

Kunststoffboote - Reparatur und Wartung

Ein Leitfaden, um Kunststoffboote mit WEST SYSTEM Epoxidharz zu reparieren, zu restaurieren und ihre Langlebigkeit zu verlängern



Inhalt

- | | | |
|------------------|---|----------|
| Kapitel 1 | Einführung
Zum Verständnis des Kunststoffbootsbaus und Beschreibung der Vorteile bei der Verwendung von WEST SYSTEM Epoxidharz für die Reparatur von Kunststoffbooten | 1 |
| Kapitel 2 | Reparatur kleiner Risse und Löcher
Die Reparatur von Oberflächen- und Gelcoat-Schäden und das Einbringen von Verstärkungen zur Verminderung der Durchbiegung | 2 |
| Kapitel 3 | Reparatur einer beschädigten Außenhaut
Beurteilung und Reparatur von strukturellen Schäden der GFK- Außenhaut | 3 |
| Kapitel 4 | Reparatur von Sandwich-Konstruktionen
Reparatur und Ersetzen von nassen oder delaminierten Kernschichten | 4 |
| Kapitel 5 | Aufbringen eines Decksbelags aus Teakfurnier
Aufkleben dünner Teak-Leisten mit Epoxidharz für ein authentisches und praktisches Teak-Deck | 5 |
| Kapitel 6 | Kleben von Beschlägen
Kleben loser Beschläge und Erhöhung ihrer Belastbarkeit | 6 |
| Kapitel 7 | Kleben von Beschlägen
Reparatur von Schlagstellen, Abnahme von Modellen an Kiel und Ruder, Reparatur von ausgeschlagenen Ruderlagern | 7 |
| Kapitel 8 | Standard-Verfahren
Die sichere und effektive Verwendung von WEST SYSTEM Produkten | 8 |
| Anhang A | Mengenabschätzung, Ergiebigkeit | A |
| Anhang B | Werkzeuge | |
| Anhang C | Schlagwortverzeichnis für Verstärkungsmaterialien | |



Kunststoffboote - Reparatur und Wartung

Ein Leitfaden, um Kunststoffboote mit WEST SYSTEM Epoxidharz zu reparieren, zu restaurieren und ihre Langlebigkeit zu verlängern.

Übersetzung: M.u.H. von der Lindan GmbH; Dipl.-Ing. Fritz Hartz

Katalog-Nr. 0011

© Dezember 1994 Gougeon Brothers, Inc.

© Dezember 1994 Wessex Resins & Adhesives Limited

Verlag: Gougeon Brothers Inc. und Wessex Resins & Adhesives Limited.

Titel der amerikanischen Originalausgabe: Fibreglass Boat Repair & Maintenance.

A guide to repair, restore and prolong the life of fiberglass boats with WEST SYSTEM Brand Epoxy.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Buch darf weder insgesamt noch dürfen Teile daraus in irgendeiner Form vervielfältigt, reproduziert oder auf Datenträger aufgenommen werden, ohne daß eine schriftliche Zustimmung der Herausgeber vorliegt.

Wir sind überzeugt, daß die in diesem Handbuch gegebenen Informationen zum Zeitpunkt der Drucklegung verläßlich sind. Unter Berücksichtigung neuerer Forschung können wir jedoch keine Gewährleistung für die Richtigkeit aller Angaben übernehmen. Da die Firma Gougeon Brothers, Inc., und ihre Vertreter die Produkte in der Hand der Verarbeiter nicht kontrollieren können, übernehmen wir keinerlei Gewährleistung hinsichtlich der Eignung der Produkte für einen bestimmten Verwendungszweck noch hinsichtlich der Eignung hergestellter Produkte zur Vermarktung.

WEST SYSTEM, Stresform, Scarffer und Gougeon Brothers sind in den USA eingetragene Warenzeichen. Microlight und Episize sind Markenzeichen der Fa. Gougeon Brothers, Inc., Bay City, Michigan, USA.

In der Bundesrepublik Deutschland ist GOUGEON WEST SYSTEM als Warenzeichen Nr. G 28978 eingetragen.

ISBN 1-899347-10-0

(Original edition ISBN 1-878207-26-1 published by Gougeon Brothers Inc., U.S.A.
English edition ISBN 1-899347-00-3 published by Wessex Resins & Adhesives Limited
and Gougeon Brothers Inc., U.S.A.)





Inhalt

Kapitel 1 Einführung	1
1.1 Typische Verfahren im GFK-Bootsbau	1
1.2 WEST SYSTEM Epoxidharz für die GFK-Reparatur	3
Kapitel 2 Reparatur und Endbehandlung kleiner Risse und Löcher	5
2.1 Die Beurteilung des Schadens	5
2.2 Kleine Risse und Schürfstellen	6
2.3 Oberflächenendbehandlung	7
2.4 Verstärkung von Laminatflächen und tragenden Verbänden	9
Kapitel 3 Reparatur einer beschädigten Außenhaut	15
3.1 Beurteilen und Vorbereiten von beschädigten Flächen	16
3.2 Hinterfütterungen von Schadensstellen	17
3.3 Aufbringen des Laminats	19
Kapitel 4 Reparatur von Sandwich-Konstruktionen	22
4.1 Verschiedene Schäden an Sandwich-Laminaten	22
4.2 Reparatur von abgelösten Decklaminaten	23
4.3 Ersetzen von geschädigtem Kernmaterial	25
4.4 Reparatur von Laminatablösungen am Spiegel	27
4.5 Reparatur durchgeschlagener Laminats und Löcher	30
Kapitel 5 Aufbringen eines Decksbelags aus Teakfurnier	33
Kapitel 6 Kleben von Beschlägen	36
6.1 Befestigen loser Beschläge - Einbau neuer Beschläge	37
6.2 Gießen von Beschlagsfundamenten aus Epoxidharz	41
6.3 Lösbare Beschläge	42
6.4 Entfernen geklebter Beschläge	43
Kapitel 7 Reparatur von Kiel und Ruder	44
7.1 Reparatur von Kielen mit Innenballast	44
7.2 Untergebolzte Ballastkleie	45
7.3 Schablonen von Kiel und Ruder	46
7.4 Reparieren ausgeschlagener Ruderlager	48
Kapitel 8 Standard-Verfahren	50
8.1 Die Sicherheit	50
8.2 Epoxidharz-Produkte	51
8.3 Die Handhabung von Epoxidharz	53
8.4 Grundlegende Arbeitsverfahren	56
8.5 Verkleben und Beschichten bei niedrigen Temperaturen	64
Anhang A	67
Anhang B	68
Anhang C	69

Kapitel 1

Einführung

Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat sich die Meinung festgesetzt, GFK-Boote (Glasfaser-verstärkte Kunststoff-Boote) benötigen keine Pflege und seien langlabiger als Holzboote, die den Markt früher bestimmten. Wenn auch GFK-Boote im allgemeinen weniger Pflege benötigen, verursachen sie dennoch Probleme. Abgesehen von den Beschädigungen, die nun einmal während der Benutzung vorkommen, durch Kollisionen, Grundberührungen und die Naturgewalten, unterliegen GFK-Boote den gleichen Alterungserscheinungen durch Dauerbeanspruchung und Angriff durch Feuchtigkeit, die man früher nur mit den traditionell gebauten Holzbooten in Verbindung brachte.

Dieses Handbuch beschreibt Lösungen für Reparatur und Erhaltung von GFK-Booten.

1

1.1 Typische Verfahren im GFK-Bootsbau

Ein GFK-Boot ist eine Komposit-Konstruktion, die aus mehreren Schichten von Verstärkungsfasern und Kernmaterialien besteht, die durch einen Kunststoff gebunden werden. Man kann ein Boot aber auch als eine Schale aus Kunststoff, der mit verschiedenen Fasern verstärkt ist definieren, also Faser-verstärkter Kunststoff (FVK). Den größten Teil der Belastung müssen dabei die Verstärkungsfasern tragen. Kunstharz und Kernmaterial helfen dabei, Belastungen aufzunehmen und auf größere Flächen zu verteilen. Im allgemeinen gilt, daß Festigkeit und Steifigkeit mit zunehmendem Gehalt an Verstärkungsfasern wachsen.

Der ungestörte Verbund aus Harz und Faserverstärkung ist dabei ein wichtiges Kriterium für das Lastaufnahmevermögen der Gesamtkonstruktion. Bei Reparaturen ist es aber mitunter nötig, durch die Außenhaut hindurchzusägen oder -schneiden, selbst wenn die GFK-Haut nicht verletzt ist. Man sollte daher immer daran denken, daß es wichtig ist, diesen kontinuierlichen Verbund wieder herzustellen, also das Lastaufnahmevermögen der Fasern auf die alten oder sogar höhere Werte zu bringen.

1.1.1 Harze für GFK-Boote

Die überwiegende Zahl der GFK-Boote wird heutzutage mit Polyesterharzen hergestellt. Ungesättigte Polyesterharze bestehen im wesentlichen aus drei Komponenten: Glykol, organischen Säuren und einem reaktiven flüssigen Bestandteil (gewöhnlich Styrol). Betrachtet man Polyesterharz von der molekularen Seite, so sind das anscheinend Tausende von Ketten, die wechselweise aus Glykol und Säurebindungen bestehen. Diese Ketten sind Polyester-Prepolymere. Wird nun dem Harz ein Katalysator zugegeben, meist MEKP, setzt eine Quervernetzung ein, die das Styrol veranlaßt, Brücken zu bilden, die nebeneinanderliegende Prepolymere zu Ketten verbinden. Bei der fortschreitenden Härtung entstehen so mehr und mehr Brücken, die bisher frei beweglichen Glykol/Säure-Ketten gelieren und bilden schließlich eine feste Masse. Zum Schluß sind genügend Brücken vorhanden, um eine starre, dreidimensionale Matrix zu erzeugen. Die Mischung ist damit zu einem wärmehärtenden Kunststoff geworden, der in diesem Falle genutzt wird, um Faserbündel in Form einer Bootschale zusammenzuhalten.

1.1.2 Verstärkungsfasern

Verstärkungsfasern für GFK-Boote werden in verschiedenen Formen auf dem Markt angeboten: Als Glasmatte, Glasseiden- oder Rovinggewebe, als unidirektionales, bidirektionales oder multiaxiales Gelege. Jede Herstellungsart verleiht den Fasern

andere Eigenschaften, und oftmals werden sie kombiniert, um dem Laminat gezielt besondere Verstärkungseigenschaften zu geben. Die Auswahl kann aber auch unter dem Gesichtspunkt der Handhabung oder der Kosten erfolgen. Die meisten Gewebe oder Gelege sind gewebte oder geheftete Bündel aus kontinuierlichen Fasern verschiedener Kunststoffe. Die billigste und am weitesten verbreitete Faser ist die aus E-Glas. Sie ist überall erhältlich und wird auch für die meisten Reparaturen verwendet. Fasern können aber auch aus exotischerem und teurerem Material bestehen, wie Aramid oder Kohlenstoff. Diese Fasern verfügen über eine höhere Festigkeit und werden meist für Rennboote eingesetzt, bei denen die Gewichtsersparnis die höheren Kosten aufwiegt. Gelege stellen eine besonders positive Entwicklung für die Kunststoff-Technologie dar, da sie ein besseres Verhältnis von Fasergehalt zu Harz ermöglichen und damit steifere Laminats liefern als bei der Verwendung von Geweben mit gleichem Flächengewicht.

In Anhang D finden Sie eine ausführlichere Beschreibung der verschiedenen Faser-Verstärkungen, die im Bootsbau gebräuchlich sind.

1.1.3 Kernmaterialien

Kernmaterialien benutzt man in Laminaten, um die Steifigkeit einer Platte zu erhöhen, ohne das Gewicht im gleichen Maße in die Höhe zu treiben. Eine Verdoppelung der Plattenstärke bewirkt eine bis zu 8-fache Erhöhung der Steifigkeit. Arbeitet man eine leichte Kernschicht zwischen zwei Laminatschichten ein, so erhöht sich die Steifigkeit erheblich, das Gewicht aber nur geringfügig. Die Deckschichten nehmen weiterhin Zug- und Druckbelastungen auf, die durch die Plattenbiegung entstehen, aber der Effekt des I-Trägers durch die zwischenliegende Kernschicht verleiht der Platte höhere Widerstandskraft gegen Biegebelastung. Balsa-Hirnholz als Kernmaterial ist im Serienbootbau am weitesten verbreitet. Bei niedrigen Kosten bietet es gute Schlag- und Druckfestigkeit, die verhindern, daß die Platte bei Belastung einfällt. PVC-Hartschaum gibt es in sehr unterschiedlichen Dichten und Formen. PVC-Hartschaum ist teurer als Balsahirnholz, aber dafür auch unempfindlicher gegen Feuchtigkeit. Wabenkerne bestehen aus einer offenen Struktur aus Papier oder anderen dünnen Materialien, die hochkant angeordnet sind. Wabenkerne werden oftmals in vorgefertigten Platten für Schotte oder Einrichtungsteile verwendet.

1.1.4 Bauweisen

Üblicherweise werden GFK-Serienboote in einer Negativform gebaut. Die Oberfläche der Form wird zunächst mit einem Trennmittel abgedeckt, darauf wird das Feinschichtharz (Gelcoat) aufgetragen. Gelcoat ist im allgemeinen ein pigmentiertes ungesättigtes Polyesterharz und etwa 0,4 bis 0,6 mm dick. Es stellt die Feuchtigkeitssperre für das darunterliegende Laminat dar und ist zugleich die glatte, glänzende und damit kosmetische Oberfläche des Laminats. Die dann folgenden Verstärkungslagen werden mit Polyesterharz getränkt und auf das Gelcoat aufgelegt. Der typische Querschnitt durch ein Rumpflaminat kann folgendermaßen aussehen: Mehrere wechselnde Lagen aus Glastmatte und Rovinggewebe, in vielen Fällen eine Kernlage aus Balsaholz oder Schaum, danach wieder mehrere Lagen Matte und Gewebe (Abb. 1-1 und 1-2). Ältere Yachten hatten im Kielbereich manchmal Laminatstärken bis zu 40 mm. Inzwischen ist man aber zu erheblich dünneren Laminaten übergegangen, was umso kritischer in Bezug auf den Verbund der Konstruktion ist.

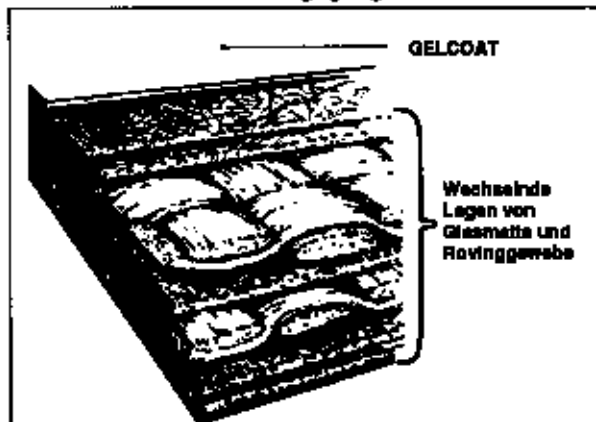


Abb. 1-1 Typisches Massiv-Laminat. Verschiedene Verstärkungsmaterialien werden durch Polyesterharz verbunden.

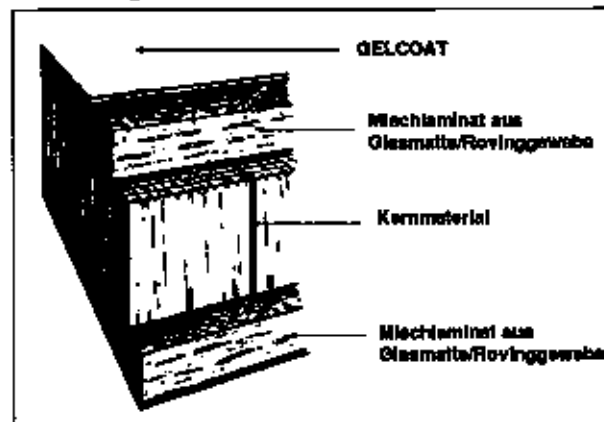


Abb. 1-2 Ein typisches Sandwichlaminat besteht aus Balsahirnholz oder einem anderen Kernmaterial zwischen zwei Laminatschichten.

Beim normalen Laminieren nutzt man die Schwerkraft, um die Lagen an ihrem Platz zu halten. Die Vakuumtechnik hat hier aber einen erheblichen Entwicklungsschritt bewirkt, weil man mit ihr das gesamte Laminat gleichmäßig an die Form pressen und sehr genau den Harzgehalt und damit das Verhältnis von Gewicht zu Festigkeit des Laminats kontrollieren kann.

Auf den ersten Blick erscheint es ungewöhnlich, aber auch im Kunststoff-Bootsbau wird Holz in erheblichen Mengen für tragende und nichttragende Verbände und Bauteile verarbeitet, so z.B. für Schotten, Rahmen und Stringer, als Kernmaterial, für Hinterfütterungen und zum Ausbau ganz allgemein. Stringer, Schotten und andere Innenbauteile werden einlaminieren, wenn die Schale fertig ist. Viele Reparaturen an GFK-Booten berühren auch hölzerne Bauteile und damit auch die Probleme, die durch eine Verbindung von Holz mit Polyesterharz verursacht werden.

1.1.5 Hydrolyse und Gelcoat-Blasen (Osmose)

Die Reparatur-Verfahren in diesem Handbuch erörtern die Probleme, die als mechanische Schäden bezeichnet werden können - Abrieb, Biegung, Ermüdung, Schlag, und die resultierenden Wasserschäden an Kernmaterialien und anderen strukturellen Elementen. Ein weiteres übliches Problem von Polyester-Booten ist chemischer Natur: Hydrolyse (und dessen Symptome Gelcoat-Blasen oder Osmose) ist weitverbreitet und nimmt ständig zu.

Hydrolyse ist mehr als ein kosmetisches Problem. Wasserlösliche Bestandteile in einem Polyesterlaminat mischen sich mit Feuchtigkeit, die in das Laminat eingedrungen ist, und bilden eine saure Flüssigkeit. In Hohlräumen unter dem Gelcoat sammelt sich die Flüssigkeit und bildet im Laufe der Zeit Blasen. Das saure Gemisch greift das Polyester an und zerstört die chemische Bindung, die die Harzmatrix und den Harz/Faser-Verbund zusammenhält. Wenn Hydrolyse einmal in einem Polyesterhumpf begonnen hat, verringert sich die Festigkeit und weitere ernsthafte Hydrolyseschäden können entstehen.

Besitzen Sie ein Boot aus Polyesterharz, sollten Sie erkennen, daß die Chancen für dieses Problem sehr groß sind, besonders in wärmeren Gewässern. Jegliche Schäden durch Hydrolyse sollten genau begutachtet werden, bevor man weitere Reparaturen durchführt. Obwohl dieses Thema für den Umfang dieses Handbuchs zu groß ist, kann man Hydrolyse und Gelcoat-Blasen ausgezeichnet mit WEST SYSTEM Epoxidharz behandeln, um weitere Schäden zu begrenzen und neue Rumpfe zu schützen. In vielen Fällen kann man mit WEST SYSTEM Epoxidharz sogar die strukturelle Festigkeit eines beschädigten Rumpfes wieder herstellen. Die vollständige Information über das Osmose-Phänomen wird in dem Handbuch "Gelcoat-Blasen: Erkennen - Reparieren - Vermeiden" von den Gougeon Brothers enthalten.

1

1.2 WEST SYSTEM Epoxidharz für die GFK-Reparatur

Ungesättigte Polyesterharze sind für die Herstellung von Bauteilen recht gut geeignet, wenn alle Lagen hintereinander aufgebracht werden und zusammen aushärten können. Dies nennt man einen Verbund ersten Grades. Schwierigkeiten können aber auftreten, wenn man versucht, Polyesterharz mit einem bereits ausgehärteten Harz zu verbinden, wie es z.B. bei Reparaturen notwendig ist. Dies nennt man einen Verbund zweiten Grades.

Um einen typischen Schaden an einem GFK-Boot dauerhaft zu reparieren, muß das Material, mit dem man arbeitet, eine hervorragende Klebkraft haben, es muß nicht nur an GFK gut haften, sondern auch an Glasfasern, Holz, Metall und anderen Materialien.

Es gibt mehrere wichtige Gründe, warum man WEST SYSTEM Epoxidharz anstelle von Polyesterharz oder anderer Stoffe für die Reparatur eines GFK-Bootes benutzen sollte. Polyesterharz weist einen Schrumpf zwischen 5 und 8% auf, wodurch an der Verbindung der Reparaturstelle Spannungskonzentrationen auftreten. Außerdem hat Epoxidharz eine geringere Neigung, Feuchtigkeit aufzunehmen, und es besitzt eine hervorragende Klebkraft auf ausgehärtetem Polyesterharz und anderen Werkstoffen bei einem Verbund zweiten Grades. Da Epoxid außerdem eine höhere Festigkeit als Polyester hat, kann die so reparierte Stelle fester sein als im ursprünglichen Zustand. Wenn man auch noch die Einfachheit der Anwendung, Verfügbarkeit und Zugriff zu technischer Beratung mit in Betracht zieht, dann ist WEST SYSTEM Epoxidharz eine ausgezeichnete Wahl für die Reparatur eines GFK-Bootes.

1.2.1 Die Benutzung des Handbuchs

Dieses Handbuch beginnt mit kleinen Reparaturen an Rumpf und Deck und widmet sich dann umfangreicheren Reparaturen an tragenden Verbänden. Kapitel 2 umfaßt normale Oberflächen-Reparaturen und kosmetische Verbesserungen. Kapitel 3 und 4 handeln von schwerwiegenden Schäden an Massiv- und Sandwich-Laminaten von Rumpf und Deck. Die dann folgenden Kapitel greifen spezielle Themen auf, wie besondere Reparaturen und sonstige Arbeiten an Decks, das Anbringen von Beschiägen, sowie Reparaturen an Kiel und Ruder. Wenn die Arbeiten an den tragenden Verbänden abgeschlossen sind, wird vielfach auf die Ausführungen in Kapitel 2 zurückgegriffen, da es dort um Oberflächen und Finish geht.

Lesen Sie die entsprechenden Kapitel und machen Sie sich mit den einzelnen Arbeitsschritten vertraut, bevor Sie mit der Arbeit beginnen. Die in diesem Handbuch beschriebenen Verfahren setzen ein gewisses Grundwissen über WEST SYSTEM Produkte und ihre Verarbeitung voraus. Wenn Sie in dieser Beziehung noch ungeübt sind oder Fragen hinsichtlich Anwendung und Handhabung der WEST SYSTEM Produkte haben, sollten Sie vor Beginn der Reparatur sorgfältig Kapitel 8 lesen, das die grundlegenden Verfahren und Techniken beschreibt.

Falls Sie nach dem Lesen des Kapitels über Standard-Verfahren weitere Fragen haben, nehmen Sie bitte Kontakt mit dem technischen Team der Firma M.u.H. von der Linden GmbH auf:

Technisches Team
M.u.H. von der Linden GmbH
Postfach 100 282
D-48463 Wesel
Tel.: 0281/33 630-11
Fax: 0281/26 503

Kapitel 2

Reparatur und Endbehandlung kleiner Risse und Löcher

Die meisten Reparaturen an GFK-Booten sind kosmetischer Natur. Sprünge oder Risse im Gelcoat und Kratzer sowie Druckstellen machen einen Großteil der Reparaturen in vielen Werften aus. Dauerhaft kann man solche Schäden mit WEST SYSTEM Epoxidharz beheben. Wenn man eine Reparatur mit Epoxidharz richtig ausführt, ist sie extrem langlebig und wasserfest und bietet die richtige Grundlage für die übliche Oberflächen-Kosmetik. Dieses Kapitel behandelt kosmetische Reparaturen kleiner Schäden und Risse an der Oberfläche und es beschäftigt sich mit der Versteifung der GFK-Flächen, um solche Schäden in Zukunft zu verhindern.

2

2.1 Die Beurteilung des Schadens

Es ist einfach, die Gründe für Kratzer, Druckstellen und Brüche aufgrund von Stoßbelastungen zu erkennen. Wenn der Grund für den Bruch aber in einer übermäßigen Durchbiegung der Platte liegt, ist das schon schwieriger. Die meisten Brüche oder Risse, die klein anfangen und sich laufend vergrößern, haben ihre Ursache in zu starker Flexibilität des Laminats und sind typisch für Massiv-Laminats. Diese Schäden treten oft neben Schotten, stark verformten Bereichen des Decks oder des Aufbaus oder neben Fenstern auf. Neben der eigentlichen Reparatur der Oberfläche ist es in diesen Fällen notwendig, das Laminat steifer zu machen, um seine Durchbiegung zu verringern. Je länger ein Laminat übermäßiger Durchbiegung ausgesetzt und je stärker die Belastung war, desto tiefer reichen die Brüche in das Laminat hinein. Desto stärker wird aber auch die Festigkeit des Laminats verringert. Zunächst muß der geschädigte Bereich für die Reparatur vorbereitet und der Umfang des Schadens festgestellt werden:

1. Untersuchen Sie das Muster und die Lage des Bruchs, um seine Ursache festzustellen (Abb. 2-1). Weist diese Untersuchung auf zu starke Durchbiegung hin, muß die Innenseite des Laminats inspiziert werden, um festzulegen, wo am besten eine

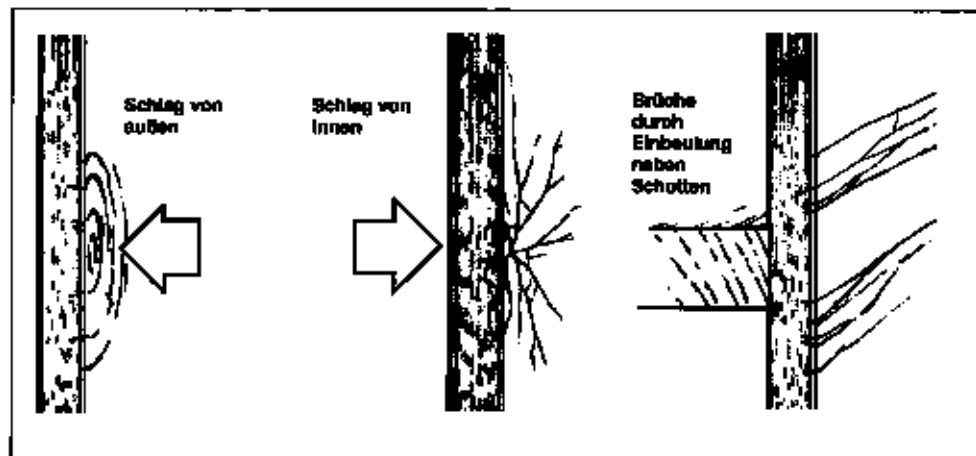


Abb. 2-1 Typische Risse durch Schlag oder übermäßige Biegung. Die Art des Risses gibt Aufschluß über die Ursache.

6 Reparatur und Endbehandlung kleiner Risse und Löcher

Verstärkung aufgebracht werden kann. Falls der Schaden durch Schlagbeanspruchung entstanden ist, muß ebenfalls die Innenseite untersucht werden, um festzustellen, ob sich die Beschädigung durch die gesamte Laminatdicke zieht.

