die Nachhärtung sollte bei mind. 60°C für je eine Stunde pro mm aufgetragenes Laminat erfolgen.</p>	<p><b>Laminierharz Ampro™</b> EP-Laminierharz für alle Reparaturarbeiten im Überwasser- wie auch Unterwasserschiff. Das Harz zeichnet sich durch gute Fasertränkung sowie keiner Ausbildung von Aminröte aus. Mit drei verschiedenen Härtern sind Verarbeitungszeiten zwischen 35 min und 4 Stunden möglich. Härter schnell: 30 Minuten Härter Langsam: 75 Minuten Härter extrem langsam: 90 Minuten Zur Erreichung der bestmöglichen Witterungs- und Wasserbeständigkeit wird eine Nachhärtung empfohlen. Bei Einsatz der Langsamen und extrem langsamen Härter ist es dringend erforderlich.</p>
<p><b>Hempel Light Primer</b> Als letzte Schicht vor dem Aufbringen eines Antifouling wird der Light Primer aufgetragen. Dies kann mit einer Rolle oder aber mit einer Spritzpistole (Verdünner bis zu 20% dazugeben) erfolgen. Bei Auftragen von zwei Schichten (etwa 100 g/m<sup>2</sup>) erhält man einen hervorragenden Haftgrund für das Antifouling. Trägt man 5-6 Schichten (350-400 g/m<sup>2</sup>) auf, erhält man eine Sperrschicht um erneute Osmose zu verhindern.</p>	<p><b>Hempel Light Primer</b> Als letzte Schicht vor dem Aufbringen eines Antifouling wird der Light Primer aufgetragen. Dies kann mit einer Rolle oder aber mit einer Spritzpistole (Verdünner bis zu 20% dazugeben) erfolgen. Bei Auftragen von zwei Schichten (etwa 100 g/m<sup>2</sup>) erhält man einen hervorragenden Haftgrund für das Antifouling. Trägt man 5-6 Schichten (350-400 g/m<sup>2</sup>) auf, erhält man eine Sperrschicht um erneute Osmose zu verhindern.</p>

# Technische Hinweise

## Reparatur von GFK-Booten und Bauteilen

### Kontakt:



CTM GmbH  
Maria-Goeppert-Mayer Str. 2  
24837 Schleswig  
Deutschland

T +49 (0) 4621 955 33

F +49 (0) 4621 955 35

E [info@ctmat.de](mailto:info@ctmat.de)

W [www.ctmat.de](http://www.ctmat.de)