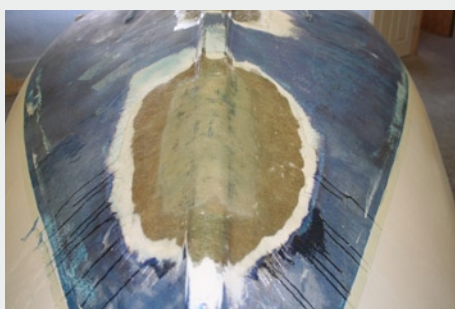




## Bootsreparatur

- Reparieren von GFK-Booten



## ► Epoxidharz oder Polyester?

Die Entscheidung, mit welchem Harzsystem die Reparatur durchgeführt wird, hängt nicht ausschließlich davon ab, aus welchem Material das Boot besteht. GFK-Lamine verhalten sich neutral, sobald sie einmal komplett ausgehärtet sind und können sowohl mit Polyester- (UP) als auch mit Epoxidharzen (EP) repariert und beschichtet werden.



Als Grundsatz gilt folgende Faustregel:

EP-Boote nur mit Epoxidharz reparieren. UP-Boote mit UP- oder EP-Harzen reparieren.

### Wesentliche Unterschiede zwischen UP und EP

UP	EP
<b>Mechanische Eigenschaften des gehärteten Harzes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spröd-hart</li> <li>■ rissanfällig</li> <li>■ gute UV-Stabilität</li>   <li>■ innere Spannungen durch Volumenschrumpf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ zäh-hart</li> <li>■ dynamisch belastbar</li> <li>■ witterungsstabil, vergilbt unter UV-Einfluss</li>   <li>■ spannungsarm, kaum Schrumpf</li> </ul>
<b>Verarbeitung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ starker Geruch nach Styrol</li> <li>■ lange Überlaminierbarkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ geringe Geruchsbelastung</li> <li>■ trockene Schichten müssen angeschliffen werden</li> </ul>
<b>Verstärkungsfasern</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Textilglasmatten</li> <li>■ Glasgewebe</li> <li>■ Glasgelege</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Glasgewebe</li> <li>■ Glasgelege</li> </ul>
<b>Kosten</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ UP-Harz mit Textilglasmatte: sehr wirtschaftliche Kombination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ EP-Harze und Glasgewebe sind teurere Rohstoffe</li> </ul>

## ► Laminatschäden an Rumpf und Deck reparieren



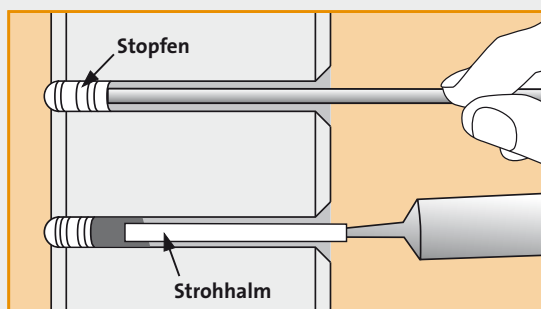
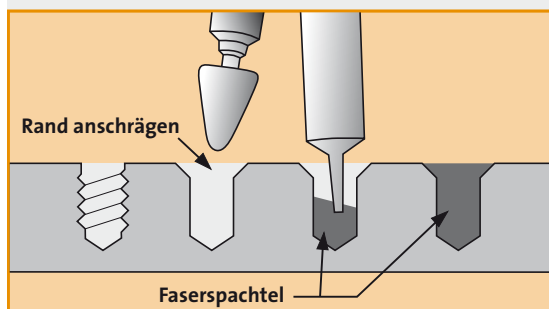
Zunächst muss die Schwere der Beschädigung und der Einfluss auf die Sicherheit der Konstruktion und der Statik des Bootes festgestellt werden. Danach legt man die Strategie für die Reparatur fest.

Im einfachsten Fall ist ein kleines Loch mit andgedicktem Harz oder Spachtel auszufüllen. Im schlimmsten Fall müssen tragende Strukturen von beiden Seiten geschliffen, lagenweise mit Harz und Fasern auflaminiert, glattgeschliffen, gefüllt und lackiert werden. Im ersten Fall ist man nach wenigen Minuten fertig; im zweiten Fall dauert die Reparatur mehrere Stunden bis Tage.