2. Die Oberfläche wird von Verunreinigungen wie Wachs, Öl oder Trennmittel gesäubert. Eine Fläche von wenigstens der doppelten Größe der Schadensstelle wird mit Aceton oder anderen geeigneten Lösungsmitteln gereinigt. Diese Fläche wird mit einem sauberen Papiertuch abgerieben, bevor das Lösungsmittel verdunstet.
3. Die Risse werden für die Reparatur aufgeweitet. Dazu eignet sich jedes scharfe V-förmige Werkzeug, mit dem man den RiB bis auf den Grund auskratzt (Abb. 2-2), z.B. ein einfacher, auf etwa 90° angeschliffener Dosenöffner. Die schrägen Seiten der Fuge bieten bei der Reparatur mehr Oberfläche für den Verbund. Liegen die Risse dicht beieinander oder reichen sie tief in die Oberfläche, ist es ratsam, die gesamte Fläche auszuschleifen (Abb. 2-3). Kratzen oder schleifen Sie so tief hinein, daß Sie gesundes Material erreichen. Die Tiefe des Risses bestimmt, welche Reparatschritte die richtigen sind:

a. Flache Brüche oder Kratzer, die nur das Gelcoat betreffen, kann man nach dem in Abschnitt 2.3.1 beschriebenen Verfahren reparieren. Falls erforderlich, kann das Laminat, wie in Abschnitt 2.4 beschrieben, verstärkt werden.

b. Kleine Risse oder Brüche, die bis in die erste Glasmatte hineinreichen (Abb. 1-1) sollten mit Epoxid entsprechend Abschnitt 2.2 behoben werden. Die Oberfläche kann man dann nach Abschnitt 2.3.1 behandeln. Falls notwendig, wird das Laminat entsprechend Abschnitt 2.4 verstärkt.

c. Tiefe Brüche, die bis in die Rovinggewebelege reichen, müssen gründlicher repariert werden, bevor die kosmetische Oberflächenbehandlung vorgenommen werden kann. In diesem Fall muß man nach Kapitel 3 vorgehen. Falls sich bei einer Sandwichkonstruktion die Kernschicht gelöst hat oder durch Nässe oder Schlag beschädigt wurde, erfolgt die Reparatur nach Kapitel 4.

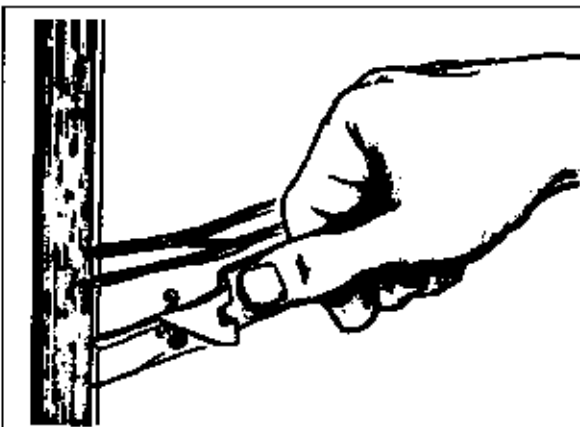


Abb. 2-2 *Kehren sie kleine und flache Risse mit einem V-förmigen Werkzeug aus, wie z.B. einem angeschliffenen Dosenöffner.*

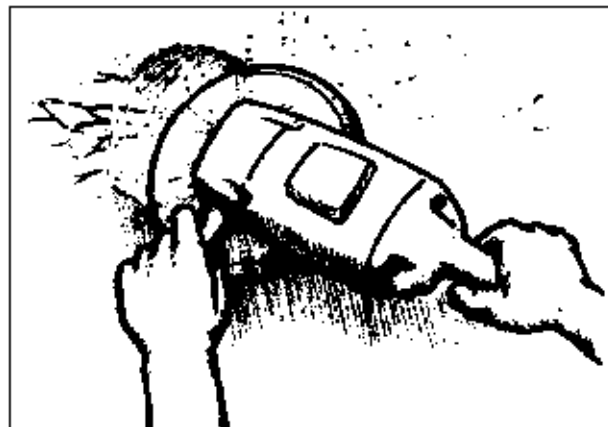


Abb. 2-3 *Schleifen Sie Bereiche mit vielen oder dicht beieinanderliegenden Rissen mit dem Tellerschleifer aus.*

2.2 Kleine Risse und Schürfstellen

Kleine Brüche und Schürfstellen, die bis zur ersten Glasmatte reichen, können mit WEST SYSTEM Epoxidharz repariert werden.

Ausgekratztter Schadensbereich

Wenn die Risse mit dem V-förmigen Werkzeug aufgeweitet wurden, kann die Reparatur wie folgt vorgenommen werden:

1. Die Kanten des Risses werden gebrochen oder mit Schleifpapier von 100er Körnung gerundet. Danach müssen loses Material und Schleifstaub gründlich entfernt werden.
2. Die Risse werden mit Harz/Härter-Mischung gestrichen.
3. Füllen Sie nun die Risse mit ange dicktem Epoxidharz aus, und zwar mit Hilfe eines flachen Rührstabs oder mit einem Plastikspachtel. Die Spachtelmasse wird mit Füller 404 oder 406 zu einer Konsistenz von Erdnußbutter angerührt. Die Mischung wird auf

der Oberfläche glatt abgezogen und überschüssiges Harz entfernt, bevor es zu härten beginnt. Danach muß das Epoxid gründlich durchhärten.

4. Schleifen Sie die Reparaturstelle glatt, zunächst mit 100er Papier, um Unebenheiten zu entfernen, danach mit 220er Naßschliffpapier.
5. Danach kann Gelcoat oder Lack entsprechend der Beschreibung in Abschnitt 2.4 aufgetragen werden.

Ausschleifen der Reparaturstelle

Wenn die Reparatur eine Kratz- oder Schleifstelle beheben soll oder wenn Risse großflächig ausgeschliffen wurden, wird die Reparatur folgendermaßen vorgenommen:

1. Die Stelle wird an den Rändern etwa 1:20 angeschrägt. Loses Material und Schleifstaub werden entfernt.
2. Die Reparaturstelle wird mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen.
3. Die Vertiefung wird mit Harz, dem Füller 404 oder 406 bis zur Konsistenz von Erdnußbutter beigemischt wurde, aufgefüllt. Dazu benutzt man am besten die Kunststoffspachtelklinge. Die Fläche sollte etwas höher gefüllt werden als es die Bootskontur verlangt, aber überschüssiges Harz ist abzustreifen, bevor es zu härten beginnt. Danach muß das Epoxid gründlich durchhärten.
4. Schleifen Sie nun die Fläche, so daß sie der Bootskontur entspricht, zunächst mit 50er Schleifpapier, um die groben Unebenheiten auszugleichen, danach mit 80er Papier, wenn Sie sich der endgültigen Kontur nähern.
5. Noch verbliebene Vertiefungen werden jetzt aufgefüllt, entsprechend den Arbeitsschritten 3 und 4.
6. Die Oberfläche wird mit zwei bis drei Lagen unangedicktem Epoxid übergestrichen. Dabei sollte jeder Anstrich den vorherigen leicht überlappen, um einen gleichmäßigeren Übergang zu erzeugen. Man kann die Fläche anwärmen, um den Härtungsvorgang zu beschleunigen und um das Harz leichter fließen zu lassen. Dieser Schlußanstrich muß gut durchhärten.
7. Es folgt nun noch ein Naßschliff mit 220er Papier, um die Lackierung vorzubereiten.
8. Mit Gelcoat oder Lack wird die Oberfläche nun vollendet (Abschnitt 2.3.1), wobei man mit Arbeitsschritt 4 beginnt. Falls notwendig, wird das Laminat verstärkt, um die Durchbiegung zu verringern, entsprechend Abschnitt 2.4.

2.3 Oberflächenendbehandlung

Obwohl sich viele Anstrich- und Lacksysteme mit WEST SYSTEM Epoxidharz vertragen und den notwendigen UV-Schutz liefern, empfehlen wir für kleine Reparaturen Polyester-Gelcoat und für größere Bereiche einen Linearen Polyurethan-Lack (PU-Lack). Man kann Gelcoat auch für größere Flächen verwenden, aber bei kleinen Bereichen ist es leichter zu handhaben, und man kann den ursprünglichen Farbton wieder herstellen. Lineare PU-Lacke ergeben eine sehr haltbare Oberfläche und sind besser für große Flächen geeignet, z.B. einen ganzen Rumpf oder ein Deck, wenn der ursprüngliche Farbton nicht unbedingt eingehalten werden muß. Lack läßt sich auf eine große Fläche leichter auftragen als Gelcoat. Diese Lacke empfehlen wir für den Überwasser-Bereich. Bei Reparaturen im Unterwasserschiff sollte nur WEST SYSTEM Epoxidharz verwendet werden, bevor das Antifouling aufgetragen wird.

2.3.1 Gelcoat-Anstrich

Um Fragen zu beantworten, die sich mit der Verträglichkeit einer Gelcoat-Beschichtung und geeigneten Arbeitsverfahren beschäftigen, wenn mit WEST SYSTEM Epoxid repariert wurde, können wir sagen, daß ausgehärtetes Epoxid eine ausgezeichnete Grundlage für ein Polyester-Gelcoat ist. Die folgenden Arbeitsschritte stellen sicher, daß die Schichten gut aufeinander haften und die Farben übereinstimmen. Handelt es sich nur um flache Brüche im Gelcoat, die nicht bis in das Laminat reichen, beginnt man mit Schritt Nr.1. Wenn die Reparatur mit Epoxidharz bereits ausgeführt wurde und die Fläche fertig für den Gelcoat-Auftrag ist, beginnt man mit Schritt Nr.4.

1. Alle Verunreinigungen auf der Oberfläche, wie Wachs, Öl oder Trennmittel werden entfernt. Wenigstens zweimal sollte die Fläche mit Aceton oder einem Lösungsmittel gereinigt und anschließend mit einem sauberen Papiertuch abgerieben werden. Dieses Trockenreiben muß erfolgen, bevor das Lösungsmittel verdunstet.

8 Reparatur und Endbehandlung kleiner Risse und Löcher

2. Risse und Brüche werden mit dem auf 90° angeschärften Werkzeug ausgekehrt, um frisches Gelcoat an die Oberfläche zu bringen und den Verbund zu verbessern. Dabei nicht durch das Gelcoat hindurchkratzen.
3. Die Vertiefungen werden mit Gelcoat gefüllt. Das Gelcoat sollte in kleiner Menge und ohne Verdünnung angerührt werden. Der Auftrag soll etwas aus der Fläche hervorstehen. Das Harz muß nun gründlich härten.
4. Die Reparaturstelle wird rundherum mit Klebestreifen eingefäßt. Die Flächen um die reparierte Stelle werden mit Papier abgedeckt, um sie vor Spritznebel zu schützen. Wenn die Stelle dicht neben einer starken Verformung liegt, ist es sinnvoll, bis hierher die neue Farbschicht aufzutragen. Das gleiche gilt auch für Zierstreifen.
5. Diese markierte Fläche wird nun mit 320er Papier angeschliffen. Das ist dann die gesamte Fläche, die vom neuen Gelcoat überdeckt wird.
6. Die Gelcoat-Menge wird auf die Größe dieser Fläche hin gewählt (ca. 0,5 l/m²).
7. Das abgefüllte Gelcoat wird im Farbton auf die ursprüngliche Farbe abgestimmt. Falls es sich um ein verhältnismäßig neues Boot handelt und die Lieferfirma noch existiert, sollten Sie die Originalfarbe bekommen können. Falls das nicht möglich ist, muß man das Gelcoat von einem Polyester-Hersteller beschaffen. Auch Yachtzubehör-Geschäfte führen manchmal Harze verschiedener Hersteller. Meist braucht man dann noch Pigmente, um den Farbton des Bootes zu treffen. Diese Pigmente führen ebenfalls die meisten Harzlieferanten. Auch Bootswerften sind eine Bezugsquelle. Es gibt Produkte, die es einfacher machen, den richtigen Farbton zu treffen. Die meisten Gelcoats verändern beim Aushärten Ihren Farbton. Diese Produkte sind klare, dünnflüssige Spezial-Polyesterharze, die an der Luft klebfrei aushärten. Sie werden mit dem Gelcoat, das aufgetragen werden soll, gemischt und ersetzen die üblichen Wachslösungen, die sonst das Kleben verhindern. Diese Mittel wirken zugleich als Verdünnner, ohne die Farbnuance zu ändern, wie es Styrol und Aceton tun. Ein solches Produkt ist Durabuild High Gloss Clear.
Trotzdem kann es schwierig sein, den richtigen Farbton zu treffen, da sich die Farbe beim Härten leicht verändert. Um das festzustellen, wird eine kleine Probe gemacht. Dazu wird etwas vom Gelcoat mit der Fingerspitze (Handschuh!) auf die Fläche neben der eigentlichen Reparaturstelle aufgetragen, und zwar ohne Härter-Zusatz. Nach einigen Minuten ist das im Harz enthaltene Lösungsmittel verdampft, und der Farbton entspricht dem nach dem Aushärten. Ist der nicht voll zufriedenstellend, wird soviel Pigment beigegeben, daß er stimmt. Dabei sollte man sich an die Grundfarben halten, d.h. man sollte in Richtung: Mehr Grün, mehr Rot, mehr Schwarz denken. Es reichen meist sehr kleine Mengen Pigment. Um die Wirkung zu mindern, kann zusätzlich weißes Gelcoat beigegeben werden. Die beschriebene Probe wird wiederholt, wenn neu gemischt wird, bis der Farbton stimmt. Dann werden diese Proben mit Aceton abgewischt.
8. Das angemischte Gelcoat wird in zwei Portionen (2/3 zu 1/3) aufgeteilt. Unsere Empfehlung weicht von den üblichen Vorschlägen leicht ab.
9. Das Additiv (klares Harz) wird der 2/3-Charge beigegeben. Die Härtermenge muß den Hersteller-Angaben folgen. Über- oder Unterhärtung sind unbedingt zu vermeiden.
Das angemischte Gelcoat sollte mit Spritzpistole aufgetragen werden. Tragen Sie mehrere dünne Schichten auf, die an den Rändern jeweils etwas überlappen. Zwischen den Aufträgen soll das Lösungsmittel leicht abblühen. Meist wird man fünf bis sechs Schichten aufsprühen müssen, um die Reparaturstelle voll zu überdecken. Die meisten Gelcoats werden beim Härten etwas heller, wenn sie sehr dünn aufgetragen werden. Die Gelcoat-Hersteller empfehlen im allgemeinen eine vollständige Schichtdicke von 0,4 bis 0,6 mm. Das Gelcoat sollte aber nicht in zwei oder drei dicken Schichten aufgetragen werden, da dann Lösungsmittel eingeschlossen werden kann, was zu unvollständiger Härtung führen könnte. Das hat wiederum Einfluß auf den Farbton.
10. Nun wird die 1/3-Charge mit dem Additiv gemischt. Diesmal soll 2/3 Additiv zu 1/3 Gelcoat gegeben werden.
Diese Mischung wird zunächst dünn über die zuvor gespritzte Fläche aufgesprüht. Danach folgen zwei oder drei weitere Aufträge. Wieder sollen die Aufträge zu den Rändern hin leicht überlappen, also jedesmal etwas weiter nach außen reichen. Die letzte Schicht reicht bis zum abgeklebten Rand. Damit erreicht man, daß dieser halb-transparente Film, der nur etwas eingefärbt ist, den Untergrund zu den Rändern hin leicht durchscheinen läßt und damit leichte Unterschiede im Farbton ausgleicht.
11. Das Gelcoat muß nun gründlich durchhärten. Danach werden die Klebestreifen entfernt und die Ränder leicht angeschliffen, wenn nötig, auch die Reparaturstelle selbst. Das

- geschleht mit 320er Naß- oder Trockenschliff-Papier, danach mit 600er Naßschliff.
12. Die Fläche wird nun mit weißer, mittelgrober Schleifpaste bearbeitet. Dabei darf man nicht zu stark reiben, da eine Erwärmung der Oberfläche Flecken hervorrufen kann, die sich nur schwer entfernen lassen. Dem folgt nochmaliges Schleifen mit feinkörniger Paste. Den Abschluß bildet ein Wachs.
- Manchmal ist es unmöglich, den richtigen Farbton zu treffen, weil die Bootshaut schon ausgebleicht ist. Dann hilft nur, die gesamte Außenhaut durchzupolieren, so daß der ursprüngliche Farbton wieder durchkommt.

2.3.2 Lack-Anstrich

Auch wenn die meisten hochwertigen Yachtlacke gute Ergebnisse liefern, empfehlen wir, Zwei-Komponenten-Polyurethan-Lacke (2-K-PU-Lacke) oberhalb der Wasserlinie zu verwenden. (Im Unterwasserschiff kann der Antifoulinganstrich direkt auf ausgehärtetes und angeschiffenes WEST SYSTEM Epoxidharz aufgetragen werden). Die PU-Lacke liefern den notwendigen Schutz gegen UV-Strahlen, sie behalten ihren Glanz und sind dauerhaft und unempfindlich gegen Abrieb, wenn man den Hersteller-Hinweisen genau folgt. PU-Lacke haften auf einem Untergrund aus Polyester- und Epoxidharz gleich gut.

Auch mit diesen Anstrichen kann man kleine Stellen im Farbton treffen, besonders dann, wenn die Reparatur an einer nicht zu auffälligen Stelle liegt. Wenn es sich aber um größere Bereiche handelt, wird es sinnvoller sein, den ganzen Rumpf oder das gesamte Deck zu lackieren.

PU-Lacke, wie auch Epoxidharz, werden durch Feuchtigkeit beeinflusst. Das bedeutet besondere Vorsicht beim Lackieren: Niemals früh am Morgen oder am späten Nachmittag lackieren, und ebenfalls nicht im direkten Sonnenlicht.

Wenn die Entscheidung für eine Lackierung gefallen ist, wird es wohl ein größerer Teilbereich sein, also das ganze Deck, der Rumpf oder der gesamte Aufbau. Die Fläche wird nun mit einem Silikon- oder Wachsentsferner gesäubert, um alle Spuren von Fett, Öl oder Trennmittel zu entfernen. Das wird zwei oder drei Reinigungsgänge erfordern. Die Oberfläche, die lackiert werden soll, muß nun mit 180er Schleifpapier bearbeitet werden, danach mit 220er und zum Schluß mit 320er Papier. Die Fläche darf danach keine glänzenden Stellen mehr aufweisen. PU-Lacke haben die Eigenschaft, jede Unebenheit in der Oberfläche hervortreten zu lassen. Daher sollte die Oberfläche auf solche Stellen hin vorher untersucht werden. Sie werden in der schon beschriebenen Weise behoben.

Sind diese Stellen bearbeitet, wird die Fläche mit dem vom Farbhersteller empfohlenen Mittel nochmals abgewaschen. Den Hinweisen des Lackherstellers muß man wirklich buchstabengetreu folgen. Es ist weitaus besser, zwei oder drei dünne Anstriche aufzutragen als einen dicken.

2.4 Verstärkung von Laminatflächen und tragenden Verbänden

Kleine Brüche und Risse in einem Plattenfeld können ihren Ursprung in hoher Spannungskonzentration und Durchbiegung innerhalb eines Plattenfeldes haben. Ein Beispiel hierfür sind Haarrisse an den Kanten eines Vordecks, üblicherweise das Ergebnis von Durchbiegung des Decks unter Belastung. Ebenso kann ein sehr leicht gebauter Rumpf schon durch die häufige Seeschlagbeanspruchung so stark einbeulen, daß sich im Bereich der Schotte Risse zeigen. Im flachen Vorschiffsbereich führt die starke Durchbiegung bevorzugt zu Haarrissen im Gelcoat. Vermeiden kann man solch übermäßige Durchbiegung, indem die Plattenfelder durch WEST SYSTEM Epoxidharz nach einer der im folgenden beschriebenen Methoden verstärkt werden. Einige dieser Verfahren lassen sich noch durch die Verwendung von Kohlenstoff-Fasern verbessern.

Eines der einfachsten Verfahren, eine große Fläche, z.B. einen Rumpf, zu verstärken, besteht darin, daß man auf die Innenseite des Laminats zusätzliche Glasfasergewebe-Lagen aufbringt. Dieses Auflaminieren wird in Abschnitt 6.8 bei den Standard-Verfahren beschrieben. Man kann mehrere Lagen naß in naß auftragen oder im Zustand des Anhärtens, also dann, wenn das Harz noch nicht seine Endhärte erreicht hat. Um Spannungskonzentrationen an den Kanten zu vermeiden, sollten die Lagen jeweils von den Kanten etwas zurückgesetzt, also immer kleiner werden.

2.4.1 Verstärkung mit Gewebe und Kernmaterial

Wie schon in der Einführung vermerkt, hat eine Verdoppelung der Wandstärke eine achtfache Steifigkeit zur Folge. Eine Zwischenlage mit einem Kernmaterial ist ein gutes Verfahren, um die Steifigkeit mit einem Minimum an Gewicht zu erhöhen. Dafür eignen sich sowohl Balsa-Hirnholz wie auch geschlossenzelliger PVC-Schaum. Das folgende Verfahren eignet sich für große Flächen, wenn diese von der Innenseite her zugänglich sind.

Die Platte wird durch das Aufbringen von Kernmaterial auf die Innenseite folgendermaßen versteift:

1. Die Oberfläche wird für das Aufkleben vorbereitet. Dazu werden alle Spuren von Verunreinigungen entfernt, indem man die Fläche mit einem Lösungsmittel abwäscht und sie dann mit Papiertüchern trockenreibt, bevor das Lösungsmittel verdunstet. Fettlösemittel oder Detergentien sollten in Ecken benutzt werden, in denen sich möglicherweise Treibstoff oder Öl angesammelt hat. Bei sehr rauher oder unebener Oberfläche, z.B. einem Flovingewebe, hilft eine steife Bürste mit kurzen Borsten.
2. Die Fläche wird dann mit 50er Schleifpapier bearbeitet, um lose Teile und Fasern zu entfernen und die Fläche aufzuräumen. Danach muß der Staub sorgfältig entfernt werden. Bei unebenen Flächen ist eine Drahtbürste gut zu verwenden. Die Oberfläche muß nun insgesamt matt aussehen.
3. Bereiten Sie nun das Kernmaterial und das Gewebe vor. Der Kernwerkstoff wird auf Größe zugepaßt. Die Ecken werden gerundet und die Ränder angeschrägt, um Spannungskonzentrationen zu vermeiden. Dann werden vier oder fünf Stücke Glasgewebe zugeschnitten, jedes um 30 bis 50 mm kleiner als das vorherige. Die kleinste der Lagen soll das Kernmaterial an jeder Kante um etwa 50 mm überlappen (Abb. 2-4).
4. Die Klebeseite des Kerns und die zu versteifende Oberfläche werden mit Epoxidharz/Härter-Mischung eingestrichen.
5. Die Klebeseite des Kerns wird jetzt mit Epoxidharz, das mit Füller 404 oder 406 auf Majonaise-Konsistenz angedickt wurde, eingestrichen. Der Kernwerkstoff wird aufgesetzt und so angedrückt, daß etwas von dem angedickten Epoxidharz seitlich heraus quillt. Mit Streifen und Keilen wird der Kern in seiner Position gehalten. Ein gleichmäßiges flächiges Anpressen des Kerns ist empfehlenswert, damit keine Hohlräume zum Laminat bleiben. Das herausquellende Harz wird zu einer Spachtelkehle ausgeformt. Das Harz muß anhärtet, bevor die Keile entfernt werden können.

Das Glasgewebe wird folgendermaßen aufgebracht:

6. Das Kernmaterial und die angrenzende Laminatfläche werden mit Epoxid eingestrichen und, falls sie rauh sind, zusätzlich mit angedicktem Epoxidharz abgespachtelt. Die Mischung wird wieder mit Füller 404 oder 406 angedickt, Konsistenz wie Majonaise. Dieses angedickte Epoxidharz füllt eventuelle Fugen und Vertiefungen auf der Oberfläche und bietet der ersten Glaslage eine bessere Haftung.
7. Noch bevor die angedickte Masse anhärtet, wird die erste Glaslage (die größte) aufgelegt und mit Epoxidharz getränkt. Manchmal ist es ratsam, das Gewebe durch Klebestreifen in Position zu halten. Überschüssiges Harz wird mit einem Spachtel abgestreift, aber man sollte darauf achten, daß die gesamte Oberfläche des Gewebes gut getränkt worden ist.

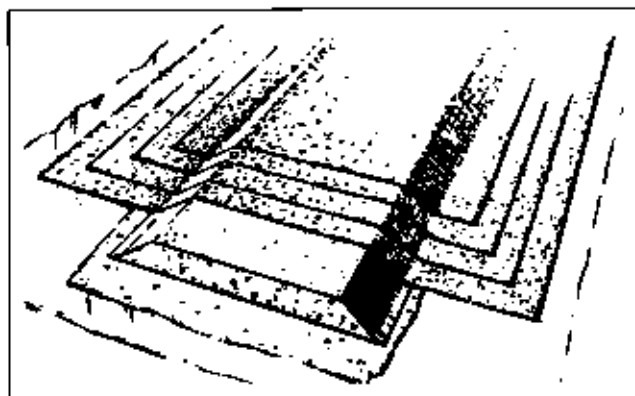


Abb. 2-4 Balsa-Hirnholz oder schwerer Hartschaum eignen sich, um große Flächen zu verstärken.

8. Alle Gewebelagen werden in gleicher Weise aufgebracht. Die Lagen können unmittelbar hintereinander oder im Zustand der Ersthärtung der vorherigen Lage aufgelegt werden. Die letzte Lage soll die Kernschicht an den Rändern um wenigstens 50 mm überlappen.
9. Die Lagen sollen jetzt anhäften. Das Glas wird mit zwei oder drei Epoxid-Anstrichen versehen, bevor es aushärtet. Auch diese Anstriche sollen jeweils im Zustand der Ersthärtung aufgetragen werden.

Anmerkung: Diese letzten Anstriche können mit den WEST SYSTEM Pigmenten 501-506, mit Aluminium-Pulver (grau) oder Graphitpulver (schwarz) eingefärbt werden. Wird eine sehr glatte Oberfläche gewünscht, kann dieser Anstrich noch gespachtelt und geschliffen werden. Dazu sind die Hinweise in Abschnitt 8.4.5 und 2.2 zu beachten.

Anmerkung: Das Vakuum-Verfahren eignet sich besonders gut für das Anpressen großer Flächen wie im vorliegenden Fall. Wenn Sie über dieses Verfahren mehr wissen möchten, verweisen wir auf das englischsprachige Handbuch "Vacuum Bagging Techniques" der Gougeon Brothers, erhältlich bei M.u.H. von der Linden.

2.4.2 Verstärkung durch Stringer

Stringer, die man auf die Innenseite einer Platte aufbringt, versteifen diese in der gleichen Weise wie Spanten oder Balken bei einem Holzboot. Bei einer großen Fläche können Stringer in gleichmäßigem Abstand die gleiche Aufgabe erfüllen wie die beschriebene flächige Verstärkung. Sie können dort sinnvoll sein, wo die Flächen nicht so gut zugänglich sind oder auch in der Nähe von Schotten oder anderen Stufen. Zwei Stringer-Typen sind üblich.

1. Stringer aus Holz nutzen die Eigensteifigkeit des Holzes.
2. Halbrund- oder Schaum-Stringer werden als Formen für Lagen aus Glasgewebe genutzt und erhalten ihre Steifigkeit aus ihrer Geometrie. Auch hölzerne Stringer können überlaminiert werden.

Lamellierte Holzstringer

Holz ist preiswert, überall verfügbar und leicht zu bearbeiten. Ein Vorteil von Stringern aus Holz liegt darin, daß die Steifigkeit durch das Holz selbst bewirkt wird, also eine GFK-Beschichtung nicht unbedingt erforderlich ist.

Stringer können lamelliert werden oder aus Massivholz geschnitten werden. Besonders in stark gekrümmten Bereichen haben lamellierte Stringer Festigkeitsvorteile. Sie werden aus mehreren dünnen Holzlagen aufgebaut und können sich der Form des Rumpfes anpassen. Einen neuen Spant kann man über eine einfache Form bauen, die nach Schablone geformt wurde, oder auch direkt auf der Rückseite der zu verstärkenden Fläche.

Die Holzwahl für lamellierte Stringer

Die einzelnen Lamellen sollen so dünn sein, daß sie leicht zu biegen sind. Auch zusammen müssen sie sich leicht in die Form biegen lassen.

Will man die volle Festigkeit der Lamellen nutzen und ein Rückstellen des Holzes vermeiden, empfehlen sich dünnere Lagen.

Die Lamellen sollen aus durchlaufenden Streifen bestehen. Etwas Übermaß zum Besäumen ist notwendig.

Man sollte nur abgelagertes Holz benutzen. Die ideale Feuchte liegt bei 6 bis 14 %.

Das Lamellieren von Stringern über eine Form

Der Vorteil einer Form zum Lamellieren von Stringern besteht darin, daß man sie unter kontrollierten Werkstatt-Bedingungen fertigen kann. Die Form wird mit einer Schablone aus Pappe oder einem anderen Material vom Rumpf abgenommen. Diese Kontur wird dann auf eine der skizzierten Lamellier-Formen übertragen (Abb. 2-5).

Der Arbeitsablauf ist folgender:

1. Form und Lamellen werden wie gezeigt vorbereitet. Zunächst wird ein "Trockenlauf" durchgeführt, um zu sehen, ob sich die Lamellen wie gewünscht biegen lassen und mit den Schraubzwingen anzupressen sind. Die Form wird dann mit Plastikfolie abgedeckt, damit das Bauteil beim Verleimen nicht festklebt.
2. Die Lamellen werden beidseitig mit Epoxidharz vorgestrichen (bis auf die Außenseite der beiden äußeren).
3. Dann wird einseitig auf die Lamellen angedecktes Epoxidharz aufgetragen und die Lamelle jeweils mit der vorher getränkten Seite auf die Form gelegt. Die Mischung sollte die Konsistenz von Ketchup haben und mit Füller 406 gemischt werden. Jede Fuge muß

12 Reparatur und Endbehandlung kleiner Risse und Löcher

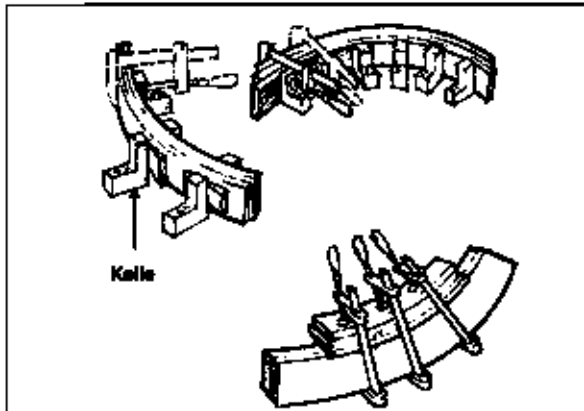


Abb. 2-5 Übertragen Sie die Form der Stringer auf die Lamellierform.

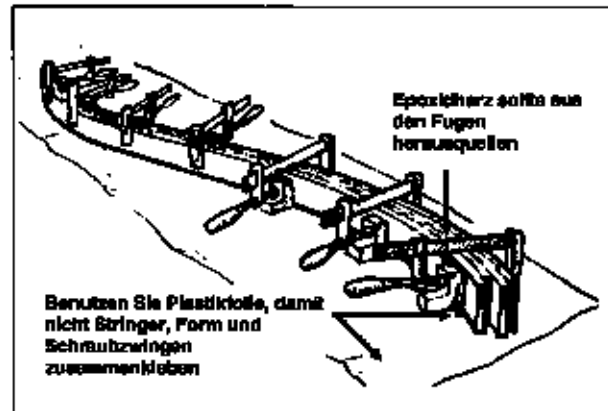


Abb. 2-5 Ziehen Sie die mit Epoxidharz eingestrichenen Lamellen mit Schraubzwingen an die Hilfsform. Bearbeiten Sie den Stringer, wenn das Harz ausgehärtet ist.

dieses angedickte Harz enthalten.

4. Mit Schraubzwingen wird das Lamellen-Paket zusammengepreßt, bis zum Aushärten (Abb. 2-6). Der Druck muß so groß sein, daß aus den Fugen etwas Epoxidharz herausquillt.
5. Die Schraubzwingen werden entfernt, wenn das Epoxidharz ausreichend gehärtet ist. Besonders bei niedrigen Arbeitstemperaturen und auch dann, wenn man ein stärkeres Rückstellen des Holzes erwartet, soll die Zeit nicht zu kurz gewählt werden. Die Stringer werden auf ihr Endmaß bearbeitet.

Stringer aus Massivholz

Massivholzstringer und Lamellen kann man mit Band- oder Kreissäge zuschneiden. Die Enden der Stringer sollten in ein Schott oder in andere Stringer eingelassen werden. Wenn sie auf der Fläche auslaufen, dann mit einer Schrägung von wenigsten 1:4. Macht man das nicht, gibt es dort einen "harten Punkt", der wieder zu Brüchen oder Rissen führen kann.

Meist haben die Stringer einen rechteckigen oder quadratischen Querschnitt, obwohl das Trapez die bessere Form ist. Das Trapez bietet eine breite Grundfläche, die nach oben hin schmaler wird, was Gewicht einspart. Wird der Stringer mit GFK überzogen, läßt sich das Glasgewebe leichter auflegen (Abb. 2-7). Die Oberkante ist zu runden, da sich Glas schlecht um scharfe Ecken legen läßt.

Die Stringer werden wie folgt aufgeklebt:

1. Die Lage der Stringer wird auf der Fläche angezeichnet. Sie selbst werden nummeriert, um sie beim Auflegen nicht zu verwechseln.
2. Die Oberfläche wird für das Verkleben vorbereitet. Alle Spuren von Verunreinigungen werden mit Lösungsmittel entfernt. Die Fläche wird mit Papiertüchern trockengerieben, bevor das Lösungsmittel verdunstet. Wo sich Treibstoff oder Fett festgesetzt haben könnten, werden Fettlösemittel verwendet. Rauhe Oberflächen und Gewebestruktur werden mit einer harten Bürste bearbeitet.

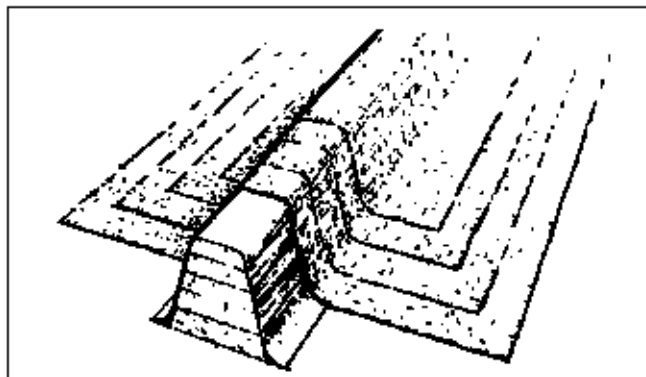


Abb. 2-7 Lamellierte oder Massivholz-Stringer sind eine wirkungsvolle Verstärkung, mit oder ohne zusätzliches Laminat.

3. Mit 50er Schleifpapier wird die Fläche angeraut, bei unebenen Oberflächen mit der Drahtbürste, und anschließend entstaubt. Die Oberfläche muß insgesamt matt aussehen. Auch die Klebefläche des Hartholzes oder epoxidbeschichteter Stringer wird mit 50er Papier angeschliffen.
4. Die Klebefläche am Rumpf und die Stringer-Untersseite werden mit Harz vorgestrichen.
5. Mit Füller 404 oder 406 wird das Epoxid zu Mayonaise-Konsistenz angedickt, und auf die beiden Flächen aufgetragen. Der Stringer wird in Position gebracht. Der Anpreßdruck muß so stark sein, daß etwas von der Mischung aus der Fuge quillt. Halterungen und Kelle werden für gleichmäßigen Andruck benutzt.
6. Das herausquellende Epoxidharz wird in Form einer Spachtelkehle ausgeformt, bevor es härtet. Wann nötig, wird noch zusätzlich etwas Epoxidmischung aufgebracht. Vor dem Abnehmen der Zwingen oder Halterungen muß das Epoxid gründlich härten.
7. Die Stringer können nun gestrichen oder durch Glasgewebelagen zusätzlich verstärkt werden. Hölzerne Stringer, besonders lamellierte, verbessern das Aussehen des Innenraumes. Besonders dann, wenn sie klar lackiert werden, sehen sie schön aus und erfüllen zudem Ihre eigentliche Aufgabe, nämlich die der Versteifung.
Sollen die Stringer farblich lackiert werden, schleift man sie und die Spachtelkehlen zunächst. Zwei oder drei Anstriche mit Epoxidharz reichen zur Versiegelung. Der Anstrich muß gründlich härten.
Sollen die Stringer mit Glasgewebe überzogen werden, überspringen wir den eben genannten Anstrich und fahren mit Arbeitsschritt Nr. 5 der jetzt folgenden Beschreibung fort.

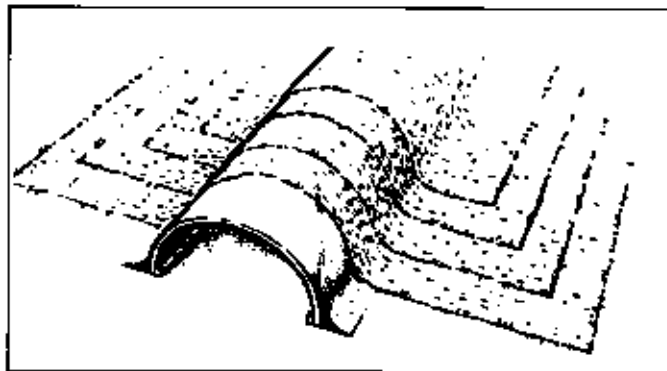


Abb. 2-8 Das Halbrund-Bohr dient hauptsächlich zur Formgebung für die Verstärkungslagen, die als eigentliche Versteifung anzusehen sind.

2.4.3 Halbrund-Versteifungen und Hartschaum-Stringer

Halbrundprofile und Schaumstreifen stellen eine einfache Methode zur Versteifung von Flächen dar. Dabei dienen die Profile im wesentlichen zur Formgebung, während die Glaslagen die eigentliche Verstärkung darstellen.

Ein billiges Material hierfür sind längs aufgeschnittene Papprohre. Sie kann man beliebig in der Länge aneinander reihen. Die Rohre müssen fest genug sein, um das Laminat ohne Verformung zu tragen. Auch leichter Schaum kann für diese Formgebung benutzt werden. Der wird mit Band- oder Kreissäge auf Trapezquerschnitt zugeschnitten. Die Enden werden mit einer Schrägung von wenigstens 1:4 abgeschnitten, wenn sie auf der Platte auslaufen. Die Kanten werden mit etwa 10 mm Radius versehen.

Der Arbeitsablauf ist folgender:

1. Die Lage der Stringer wird auf der Fläche angezeichnet. Sie selbst werden nummeriert, damit man sie nicht beim Auflegen verwechselt.
2. Die Rumpffläche (einschließlich der Bereiche, die vom Gewebe überdeckt werden) bereitet man für das Verkleben vor. Spuren von Verunreinigungen werden mit Lösungsmittel abgewischt. Mit sauberen Papertüchern trockenreiben, bevor das Lösungsmittel verdunstet. Überall dort, wo sich Fett oder Treibstoff angesetzt haben könnten, wird vorher mit einem Fettlöser gereinigt. Auf rauen Flächen oder Rovingewebe sollte man dazu eine harte Bürste benutzen.
3. Die Klebeflächen werden mit 50er Schleifpapier angeraut, loses Material und Staub sorgfältig entfernt. Eine Drahtbürste hilft bei unebenen Flächen. Die Klebeflächen müssen nun matt erscheinen.

- 4a. **Halbrund-Rohre** - An den Auflagestellen des Rohres wird eine etwa 6 mm breite Raupe aus Epoxidmischung aufgetragen. Dazu wird Epoxidharz mit Füller 404 oder 406 angedickt, Konsistenz wie Erdnußbutter. In diese Mischung wird der Stringer eingedrückt. Sie sollte ihn in Position halten können. Die Epoxidmischung wird als Spachtelkehle ausgeformt. Wenn nötig, wird noch etwas von der Mischung zusätzlich aufgetragen, damit die Kehle etwa einen 12 mm Radius aufweist. Manchmal ist es notwendig, die Stringer zusätzlich durch Klebestreifen zu halten.
- 4b. **Hartschaum-Stringer** - Epoxidharz-Mischung, angedickt mit Füller 404 oder 406, Konsistenz wie Erdnußbutter, wird auf die Klebefläche des Schaumstoffs aufgetragen. Mit der Hand wird der Stringer auf die Fläche gepreßt. Aus den Fugen sollte jetzt etwas von der Mischung herausquellen. Das reicht üblicherweise, um den Stringer in Position zu halten. Das austretende Epoxid wird zur Spachtelkehle ausgeformt, eventuell muß noch etwas Mischung zugegeben werden, um eine etwa 12 mm große Spachtelkehle zu bilden. Falls erforderlich, wird der Stringer mit Klebestreifen zusätzlich befestigt. Das Harz muß nun härten.
5. Die Glasgewebe-Verstärkung wird vorbereitet. Vier bis sechs Streifen Glasgewebe werden in ganzer Länge des Stringers zugeschnitten. WEST SYSTEM Doppel diagonal-Galege 738 ist für Stringer ideal. Die erste Lage soll etwa 75 mm weit seitlich über den Stringer auf die Fläche reichen, ebenfalls über die Stringer-Enden hinaus, sofern sie auf der Fläche auslaufen. Jede der folgenden Lagen wird etwas kleiner zugeschnitten, so daß die Kanten um etwa 10 mm versetzt sind.
6. Die Flächen werden angeschliffen, ebenso die Spachtelkehlen.
7. Die gesamte Fläche, die vom Laminat überdeckt wird, einschließlich der Stringer, streicht man nun mit Harz/Härter-Mischung ein. Falls die Oberfläche stark strukturiert ist, wird dieser Bereich dünn mit angedicktem Epoxidharz abgespachtelt. Dazu wird eine Mischung aus Epoxid und Füller 404 oder 406 in Majonaise-Konsistenz zubereitet.
8. Der erste (größte) Glasgewebe-Streifen wird aufgelegt und mit Harz getränkt. Überschüssiges Harz wird abgestreift, aber das Gewebe muß gut getränkt worden sein.
9. Die folgenden Lagen werden in der gleichen Weise aufgebracht. Man kann naß in naß arbeiten oder während des Zustandes der Ersthärtung weiterlaminieren. Die Gewebelagen werden abgestuft, wobei die letzte Lage 40 bis 50 mm seitlich über den Stringer reichen sollte (je nach Legenzahl). Das Laminat muß jetzt anhäften.
10. Dann werden zwei bis drei Anstriche Epoxidharz aufgetragen, noch bevor das Laminat ausgehärtet ist. Um einen Zwischenschliff zu vermeiden, darf der vorherige Anstrich noch nicht ausgehärtet sein. Erst zum Schluß dieser Anstriche sollen alle zusammen gut durchhärten.

Anmerkung: Diesen Anstrichen können WEST SYSTEM Pigmente beigemischt werden oder Aluminiumpulver 420 (grau) oder 423 Graphitpulver (schwarz). Wenn die Oberfläche sehr glatt sein soll, wird sie gespachtelt und geschliffen. Dazu sind die Hinweise in den Abschnitten 8.4.5 und 2.3 zu beachten.

2.4.4 Verstärkung durch Kohlefasern

Die Steifigkeit der Stringer kann durch die Verwendung von Strängen aus Kohlefasern erheblich gesteigert werden, ohne das Gewicht wesentlich zu erhöhen. Sie werden auf der Oberseite der Stringer (also der Platte gegenüber) aufgelegt. Kohlefasern sind erheblich teurer als Glasfasern, jedoch lohnt sich die Anwendung oftmals wegen der Gewichtsersparnis.

Siehe auch die Hinweise in Abschnitt 8.4.6 "Der Überzug mit Gewebe und Bändern".

Kapitel 3

Reparatur einer beschädigten Außenhaut

Trennt man das Laminat eines GFK-Bootes im Rumpf oder Deck auf, so findet man entweder eine massive oder eine Sandwichstruktur (zwei Lagen GFK und dazwischen einen Stoff niedriger Dichte). Oftmals wechselt das Laminat von Sandwich auf massiv an Ecken, den Enden der Platten oder an Öffnungen. Bei einer Reparatur kann man es also mit einer der beiden oder auch mit beiden Laminatarten zu tun haben.

Unabhängig, ob es sich um ein massives oder ein Sandwich-Laminat handelt, hängt die Festigkeit des Laminats vom ungestörten Verbund der Fasern innerhalb der Haut ab. Schäden durch Stoß, Abrieb, Biegung oder sogar Alterung des Harzes, das die Fasern verbindet, kann die Fähigkeit der Fasern vermindern oder sogar aufheben, Lasten aufzunehmen. Die in diesem Kapitel vorgestellten Verfahren haben zur Aufgabe, den ungestörten Verbund wieder herzustellen, indem die Belastbarkeit der Fasern im geschädigten Bereich wieder aufgebaut wird.

Reparaturverfahren von Sandwichkonstruktionen werden in Kapitel 4 behandelt.

Das typische GFK-Laminat

Unter dem Gelcoat und der äußeren Glasmattenlage besteht ein typisches Laminat aus wechselnden Lagen von Rovinggewebe und Glasmatten, die meist häufiger sind, bis zur gewünschten Dicke. In einem Sandwichverbund ist das ähnlich, aber die GFK-Deckschichten sind üblicherweise sehr viel dünner als bei einem Massivlaminat (Abb. 1-1). Modernere Bauten enthalten manchmal Lagen aus unidirektionalen oder multiaxialen Gelegen, Aramid- oder Kohlefasern. Die Verstärkungslagen sind im Normalfall durch ein Isophthal- oder Orthophthalsäure-Polyesterharz gebunden, obwohl Vinylesterharze zunehmend anstelle von Polyesterharzen Verwendung finden.

Der Wiederaufbau der Außenhaut

Der Verbund des Laminats kann dadurch wieder hergestellt werden, daß die Schadensstelle oder ein Stück aus der Platte herausgetrennt und durch einen Faserverbund gleicher Festigkeit ersetzt werden. Der Aufbau der einzelnen Lagen und die Gesamtdicke sollten bei einer Reparatur dem ursprünglichen Laminat möglichst ähnlich sein. Allerdings können starke Rovinggewebe durch mehrere Lagen dünnerer Gewebe oder Gelege ersetzt werden. Das bedeutet zwar mehr Arbeit durch mehr Lagen, aber einmal findet man leichtere Gewebe einfacher im Angebot, andererseits bringt deren dichtere Webart aber auch Vorteile hinsichtlich Festigkeit bezogen auf das Flächengewicht, so daß die reparierte Stelle mitunter eine höhere Festigkeit hat, als das Laminat vorher.

Als Faustformel kann gelten, daß die Klebefläche des Reparaturflickens auf allen Seiten der Schadensstelle zwölf mal so breit sein soll, wie das zu reparierende Laminat dick ist. Um diese Kontaktfläche zu halten und die Laminatdicke nicht zu überschreiten, werden die Kanten der Schadensstelle im Verhältnis 12:1 angeschrägt, und die einzelnen Lagen des Reparaturflickens werden jedesmal etwas kleiner geschnitten, je näher sie an die Außenseite des Laminats kommen. Die Anschäftung bietet die notwendige Kontaktfläche, ohne daß das neue Laminat über die Kontur hinaus ragt. Dann kann der Rest mit Spachtel aufgefüllt werden, um die endgültige Kontur zu erhalten.

3.1 Beurteilen und Vorbereiten von beschädigten Flächen

Zunächst muß der Umfang des Schadens nach Tiefe und Ausbreitung hin untersucht werden. Falls die Rückseite zugänglich ist, gibt auch sie mit darüber Aufschluß. Eine Schürfstelle oder ein Bruch, die bis in die erste Rovinglage hineinreichen, beeinträchtigen die Festigkeit des Laminats, auch wenn dieses nicht durchgehend betroffen ist. Brüche, die auch auf der Rückseite sichtbar sind, weisen darauf hin, daß die Glasfasern ihre Festigkeit verloren haben und sind damit einem Loch im Laminat gleichzusetzen. Auch Verbände in der Nähe der Beschädigung und Beschläge sollen in die Untersuchung mit einbezogen werden. Ein Stoß kann dazu geführt haben, daß die Außenhaut übermäßig durchgebogen wurde und z.B. ein angrenzendes Schott in Mitteldenshaft gezogen hat. Auch sollte das Laminat auf eine zu große Flexibilität hin geprüft werden. Wenn so etwas deutlich wird, muß die gesamte Fläche nach der eigentlichen Reparatur verstift werden.

1. Das geschädigte Material wird entfernt. Man arbeitet den geschädigten Bereich mit Schleifscheibe oder Säge heraus. Dabei sollte man eine runde oder ovale Form anstreben. Das Laminat kann auch außerhalb der äußerlich sichtbaren Fläche geschädigt worden sein. Das kann man mit leichten Hammerschlägen prüfen. Ein matter Klang weist auf Brüche unterhalb der vielleicht noch intakten Deckschicht hin.

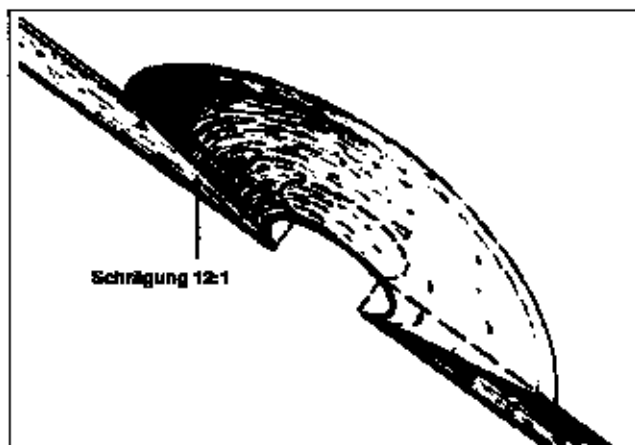


Abb. 3-1 Schleifen Sie um das Loch eine Schrägung im Verhältnis 12:1, auch wenn der Schaden die Platte nicht in voller Stärke durchdrungen hat.

2. Schleifen sie nun die Schrägung an, damit für den Reparatur-Flicken ausreichend Kontaktfläche erzeugt wird. Diese Schrägung soll wenigstens 12:1 betragen, um die Kräfte wirklich sicher zu übertragen (Abb. 3-1). Um ein Beispiel zu nennen: Wenn das Laminat 6 mm dick ist, sollte die Schrägung wenigstens 72 mm breit sein. Ist das Laminat dünner, empfiehlt sich eine größere Schräge als 12:1.

Die Reparatur folgt nun den in Abschnitt 3.3 genannten Arbeitsschritten, wobei folgende Bedingungen vorliegen können:

- a. Sie haben unzerstörtes Material erreicht, ohne durch die Platte hindurchgeschliffen zu haben.
- b. Das Loch in der Platte ist nach dem Ausschleifen kleiner als 25 mm im Durchmesser.
- c. Das Loch im äußeren Laminat einer Sandwichplatte zeigt, daß das Kernmaterial unzerstört ist.

Nun muß man sicherstellen, daß die Schadenstelle auf der Rückseite abgedeckt oder hinterfüllt ist, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, falls:

- a. das Loch in einem Massivlaminat im Durchmesser größer ist als 25 mm,
- b. das Loch im inneren Laminat einer Sandwichfläche größer als 25 mm im Durchmesser ist.

3.2 Hinterfüterungen von Schadensstellen

Wenn das Loch also größer ist als 25 mm Durchmesser, braucht man eine Hinterfüterung, um das neu aufgelegte Laminat zu unterstützen, bis es ausgehärtet ist. Eine solche Hinterfüterung bereitet keine Schwierigkeit, wenn die Stelle von hinten zugänglich ist. Falls das Boot aber eine Innenschale hat oder die Stelle aus anderen Gründen nicht zugänglich ist, muß man eine andere Methode benutzen. In diesem Handbuch werden mehrere Verfahren beschrieben. Wählen Sie diejenige oder auch eine abgewandelte, die in Ihrem speziellen Fall paßt. Falls die Reparatur unter Vakuum ausgeführt werden soll, muß auch die Hinterfüterung luftdicht abschließen.

Im folgenden werden Vorschläge für Massiv-Laminat gemacht; sowohl für von der Rückseite zugängliche wie auch für unzugängliche Bereiche.

Vorschläge für die gleiche Reparatur an Sandwich-Laminaten werden in Kapitel 4 diskutiert.

3.2.1 Hinterfüterungen zur Formgebung - von Innen zugänglich

Liegt das Loch an einer von innen zugänglichen Stelle, sichert das folgende Verfahren, daß die Innenseite später verhältnismäßig glatt und daher leicht zu speckeln und endbehandeln ist.

1. Schneiden Sie ein Stück Styropor zu, das etwas größer ist als die Reparaturstelle. Die Form dieses Blocks soll der Krümmung der Außenhaut folgen. Er muß also nachgearbeitet werden, wenn er sich nicht der Bootsform entsprechend biegen läßt. An den Rändern des Loches muß der Schaum anliegen.
2. Diese Hinterfüterung wird nun mit Plastikfolie abgedeckt und fest auf das Loch gedrückt. Durch die Folie kann das Laminat nicht ankleben, und das Harz tropft auch nicht durch. Von außen betrachtet, muß die Folie glatt sein und die Hinterfüterung fest an den Rändern anliegen.

Zusätzlich sollte über der Folie noch ein Stück Abreißgewebe liegen, wenn man die Innenseite später nicht weiter bearbeiten will.

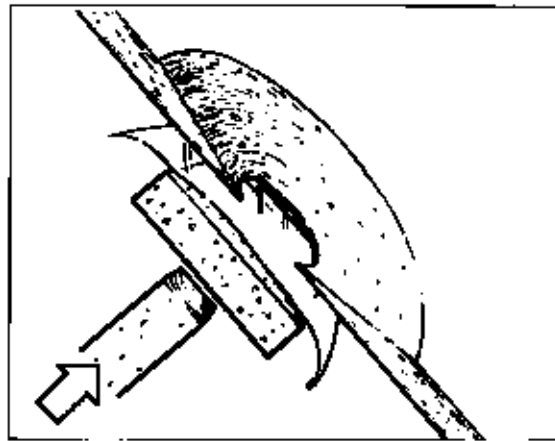


Abb. 3-2 Eine Hinterfüterung, die später wieder entfernt wird, sollte fest auf das Loch passen und sich an dessen Konturen anschmiegen.