## ► Einfache Reparaturen

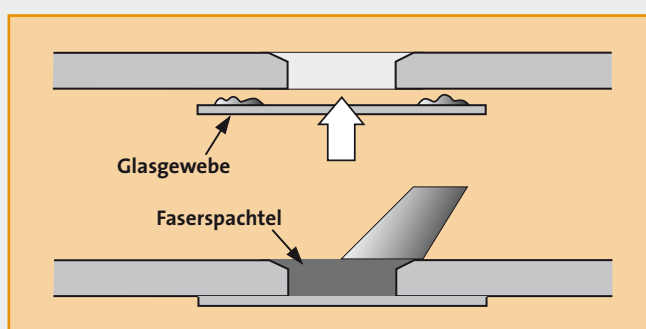
### Beispiel A: Einseitiges Auffüllen ausgerissener Schraubenlöcher

- A1. Ausbohren oder Ausfräsen des Lochs bis zum tragfähigen Laminat.
- A2. Lochrand mit Senkbohrer anschrägen.
- A3. Loch mit Faserspachtel (s. Anhang II) auffüllen; dabei am Lochgrund beginnen und nach oben füllen. Bei durchgehenden Löchern den Lochgrund zuerst mit einem Stopfen verschließen.
- A4. Oberfläche glatt ziehen.
- A5. Nach kompletter Durchhärtung schleifen, füllern und lackieren.



### Beispiel B: Auffüllen durchgehender Löcher im Massivlaminat mit einseitigem Überlaminieren

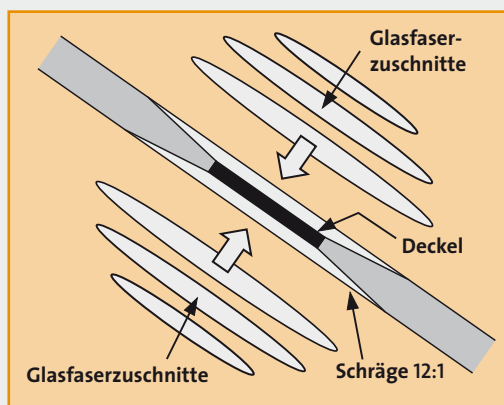
- B1. Ausfräsen oder Ausschleifen des Lochs bis zum tragfähigen Laminat.
- B2. Anschleifen der Rückseite ca. 5 cm um das Loch herum.
- B3. Lochrand auf der Sichtseite mit Senkbohrer anschrägen.
- B4. Geschliffene Oberflächen mit Haftgrund (s. Anhang II) vorgrundieren.
- B5. Passendes Stück Glasgewebe mit Harz/Härtergemisch (s. Anhang II) benetzen und auf der geschliffenen Rückseite über das Loch legen, Ränder luftblasenfrei anlaminieren.
- B6. Sobald Laminat leicht angezogen hat, das Loch von oben mit Faserspachtel (s. Anhang II) vom Grund nach oben auffüllen.



## ► Reparaturen an tragenden Strukturen

### Beispiel C: Auffüllen großer durchgehender Löcher im Massivlaminat mit beidseitigem Überlaminieren

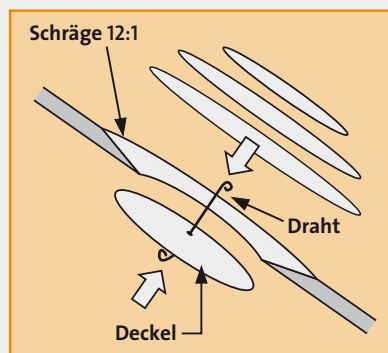
- C1. Ausfräsen oder Ausschleifen des Lochs bis zum tragfähigen Laminat.
- C2. Anschrägen des umgebenden Laminats auf beiden Seiten des Lochs im Verhältnis 12:1 (s. Anhang I); z.B. Laminatstärke 3 mm = Anschrägen 35 mm rund um das Loch.
- C3. Glasgewebe- oder Glasmattenstücke zuschneiden (s. Anhang I).
- C4. Zwei Stücke Gewebe oder Matte so zuschneiden, dass das Loch ringsum ca. 3 – 4mm überdeckt wird. Zuschnitte auf PE-Folie mit Harz/Härtergemisch (s. Anhang II) vortränken und leicht anhärten lassen.
- C5. Im klebrigen Zustand mit je einem Zuschnitt jede Seite des Lochs abdecken, gut andrücken, härten lassen.
- C6. Jetzt beide Seiten mit den vorbereiteten Gewebe- oder Mattenstücken lagenweise bis zur ursprünglichen Laminatstärke mit Harz-/Härtergemisch (s. Anhang II) auflaminieren. Mit dem größten Zuschnitt beginnen, mit dem kleinsten Stück abschließen. Jede Lage für sich luftblasenfrei laminieren, bevor die nächste aufgelegt wird.
- C7. Komplette Durchhärtung abwarten. Oberfläche glatt schleifen.



### Beispiel D: Was tun, wenn das Loch nur von einer Seite zugänglich ist?

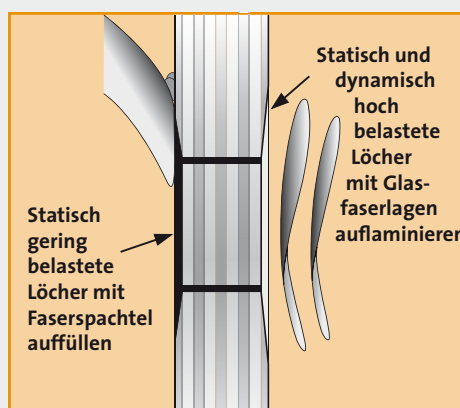
Damit die Gewebe- oder Mattenstücke beim Anlaminieren nicht durchgedrückt werden, muss in diesem Fall das Loch zunächst mit einem „Deckel“ von der Rückseite verschlossen werden:

- D1. Vorbereitung wie unter C1 und C2 (nur Vorderseite).
- D2. Rückseitige Fläche rund um das Loch anschleifen.
- D3. Eine Lage Glasgewebe oder Glasmatte so schneiden, dass der Zuschnitt das Loch ringsum ca. 15 mm überdeckt. Auf einer PE-Folie mit Harz-/Härtermischung (s. Anhang II) tränken und aushärten lassen.
- D4. Ins Zentrum des Zuschnitts ein kleines Loch bohren und ein 5 – 10 cm langes Stück Draht hindurchstecken. Draht an einem Ende zu einer Schlaufe biegen, um das Durchrutschen zu verhindern.
- D5. Die Ränder des Zuschnitts mit 5-Minuten-Kleber (s. Anhang II) bestreichen und durch das Loch stecken. Mit Hilfe des Drahts positionieren und unter leichtem Zug halten, bis der Kleber angezogen hat. Danach Draht bündig abschneiden.
- D6. Weiter wie unter C6 und C7 (nur Vorderseite).



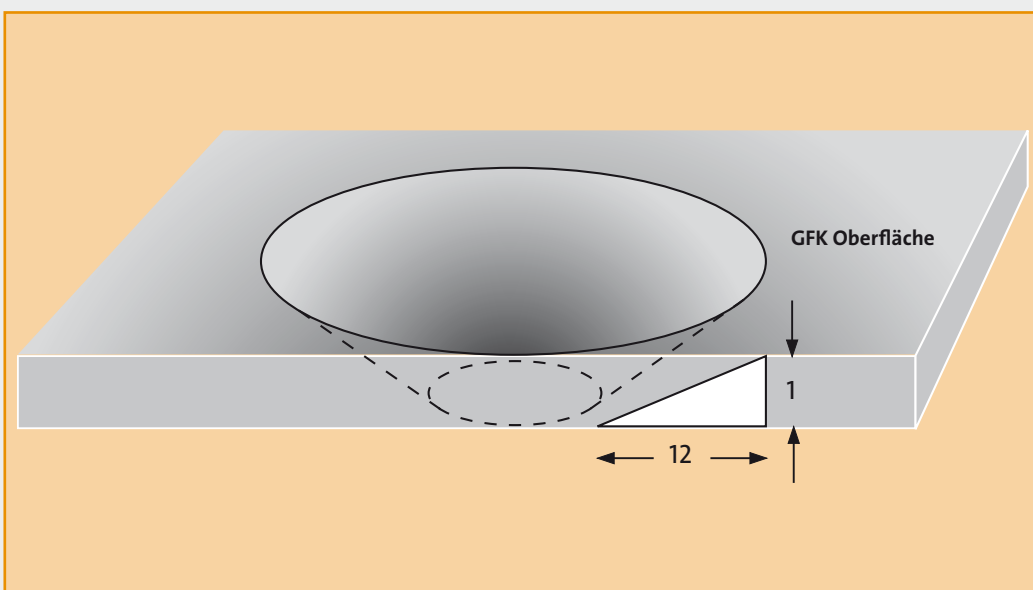
### Beispiel E: Auffüllen großer durchgehender Löcher im Sandwichlaminat mit beidseitigem Überlaminieren