3. Nun kann die Reparaturstelle mit Laminat abgedeckt werden, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben. Ist das Laminat gehärtet, wird die Hinterfüterung entfernt. Folie und Abreißgewebe werden abgezogen. Die Innenseite kann nun nach Wunsch nachgearbeitet werden.

3.2.2 Hinterfüterungen - von Innen nicht zugänglich

Falls man von der Innenseite nicht an die Bruchstelle herankommt, kann man mit dem folgenden Verfahren doch eine dünne Gegenplatte von außen her einbringen. Diese wird später Teil des neuen Laminats. Es ist natürlich möglich, das Verfahren abzuwandeln, je nach örtlichen Bedingungen, aber in den meisten Fällen ist dies eine gute Lösung. Auch wenn man Zugang von innen hat, aber aus irgendwelchen Gründen die oben beschriebene Hinterfüterung nicht sinnvoll ist, kann man sich so weiterhelfen.

Im folgenden wird zunächst beschrieben, wie man eine passende Gegenplatte herstellt; im zweiten Teil, wie man sie durch das Loch einbringt und befestigt.

Das Laminieren einer Hinterfütterung

1. Auf der Außenhaut, dicht neben dem Bruch wird eine kleine Fläche ringsum abgeklebt. Sie dient als Form für die Hinterfütterung. Abkleben mit Klebestreifen und Plastikfolie verhindert, daß Harz auf die Außenhaut spritzt. Die Fläche wird dann mit Trennmittel eingerieben. Sinn dieser Maßnahme ist, daß die Gegenplatte die Krümmung der Reparaturstelle hat.
2. Zwei Lagen Glasgewebe von etwa 200 g/m^2 Flächengewicht werden auf die Größe der abgeklebten Fläche zugeschnitten. Bei Löchern, die größer als 300 mm im Durchmesser sind, sollten eine oder mehrere Lagen zusätzlich vorgesehen werden. Beide Lagen Glas werden auf einem Arbeitstisch übereinander ausgelegt.
3. Das Glasgewebe wird getränkt. Man gießt die notwendige Menge angemischtes Harz auf die Mitte und arbeitet es mit einem Plastikspachtel in die Fläche, bis die Glaslagen satt getränkt sind.
4. Das getränkte Glas wird abgehoben, auf die am Rumpf vorbereitete Fläche gelegt (Abb. 3-3) und mit dem Spachtel glattgestrichen. Überschüssiges Harz streift man ab. Das Trennmittel auf der Oberfläche verhindert ein Ankleben. Wenn sich das Loch auf einer geraden oder nur schwach gekrümmten Fläche befindet, reicht es, eine ebene Platte auf dem Tisch zu laminieren. Aber auch dann sollte die Gegenplatte flexibel genug sein, um sich an leichte Krümmungen anzulegen. Die Platte muß nun härten.
5. Die ausgehärtete Gegenplatte wird vom Untergrund gelöst und mit Messer oder Schere in Form des Lochs beschnitten, allerdings ringsherum mit wenigstens 25 mm Zugabe. Je nach Größe des Lochs werden in die Platte zwei oder mehr Blechschrauben eingedreht, an die man lange Drähte oder Schnüre befestigt. Sie braucht man nicht nur zum Anziehen, sondern auch für den Fall, daß die Gegenplatte nach Innen durchfällt.

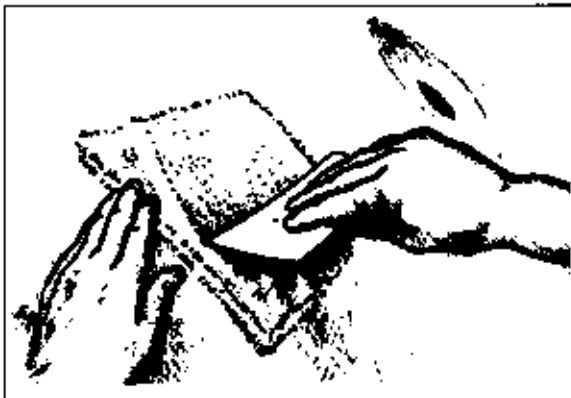


Abb. 3-3 Streichen Sie das getränkte Laminat, das die Gegenplatte bilden soll, auf der gewachsenen Oberfläche glatt.

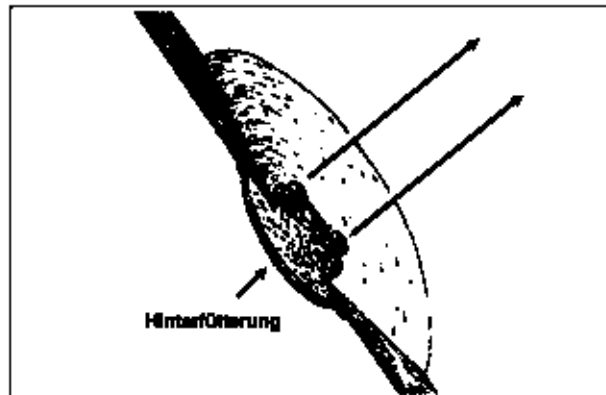


Abb. 3-4 Ziehen Sie die Gegenplatte fest an die Lochränder, um sie mit dem Laminat zu verkleben.

Das Befestigen der Hinterfütterung

1. Die Innenseite des Laminats um das Loch herum wird für das Verkleben vorbereitet, indem man durchgreift und den Bereich mit 50er Schleifpapier anschleift.
2. Die Gegenplatte wird leicht zusammengebogen, um sie in das Loch einzuführen. Draht oder Schnur verhindern ein Durchfallen.
Anmerkung: Es ist von Vorteil, wenn das Loch oval anstatt kreisrund ist. Man kann die Platte leichter einschieben und dann in die richtige Position drehen.
3. Die Gegenplatte wird mit einem Schnellkleber, wie dem G/5 Fünf-Minuten-Epoxy der Gougeon Brothers, erhältlich über M.u.H. von der Linden GmbH, von Innen angeklebt. Auch angeklebtes Epoxidharz eignet sich dazu, wenn man nicht in Eile ist.
4. Die Gegenplatte wird nun straff angezogen, die Drähte oder Schnüre werden an geeigneter Stelle befestigt (Abb. 3-4). Durch den Zug muß sich die Platte dicht anpressen und eine eventuelle Krümmung der Außenhaut ausgleichen. Etwas Epoxidharz sollte herausquellen. Dieses Harz wird sorgfältig entfernt, bevor es härtet. Die Schrauben werden erst entfernt, wenn das Epoxidharz gut ausgehärtet ist.

5. Die eigentliche Reparatur folgt den gleichen Arbeitsschritten wie in Abschnitt 3.3 beschrieben.

Dieses Verfahren eignet sich gut für stark verformte Flächen und an Ecken. Bei kleinen Löchern oder planen Flächen kann man auch mit fertigen Stücken Laminat arbeiten, vorausgesetzt, die Platte liegt gut an der Kontur des Bootes an und bietet einen festen Hintergrund für das Laminat.

Falls das Laminat mit dem Vakuum-Verfahren aufgebracht werden soll, ist diese Methode die richtige, um einen luftdichten Abschluß zu gewährleisten. Sie eignet sich also auch dann, wenn man von hinten an das Loch herankommt. Allerdings müssen die Schrauberlöcher vorher mit angedicktem Epoxidharz abgedichtet sein. Abschnitt 3.3.3 beschreibt die Einzelheiten des Vakuum-Verfahrens für Reparaturen.

3.3 Aufbringen des Laminats

Das neue Laminat an der Reparaturstelle muß etwa so dick sein wie das ursprüngliche, damit die Festigkeit nicht abgemindert wird. Mehrere Lagen dünnes Gewebe liefern die gleiche oder sogar eine größere Festigkeit als wenige dicke Gewebe.

Das Gewebe kann man in zwei verschiedenen Versionen auflegen, je nach Größe der Stelle. **Bei großen Flächen** ist es ratsam, jede Lage einzeln aufzubringen, **bei kleinen Flächen** legt man alle Lagen aufeinander, tränkt sie und legt sie dann zusammen auf die Stelle.

3.3.1 Große Flächen

1. Die entsprechende Zahl Gewebestücke wird auf die Größe der Reparaturstelle zugepaßt. Die erste Lage deckt die ausgeschliffene Fläche voll ab, die folgenden Lagen sind jeweils etwas kleiner zuzuschneiden. Die letzte Lage ist dann etwa so groß wie das eigentliche Loch. Alle Lagen zusammen sollten nicht ganz die Wandstärke der Platte erreichen, damit die Stelle noch gespachtelt und geschliffen werden kann (Abb. 3-5).
2. Die angeschrägte Fläche wird nun mit klarem und anschließend mit angedicktem Epoxidharz mit Pinsel eingestrichen, um eine glatte Anlagefläche zu erzeugen. Die Mischung mit Füller 404 oder 406 soll die Konsistenz von Ketchup haben.
3. Das Glas wird aufgelagt und mit einer Spachtelklinge glatt gestrichen, und Lufteinschlüsse so nach außen gestrichen.
4. Der Glasflicken wird getränkt. Mit einer Plastik-Spachtelklinge oder Rolle wird das Harz gleichmäßig verteilt und die gesamte Gewebefläche mit Epoxidharz gesättigt.
5. Dies wiederholt man, bis alle Glaslagen aufgebracht sind - der kleinste Flicker kommt zum Schluß. Indem der größte Flicker zuerst und der kleinste zuletzt aufgeklebt wird, verhindert man, daß man später beim Anpassen der Oberfläche eventuell durch eine Glaslage hindurchschleift.
6. Die Fläche wird dann mit einem mehrere Zentimeter größeren Stück Abreißgewebe abgedeckt. Beim Glätten mit dem Spachtel wird überschüssiges Harz herausgedrückt und zugleich eine glatte Oberfläche erzeugt (Abb. 3-6). Bevor das Epoxid härtet, wird

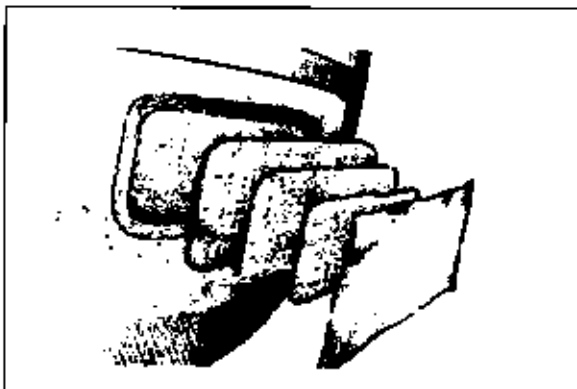


Abb. 3-5 Schneiden Sie die entsprechende Anzahl Gewebestücke zu. Die erste Lage soll so groß sein wie die Außenkontur der Schäftung.

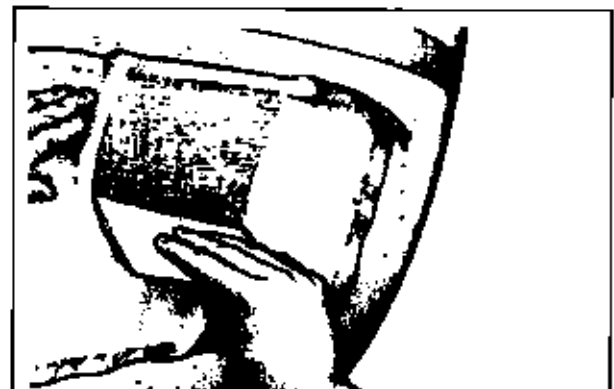


Abb. 3-6 Streichen Sie das Abreißgewebe fest an, um überschüssiges Epoxid zu entfernen und die Reparaturstelle zu glätten.

die Umgebung mit einem angeschärften Mixstab oder Papiertüchern abgestrichen oder abgewischt.

7. Das Harz muß nun gründlich härten. Danach wird das Abreißgewebe entfernt. Schleifen sie nun alle Erhebungen an der Reparaturstelle weg. Spachteln und Oberflächenbehandlung erfolgen nach den Hinweisen in Kapitel 8 und Abschnitt 2.2.

3.3.2 Kleine Flächen

Ist die ausgeschliffene Fläche im Laminat kleiner als 200 mm im Durchmesser, ist es einfacher, alle Lagen übereinander zu laminieren und in einem Arbeitsgang aufzulegen. Das Andrücken an die Reparaturstelle erfolgt in einem Vorgang.

1. Dazu wird die notwendige Zahl Gewebestücke zugeschnitten. Die erste Lage soll bis an den Rand reichen, die folgenden werden jeweils etwas kleiner ausgeschnitten. Die letzte ist etwa so groß wie das eigentliche Loch. Das Gesamtpaket sollte etwas dünner sein als das ursprüngliche Laminat, damit man noch spachteln und schleifen kann.
2. Ein Stück Plastikfolie und ein Stück Abreißgewebe, beide etwas größer als die Reparaturstelle, werden zugeschnitten. Zuerst wird die Folie auf den Arbeitstisch gelegt, danach das Abreißgewebe.
3. Jede Glaslage wird getränkt, beginnend mit dem kleinsten Stück; zum Schluß kommt das größte. Dabei müssen die Lagen gut zentriert werden. Zum Schluß sollte man ein Gewebepaket haben, das in Größe und Dicke der ausgeschliffenen Reparaturstelle entspricht (Abb. 3-7).
4. Die angeschliffenen Ränder werden mit klarem und darauf mit angedicktem Epoxidharz eingestrichen, um Vertiefungen auszugleichen. Diese letzte Mischung wird mit Füller 404 oder 406 in einer Konsistenz wie Ketchup angemischt und mit dem Pinsel aufgetragen.
5. Dieses Gewebe-Paket wird von der Arbeitsfläche gelöst, auf die Reparaturstelle aufgebracht und eingedrückt, so daß die Plastikfolie außen liegt (Abb. 3-8). Mit einem Kunststoff-Spachtel wird es glattgezogen, so daß überschüssiges Harz entfernt und zugleich Luft einschüsse vermieden werden. Bevor das Epoxid härtet, wird die Fläche um die Reparaturstelle mit angeschärften Mixstab oder Papiertüchern abgestrichen und so von Spritzern gereinigt.
6. Das Harz muß nun gründlich durchhärten. Danach wird das Abreißgewebe abgezogen. Durch Schleifen entfernt man eventuelle Pickel und Unebenheiten. Spachteln und Oberflächenfinish erfolgen nach den Hinweisen in Kapitel 8 und Abschnitt 2.3.

3.3.3 Vakuum-Verfahren

Das Vakuum-Verfahren nutzt den atmosphärischen Luftdruck, um ein Laminat, oder in diesem Fall einen Laminatflicken, gleichmäßig anzupressen. Zunächst sind die Arbeitsschritte die gleichen, wie oben beschrieben, aber mit folgenden Änderungen:

1. Die für das Verfahren nötigen Hilfsmittel werden bereitgelegt, bevor das Harz angemischt wird.

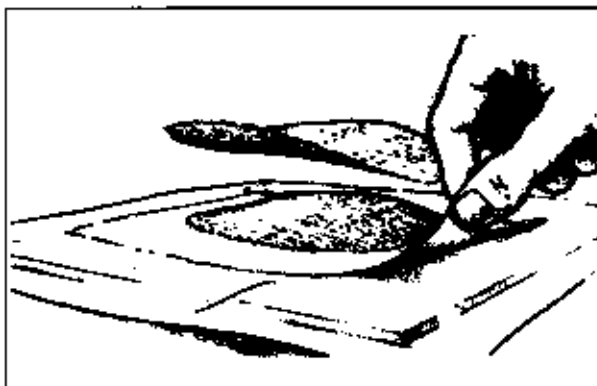


Figure 3-7 Bauen Sie einen "Pfropfen" aus getränktem Laminat auf, der in Größe, Form und Dicke etwa dem Loch entspricht.

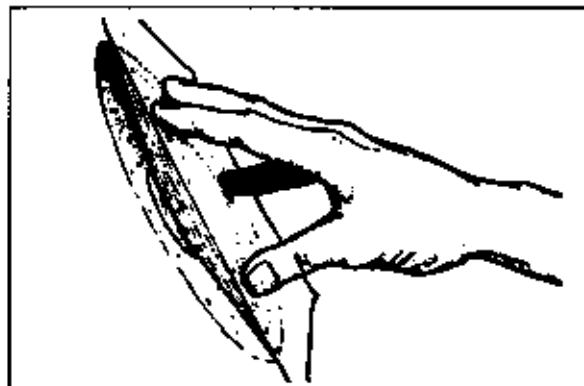


Figure 3-8 Drücken Sie das Gewebepaket mit Abreißgewebe und Plastikfolie in die angeschliffene Stelle. Glätten Sie den Flicken mit dem Spachtel, um überschüssiges Harz und Luftblasen zu entfernen.

2. Um die Fläche herum wird das Vakuum-Dichtband aufgetragen. Dann erst wird das Harz angerührt.
3. Der Laminatflicken wird nach einer der beiden beschriebenen Methoden aufgebracht.
4. Nachdem das Laminat aufgelegt, durch Abreißgewebe abgedeckt und glattgestrichen ist, werden die Vakuummaterialien aufgelegt. Dazu wird das Schutzpapier von dem Vakuum-Dichtband abgezogen und die Vakuumfolie fest auf das Dichtband aufgedrückt. Dann wird die Saugleitung eingelassen und an die Pumpe angeschlossen. Das Vakuum muß "stehen", bevor das Harz geliert.

Genauere Beschreibungen über das Verfahren enthält die englisch-sprachige Broschüre 002-150 "Advanced Vacuum Bagging Techniques", herausgegeben von den Gougeon Brothers, erhältlich über M.u.H. von der Linden GmbH.

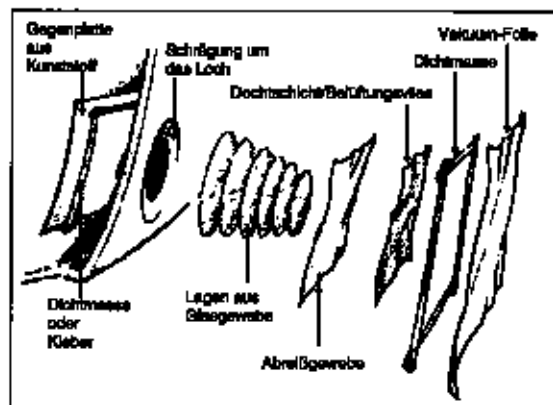


Abb. 3-9 Drücken Sie den Reparaturflicken und das Abreißgewebe auf die Stelle. Legen Sie die Vakuum-Materialien auf, und versiegeln Sie alles.

Kapitel 4

Reparatur von Sandwich-Konstruktionen

Wie schon in Kapitel 1 ausgeführt, verringert die Kernlage einer Sandwich-Konstruktion die Zug- und Druckkräfte auf das Decklaminat und verleiht der Platte eine höhere Biegesteifigkeit, ohne das Gewicht in gleichem Maße zu erhöhen. Dazu muß das Kernmaterial aber mit beiden Deckschichten fest verbunden bleiben und muß in der Lage sein, Druckkräfte beim Durchbiegen der Platte aufzunehmen.

Im vorherigen Abschnitt haben wir uns mit der Reparatur von verletzten Massivlaminaten beschäftigt. Hier geht es darum, den Verbund zwischen Kern und Laminat oder die mechanischen Eigenschaften des Kernmaterials selbst wiederherzustellen. Manchmal ist das Decklaminat selbst nicht beschädigt, aber trotzdem wird es nötig sein, es teilweise zu entfernen, um an den Kern heranzukommen. Eine Reparatur am Kernmaterial erfordert fast immer auch in gewissem Grad Arbeiten an der Deckschicht. Dazu beziehen wir uns dann auf die bisherigen Anleitungen.

4.1 Verschiedene Schäden an Sandwich-Laminaten

Schäden, bei denen die Kernschicht mit betroffen ist, können von kleinen Ablösungen zwischen Kern und Deckschicht ohne eigentliche Schäden an den Schichten bis zu einer Zerstörung der Kernschicht durch Feuchtigkeit reichen, oder sie betreffen Kollisionsschäden, bei denen Deckschichten und Kern zerstört sind. Wir beginnen mit den kleinen Schäden, die noch leicht zu reparieren sind:

1. **Reparatur einer Deckschicht-Ablösung.** Oftmals ist der Kern naß, aber durchaus noch fest und brauchbar. Die Ausdehnung eines solchen Schadens kann von wenigen Quadratzentimetern bis zu Quadratmetern reichen.
2. **Reparatur eines beschädigten Kerns.** Dabei können die Deckschichten noch intakt, aber der Balsaholz-Kern könnte durch Feuchtigkeit im Laufe der Zeit zerstört sein. Ein Schlag kann die äußere (oder innere) Deckschicht durchstoßen haben, ohne daß die zweite Deckschicht betroffen ist. Schon eine kleine Verletzung oder ein undichter Beschlag kann dazu führen, daß Wasser einsickert, weiterwandert und eine größere Fläche schädigt.
3. **Reparatur von Ablösungen am Spiegel.** Die Sperrholz-Einlage kann sich gelöst haben, oder sie kann durch eindringende Feuchtigkeit durch eine Beschädigung angefangen haben, sich aufzulösen.
4. **Reparatur von durchstoßenen Platten.** Bei einer Kollision oder auch bei einem Umbau kann es nötig sein, großflächig eine Sandwichplatte zu ersetzen. Eine Schlagbelastung kann entweder Kern und äußere Deckschicht oder auch beide Deckschichten beeinträchtigt haben.

Der Aufwand für die Reparatur der beschriebenen Schäden hängt sehr von der Größe der Fläche ab. Oft kann man das Ausmaß des Schadens erst erkennen, wenn Teile der Bruchstelle entfernt worden sind, wie in Abschnitt 3.1 "Beurteilung und Vorbereitung der Schadensstelle" beschrieben. Nach sorgfältiger Untersuchung und Beurteilung des Schadens sollten Sie jenes Verfahren wählen, das für den betreffenden Schaden am besten geeignet ist. Man muß dabei als Leitlinie beachten, daß die Aufgabe ja darin besteht, das Lastaufnahmevermögen der Platte und der Kernschicht wiederherzustellen oder sogar zu erhöhen.

4.2 Reparatur von abgelösten Decklaminaten

Eine Ablösung zwischen Kern- und Deckschicht erkennt man meist daran, daß man auf einem ansonsten steifen Deck auf eine Stelle tritt, die weich oder schwammig nachgibt. Hervorgerufen werden solche Ablösungen meistens durch eindringende Feuchtigkeit, die den Verbund zwischen den Schichten (Balsaholz oder Sperrholz zum Decklaminat) zerstört hat. Durch Risse oder undichte Beschlagsmontage kann Wasser in Balsaholz-Kernschichten noch schneller eindringen als in geschlossenzelligen Schaum. Außerdem wird wegen der geringeren Kosten überwiegend Balsaholz im Serienbootsbau verwendet. Mitunter ist der Kern naß oder sogar durchtränkt, aber kann nach dem Trocknen durchaus noch gebrauchsfähig sein. Wenn die Feuchtigkeit aber über einen längeren Zeitraum im Holz war, wird es sich zersetzen und muß ausgewechselt werden.

Ablösungen können aber auch dort auftreten, wo schon beim Bau des Bootes der Verbund nicht einwandfrei war. In diesen Fällen ist der Kern mitunter sogar noch trocken und braucht nur wieder verklebt zu werden.

4.2.1 Beurteilung einer Ablösung

Der erste Schritt zu einer Reparatur besteht darin, die Ausdehnung der Ablösung und den Zustand des Kernmaterials zu erkennen. Daraus ergibt sich das sinnvollste Reparaturverfahren.

Zunächst sollte man versuchen, durch Druck auf die geschädigte Fläche die weichen Bereiche zu bestimmen und zu markieren. Hilfreich sind da auch leichte Schläge mit einem harten Gegenstand. Einen Hohlraum erkennt man an einem matten, dumpfen Geräusch, ein gesunder Sandwich-Verbund klingt dagegen klar und eindeutig.

Wenn man auf eine abgelöste Fläche drückt, gibt sie nach, bis sie auf dem Kern aufliegt. Eine intakte Sandwichfläche kann man nicht durchbiegen, eine abgelöste dagegen sehr eindeutig. Sind in der Nähe Risse oder lose Beschläge, kann dort Wasser oder Luft herausgedrückt werden.

Um den Zustand des Kernmaterials zu erkennen, werden im Bereich der Ablösung etwa 5 mm große Löcher durch die obere Deckschicht und die Kernschicht gebohrt. Im Abstand von etwa 50 bis 100 mm voneinander. Das ausgebohrte Kernmaterial wird dann untersucht. Drückt man den Bohrstaub fest zwischen Daumen und Zeigefinger, merkt man sehr genau, ob das Material feucht oder trocken ist, und man kann feststellen, ob das Material noch gesund ist oder schon rotet. Man kann auch mit Draht oder Nagel in den Bohrlöchern selbst den Kern auf seinen Zustand hin prüfen. Wenn Sie dabei auf Hohlräume stoßen oder das Material leicht nachgibt und sich schwammig anfühlt, sollte die Kernschicht erneuert werden.

4.2.2 Verkleben einer abgelösten Deckschicht mit einer trockenen Kernschicht

Ist das Kernmaterial trocken und fest, wird unter das Decklaminat Epoxidharz folgendermaßen eingespritzt:

1. Schneiden Sie von einer WEST SYSTEM 807 Spritze die Spitze so ab, daß sie gerade

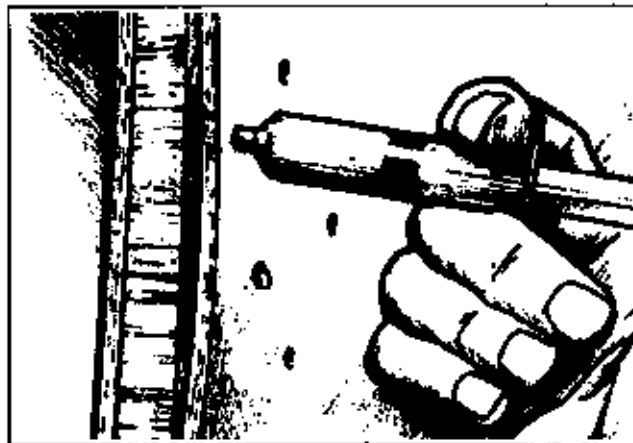


Abb. 4-1 Spritzen Sie Epoxidharz unter das äußere Laminat mithilfe einer 807 Spritze, an der die Spitze so beschnitten ist, daß sie fest in die Löcher paßt.

In die 5 mm Bohrungen paßt und schrägen Sie die Tülle ein wenig. Füllen Sie die Spritze mit angedicktem Epoxidharz, das mit Füller 406 oder 404 bis zu einer Konsistenz von Ketchup angerührt wurde.

2. Spritzen Sie Harz durch alle Bohrlöcher (Abb. 4-1). Dabei sollte man mit soviel Druck arbeiten, daß sich das Epoxid um das Loch herum mehrere Zentimeter weit verteilt.
3. Wenn Sie genügend Epoxidharz eingespritzt haben, um alle Hohlräume zu füllen, pressen Sie die Deckschicht fest auf die Kernschicht. Dazu eignen sich Gewichte, Kanthölzer und Keile oder Blechschrauben. Dieser Druck muß bleiben, bis das Epoxidharz durchgehärtet ist. Herausquellendes Harz soll noch im flüssigen Zustand entfernt werden.
4. Nach dem Entfernen der Halterungen werden eventuell nicht volle Löcher nochmals nachgespritzt. Ist auch dieses Epoxid ausgehärtet, wird die Oberfläche entsprechend den Hinweisen in Kapitel 2 abschließend behandelt.