- E1. Ausfräsen oder Ausschleifen des Lochs bis zum tragfähigen Laminat bzw. Sandwichmaterial.
- E2. Anschrägen des umgebenden Laminats auf beiden Seiten des Lochs im Verhältnis 12:1 (s. Anhang I); z.B. Laminatstärke 3 mm = Anschrägen 35 mm rund um das Loch.
- E3. Glasgewebe- oder Glasmattenstücke zuschneiden (s. Anhang I).
- E4. Ein Ersatzstück Sandwichmaterial (z.B. Bootssperrholz, PVC-Schaum) in Originalstärke so zuschneiden, dass es locker in die Reparaturstelle passt.
- E5. Einkleben des „Stopfens“ mit Klebeharz (s. Anhang II). Überschüssiges Harz abstreifen.
- E6. Abwarten bis das Klebeharz leicht angezogen hat. Jetzt beide Seiten mit den vorbereiteten Gewebe- oder Mattenstücken lagenweise bis zur ursprünglichen Laminatstärke mit Harz-/Härtergemisch (s. Anhang II) auflaminieren. Mit dem größten Zuschnitt beginnen, mit dem kleinsten Stück abschließen. Jede Lage für sich luftblasenfrei laminieren, bevor die nächste aufgelegt wird.
- E7. Komplette Durchhärtung abwarten. Oberflächen glatt schleifen.