4.2.3 Verkleben einer abgelösten Deckschicht mit einer nassen Kernschicht

Ist das Kernmaterial zwar naß, aber insgesamt noch intakt, wird die Verklebung vorgenommen, sobald der Kern wieder trocken ist. Für das Austrocknen der Kernschicht bieten sich zwei Verfahren an:

Das Lochmuster-Verfahren

Bei diesem Verfahren bohrt man ein Lochmuster durch die äußere Deckschicht und die Kernschicht, um das Kernmaterial mit Luft und Wärme auszutrocknen. Ist der Kern trocken, wird Epoxid unter die Deckschicht gepulst, und die Schichten werden zusammengepreßt, bis das Epoxidharz hart ist. Diese Methode eignet sich dann, wenn es sich um kleinere Bereiche handelt, die nicht im rutschfesten Muster des Decks liegen.

1. Im Abstand von etwa 25 mm werden Löcher von 5 mm Durchmesser gebohrt, und zwar im gesamten Bereich der Ablösung und noch etwas darüber hinaus (Abb. 4-2). Die Löcher sollen durch die Kernschicht mit hindurchgebohrt werden, aber nicht durch die untere Deckschicht. Dazu sollte man einen Bohrer mit Tiefenanschlag benutzen.
2. Nun muß der Kern sorgfältig getrocknet werden. Ist der Kern extrem naß, kann man zunächst mit einem kräftigen Staubsauger oder auch mit Vakuum einen Teil des Wassers absaugen. Eine Wärmelampe oder Heißluftpistole beschleunigen das Austrocknen.

Achtung! Die Wärme darf nicht so stark sein, daß sie Laminat oder Kernschicht schädigt. Die Oberfläche sollte nicht heißer als 50°C werden. Nun muß das Laminat abkühlen, bevor weitergearbeitet werden kann. Um zu prüfen, ob der Kern schon durchgehend trocken ist, werden noch ein paar Löcher gebohrt.

3. Die 807 Spritze wird auf die Größe der Löcher hin abgeschnitten und leicht angeschrägt. Sie wird mit Epoxidharz gefüllt, dem Füller 404 oder 406 bis zu einer Konsistenz von Ketchup beigegeben wurde.
4. Durch jedes der Bohrlöcher wird Epoxidharz eingedrückt (Abb. 4-3). Der Druck muß ausreichen, um das Harz jeweils einige Zentimeter nach den Seiten hin zu treiben, bis zum nächsten Loch.

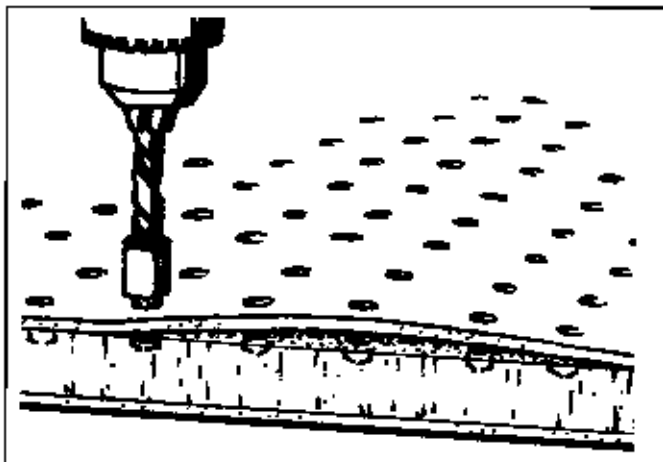


Abb. 4-2 Bohren Sie ein Lochmuster in den Bereich der Ablösung mit einem Lochabstand von etwa 25 mm.

5. Ist genug Epoxidharz eingespritzt worden, drückt man die Laminatschichten dicht an. Dazu eignen sich nah nebeneinander aufliegende Gewichte, Kanthölzer mit Keilen oder Gurte. Auch Blechschrauben lassen sich dazu verwenden. Ganz gleich, welche Methode Sie anwenden: die Schichten sollen fest aufeinander liegen, aber sich nicht verformen. Es geht ja nur darum, daß zwischen den Schichten keine Hohlräume sind. Überschüssiges Harz wird vor dem Härten von der Oberfläche entfernt. Vor dem Entfernen der Gewichte oder Halterungen muß das Epoxidharz gründlich durchgehärtet sein.
6. Die Fläche wird dann geschliffen, eventuelle Löcher und Lunker mit Harz/Füller 407 aufgefüllt, Konsistenz wie Erdnußbutter (Abb. 4-4). Danach erfolgt die Oberflächenbehandlung nach Kapitel 2.
Bei sehr dünnen Laminaten kann dieses Verfahren aber doch zu einer Schwächung der Gesamtkonstruktion führen. Daher kann es notwendig sein, mehrere Lagen dünnes Glasgewebe zusätzlich aufzulaminieren. Siehe dazu Abschnitt 8.4.6 "Überzug mit Geweben und Bändern".

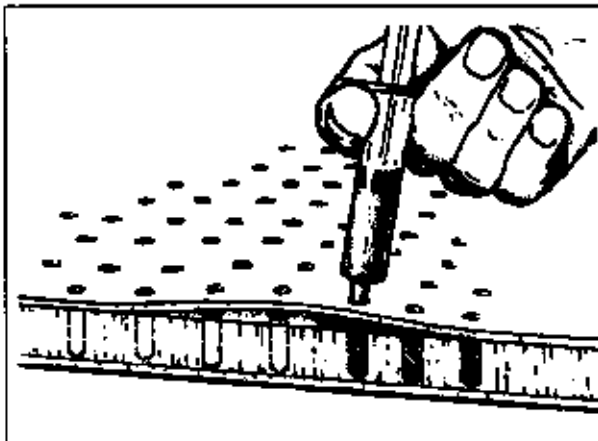


Figure 4-3 Spritzen Sie Epoxidmischung durch jedes der Löcher unter das Laminat. Am besten beginnen Sie damit in der Mitte der Fläche. Füllen Sie alle Hohlräume zwischen Kern und Deckschicht.

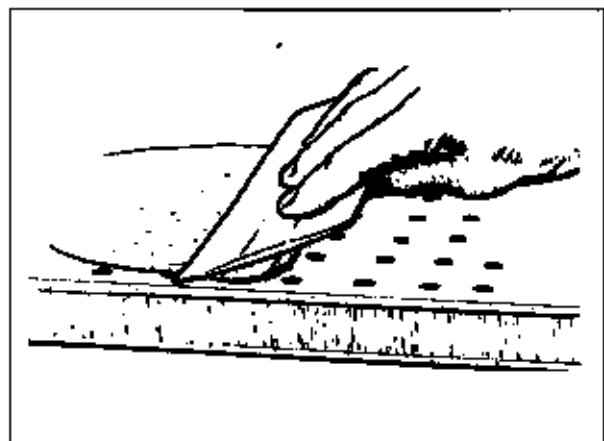


Figure 4-4 Spachteln Sie eventuelle Lunker über und glätten Sie die Fläche mit einer Mischung aus Epoxid und Füller 407.

Verfahren zum Heraustrennen der Deckschicht

Bei diesem Verfahren wird ein Teil des Deck-Laminats herausgetrennt, um die Kernschicht zu trocknen. Da es schwierig oder sogar unmöglich ist, auf dem rutschfesten Belag eines Decks später Oberflächenarbeiten durchzuführen, ist es oftmals einfacher, eine größere Fläche herauszutrennen. Wenn der Kern trocken ist, kann man die Fläche wieder einsetzen und an den Rändern, die glatt sind, bearbeiten. Das Verfahren wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

4.3 Ersetzen von geschädigtem Kernmaterial

Dieses Verfahren wird angewendet, wenn der Kern geschädigt ist und ersetzt werden muß oder wenn die Schadensstelle im rutschfesten Teil des Decks liegt. Nach Trocknen oder Ersetzen der Kernschicht wird sie wieder eingeklebt, und die entfernte Deckschicht wird wieder aufgeklebt, um den ungestörten Verbund wiederherzustellen.

Das Verfahren ist folgendes:

1. Die Decksfläche um den Schaden wird herausgetrennt. Das kann mit der Kreissäge mit karbidbesetztem Sägeblatt geschehen oder mit der Oberfräse und einem kleinen Fräskopf. Die Einstellung von Sägeblatt oder Fräskopf erfolgt auf die Laminatdicke. Liegt der Schaden im rutschfesten Bereich, wird der Schnitt einige Zentimeter außerhalb angesetzt oder innerhalb der glatten Zwischenräume.
2. Die Deckschicht wird abgehoben (Abb. 4-5). Dort wo der Kern naß oder beschädigt ist, sollte das leicht möglich sein. Klebt die Deckschicht noch fest an den Rändern, muß die Trennung mit einem Sägeblatt oder sonstigem flachen Werkzeug erfolgen. Dabei soll die Deckschicht nicht zu sehr hochgebogen werden. Auch den Kern darf man dabei nicht beschädigen. Auch Wärme kann das Lösen erleichtern. Dabei aber bitte nicht zu sehr erwärmen.

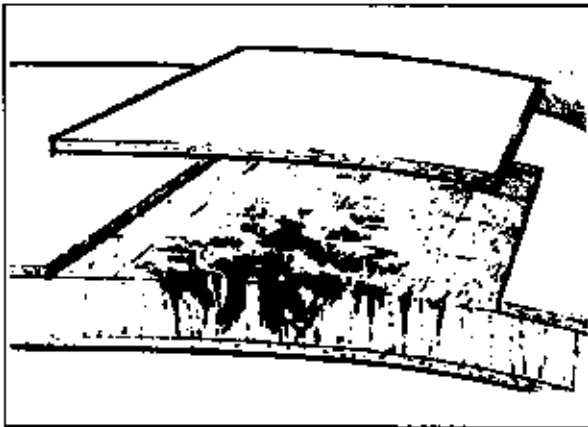


Abb. 4-5 Trennen Sie nur das Laminat außerhalb der Schadensstelle heraus. Nehmen Sie das Stück Laminat vorsichtig ab.

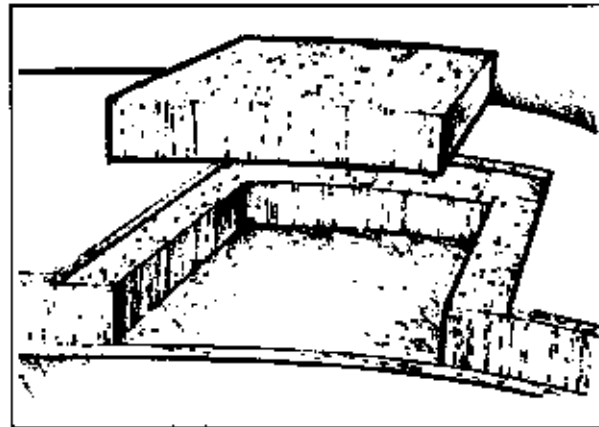


Abb. 4-6 Setzen Sie ein neues Stück Kernmaterial ein, das in Form, Dicke und Dichte dem entfernten Material entspricht.

3. Der Kern wird nun sorgfältig getrocknet. Ist der Kern sehr naß, kann man mit einem starken Staubsauger oder auch durch Vakuum einen Großteil der Nässe herausziehen. Eine Wärmelampe oder Heißluftpistole kürzt den Prozeß zusätzlich ab. Ist der Kern unbeschädigt, fahren Sie bitte mit den Anweisungen in Abschnitt 4.3.1 fort.
4. Entfernen Sie geschädigtes Kernmaterial. Dazu eignet sich ein Teppichmesser. Die Kernschicht wird am besten mit dem Stechelsen abgelöst. Der Untergrund soll danach frei von Resten des Kernmaterials sein.
5. Ein neues Stück Kernmaterial wird zugepaßt, wobei Art, Form und Flächengewicht dem ursprünglichen Material entsprechen sollen. Das Stück wird erst einmal trocken angepaßt. Es darf nicht höher sein als das umgebende Material (Abb. 4-6). Man sollte immer versuchen, das gleiche Material zu bekommen, das im Boot verwendet wurde. Gelingt das nicht, muß man versuchen, ein gleich dickes und festes Material zu kaufen. Es ist besser, wenn das eingefügte Material etwas dünner als zu dick ist.
Ist die geschädigte Fläche kleiner als 50 x 50 mm, kann man den Bereich einfach mit angedicktem Epoxidharz/Füller 404 oder 406 auffüllen.
Liegt die Fläche unterhalb 300 x 300 mm, und das Kernmaterial ist nicht zu bekommen, kann man auch leichte Nadelhölzer wie Fichte oder Zeder als Kern benutzen. Will man einen Balsahimholz-Kern auf diese Weise ersetzen, wird das Holz ebenfalls querschnitts und in Form von kleinen Klötzchen eingefügt.
6. Das neue Kernmaterial wird auf dem Untergrund verklebt. Die Flächen werden dazu mit Epoxidharz getränkt.
Dann wird auf die Klebeflächen angedicktes Epoxidharz/Füller 406 in der Konsistenz von Majonaise aufgetragen. Alle Fugen und Hohlräume müssen damit gut gefüllt werden. Drücken Sie das Kernmaterial fest an. Dabei sollte aus den Fugen etwas von der Mischung herausquellen.
7. Die Kernschicht wird nun mit Gewichten oder anderen Hilfsmitteln angepreßt, bis das Harz gehärtet ist. Überschüssiges Harz ist abzustreifen, bevor es geliert. Bevor die Gewichte entfernt werden, muß das Harz durchgehärtet sein.

4.3.1 Wiederverkleben des Deckschichtlaminats

Wenn die obere Deckschicht durch Schlag oder Abrieb beschädigt ist, sollte ein neues Laminat direkt auf das Kernmaterial aufgebracht werden, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben. Ist das Laminat aber noch intakt, wird es wie folgt wieder mit dem Kern verbunden:

1. Die Kernschicht und die Unterseite des abgenommenen Laminats werden angeschliffen. Das Laminat wird zunächst trocken angepaßt, damit man sicher ist, daß es bündig aufliegt und die Ränder übereinstimmen.
2. Verkleben Sie das Laminat mit dem Kern in der ursprünglichen Lage. Dazu werden die Klebeflächen beide mit Epoxidharz vorgestrichen, dann mit angedicktem Harz bestrichen, das mit Füller 406 zu einer Konsistenz von Majonaise angerührt wurde. Alle Fugen, Hohlräume und Vertiefungen müssen damit ausgefüllt sein. Das Laminat wird so aufgelegt, daß die Fugen (Sägeschnitt) ringsherum gleichmäßig breit sind.
3. Das Laminat wird nun durch Gewichte beschwert oder mit anderen Hilfsmitteln oder Blechschrauben angepreßt. Das Vakuum-Verfahren ist das ideale Verfahren, um einen

- gleichmäßigen Anpreßdruck zu erzeugen. Falls sie es anwenden wollen, richten Sie sich nach den Hinweisen in Abschnitt 3.3.3. Beim normalen Anpressen sollte etwas von der Epoxidmischung hervorquellen. Überschüssiges Harz wird entfernt, bevor es zu gelieren beginnt. Das Epoxid muß nun gründlich härten, bevor die Pressung gelöst wird.
4. An den Rändern des aufgesetzten Laminats wird nun eine Schrägung eingeschliffen, und zwar beiderseits der Fuge, um wieder ein durchgehendes Laminat zu erzeugen (Abb. 4-7). Damit wird eine Vertiefung erzeugt, die das neue Laminat aufnimmt, das dann mit der Oberfläche bündig geschliffen wird. Die Aufgabe des Laminats und das Arbeitsverfahren sind die gleichen wie in Abschnitt 3.3 für die Außenhautreparatur beschrieben.

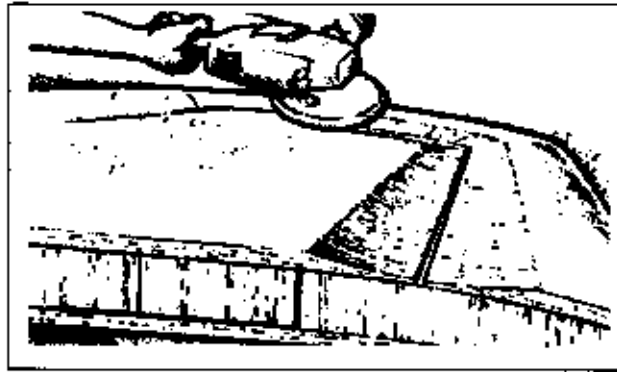


Abb. 4-7 Schleifen Sie die Kanten im Verhältnis 12:1 an, so daß das neu aufgebrachte Laminat in die Kontur der Oberfläche paßt.

4.4 Reparatur von Laminatablösungen am Spiegel

Das Wegnehmen von Teilen des Laminats, um an den Kern heranzukommen, ist ein Verfahren, das häufig für die Reparatur von Ablösungen am Spiegel von Motorbooten angewendet wird. Außenbordmotore belasten den Spiegel ganz erheblich. Diese Wirkung verstärkt sich noch, wenn das Boot beschleunigt, mehr aber noch, wenn das Boot getraillert wird, besonders auf unebenen Straßen. Diese Vorgänge addieren sich im Hinblick auf Brüche. Sobald die ersten Risse auftreten, kann in das im Spiegel einlamierte Sperrholz Feuchtigkeit eindringen, wodurch sich der Zerstörungsprozess beschleunigt.

4.4.1 Auswechseln der Kernschicht eines Spiegels

Das Verfahren, große Teile eines Laminats zu entfernen, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, ist das gleiche, ob es sich nun um ein Deck, den Rumpf oder einen Spiegel handelt. Der Unterschied besteht im wesentlichen im Kernmaterial. Die meisten Spiegel besitzen eine Einlage aus zwei oder mehr Lagen Sperrholz, die miteinander verleimt sind. Wenn nun diese Holzeinlage einige Zeit der Feuchtigkeit ausgesetzt war, lösen sich die Furnierschichten, und das Holz beginnt zu rotten. Der Ersatz einer Spiegel-Einlage ist nicht schwierig, ebenfalls birgt das Aufbringen des alten Laminats keine Probleme. Die äußere (oder innere) Deckschicht wird entfernt und das Sperrholz folgendermaßen ersetzt:

1. Das Spiegel-Laminat wird an der Außenkante knapp außerhalb der Sperrholzeinlage aufgetrennt. Am besten macht man das mit einem karbidbestückten dünnen Sägeblatt in einer Kreissäge. Auch mit der Oberfäse und einen schlanken Fräskopf ist das gut auszuführen. Man sollte auf jeden Fall einen Tiefenanschlag benutzen. Wenn möglich, sollte man das innen liegende Laminat heraustrennen, weil das die Nacharbeit am Laminat vereinfacht. Außen muß die Oberfläche erheblich aufwendiger nachgearbeitet werden.
2. Die Laminatfläche wird abgehoben. Wo der Kern naß ist, sollte das keine Schwierigkeiten machen. Wo das Laminat noch festsetzt, hilft ein Stachelisen oder ein Sägeblatt, das zwischen Laminat und Kern eingeführt wird. Mit Wärme, z.B. einer Heißluftpistole, läßt sich die Fläche ebenfalls leichter lösen. Dabei sollte man nicht zuviel Kraft aufwenden, damit das Laminat nicht geschädigt wird.
3. Das Sperrholz wird nun untersucht. Wenn es nur naß, aber ansonsten noch gesund ist, wird es sorgfältig mit Heißluftpistole oder Wärmelampe getrocknet und wieder verklebt (Abschnitt 4.3.1). Wenn das Holz frei liegt, werden alle Lunken, Löcher und die

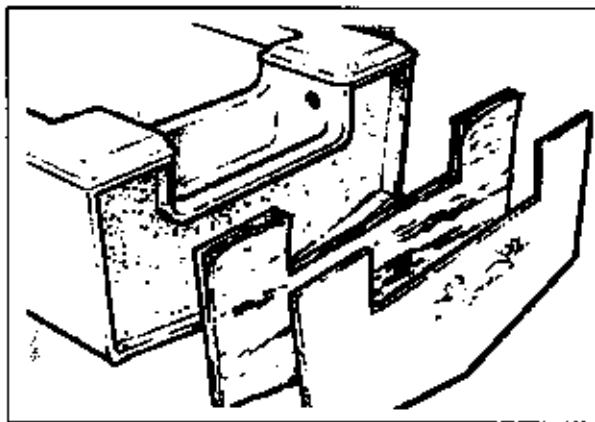


Abb. 4-8 Trennen Sie außerhalb der Einlage im Spiegel das äußere Laminat heraus. Entfernen Sie das Laminat und den Kern, sofern dieser geschädigt oder verrottet ist.

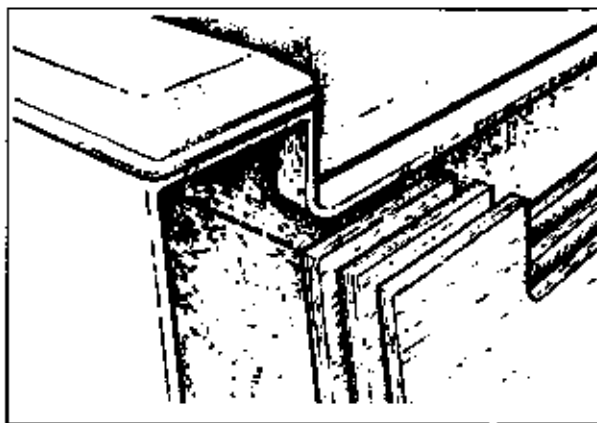


Abb. 4-9 Verkleben Sie die neue Sperrholzplatte, wobei Sie dünne Schichten zu der gewünschten Gesamtdicke verbinden können. Passen Sie diese neuen Lagen auf das vorherige Maß der Einlage an.

Hirnholzkanten mit Harz aufgefüllt. Wenn das Sperrholz aber sichtbar durch Nässe oder Trockenfäule geschädigt ist, muß es ersetzt werden.

4. Die geschädigte Sperrholzplatte wird entfernt (Abb. 4-8). Mit dem Stechelsen werden vorsichtig alle losen oder anhaftenden Teile vom Laminat besorgt. Die Laminat-Fläche wird angeschliffen, um sie für das Verkleben vorzubereiten.
5. Nach dem Maß der alten Sperrholz-Einlage wird die neue zugapaßt, auch in Bezug auf die Dicke. Das Sperrholz sollte zumindest so wasserfest sein wie das alte. Man kann die Einlage auch aus mehreren dünnen Schichten der gleichen Sperrholzsorte verleimen. Die fertige Platte wird dann nochmals trocken angapaßt.
6. Die neue Sperrholzlage wird eingeklebt (Abb. 4-9). Die Klebeflächen werden mit Epoxidharz getränkt. Hirnholzkanten werden mehrfach übergestrichen. Die Laminatfläche des Spiegels im Boot wird mit Epoxidharz, das mit Füller 406 zu einer Konsistenz von Majonaise angedickt wurde, eingestrichen. Alle Fugen, Hohlräume, Lunker und der Zwischenraum zwischen den Plattenkanten und der Außenhaut müssen gefüllt sein. Bei mehreren Lagen wird nun die erste Platte angedrückt. Die folgenden Platten werden in der gleichen Art aufgebracht.
7. Die Platte wird mit Schraubzwingen angedrückt. Wo das nicht möglich ist, kann man auch durch das innere Laminat Blechschrauben in das Sperrholz eindrehen. Dabei sollte etwas von dem Epoxid herausquellen. An den Rändern der Platte wird das Epoxidharz beigestrichen, und überschüssiges Material wird entfernt, bevor es gellert. Auch mit Vakuum kann man die Platte anziehen. Siehe dazu die Ausführungen in Abschnitt 3.3.3. Das Epoxid muß nun gründlich härten, bevor der Halteindruck gelöst wird.

Auswechseln von Kern und beiden Deckschichten

Wenn sich die Deckschichten mit vom Kern lösen lassen, oder wenn beide so beschädigt sind, daß sich eine Reparatur verbietet, wird der gesamte Spiegel herausgetrennt und folgendermaßen ersetzt:

1. Der Spiegel wird insgesamt mit der Säge abgetrennt. Die Kanten werden sauber nachgearbeitet.
2. Die neue Spiegel-Einlage wird wie oben beschrieben vorbereitet. Dazu werden die einzelnen Lagen entweder auf einer Arbeitsplatte oder auf einer Form, die der Spiegelkrümmung entspricht, zusammengeleimt. Die Kontur wird genau zugapaßt. Dabei muß der Rumpf fluchten und die Seiten müssen mit Streben in Position gehalten werden.
3. Die Einlage wird eingeklebt. Die Klebeflächen werden vorgetränkt. Besondere Sorgfalt gilt dabei den Hirnholzflächen. Der Bereich der Verklebung an Rumpf und Sperrholz-Einlage wird nun mit angedicktem Epoxidharz (Füller 404 zu Majonaise-Konsistenz beigegeben) satt eingestrichen. Die Menge muß ausreichen, um alle Lunker und Hohlräume zu füllen, wenn das Holz in Position ist.
4. Überschüssiges Harz wird entfernt, bevor es gellert. Die Lage des neuen Spiegels wird nochmals geprüft und eventuell justiert. Dann muß das Epoxidharz gründlich härten, bevor die Halterungen entfernt werden.

- Das noch verwertbare Laminat wird, wie unter Abschnitt 4.4.2 beschrieben, wieder verklebt, oder es wird ein völlig neues Laminat aufgebracht. Dann folgen Sie bitte den Arbeitsschritten in Abschnitt 4.4.3.

4.4.2 Das Wiederverkleben des Spiegel-Laminats

Meist läßt sich das herausgetrennte Laminat bis auf den Bereich, an dem die Motorbefestigung sitzt, wiederverwenden. Ist die Beschädigung begrenzt, ist es oft einfacher, diesen Schaden zu beheben, als ein völlig neues Laminat aufzulegen. Das Laminat wird entsprechend den Anweisungen in Kapitel 3 repariert. Ist das Laminat aber unbrauchbar, wird es neu aufgebracht. Das beschreibt Abschnitt 4.4.3. Das vorhandene und eventuell reparierte Laminat wird wie folgt befestigt:

- Die Klebeflächen von Einlage und Außenhaut werden angeschliffen. Wurde an der Fläche repariert, muß diese Stelle schon beigeschliffen sein. Das Laminat wird noch einmal trocken angepaßt, um eine gute Passung sicherzustellen.
- Vorhandenes Laminat und Kern werden verklebt. Die Klebeflächen werden dazu mit Epoxidharz eingestrichen.

Die Klebefläche des Kernmaterials wird mit angedicktem Epoxidharz/Füller 408, Konsistenz wie Mejonase, versehen. Die Menge muß ausreichen, um alle Löcher und Hohlräume zwischen Kern und Laminat zu füllen. Das vorhandene Laminat wird so angepaßt, daß die Fuge des Sägeschnitts auf allen Seiten wieder gleichmäßig breit ist.

- Das Laminat wird mit Schraubzwingen oder Blechschrauben angepreßt. Durch den Druck sollte etwas Epoxidharz herausquellen. Überschüssiges Harz wird entfernt, bevor es gellert. Das Vakuum-Verfahren eignet sich besonders gut, um große Flächen gleichmäßig anzupressen. Hinweise dazu gibt Abschnitt 3.3.3. Das Epoxidharz muß gründlich härten, bevor der Anpreßdruck entfernt wird.
- Der Sägeschnitt wird nun überlaminiert, um den Laminatverbund wiederherzustellen. Liegt die Trennlinie in der Spiegelkante, kann man die erforderliche Schäftung von 12:1 nicht herstellen. In diesem Fall muß das neue Verbindungslaminat über Eck auf die Oberfläche aufgetragen werden. Schleifen Sie das Laminat beiderseits der Spiegelkante an und legen Sie die Glaslagen um die Kante (Abb. 4-10). Auch wenn dieses Laminat etwas aufdickt, also nicht mit der Außenhaut völlig fluchtet, folgen Sie im weiteren den Arbeitsschritten des Kapitels 3. Das Spachteln und Schleifen erfolgt nach Abschnitt 8.4.5 und die Oberflächenbearbeitung nach Kapitel 2.

4.4.3 Herstellen eines neuen Spiegellaminats

Kann man eines oder sogar beide Spiegel-Laminats nicht wiederverwenden, wird das Laminat neu aufgebaut. Dieses neue Laminat umfaßt nicht nur die Spiegelplatte, sondern reicht bis auf die Seiten und hält so Spiegel und Rumpf zusammen.

- Die Rumpfkante wird mit der Oberfläche des neuen Spiegels durch Schleifen in Flucht gebracht. Die Kante wird ringsum mit einem etwa 8 mm großen Radius versehen, damit sich das Glasgewebe besser anschmiegt.
- Bereiten Sie nun vier bis sechs Lagen Glasgewebe oder -gelege mit einem Flächengewicht von 400 bis 500 g/m² vor. Die erste Lage soll die Spiegelkante um etwa 150 mm überdecken. Jede der folgenden Lagen wird etwas kleiner zugeschnitten, so daß die letzte Lage noch 100 mm auf dem Rumpf aufliegt.

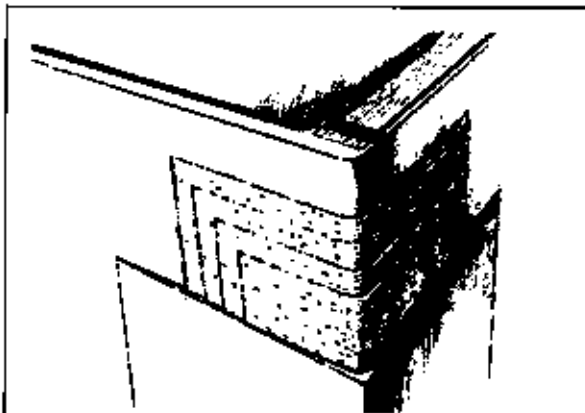


Abb. 4-10 Laminieren Sie die Spiegelkante über. Seiten und Spiegel werden an die Außenhautkontur angeglitten, nachdem das Laminat ausgehärtet ist.

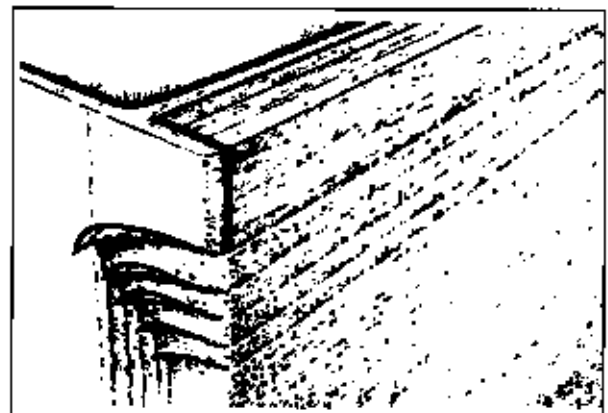


Abb. 4-11 Laminieren Sie vier bis sechs Lagen Glasgewebe über den Spiegel. Lassen Sie die Lagen an den Seiten und im Boden abgestuft überlappen.

3. Der Kern des Spiegels und ein 150 mm breiter Streifen an der Rumpfachterkante werden mit Epoxidharz vorgetränkt. Danach trägt man angedicktes Epoxidharz/Füller 408 (Majonaise-Konsistenz) auf den Spiegel und die seitlichen Rumpfstreifen neben dem Spiegel auf.
4. Das größte der zugeschnittenen Glasgewebe wird auf den Spiegel gedrückt und mit einem Plastikspachtel faltenfrei glattgezogen. Mit dem Schaumroller trägt man auf das Glas einschließlich der Rumpf-Überlappung nun genügend Epoxidharz auf, so daß es vollständig getränkt ist. Mit dem Spachtel wird die Fläche wieder abgezogen, um Lufteinschlüsse zu entfernen und überschüssiges Harz abzustreifen.
Solange das Epoxidharz noch naß ist, werden die nächsten Glaslagen aufgelegt, die kleinste zum Schluß. Das Gewebe wird dabei an den Ecken eingeschnitten und glatt angedrückt (Abb. 4-11).
5. Sobald das Harz geliert ist, wird die Fläche mit mehreren Anstrichen Epoxidharz versehen, um die Gewebestruktur zu füllen. Das geschieht jeweils mit einem dünnen Schaumroller, sobald die vorherige Lage geliert, aber noch nicht gehärtet ist (damit kein Zwischenschliff erforderlich wird). Geschliffen wird die Fläche, wenn sie insgesamt durchgehärtet ist.
6. Die seitlich überlappenden Kanten werden durch Schleifen an die Rumpfkantur angeglichen, wie in Abschnitt 8.4.5 beschrieben. Die Oberflächenarbeiten werden nach Abschnitt 2.2 vorgenommen.
Falls auch das innere Laminat erneuert werden muß, ist der Arbeitsablauf der gleiche. Nur wird die Kante dabei mit einer großen Spachtelkelle versehen, wodurch einmal die Kante versteift wird, aber sich auch das Glasgewebe/gelege besser anschmiegt. Auch bei dieser Reparatur wird das Glas bis in die Rumpfsaiten und -böden geführt.

4.5 Reparatur durchgeschlagener Lamine und Löcher

Kleinere Brüche oder Abriebstellen können durch das Herabfallen einer Winchkurbel oder eines scharfen Gegenstandes auf Deck hervorgerufen werden, aber auch die Befestigung eines Außenbordmotors kann am Spiegel solche Schäden hervorrufen. Durch diese an sich kleinen Ursachen kann die Deckschicht brechen, und möglicherweise kommt es auch zu Ablösungen von der Kernschicht. Liegt die Stelle unter Wasser oder ist längere Zeit ungeschützt dem Spritzwasser ausgesetzt, schreitet die Ablösung fort, und es kommt möglicherweise zu Fäulnis. Diese kleinen Schäden lassen sich mit den bisher beschriebenen Verfahren beheben.

Gravierendere Schlagbrüche haben ihre Ursache z.B. in Kollisionen, Grundberührungen, Einwirkung durch Naturgewalten und ähnlichen Vorkommnissen. Der Schadensumfang hängt von der Wucht des Schlages und der Form des Gegenstandes ab, von dem das Boot getroffen wurde. In diesem Fall sprechen wir von Schäden, die sowohl den Kern wie auch beide Deckschichten betreffen. Der Bruch kann bedeuten, daß die Festigkeit des Laminats zerstört ist, aber auch ein Loch von mehr als 1 m² Größe kann die Folge sein.

Der Schaden kann aber noch weiter reichen, indem z.B. zusätzliche Schäden an Schotten, Rahmen oder anderen Teilen des Festigkeitsverbundes eingetreten sind. Alle diese Schäden sollten repariert werden, bevor die Sandwich-Außenhaut wiederhergestellt wird.

Die Aufgabe bei der Reparatur von Durchschlägen in Sandwichplatten besteht darin, das geschädigte Kernmaterial zu ersetzen wie auch den Verbund in den Laminaten wiederherzustellen. Die Reihenfolge der Arbeitsschritte hängt davon ab, ob man von der Innenseite Zugang zu der Platte hat oder nicht.

4.5.1 Reparatur von Löchern in Sandwichplatten mit Zugang von innen

Nach den vorbereitenden Arbeiten an der Schadensstelle werden Kernschicht und danach beide Deckschichten wie folgt ersetzt:

1. Der geschädigte Teil des Laminats wird weggeschnitten. Der Bereich wird soweit vergrößert, bis man im intakten Kern und Laminat ist. Dabei sollte ein runde oder ovale Form eingehalten werden. Beide Decklamine werden mit einer Schrägung von 12:1 angeschärft, um genügend Klebfläche zu erreichen. Wenn das Decklaminat z.B. 6 mm dick ist, ist die angeschrägte Fläche etwa 75 mm breit (Abb. 4-12).
2. Mit einer Hinterfütterung wird das Kernmaterial gehalten, wenn es selbst eingeklebt und wenn das äußere Laminat aufgebracht wird. Als Hinterfütterung eignet sich ein einfaches

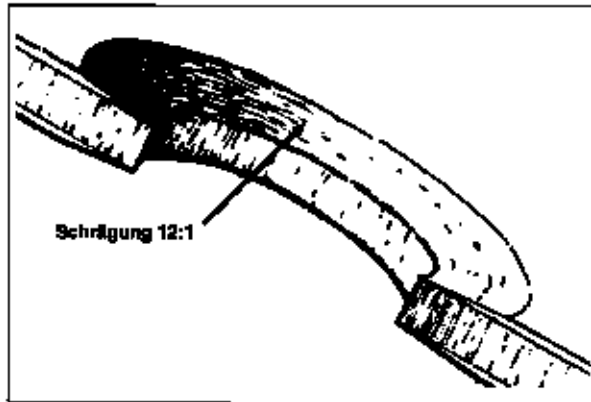


Abb. 4-12 Schleifen Sie eine Schrägung von 12:1 an beide Decklaminat.

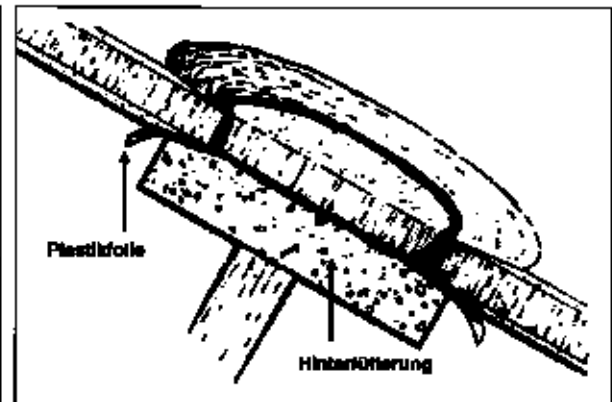


Abb. 4-13 Um das neue Kernmaterial zu halten, hinterfütern Sie das Loch.

Stück Schaumstoff, etwas größer als das Loch. Dieser Block sollte an den Kanten so geschrägt werden, daß er mit dem Kern bündig liegt. Die Hinterfüterung wird mit starker Plastikfolie abgedeckt und angedrückt. Ist die Außenhaut stark gekrümmt und der Schaum zu steif, um sich anzulegen, wird der Block durch Schleifen vorher angepaßt (Abb. 4-13).

3. Das zu ersetzende Stück Kernschicht, in Form, Dicke und Dichte dem ursprünglichen möglichst gleich, wird zunächst trocken eingepaßt. Man sollte immer versuchen, beim Hersteller des Bootes das Original-Kernmaterial zu erhalten. Ist das nicht möglich, sollte ein in den wesentlichen Eigenschaften möglichst ähnliches Material beschafft werden.
4. Das Kernmaterial wird eingeklebt. Die Kanten des Loches und die des Kerns werden mit Epoxidharz getränkt. Das selbe wird mit angedicktem Epoxid wiederholt (Füller 406 bis zur Konsistenz von Erdnußbutter). Läßt sich das Kernmaterial durch diese Masse noch nicht in Position halten, oder hat es nicht die richtige Krümmung, muß es durch geeignete Vorrichtungen angepreßt werden. Überschüssiges Epoxidharz wird abgestrichen, bevor es geliert, nachdem alle Lunker und Spalten gefüllt wurden. Das Epoxidharz muß dann gründlich härten.
5. Das äußere Decklaminat wird entsprechend den in Abschnitt 3.3 genannten Arbeitsschritten aufgelegt. Die Oberflächenbehandlung ist in Abschnitt 2.2 beschrieben.
6. Nachdem die Hinterfüterung entfernt wurde, wird das innere Laminat entsprechend Abschnitt 3.3 aufgebracht. Die Bearbeitung der Oberfläche ist freigestellt.

4.5.2 Reparatur von Löchern in Sandwichplatten ohne Zugang von innen

Der Unterschied in der Reparatur von Sandwichplatten mit oder ohne Zugang von der Innenseite liegt in der Reihenfolge der Arbeitsschritte. Kommt man nicht von Innen an die Bruchstelle heran, muß zunächst das innere Laminat erneuert werden, dann der Kern und erst zum Schluß das äußere Laminat. Das Aufbringen der inneren Deckschicht erfordert zusätzlich folgende Vorbereitungen:

1. Das geschädigte Material wird weggeschnitten, bis man gesundes Material erreicht. Dabei sollte eine runde oder ovale Form eingehalten werden.
2. Äußeres Laminat und Kernschicht werden soweit herausgetrennt, daß auf dem inneren Laminat um das Loch herum mehrere Zentimeter gesundes Laminat stehenbleiben. Diese untere Laminatfläche muß so breit sein, daß man die Schrägung von 12:1 anschleifen kann (Abb. 4-14). Am saubersten kann man mit Hilfe einer Oberfräse mit zylindrischem Fräskopf und Tiefenanschlag heraustrennen, damit das innere Laminat nicht verletzt wird. Wenigstens 25 mm breit sollte das innere Laminat unangeschrägt stehenbleiben. Um ein Beispiel zu geben: Ist die innere Deckschicht 6 mm stark, beträgt die Schrägung 75 mm. Also muß das Loch in der äußeren Deckschicht und im Kern 100 mm weit von den Lochkanten des inneren Laminats nach außen reichen.
3. Schleifen Sie die Schrägung von 12:1 an beiden Laminatflächen an, um genügend Klebefläche zu erreichen, wenn die Glaslagen auflaminiert werden (Abb. 4-15).
4. Dann wird eine Gegenplatte, die im Boot verbleibt, unter das innere Laminat geklebt, wie in Abschnitt 3.2.2 beschrieben. Diese Gegenplatte muß sich an die Kontur des Bootes anlegen.

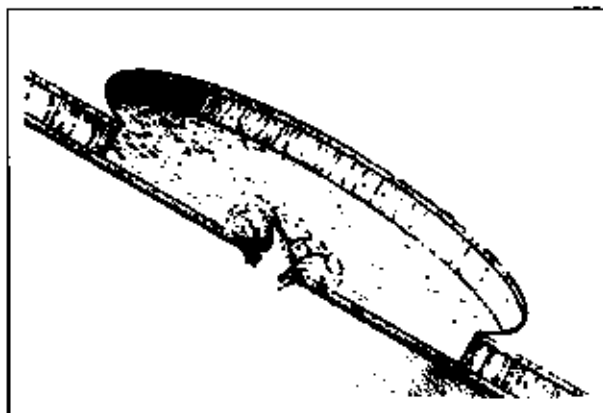


Abb. 4-14 Trennen Sie äußere Deckschicht und den Kern einige Zentimeter außerhalb des Lochs heraus.



Abb. 4-15 Schleifen Sie eine Schrägung von 12:1 an die Kanten der äußeren und der inneren Deckschicht.

5. Entsprechend den Arbeitsschritten in Abschnitt 3.3 wird das innere Laminat aufgebracht.
6. Der Kern wird ersetzt, wie schon beschrieben.
7. Das äußere Laminat wird entsprechend Abschnitt 3.3 aufgebracht. Die Bearbeitung der Oberfläche folgt den Anweisungen, beginnend in Abschnitt 2.2.

Die Informationen in den Kapiteln 2, 3 und 4 sollen typische Reparaturverfahren wiedergeben, die sich für Massiv- und Sandwichlamine eignen. Je nach Örtlichkeit mag es sinnvoll sein, Arbeitsschritte oder deren Reihenfolge zu ändern. Man sollte sich bei diesen Reparaturen davon leiten lassen, daß die Hauptaufgabe darin besteht, den Laminatverbund und die mechanischen Eigenschaften des Kernwerkstoffe wiederherzustellen oder ihre Festigkeitswerte sogar zu verbessern.

Kapitel 5

Aufbringen eines Decksbelags aus Teakfurnier

Es ist nicht nur praktisch, sondern auch schön, eine Deckreparatur mit dem Aufbringen eines Teakfurniers abzuschließen. Teakfurniere kann man aber nicht nur auf Decks, sondern auch auf Sitzbänken, Aufbaudach oder Luken verlegen, um Aussehen und Wert des Bootes zu verbessern. Dünne Teakholzstreifen, verklebt mit einer Mischung aus Epoxidharz/Füller 404/Graphitpulver ergeben ein wirkliches Teakdeck, das dauerhaft ist und wenig Pflegeaufwand erfordert. Mit der Teakfurnier-Lage erhält das Deck durch das Epoxidharz eine Dampfsperre, und zugleich vermeidet man die vielen Befestigungslöcher, die typisch für ein konventionell geplanktes Teakdeck sind.

Obwohl man durchaus Stärken bis zu 5 mm verwenden kann, sollte man 3 mm Stärke vorziehen, da man so die Auswirkungen von Dimensionsschwankungen des Teaks reduzieren kann. Diese 3 mm reichen über Jahre selbst dort, wo das Deck laufend begangen wird, und das zusätzliche Gewicht bleibt niedrig. Die Streifen sollten zwischen 35 und 50 mm breit und alle Kanten glatt und gerade sein. Sägespuren auf Ober- und Unterseite können bleiben. Die Rauigkeit des Sägeschnitts verbessert die Verklebung des Holzes, und die Markierungen auf der Oberseite werden ohnehin später verschliffen.

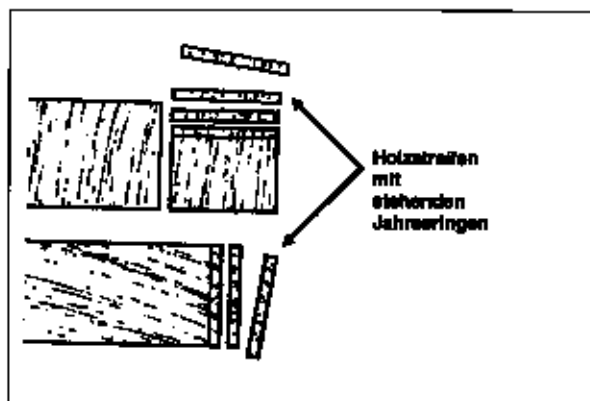


Figure 5-1 Dünne Streifen mit stehenden Jahresringen liefern ein Deck, das sich gleichmäßig abnutzt, gut aussieht und dimensionsstabil ist.

Wenn Sie das Teak selbst zuschneiden wollen, sollten Sie eine Planke wählen, mit der sie die größte Ausnutzung erzielen. Normalerweise wird Teak in Planken von 50 mm Dicke roh gesägt geliefert. Daraus lassen sich allseitig plan geschliffene Hölzer von wenigstens 45 mm Breite herstellen. Das Material soll zum Schluß stehende Jahresringe aufweisen (Abb. 5-1). Dadurch werden Ausdehnung und Schrumpf des Holzes so klein wie möglich gehalten; die Oberfläche wird attraktiver und nutzt sich gleichmäßiger ab, als wenn die Jahresringe teilweise flach liegen.

Der Arbeitsablauf ist nun folgender:

1. Zunächst wird die Lage der Furnierstreifen geplant (Abb. 5-2). Das Teakholz wird dann angepaßt und zugeschnitten. Ränder und Umgebung des eigentlichen Arbeitsbereiches sollten abgeklebt und durch Folie gegen Spritzer geschützt werden.
2. Nun werden die Klebeflächen vorbereitet. Die Fläche auf dem Boot wird dazu mit einem Lösungsmittel gesäubert, Wachs und Silikon entfernt und anschließend mit

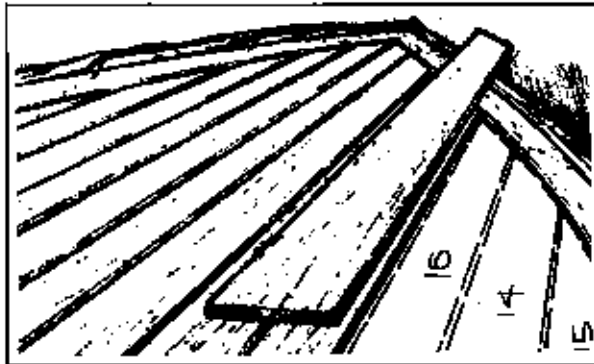


Abb. 5-2 Sägen Sie die dünnen Teak-Planken zu. Kleben Sie die übrigen Bereiche ab.

Papiertüchern getrocknet. Hat das Deck ein eingearbeitetes rutschfestes Muster, wird das abgeschliffen, glatte Flächen werden mit 50er Schleifpapier aufgeraut. Der Schleifstaub wird entfernt.

3. Falls die Teakleisten teilweise glatte Oberflächen aufweisen, sollten sie ebenfalls mit 50er Schleifpapier aufgeraut werden. Dann reibt man die Klebeflächen des Holzes etwa eine halbe Stunde vor dem Verkleben mit Papiertüchern ab, die mit Aceton oder Lack-Verdünner getränkt sind. Dadurch kann das Epoxidharz besser in die Oberfläche eindringen, weil der natürliche Ölgehalt der Holzoberfläche weggenommen wird.

Die erste Serie von Teakstäben wird nun angepaßt und markiert, sowohl auf Deck wie an den Stäben selbst. Man sollte nur so viele Teakleisten vorsehen, wie man während der offenen Zeit des angerührten Epoxidharzes befestigen kann. Die offene Zeit des Harzes hängt vom Härter und der Umgebungstemperatur ab. Es ist ratsam, zunächst mit wenigen Stäben zu beginnen.

4. Nun werden die Klebefläche der Hölzer und die des Decks eingestrichen. Dazu benutzen wir eine Harz/Härter-Mischung, die mit dem hochdichten Füller 404 auf majonaiseartige Konsistenz gebracht wurde. Dann wird noch Graphitpulver 423 beigegeben, bis die Mischung deckend schwarz ist. Die Harzmenge soll ausreichen, um hochzuquellen und auch die Fugen zwischen den Leisten auszufüllen. Ein Plastikspachtel 808, der zum Zahnpachtel umgearbeitet wurde, ergibt eine gleichmäßige Schichtdicke auf Deck. Die Stichmaße müssen sichtbar bleiben.
5. Nun wird die erste Serie von Teakstreifen aufgelegt, wobei man die Markierungen benutzt, um die genaue Position zu bestimmen.
6. Das Befestigen des Holzes geschieht mit 4 - 5 mm starken Blechschrauben und großen Unterlegscheiben, etwa im Abstand von 200 mm. Jede Schraubenreihe drückt zwei Planken an und dient zugleich als Abstandshalter (Abb. 5-3). Schrauben und Unterlegscheiben sollten mit Trennmittel (z.B. Anti-Haft-Backspray) überzogen werden. Unterlegscheiben können auch aus steifem Plastik, dünnen mit Plastikfolie umwickelten Holzlatten oder ähnlichem Aussehen mit vorgebohrten Löchern hergestellt werden. Bevor die Schrauben fest angezogen werden, müssen die Teakstreifen fest auf dem Deck aufliegen. Die Schrauben werden gerade so stark angezogen, daß die Planken

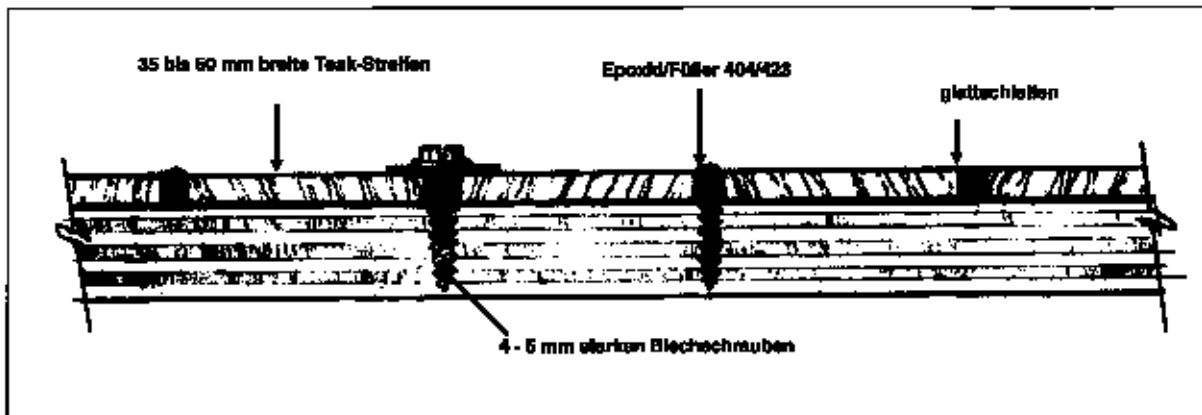


Abb. 5-3 Pressen Sie die Teak-Streifen mit ca. 4 mm starken Blechschrauben und Scheiben an. Schleifen Sie die Erhöhungen des Epoxidharzes glatt, wenn das Harz ausgehärtet ist.

fest angedrückt werden und das Harz in den Fugen hochquillt. Reicht die Masse nicht, um die Fugen zu füllen, wird Harzmasse nachgespachtelt und mit der Deckskontur glattgestrichen, bevor das Harz geliert.

7. In gleicher Weise werden dann die übrigen Leisten aufgebracht; die Leistenzahl wieder nach Harzmenge und Härtingszeit abgestimmt. Vor dem Entfernen der Schrauben muß das Harz gut gehärtet sein.
8. Innerhalb von 24 Stunden sollten die Schrauben entfernt werden. Dazu werden sie nochmals leicht angezogen, um sie zu lösen. Macht das Schwierigkeiten, kann man den Schraubenkopf mit der Spitze eines LötKolbens leicht erwärmen. Solange die Schraube warm ist, versucht man sie zu lösen. Mitunter muß man das mehrmals wiederholen.
9. Die so entstehenden Löcher werden anschließend mit der gleichen Mischung gefüllt. Mit einer Spritze läßt sich das Verfahren beschleunigen. Sollten die Schrauben durch das Deck hindurchgeschraubt worden sein, wird das Loch vorher von unten mit Klebestreifen abgeklebt.
10. Nach dem Aushärten wird das Deck mit 50er Sandpapier geschliffen, bis alle Sägemarkierungen entfernt sind. Dazu eignen sich Band- oder Tellerschleifer, bei großen Deckflächen ist eine Fußboden-Schleifmaschine sinnvoll. Ein zweiter Schliff mit 80er Körnung folgt, und die Feinarbeit wird mit 120er Körnung erledigt. Die Teakoberfläche kann nun entweder unbehandelt bleiben oder mit Teaköl getränkt werden. Oder sie wird mit Epoxidharz 105/Spezial-Beschichtungshärter 207 und anschließend mit WEST SYSTEM 1000 PU-Lack behandelt.