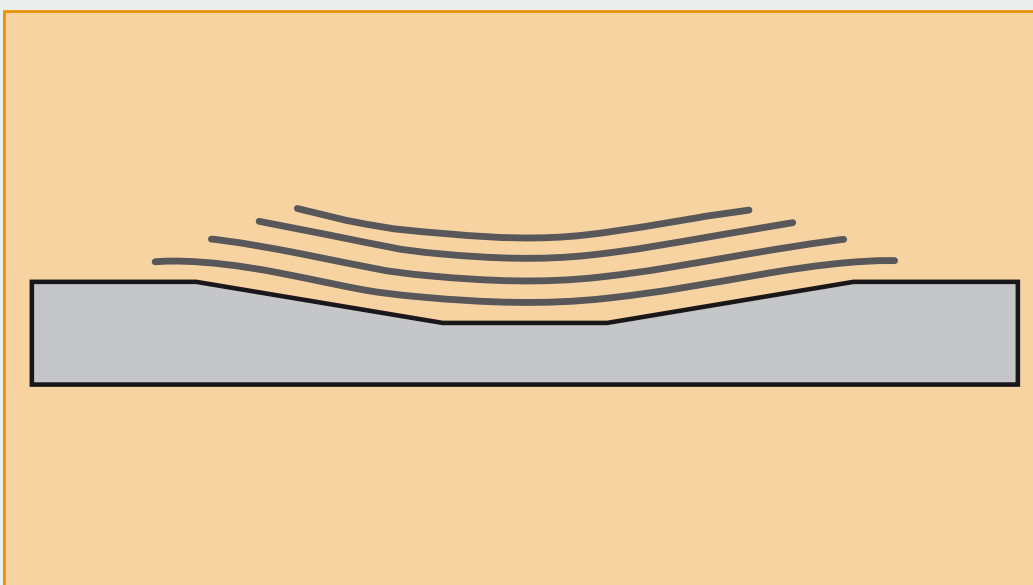


## ► Anhang I: Erläuterungen

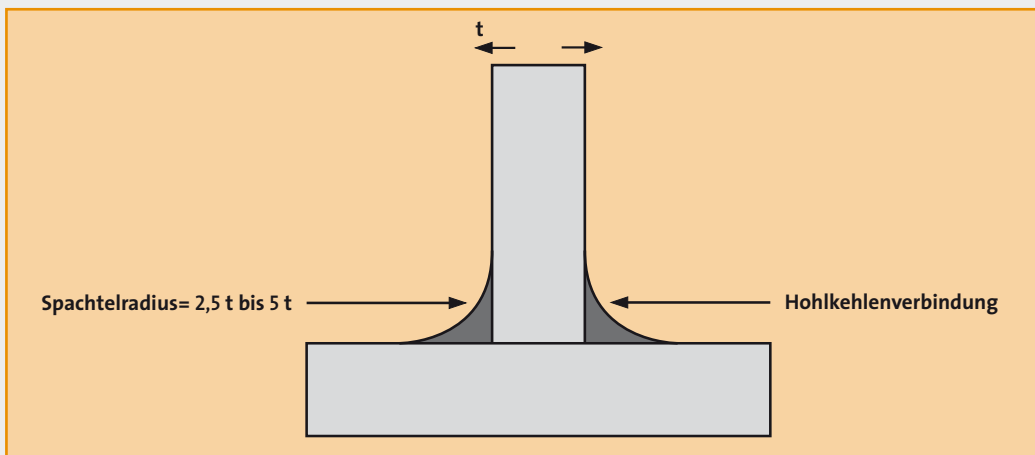
Anschleifen des beschädigten Laminats im Verhältnis 12:1



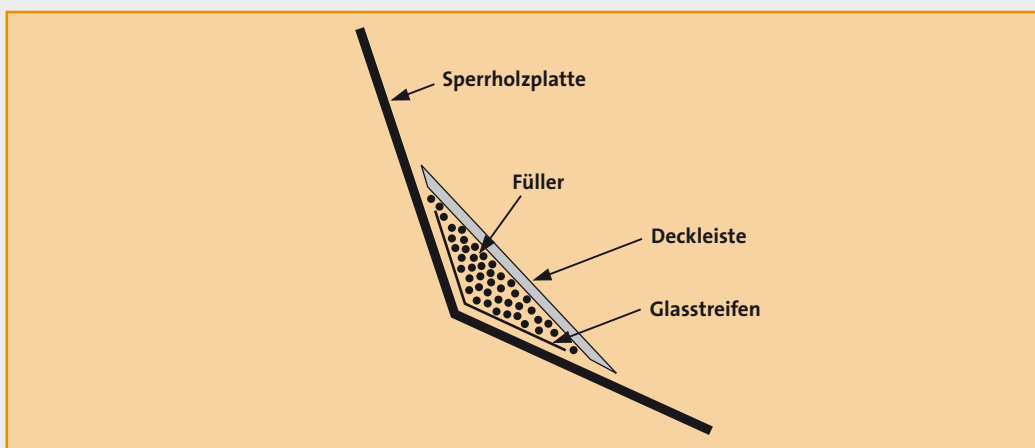
Auflaminieren mit Gewebe- oder Mattenstücken unterschiedlicher Größe



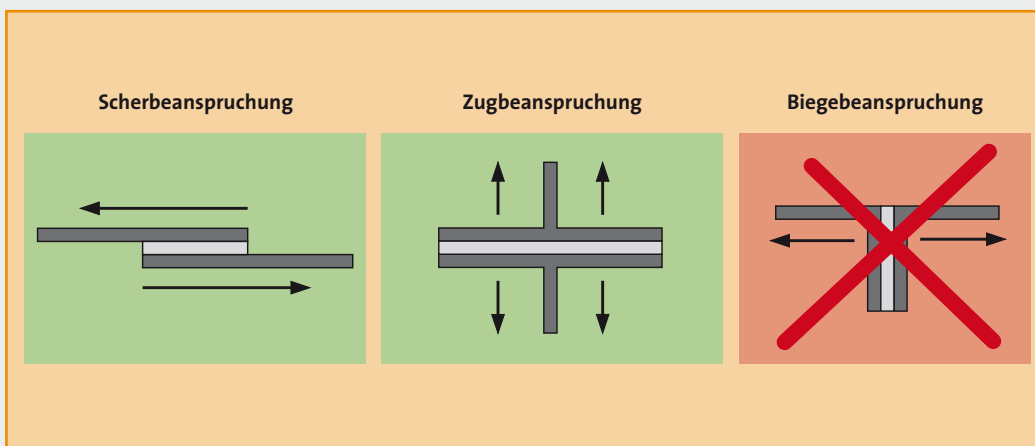
### Verkleben von Sandwichplatten



### Verbinden von Nähten



### Belastbarkeit von Klebeverbindungen





## ► Anhang II: Materialliste

Materialliste für Reparaturen mit:

Polyesterharz	Epoxidharz
<p>■ <b>G4 Grundierung</b> <a href="#">Art.Nr. 08.02</a></p> <p>G4 Grundierung ermöglicht eine feste Verankerung von Polyesterlaminat auf Holz und Metall. Die Haftung ist bei richtiger Verwendung so gut, dass sich bei gewaltsamer Trennung der Bruch innerhalb der Beschichtung oder innerhalb des beschichteten Werkstoffs vollzieht. Grundierung auf die von Lack gänzlich befreite und geschliffene Holz- oder Metalloberfläche mit Pinsel oder Rolle auftragen. Verbrauch bei Metall 100 – 150 ml/m<sup>2</sup>; bei Holz 200 – 250 ml/m<sup>2</sup>. Frühestens nach 30 Minuten, spätestens nach 3 Stunden mit Polyester-Glaslaminat überlaminieren.</p>	<p>■ <b>Grundierung (Epoxidharz + Aceton)</b> <a href="#">Art.Nr. 05L235</a> <a href="#">Art.Nr. 05H235</a> <a href="#">Art.Nr. 12.31</a></p> <p>Aufgrund der wesentlich besseren Haftung auf Metall und Holz wird beim Arbeiten mit Epoxidharz in den meisten Fällen keine Haftgrundierung benötigt. Wird dennoch eine tiefe Durchdringung des Harzes z.B. in Hartholz gewünscht, kann man sich einen Primer wie folgt selbst anrühren: EP-Laminierharz LARIT L-235 mit Härter LARIT H-235 gründlich vermischen und mit 15 – 20 % Aceton verdünnen. Mit Pinsel oder Walze auf das trockene, staubfreie Holz bis zur Sättigung auftragen. Warten bis das Lösungsmittel verdunstet ist und der Primer angezogen hat. Dann mit dem Laminieren der Glaslagen beginnen. Wichtig: Die geprimerte Oberfläche muss noch klebrig sein, sonst gibt es keinen Verbund zum Laminat!</p>
<p>■ <b>V11 Faserspachtel</b> <a href="#">Art.Nr. 15.72</a></p> <p>Kleb- und Füllmasse für kleinere Laminatschäden in schwach belasteten Bauteilen. Als Grundierung G4 verwenden. Mit Feinspachtel FEW oder Nautic Filler abdecken.</p>	<p>■ <b>Füllspachtel (Epoxidharz + gemahlene Glasfaser RC)</b> <a href="#">Art.Nr. 05L235</a> <a href="#">Art.Nr. 05H233</a>     <a href="#">Art.Nr. 03.28</a></p> <p>Zum Ausfüllen von Löchern und tieferen Rissen kann folgender Faserspachtel selbst hergestellt werden: EP-Laminierharz LARIT L-235 mit Härter LARIT H-233 gründlich vermischen. Solange gemahlene Glasfaser RC einrühren, bis eine cremig-feste, spachtelbare Masse entsteht. Innerhalb von 10 Minuten verarbeiten.</p>



Polyesterharz	Epoxidharz
<p>■ <b>FEW Feinspachtel</b> <a href="#">Art.Nr. 15.77</a></p> <p>Leicht schleifbarer Feinspachtel zur Beseitigung von kleinen Rissen und zum Glätten frischer UP-Lamine im Bereich oberhalb der Wasserlinie. Für Schichtstärken bis ca. 1 mm.</p> <p>■ <b>NAUTIC FILLER</b> <a href="#">Art.Nr. 15.78</a></p> <p>Spezial-Spachtelmasse für das Unterwasserschiff mit sehr guter Wasserbeständigkeit. Für Schichtstärken bis ca. 1mm.</p>	<p>■ <b>L-235K/H-234K Klebeharz</b> <a href="#">Art.Nr. 05L235K</a> / <a href="#">05H234K</a></p> <p>Epoxid-Klebeharz mit ausgezeichneter Haftung auf GFK, Holz, Metall und Hartschaum.</p>
<p>■ <b>Viapal UP 242-BT</b> mit Härter CUROX M-300 <a href="#">Art.Nr. 06.1UP242BT</a> + <a href="#">16.50C</a></p> <p>UP-Laminierharz auf Basis Orthophthalsäure zum Tränken von Glasmatte, -gewebe und -gelege, geeignet für alle Bereiche oberhalb der Wasserlinie.</p> <p>■ <b>Viapal VUP 4714-BET</b> mit Härter CUROX M-300 <a href="#">Art.Nr. 06.1VUP4714BET</a> + <a href="#">16.50C</a></p> <p>UP-Laminierharz auf Basis ISO/NPG mit guter Osmosefestigkeit. Zum Tränken von Glasmatte, -gewebe und -gelege, geeignet für alle Bereiche des Unterwasserschiffs.</p>	<p>■ <b>LARIT L-235 / Härter 235, 236</b> <a href="#">Art.Nr. 05L235</a> <a href="#">Art.Nr. 05H235</a> <a href="#">Art.Nr. 05H236</a></p> <p>EP-Laminierharz für alle Reparatur- und Laminierarbeiten im Über- und Unterwasserschiff. Sehr gute Haftung auf Holz. Verarbeitungszeiten: L-235 mit Härter H-235: ca. 60 Minuten L-235 mit Härter H-236: ca. 120 Minuten Alle Laminierarbeiten nass-in-nass ausführen! Verarbeitungs- und Härtungstemperatur: 20 – 25°C. Härtungszeit 24 – 48 Stunden. Zur Erreichung der bestmöglichen Beständigkeit gegen Witterungseinflüsse müssen die gehärteten Lamine 15 – 24 Stunden bei 35 – 40°C nachgetempert werden. Dies geschieht am Besten durch Abhängen mit Folie und Einblasen von Warmluft.</p>