Kapitel 6

Kleben von Beschlägen

Die Montage von Beschlägen ist innerhalb der Struktur eines Bootes ein kritischer Bereich, der oft übersehen wird. Im Laufe der Zeit können hohe Belastungen und Dauerbeanspruchung dazu führen, daß sich die Schrauben lösen, wodurch nicht nur die Belastbarkeit der Beschläge nachläßt, sondern auch Leckstellen zum Laminat hin entstehen. Lecks im Bereich von Beschlägen sind die häufigste Ursache für Ablösungen oder Kernschichtschäden. Oftmals erkennt man mangelnde Befestigung von Beschlägen erst an Laminatablösungen in der sie umgebenden Deckfläche. Dieses Kapitel zeigt Verfahren für die Reparatur von Beschlagsbefestigungen, mit dem Ziel, das Lastaufnahmevermögen der Beschläge zu verbessern und Lecks durch lose Beschläge zu vermeiden.

Übliche Befestigung von Beschlägen

Häufig ist die Beschlagsmontage, wie sie vom Bootshersteller vorgenommen wird, für die tatsächlichen Belastungen nicht ausreichend, was sich an losen Beschlägen oder Leckagen zeigt. Wird ein Beschlag von mehreren Schrauben gehalten, so müssen die Bohrlöcher im Boot mit äußerster Genauigkeit gebohrt werden. Andernfalls ist die Lastverteilung ungleich. In diesem Fall weitet sich unter Dauerbeanspruchung das Loch auf, in dem die am höchsten belastete Schraube sitzt. Der Beschlag liegt dann nicht mehr fest auf, und es entsteht ein Spalt, in den Feuchtigkeit eindringt.

Die übliche Art, mit diesem Problem umzugehen, besteht darin, daß man die Bewegung des Beschlags als unvermeidlich hinnimmt und ihn in dauerelastisches Material einbettet. Hierfür gibt es verschiedene Vergußmassen, die über eine hohe Dehnung (üblich sind 200 % und mehr) und eine gute Haftung verfügen. Nun bedeutet aber hohe Dehnung auch geringes Lastaufnahmevermögen und die Unmöglichkeit, Bewegungen der Beschläge bei Belastung zu verhindern. Die Aufgabe des Dichtmittels ist es, Leckagen zu verhindern. Im Laufe der Zeit wird das Material durch ständige Bewegung zerstört, die dichtenden Eigenschaften gehen verloren, so daß schließlich doch Wasser eindringen kann.

Kleben von Beschlägen

Um nun die Schwierigkeiten bei der Beschlagsmontage auszuräumen, hat die Firma Gougeon Brothers ein Verfahren unter der Bezeichnung "Kleben von Beschlägen" entwickelt. Das Prinzip dieses Verfahrens besteht darin, Bewegungen des Beschlags zu verhindern, indem Punktbelastungen auf eine möglichst große Fläche von Deck oder Rumpf verteilt werden. Das erreicht man, indem der Beschlag selbst mit seiner Fußplatte mit dem Laminat verklebt wird und indem alle Schrauben ebenfalls in das Laminat geklebt werden, um sie gleichmäßig zu belasten. Diese Art der Befestigung kann das Lastaufnahmevermögen gegenüber herkömmlichen Methoden erheblich verbessern. Ein geklebter Beschlag wird zu einem Integralen Teil von Deck oder Rumpf und kann über einen langen Zeitraum ohne Leckagen verursachende Bewegungen seinen Dienst versehen.

In Salzwasserumgebung beweisen verklebte Beschläge nach unserer Erfahrung eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit. Wo Beschläge zugleich einer Biegebelastung unterliegen und dem Salzwasser ausgesetzt sind (z.B. freiliegende Schotschienen, U-Bügel oder Augbolzen) reicht eine kleine Kehle aus Dichtmasse, um die Verbindungsstelle zwischen dem ausgehärteten Epoxidharz und dem Beschlag gegen Feuchtigkeit und Salz abzusichern. Natürlich unterliegt jede Metalloberfläche dem Korrosionsangriff durch Salzwasser, also müssen die Beschläge gereinigt und gepflegt werden.

Verkleben von Metallen

Die meisten Metalle lassen sich mit WEST SYSTEM Epoxidharz gut verkleben. Für eine gute Haftung am Metall ist eine sorgfältige Oberflächen-Vorbereitung notwendig. Zunächst muß die Fläche unbedingt angeschliffen werden. Aluminium muß in zwei Schritten vorbehandelt werden. In einem ersten Schritt wird mit einer Beize die Korrosionsschicht entfernt. In einer zweiten Stufe stabilisiert man dann die Oberfläche, um eine erneute Oxidation zu verhindern. Das ist der Zeitpunkt zum Beschichten oder Verkleben.

6.1 Befestigen loser Beschläge - Einbau neuer Beschläge

Beschläge sind sehr unterschiedlich, was Größe, Art und Anzahl von Schrauben angeht. Außerdem sind Größe und Richtung des Lastangriffs verschieden. Die Fläche, auf der sie angebracht werden sollen, kann ein Massivlaminat oder eine Sandwichkonstruktion sein, mit oder oftmals ohne Hinterfütterung. Die Beschläge können durchgebolzt sein, Scheiben oder Gegenplatten auf der Rückseite haben, sie können in die Platte, die Hinterfütterung oder einfach in das Massivlaminat geschraubt werden.

Reparaturverfahren werden sowohl für durchgebolzte wie auch einfach eingeschraubte Beschläge beschrieben. Bei hohen Belastungen ist es üblich, den Beschlag durchzubolzen. Eingeschraubte Beschläge (in Deck, Kernschicht oder Hinterfütterung) nehmen weniger Belastung auf und sollten daher für leichte Beschläge vorgesehen werden. Wird der Beschlag in ein Massiv- oder Sandwichlaminat geschraubt, liefert Abschnitt 6.1.2 die richtigen Hinweise.

6.1.1 Durchgebolzte Beschläge - Sandwichlaminat

Beschläge, die durch ein Sandwichlaminat mit Balsa- oder Schaumkern gebolzt sind, können übermäßig angezogen oder so stark belastet sein, daß Deckschichten und Kern durch die Pressung geschädigt sind. Wird der Kern in der Umgebung des Beschlags durch Epoxidharz ersetzt, kann die Fläche die Druckkräfte, die durch Schraube und Mutter verursacht werden, aufnehmen. Ersetzt man so einen Teil der Kernschicht mit Epoxidharz, verteilt sich die Last besser, und der Kern wird gegen Feuchtigkeit abgeschirmt.

Bei diesen Arbeiten ist ein Helfer auf der Gegenseite sinnvoll, der Muttern, Gegenplatten und überschüssiges Epoxidharz handhabt. Sind Beschläge durch eine Sandwichplatte gebolzt, empfiehlt sich folgender Arbeitsablauf:

1. Der lose Beschlag wird abmontiert. Schmutz, Farbe, dauerelastisches Material u.s.w. werden vom Beschlag und dem Untergrund entfernt. Beide Oberflächen müssen nun sorgfältig mit Lösungsmittel von jeglichen Verunreinigungen gesäubert werden. Dann wird die Umgebung des Lochs auf Ablösungen zwischen den Schichten untersucht und notfalls repariert, bevor der Beschlag wieder befestigt wird (siehe Kap. 4). Die Unterseite des Arbeitsbereichs sollte durch eine Plastikfolie gegen Schmutz und Spritzer geschützt werden.
2. Die Schraubenlöcher werden gesäubert und aufgebohrt oder mit der Rundfeile aufgeweitet. Dabei werden nur die obere Deckschicht und der Kern aufgebohrt. Etwa 10 mm um das Schraubenloch herum soll nun die Kernschicht entfernt werden. Am einfachsten geschieht das mit einem abgewinkelten Nagel oder einem Innen-Sechskant-Schlüssel, die in die Bohrmaschine eingespannt werden. Nagel oder Schlüssel nehmen den Kern weg, ohne daß die Deckschichten beeinträchtigt werden. Aber vorsichtiges Arbeiten ist angesagt.
3. Die Löcher werden von der Unterseite her mit Klebestreifen überdeckt und die Löcher mit Epoxidharz/Füller 404 oder 406 in Majonaise-Konsistenz aufgefüllt. Das Harz soll nun gut durchhärten.
4. Der Beschlag wird provisorisch angepaßt und seine Kontur mit Bleistift aufgezeichnet. Die Löcher für die Bolzen werden nun mit leichtem Übermaß neu gebohrt. (Abb. 6-2).
5. Die Kontur des Beschlags kann jetzt außen abgeklebt und die Umgebung mit Plastikfolie abgedeckt werden, um sie vor Spritzern zu schützen.
6. Die Auflagerfläche des Beschlags wird nun mit grobem Sandpapier aufgeraut, um eine gute Haftung zu erreichen.

Auch die Unterseite des Beschlags wird mit grobem Schleifpapier bearbeitet, so daß sich eine saubere Metalloberfläche zeigt. Diejenigen Teile des Beschlags, die nicht mit

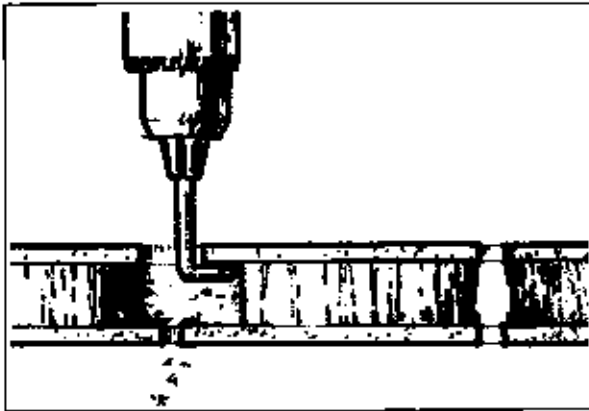


Abb. 6-1 Entfernen Sie den Kern um das Loch herum etwa 12 mm weit mit einem gebogenen Nagel oder einem Innensechskant-Schlüssel.

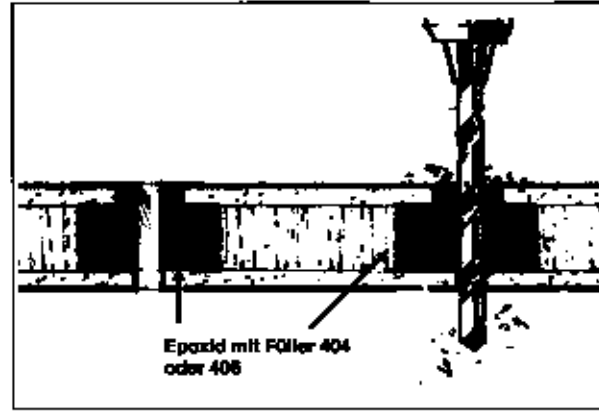


Abb. 6-2 Bohren Sie Löcher für die Schrauben mit leichtem Übermaß.

- verklebt werden sollen, werden mit Klebestreifen abgedeckt. Das Loch im Deck wird von unten her mit Klebestreifen abgedichtet, damit das Epoxid nicht durchläuft.
7. Die Kontaktfläche auf Deck, die Innenseite der Löcher, das Gewinde der Schraube und die Unterseite des Beschlags werden mit Epoxidharz eingestrichen. Diese nasse Fläche des Beschlags wird nun nochmals geschliffen, so daß sich das Harz in die Metalloberfläche einarbeitet. Dadurch werden Metall und Epoxidharz ohne jeden Luftzutritt in Kontakt gebracht und jegliche Oxidation verhindert. Für die Vorbehandlung von Aluminium kann auch Aluminium-Ätzprimer benutzt werden. Nun werden die Schrauben in den Beschlag eingeführt.
 8. Epoxidharz wird mit Füller 404 oder 406 zu erdnußbutterartiger Konsistenz angerührt und auf eine der Klebeflächen aufgetragen. Die Menge muß ausreichen, um alle Unebenheiten auszugleichen. Auch die Löcher und das Gewinde der Schrauben werden eingestrichen.
Gleichermaßen verfährt man mit der Gegenplatte. Da sie aber durch Druck angepreßt wird, ist eine wirkliche Verklebung nicht vorrangig. Aber ein glattes Anliegen ohne Lunker verteilt die Last besser.
 9. Der Beschlag wird nun aufgesetzt und die Schrauben werden vorsichtig eingesteckt. Der Helfer auf der Innenseite schneidet ein X in den Klebestreifen, so daß die Schraube durchgedrückt werden kann, ohne daß viel Epoxidharz verloren geht. Ist die Schraube voll durchgeschoben, wird der Klebestreifen entfernt.
 10. Die Gegenplatte wird nun über die Schrauben geschoben. Die Schrauben werden angezogen, bis das Epoxidharz unter Beschlag und Gegenplatte hervorquillt (Abb. 6-3). Die Muttern sollen nicht übermäßig stark angezogen werden. Überschüssiges Harz kann mit einem Mixstab abgestrichen werden. Klebestreifen und Folie werden entfernt. Nach mindestens 24 Stunden Härungszeit (bei kaltem Wetter auch mehr) werden die Muttern fest angezogen.

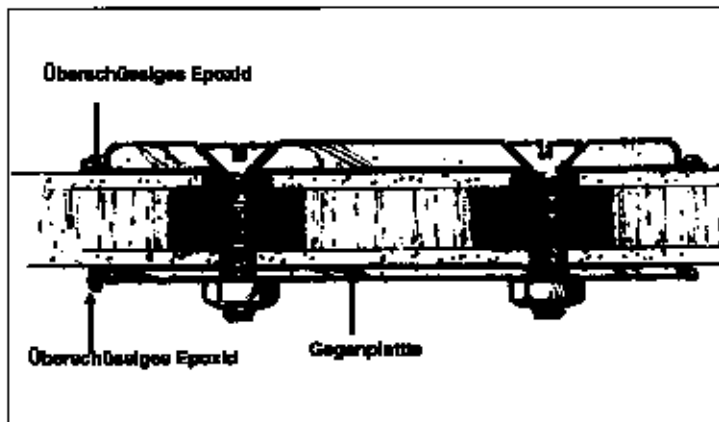


Abb. 6-3 Ziehen Sie die Muttern an, bis Epoxidharz unter dem Beschlag und der Gegenplatte herausquillt.

Manchmal ist es wünschenswert, die Haltekraft eines Beschlags zu verbessern, z.B. Unterlegscheiben durch eine Gegenplatte zu ersetzen. Oftmals waren vom Bootshersteller keine Gegenplatten eingebaut, und der Bereich um den Beschlag herum wurde schon übermäßig beansprucht. Die Belastungsfähigkeit des Beschlags kann verbessert und Spannungsspitzen können abgebaut werden, wenn eine Gegenplatte aus Sperrholz oder Metall in der beschriebenen Weise eingebaut wird.

6.1.2 Befestigung mit Holzschrauben oder selbstschneidenden Schrauben

Werden Beschläge in ein Massiv- oder Sandwichlaminat ohne Gegenplatte verschraubt, muß das Laminat selbst die Haltekraft liefern. Wird die Schraube in Epoxidharz eingebettet, verbessert das die Lastverteilung um den Schraubenbereich. Der Arbeitsablauf ist dann folgender:

1. Der lose Beschlag wird abmontiert. Schmutz, Farbe, dauerelastisches Material u.s.w. werden vom Beschlag und dem Untergrund entfernt. Beide Oberflächen müssen nun sorgfältig mit Lösungsmittel von jeglichen Verunreinigungen gesäubert werden. Bei Sandwichflächen wird die Umgebung des Lochs auf Ablösungen zwischen den Schichten und Kernschäden untersucht und notfalls repariert, bevor der Beschlag wieder befestigt wird (siehe Kap. 4).
2. Die vorhandenen Löcher werden aufgebohrt, um die Verbindungsfläche zwischen Kernschicht und Epoxidharz zu vergrößern. Das kann z.B. der doppelte Schraubendurchmesser sein. Greift die Schraube am unteren Ende noch, wird das neue Loch nur auf 2/3 oder 3/4 der Tiefe eingesenkt. Dadurch kann man die Schraube bei der Montage noch anziehen (Abb. 6-4, links) und den Beschlag bis zum Aushärten des Epoxids fixieren.

Manchmal (z.B. bei einer horizontalen Fläche) reicht die Schwerkraft oder ein zusätzliches Gewicht, um Beschlag und Schraube anzudrücken. Dann sollte das neue Loch auf ganze Schraubentiefe gebohrt werden.

Wenn die Schraube aber greifen und den Beschlag bis zum Aushärten halten soll (z.B. an vertikalen Flächen), und die bisherige Bohrung ist dafür schon zu groß, wird das neue Loch auf Schraubentiefe eingesenkt und die Bohrung zu wenigstens 1/4 oder 1/3 mit Epoxidharz aufgefüllt. Bei senkrechten Flächen oder einer Über-Kopf-Montage wird das Loch zunächst mit Epoxidharz ausgestrichen und dann mit der Mischung aus Epoxid/Füller 404 oder 406, angedickt auf nicht-tropfende Konsistenz, aufgefüllt. Nach dem Aushärten des Harzes kann eine normale Bohrung vorgenommen werden, die die Schraube bei der Montage hält (Abb. 6-4, rechts). Damit das Loch an der richtigen Stelle sitzt, wird der Beschlag vorher zum Anpassen benutzt.

Für die Montage in einem Massivlaminat ist der Arbeitsgang unter Abschnitt 6.1.3 beschrieben.

3. Der Beschlag wird provisorisch angepaßt und seine Konturen werden mit Bleistift markiert.
4. Die Kontur des Beschlags kann nun mit Klebestreifen und Folie abgeklebt werden, um Spritzer zu vermeiden.

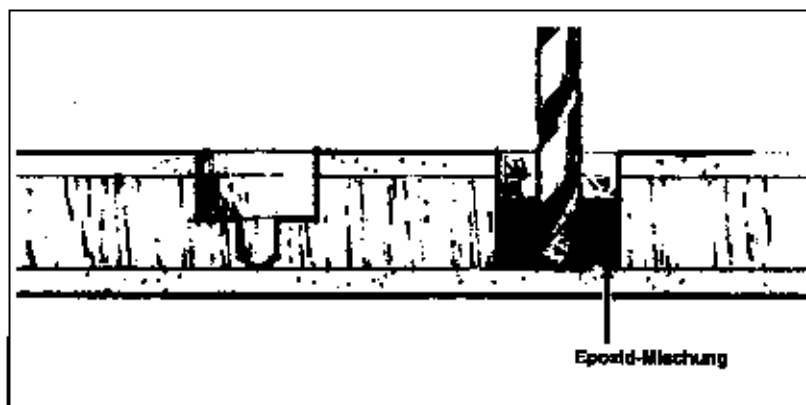


Abb. 6-4 Bohren Sie ein Loch mit großem Übermaß, da wo die Schrauben saßen, um die Haltekraft dieser Buchse zu erhöhen. Ein kleines Loch wird bis unten zentrisch durchgebohrt.

5. Die Anlagefläche des Beschlags wird mit grobem Sandpapier aufgeraut, bis auf das blanke Metall. Die Teile des Beschlags, die nicht verklebt werden sollen, werden mit Klebeband geschützt.
6. Die Kontaktfläche auf Deck, die Innenseite der Löcher, das Gewinde der Schraube und die Unterseite des Beschlags werden mit Epoxidharz eingestrichen. Diese nasse Fläche des Beschlags wird nun nochmals geschliffen, so daß sich das Harz in die Metalloberfläche einarbeitet. Dadurch werden Metall und Epoxidharz ohne jeden Luftzutritt in Kontakt gebracht und jegliche Oxidation verhindert. Für die Vorbehandlung von Aluminium kann Aluminium-Ätzprimer benutzt werden.
7. Epoxidharz wird mit Füller 404 oder 406 zu erdnußbutterartiger Konsistenz angerührt und auf eine der Klebeflächen aufgetragen. Die Menge muß ausreichen, um alle Unebenheiten auszugleichen. Die Schraubengewinde selbst müssen ebenfalls mit Harzmischung eingestrichen sein. Mit einer Spritze oder einem Mixstab füllt man die Löcher mit der angedickten Mischung. Wenn die Schraube eingedreht ist, dürfen im Bohrloch keine Hohlräume mehr vorhanden sein.
8. Der Beschlag wird nun angepaßt und die Schrauben werden angezogen, bis das Harz herausquillt. Die Muttern nicht stark anziehen. (Abb. 6-5).
9. Bevor das Harz zu härten beginnt, muß das überschüssige Harz abgestrichen und das Klebeband oder die Folie entfernt werden.
10. Der Beschlag sollte frühestens nach 24 Stunden belastet werden, bei niedrigen Temperaturen entsprechend später.

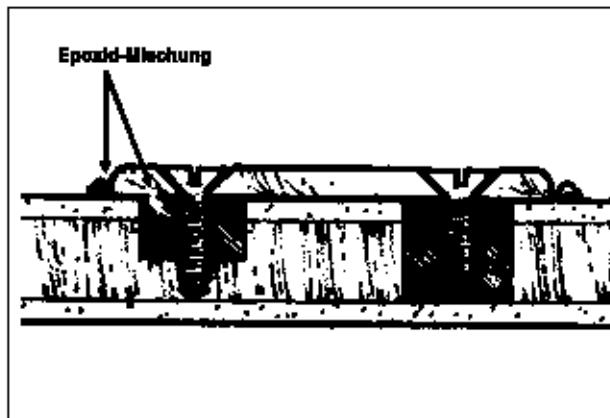


Abb. 6-5 Ziehen Sie die Schrauben an, bis etwas von der Epoxidharzmasse seitlich am Beschlag hervorquillt.

6.1.3 Massivlaminat - von der Rückseite zugänglich

Ein Beschlag, der direkt mit einem Massivlaminat verschraubt ist, hängt ausschließlich von der Haltekraft des Laminats ab. Ist das Loch schon ausgeweitet, kann das Laminat nur schwer die Kräfte der Schraube oder die Belastung des Beschlags aufnehmen. Eine Gegenplatte, die mit der Rückseite verklebt ist, liefert nicht nur die notwendige Haltekraft zum Anpressen des Beschlags, sondern vergrößert auch dessen Lastaufnahmevermögen. Ist die Stelle von innen her zugänglich, kann dort eine Sperrholzplatte eingeklebt werden. Platte oder Block sollten dicker sein als die Schraube lang ist und größer als die Grundplatte des Beschlags. Je größer dieser Block, desto größer ist auch die Fläche, auf die sich die Last verteilt. Wenn der Block eingeklebt ist, folgt man der Arbeitsanweisung nach Abschnitt 6.1.2.

6.1.4 Massivlaminat - von der Rückseite nicht zugänglich

Liegt das ausgeweitete Loch in einem Massivlaminat, das von hinten nicht zugänglich ist, läßt sich die Haltekraft mit einem Pfropfen verbessern. Allerdings sollte dieses Verfahren nicht angewendet werden, wenn große Kräfte übertragen werden müssen.

1. Das Loch wird auf wenigstens 6 mm oder doppelten Schraubendurchmesser aufgebohrt.
2. Aus einem offenzelligen, weichen Schaumstoff wird ein Pfropfen mit mindestens doppeltem Lochdurchmesser Dicke zugepaßt.

3. Der Schaum wird nun satt mit Epoxidharz getränkt und mit einem Nagel oder Stöckchen in das Loch gedrückt, so daß sich der größere Teil Innen befindet (Abb. 6-6).
4. Nach dem Härten des Epoxids wird der Pfropfen oben glatt abgeschnitten und ein kleines Loch gebohrt.
5. Das Loch wird mit Epoxidharz gefüllt, bevor der Beschlag wieder verschraubt wird. Die Haltekraft eines solchen Pfropfens hängt von seiner Tiefe, seiner Ausdehnung und der Epoxidharzmenge im Schaum ab.

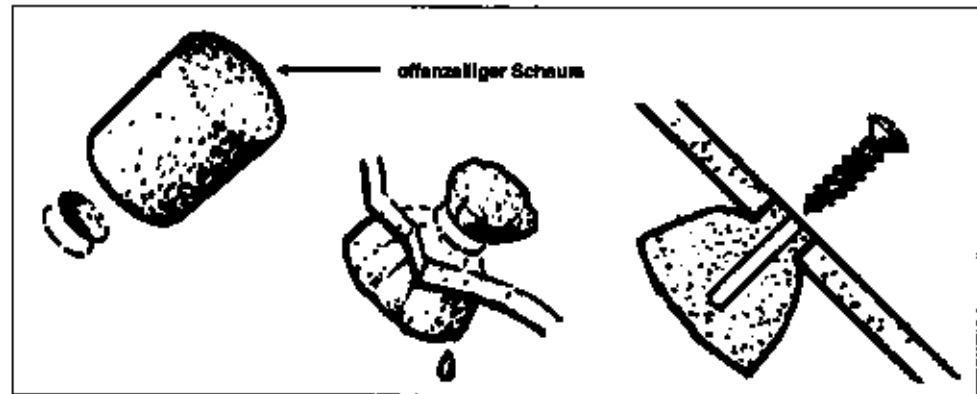


Abb. 6-6 Drücken Sie mit Nagel oder Stöckchen den Schaum durch das Loch und lassen Sie das Epoxidharz gründlich aushärten. Schleifen Sie den Schaum mit der Oberfläche bündig und bohren Sie ein neues Loch in den Schaum.

6.2 Gießen von Beschlagsfundamenten aus Epoxidharz

Manchmal müssen Beschläge in einem bestimmten Winkel zur Rumpf- oder Deckfläche angebracht werden. Die Fundamente für Niederholer, Seerelingsstützen, Winden und Umlenkböcke sind dafür gute Beispiele. Im traditionellen Bootsbau werden entsprechende Blöcke per Hand angefertigt, um die richtige Neigung der Beschläge zu erreichen. Diese Herstellung dieser Holzfundamente erfordert aber viel Zeit und Geschick. Das Eingießen von Beschlägen erspart Zeit und ist dazu noch leichter zu bewerkstelligen. Wichtiger ist jedoch, daß man so ein Fundament erhält, das sehr viel fester und dazu noch wasserdicht ist. Der Arbeitsablauf für solche Fundamente ist folgender:

1. Die zu verklebenden Flächen werden vorbereitet. Deck und Beschlagsunterseite werden mit einem Lösungsmittel gereinigt, das Deck zusätzlich mit 50er Schleifpapier angeraut. Der Beschlag wird dann unten mit einem Trennmittel (z.B. Auto-Hartwachs) versehen.
2. Der Beschlag wird angepaßt, mit Klötzchen oder Keilen hochgebockt und die Kontur in der gewünschten Lage angezeichnet. Oftmals liegt der Beschlag mit einer Kante auf Deck auf. Das ist dann zugleich der Nullpunkt für das schräge Fundament.
3. Die Grundfläche (z.B. Deck) wird mit Ausnahme der Stellen, wo Kelle nötig sind, mit Harzmischung eingestrichen.
4. Hinterfüllen des Beschlags mit Epoxid (Abb. 6-7a). Eine Mischung aus Epoxid/Füller 404 wird auf Erdnußbutter-Konsistenz angerührt. Mit dem Rührstäbchen werden an drei Stellen, gleichmäßig verteilt, Häufchen aufgebracht, so hoch, daß der Beschlag sie beim Aufsetzen zusammendrückt. Nach dem Aushärten des Epoxids ersetzen sie die hölzernen Abstandshalter. Der Beschlag bleibt solange liegen, bis das Epoxid gehärtet ist.
5. Mit leichten Holzhammerschlägen wird der Beschlag dann gelöst. Der Bereich um das Beschlags-Fundament wird gegen Spritzer abgeklebt.
6. Deck und Beschlag werden für den eigentlichen Fundamentguß vorbereitet. Auf Deck wird die Grundfläche gewaschen und angeraut. Der Beschlag wird von unten nochmals mit Trennmittel versehen. Bereiche, die gegen das Harz abgegrenzt werden müssen, werden abgeklebt, das empfiehlt sich ebenfalls für die Schraubenlöcher, damit das Harz beim Auflegen des Beschlage nicht in den Löchern hochquillt.
7. Ausreichend Harzmischung mit Füller 404, von Erdnußbutter-Konsistenz, wird auf die gesamte Fläche aufgetragen. Ist das Fundament dicker als etwa 10 mm, sollte langsamer Härter 206 benutzt werden, um keine übermäßige Erwärmung hervorzurufen.