Polyesterharz	Epoxidharz
<p>■ <b>M123-450 Textilglasmatte</b> <a href="#">Art.Nr. 03.M123A450</a></p> <p>Pulvergebundene Glasmatte für alle Laminierarbeiten im Über- und Unterwasserbereich. Flächengewicht 450 g/m<sup>2</sup>, ergibt eine Schichtstärke von ca.1 mm je Lage. Harzbedarf ca. 1.200 g/m<sup>2</sup>.</p> <p>■ <b>M113-225 Textilglas-Feinfasermatte</b> <a href="#">Art.Nr. 03.M113A225</a></p> <p>Pulvergebundene Glasmatte mit besonders feinem Faserbild für alle Laminierarbeiten im Über- und Unterwasserbereich. Erzeugt als letzte Lage einen harzreichen und leicht zu spachtelnden Laminatabschluss. Flächengewicht 225 g/m<sup>2</sup>, ergibt eine Schichtstärke von ca. 0,5 mm je Lage. Harzbedarf ca. 700 g/m<sup>2</sup>.</p>	
<p>■ <b>Glasfilamentgewebe Leinen</b></p> <p>163 g/m<sup>2</sup> Leinen      <a href="#">Art.Nr. 03G163L</a> 390 g/m<sup>2</sup> Leinen      <a href="#">Art.Nr. 03G390L</a></p>	<p>■ <b>Glasfilamentgewebe Köper</b></p> <p>163 g/m<sup>2</sup> Köper      <a href="#">Art.Nr. 03G163K</a> 390 g/m<sup>2</sup> Köper      <a href="#">Art.Nr. 03G390K</a></p> <p>Glasgewebe mit Finishausrüstung für optimale Benetzung und Anbindung zur Harzmatrix. Für ebene oder eindimensional gewölbte Flächen und für kleinere Zuschnitte die Webart Leinen verwenden. Die Webart Köper lässt sich sehr gut über schwierige Konturen drapieren.</p> <p>163 g                      Schichtstärke: 0,2 mm                      Harzbedarf: 330 g/m<sup>2</sup> 390 g                      Schichtstärke: 0,4 mm                      Harzbedarf: 780 g/m<sup>2</sup></p>
<p>■ <b>Glas-Biaxialgelege +/-45°</b></p> <p>450 g/m<sup>2</sup>      <a href="#">Art.Nr. 14G450BFF</a> 600 g/m<sup>2</sup>      <a href="#">Art.Nr. 14G601BFF</a> 800 g/m<sup>2</sup>      <a href="#">Art.Nr. 14G801BFF</a></p> <p>Verstärkungsmaterial für dickere, stark beanspruchte, tragende Lamine. Nur für leicht verformte Flächen geeignet.</p> <p>450g                      Schichtstärke: 0,5 mm                      Harzbedarf: 700 g/m<sup>2</sup> 600g                      Schichtstärke: 0,8 mm                      Harzbedarf: 900 g/m<sup>2</sup> 800g                      Schichtstärke: 1,2 mm                      Harzbedarf: 1200 g/m<sup>2</sup></p>	