42 Kleben von Beschlägen

Die Menge sollte reichlich bemessen werden. Alle Hohlräume um die Epoxidhäufchen müssen aufgefüllt werden.

8. Wiederaufsetzen des Beschlags. Der Beschlag wird nun langsam angedrückt, wobei überschüssiges Harz herausquillt. Das wird dann an den Seiten zu einer gefälligen Kehle ausgeformt (Abb. 6-7b). Hier reicht die normale Form einer Spachtelkehle. Zusätzlich benötigte Mischung wird nach Bedarf zugefügt und Hohlräume ausgefüllt. Danach läßt man das Harz aushärten.
9. Der Beschlag wird durch leichte Hammerschläge vom Fundament gelöst. Die Unterseite des Beschlags und das Fundament werden mit Lösungsmittel von Trennmittelresten gesäubert. Beide Flächen werden dann mit 50er Schleifpapier angeraut.
10. Das Fundament wird auf seine endgültige Form geschliffen. 50er Schleifpapier ist dafür geeignet; grobe Unebenheiten werden mit der Feile bearbeitet. Der Endschliff erfolgt mit 80er Papier.
11. Der Beschlag wird nach Beschreibung in Abschnitt 6.1.1 (Abb. 6-7c) verklebt. Übergroße und normale Löcher werden in die Fundamentplatte gebohrt. Danach sollte eine Aushärtezeit von wenigstens 24 Stunden vorgesehen werden, bevor der Beschlag endgültig montiert und belastet wird, bei niedrigen Temperaturen entsprechend mehr. Ein dreimaliger Anstrich von klarem Harz/Härter schießt diese Arbeit ab.

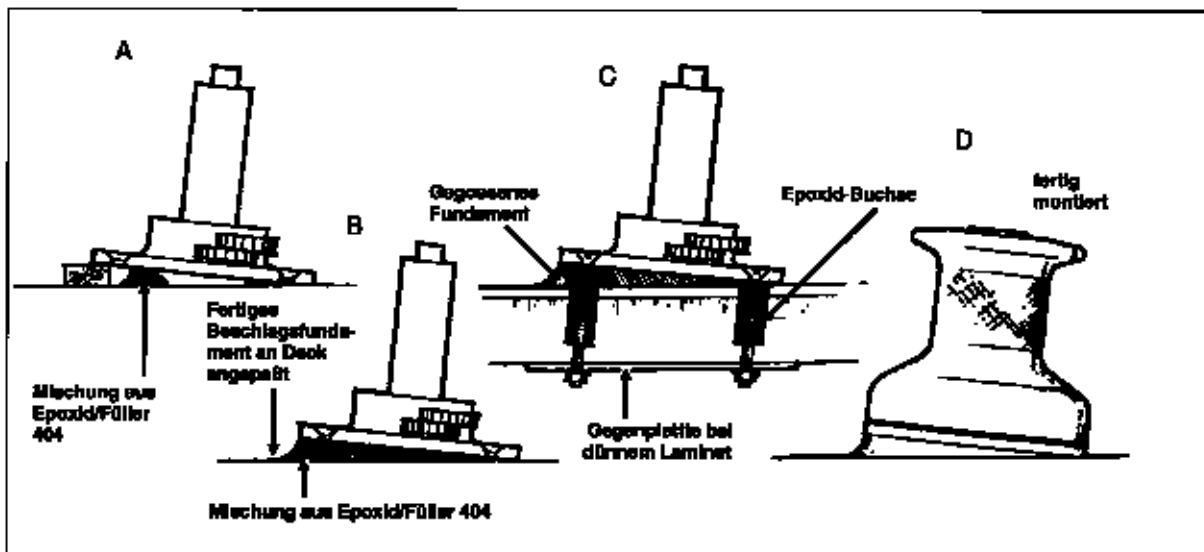


Abb. 6-7 Der Guß von Beschlags-Fundamenten ist eine Variante der Verklebung von Beschlägen, die unter einem bestimmten Winkel zum Deck montiert werden müssen.

6.3 Lösbare Beschläge

Versuche bei Gougeon Brothers, Inc. haben gezeigt, daß beim Einbetten von Schrauben die eigentliche Verklebung nicht so wichtig ist wie die formschlüssige Verankerung des Gewindes im Epoxidharz. Man kann also die Schraube mit einem dünnen Trennmittelfilm versehen, um sie später leichter lösen zu können.

Dauerfestigkeitsversuche an Gewindestangen mit und ohne Trennmittel ergaben, daß die Verbindung einer mit Trennmittel versehenen Schraube nur um 4 - 10 % weniger Dauerfestigkeit aufweist. Ein dünner Film läßt sich in seiner Wirkung dabei besser vorhersagen als ein dicker. Zum Trennen kann man Wachs, Backofenspray oder Haarspray benutzen. Auch wenn die Haltekraft nur wenig beeinträchtigt wird, sollte sie bei der Belastung eines Beschlags doch mit in Betracht gezogen werden. Wir empfehlen daher, soweit wie möglich ohne Trennmittel zu arbeiten.

6.4 Entfernen geklebter Beschläge

Manchmal ist es notwendig, Beschläge wieder zu entfernen. Bei Temperaturen oberhalb 66°C verliert Epoxidharz zunehmend seine mechanische Festigkeit. Das Harz wird weicher, und seine Klebkraft nimmt ab. Diese Eigenschaft kann man sich zunutze machen, um Beschläge zu entfernen.

1. Entfernen der Schrauben. Falls bei der Montage ein Trennmittel verwendet wurde, sollte das Lösen keine Schwierigkeiten bereiten. Sind sie dagegen fest verklebt, muß man Wärme anwenden, z.B. mittels Lötkolben. Dabei erwärmt sich das Epoxid um die Schraube herum, so daß man sie herausdrehen kann.
2. Kurzes Erwärmen des Beschlags mit Propangasflamme. Die Fläche um den Beschlag herum sollte mit nassem Sperrholz abgedeckt werden. Die Wärme sollte den ganzen Beschlag erfassen. Dann wird ein kurzer, scharfer Holzhammerschlag meistens ausreichen, um den Beschlag zu lösen. Wenn das nicht sofort funktioniert, bitte keine Gewalt anwenden. Ein zweiter Versuch ist dann wohl erfolgreich.
3. Der Beschlag wird wieder installiert, indem man den Anweisungen des Abschnitts 6.1.1 oder 6.1.2 folgt. Die Löcher werden genauso gebohrt, als wenn ein neuer Beschlag vorgesehen wäre.

Kapitel 7

Reparatur von Kiel und Ruder

Das dünne Profil, das Kiele und Ruder im Wasser so wirkungsvoll macht, erhöht zugleich ihre Empfindlichkeit gegenüber Beschädigungen, besonders durch Grundberührung. Dieses Kapitel behandelt Probleme, die dadurch an Kiel und Ruder entstehen können.

Moderne, selbstaufrichtende Yachten besitzen entweder Innen- oder Außenballast. Der Kiel mit Außenballast besteht aus einem Gußteil aus Eisen oder Blei, das als Tragflügel ausgebildet ist und unter den Rumpf gebolzt wird. Die Bolzen reichen bis in die Rumpfverbände hinein. Ein Kiel mit Innenballast besteht aus einer eingeformten Sektion des GFK-Rumpfes. Die Kielkontur ist wieder als Tragflügel ausgebildet, ist aber Teil des GFK-Rumpfes mit einer Füllung aus Blei.

7.1 Reparatur von Kielen mit Innenballast

Innenballast hat gegenüber Außenballast Festigkeitsvorteile, aber verursacht auch einige Probleme. Hat eine Yacht mit Innenballast Grundberührung, erleidet die GFK-Haut den größten Teil der Beschädigung. Anders als bei Blei, kann sich das GFK nicht verformen, die Reparatur ist also aufwendiger. Wird der Bleiballast in Barran oder Blöcken eingebracht, ist es schwierig, ihn an die Kontur anzupassen. Es entstehen Hohlräume. Dringt nun Wasser ein, kann das zu Delaminierungen führen, besonders wenn sich Eis bildet, das den Ballast weiter vom Laminat trennt.

Obwohl das Laminat des Kiels meist wesentlich dicker als das des Rumpfes ist, muß es bei einem Schaden genauso repariert werden, wie in Kapitel 3 beschrieben. Der Arbeitsablauf ist folgender:

1. Alles lose oder beschädigte Laminat wird entfernt, so daß solches GFK zutage tritt, mitunter bis auf den Bleikern. Das Laminat wird oval oder rund ausgeschnitten und die Kanten werden etwa 12 : 1 angeschliffen, um eine gute Haftung für das neue Laminat zu bieten. Unbedingt sollte man bei diesen Arbeiten eine Staubmaske tragen!
2. Die Schadensstelle ist auf Hohlräume und Feuchtigkeit zwischen Laminat und Bleiballast hin zu untersuchen. Abklopfen kann helfen, solche Hohlräume zu entdecken. Lunker zwischen Laminat und Bleiballast können recht umfangreich sein und viel Wasser enthalten. Oftmals tropft noch lange Zeit Wasser aus der Schadensstelle. Wo Lunker vermutet werden, sollten etwa 5 mm starke Löcher in das Laminat gebohrt werden. Werden dabei Hohlräume entdeckt, sollten mehrere Löcher in diesem Bereich gebohrt werden, um die Stelle auszutrocknen. Eine Spülung mit Spiritus beschleunigt das Verfahren.
3. Nach dem Trocknen soll der Hohlraum mit einer Mischung aus Epoxidharz und Füller 404 oder 406 aufgefüllt werden, Konsistenz Ketchup. Am einfachsten ist das mittels Druck mit einer 807 Spritze zu erreichen, bei der die Spitze auf den Durchmesser von 5 mm abgeschnitten wurde. Alle Löcher im Laminat werden mit dieser Mischung gefüllt. Das Epoxid muß dann härten. Wenn die Hohlräume erheblich sind, kann man auch eine 810 Leerkartusche benutzen, wie sie für Dichtungsmaterial verwendet wird. Dabei müssen dann die Löcher im Laminat passend aufgebohrt werden. Bei größeren Mengen kann das in mehreren Schritten erfolgen, um keine übermäßige Hitze beim Aushärten hervorzurufen.
4. Die Bleioberfläche sollte behandelt werden, wenn die Verformung erheblich ist. Siehe dazu die Anweisungen in Abschnitt 7.2.
Dazu wird eine Mischung aus Epoxid/Füller 406 in Majonaise-Konsistenz in die

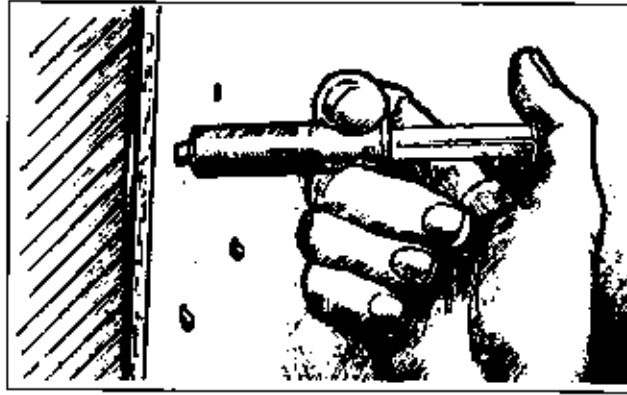


Abb. 7-1 Bohren Sie Löcher von 6 mm Durchmesser in das Laminat, wo Ablösungen zu vermuten sind. Spritzen Sie die Mischung in die Löcher.

Vertiefungen des Bleiballastes eingedrückt. Auch die geschäfteten Kanten werden damit dünn eingestrichen.

6. Die Schadensstelle wird dann neu auflaminiert, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, bevor das angedickte Harz härtet. Die reparierte Stelle wird geschliffen und mit mehreren Lagen Epoxidharz gestrichen. Nach dem vollständigen Aushärten wird noch naß geschliffen und anschließend die Unterwasserfarbe aufgestrichen.

7.2 Untergebolzte Ballastkiele

Einer der Vorteile von untergebolzten Ballastkielen aus Blei besteht darin, daß sie nicht nur ein hohes spezifisches Gewicht haben, sondern auch mit dem Hammer verformbar sind. Bei einer Grundberührung verformt sich das Blei und nimmt so einen Teil der Energie auf. Dadurch wird die Stoßbelastung auf den Rumpf gemindert, und die Gefahr einer Rumpfbeschädigung verringert sich. Die Verformung des Kiels kann aber die Segeleigenschaften der Yacht erheblich beeinträchtigen. Glücklicherweise ist die Reparatur einer solchen Verformung eine ziemlich einfache Aufgabe. Dazu geht man folgendermaßen vor:

1. Die beschädigte Stelle am Kiel muß zugänglich sein. Der Kiel wird mit Heißluftpistole oder Wärmelampe getrocknet.
2. Alles lose Material, also im wesentlichen Blei, wird entfernt. Belag und Verunreinigungen auf der Oberfläche werden mit einer Drahtbürste abgetragen, so daß frisches Blei zutage tritt. Dazu sollte man unbedingt eine Staubmaske tragen!
3. Mit einem balligen Hammer treibt man dann das Blei in Richtung der Vertiefung, möglichst von allen Seiten. Dabei sollte man viele kleine Schläge anwenden, denn zu starkes Verformen kann dazu führen, daß sich wieder Bleistückchen lösen (Abb. 7-2). Mit einiger Erfahrung kann man diese Grenze ganz gut feststellen. Einige Bleilegerungen sind stärker verformbar, andere weniger.

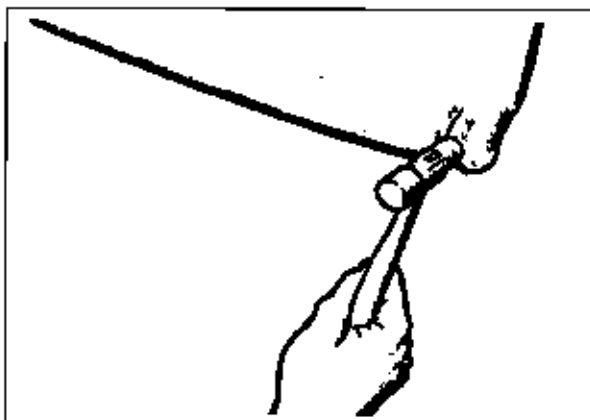


Abb. 7-2 Treiben Sie mit einem Hammer mit balliger Fläche die Verformung des Kiels in die ursprüngliche Form zurück.

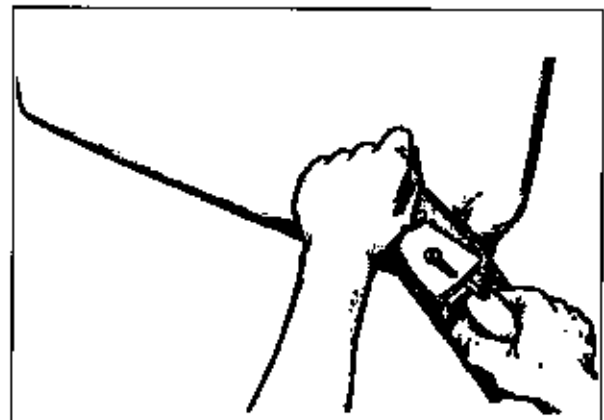


Abb. 7-3 Hobeln oder raspeln Sie den verformten Bereich, nachdem Sie ihn mit dem Hammer soweit wie möglich zurückgetrieben haben.

- Die Schadensstelle wird dann mit Hobel oder Feile soweit wie möglich nachgearbeitet (Abb. 7-3). Muß man größere Teile entfernen, ist ein Hobel, wie wir ihn für die Holzbearbeitung benutzen, das richtige Werkzeug. Dazu wird die Oberfläche mit einem Gleitmittel, z.B. Vaseline, eingerieben. Die Klinge des Hobels wird auf mittlere Tiefe eingestellt. Sie muß scharf sein.
Danach wird die Oberfläche sauber entfettet. Ist das Lösungsmittel abgetrocknet, erfolgt nochmals ein Nacharbeiten mit der Drahtbürste, damit frisches Blei an der Oberfläche liegt.
- Nun wird die Oberfläche mit Epoxidharz eingestrichen und mit der Drahtbürste in die Oberfläche eingearbeitet. Dadurch wird eine Oxidation des Metalls verhindert.
- Die Vertiefungen verspachtelt man mit einer Mischung aus Epoxid und niedrigdichtem Füller 407 in Erdnußbutter-Konsistenz, so daß die ursprüngliche Kielkontur wieder hergestellt wird (Abb. 7-4). Ist die Vertiefung größer als ein Golfball, sollte das Auffüllen in mehreren Schritten vorgenommen werden, um eine zu große Wärmeentwicklung zu vermeiden. Danach muß die Stelle gut durchhärten.
- Mit 50er Schleifpapier auf einem Schleifklotz wird die Oberfläche nachgearbeitet. Mögliche Unebenheiten oder kleine Lunker werden nochmals mit der gleichen Mischung aufgefüllt. Danach wird wieder geschliffen und anschließend der gesamte Bereich mit 3 Lagen Epoxidharz überstrichen. Nach einem weiteren Schliff und entsprechender Härungszeit kann dann die Unterwasserfarbe nach Herstellerangaben aufgetragen werden.

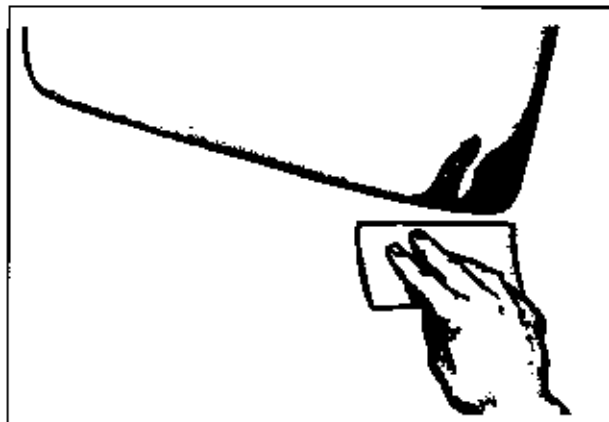


Abb. 7-4 Spachteln Sie die Mischung aus Epoxid / Füller 407 in die Vertiefungen, so daß die Kontur wiederhergestellt ist.

7.3 Schablonen von Kiel und Ruder

Es gibt wenige Boote, bei denen das Unterwasserschiff und damit auch der Kiel genau den vom Konstrukteur vorgegebenen Maßen entspricht. Meistens sind die Toleranzen ausreichend genau. Glücklicherweise erlauben die meisten Klassenvereinigungen dem Bootselgner, Formänderungen nach den Vorgaben des Konstrukteurs vorzunehmen, um die letzten Feinheiten aus der Konstruktion herauszuholen, ohne daß dies als "regelwidrige Änderung" angesehen wird.

Die Form der Kielprofile oder die Aufmaße kann man entweder vom Konstrukteur oder von der Klassenvereinigung erhalten. Wie man mithilfe der Aufmaße die Profile von Kiel und Ruder fertigt, erfahren Sie bei der Technischen Abteilung der M.u.H. von der Linden GmbH. Sinn dieser Arbeit ist es, die Profile von Kiel und Ruder auf die Vorgaben des Konstrukteurs abzustimmen. Die folgende Beschreibung für einen Kiel läßt sich genauso auf ein Ruder übertragen.

- Wir benötigen drei Profile: an der Kielwurzel (also dem Übergang zum Rumpf), in mittlerer Höhe und an Unterkante Kiel. Die Profile werden in voller Größe auf eine 12 mm starke Sperrholzplatte übertragen (Abb. 7-5). Die Profile werden mit Band- oder Stichsäge sauber ausgeschnitten. Mit Schleifpapier wird das exakte Profil hergestellt. Die Mittellinie muß an beiden Enden aufgezeichnet werden. Zusätzlich sollte die Profilkante des Modells mit Epoxidharz versiegelt und richtig glatt geschliffen werden, sobald das Epoxid durchgehärtet ist.
- Die Unterwasserfarbe wird vom Kiel entfernt. Dazu wird die gesamte Oberfläche mit der

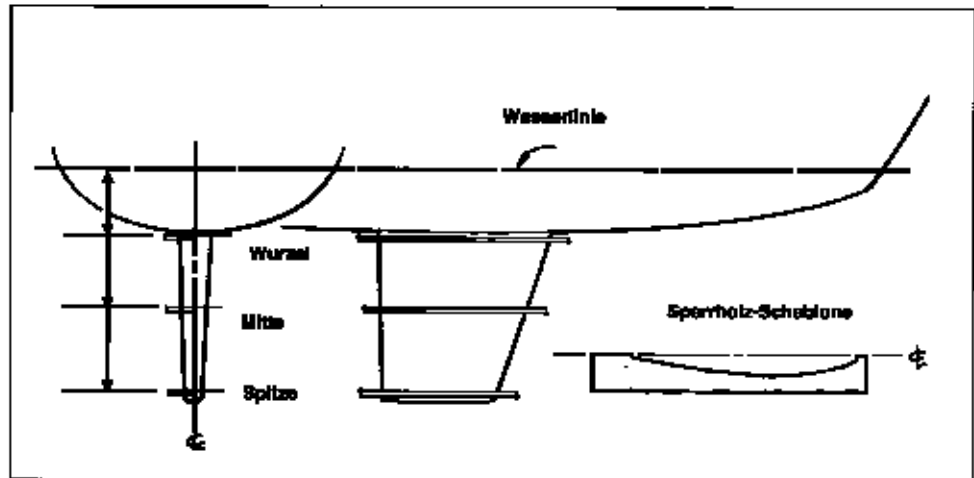


Figure 7-6 Übertragen Sie die Profilformen an Wurzel, Mitte und Spitze des Profils auf ein Stück 12 mm starkes Sperrholz. Zeichnen Sie die Mittellinien auf den Kiel und die Profile.

Drahtbürste bearbeitet, um alle Verunreinigungen zu entfernen und das Blei oder Gußeisen freizulegen. Bei einem GFK-Kiel mit Innenballast muß das gesamte Gelcoat heruntergeschliffen werden, bis auf das nackte Laminat. Mit Heißluftpistole, Föhn oder Wärmelampe wird der Kiel getrocknet. Die Mittellinie des Kiels wird vorne und meistens auch hinten angezeichnet.

Die Positionen der 3 Schablonen werden ebenfalls auf beiden Seiten des Kiels angezeichnet. Legt man die Profile an, kann man sowohl eventuelle Erhöhungen erkennen wie auch die Menge Spachtelmasse zum Auffüllen an den drei Positionen abschätzen. Erhöhungen müssen abgeschliffen oder abgehobelt werden.

3. Der Kiel wird nun mit Epoxidharz eingestrichen. Bei Blei- oder Gußeisenkielen arbeitet man das Harz mit der Drahtbürste ein, um eine gute Verbindung zwischen Harz und Metall herzustellen. Das Harz muß dann gellieren.
4. Nun wird an den Profiletellen ein 30 bis 50 mm breiter Streifen mit Epoxidspachtel, gemischt aus Epoxidharz und Füller 407 in Erdnußbutter-Konsistenz aufgetragen. Mit einem Kunststoffspachtel wird dieser Streifen etwas dicker aufgelegt als es das Profil verlangt. Mit der Schablone wird die Masse auf Ihr Maß eingedrückt. Wie weit die Schablone angedrückt werden muß, ergibt sich aus den Mittellinien von Kiel und Schablone, die sich treffen müssen (Abb. 7-6). Die Schablone wird vorsichtig abgenommen, damit der Abdruck nicht zerstört wird. Dann läßt man das Harz aushärten.
5. Das überschüssige Material neben den Profileindrücken wird nun abgeschliffen, ohne daß die Profile verletzt werden. Es bleiben also nur die drei neuen Profile stehen.
6. Der Zwischenraum zwischen den Profilen wird dann ebenfalls mit der Mischung aus Epoxidharz/Füller 407 aufgefüllt. Auch diese Schicht sollte wieder etwas dicker sein als durch die Profile vorgegeben. Nun wird mit einer geraden Latte, die etwa 50 x 25 mm messen sollte und so lang ist wie der Kiel tief, das überschüssige Material abgezogen (Abb. 7-7). Die Fläche wird nochmals glatt abgezogen, bevor das Harz zu gellieren beginnt. Um die Arbeit nicht unter Zeitdruck vornehmen zu müssen, sollte man den langsamen Härter 206 benutzen oder jeweils nur eine Seite zur Zeit bearbeiten. Die Spachtelmasse muß nun durchhärten.
7. Schleifen Sie nun die gespachtelten Flächen. Mit den Schablonen und der Straklatte wird die Kielkontur dabei öfter überprüft. Vorsprünge werden abgeschliffen, Vertiefungen nochmals mit der gleichen Mischung nachgespachtelt. Nach dem Aushärten wird geschliffen, bis die Fläche glatt ist und die Profile den Aufmaßen entsprechen.
8. Die zweite Seite des Kiels wird in gleicher Weise bearbeitet. Danach wird der Kiel mit drei Epoxidharz-Anstrichen versehen. Nach dem vollständigen Aushärten und einem letzten Schliff kann dann die Unterwasserfarbe gestrichen werden.

Eine Variante des beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß man die gesamte Fläche mit Spachtelmasse auffüllt und dann in diese die Profile eingedrückt werden. Die gesamte Fläche wird dann in einem Arbeitsgang mithilfe eines Richtschells heruntergeschliffen. Dadurch wird die Anzahl der Arbeitsschritte verringert, aber sie erfordert mehr Schleifarbeit. Sie ist daher für kleine Flächen und Ruder besser geeignet.

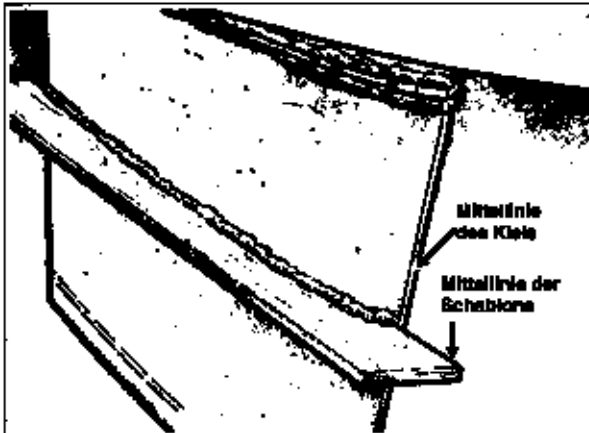


Abb. 7-6 Drücken Sie die Profile in die Epoxidmischung. Nach dem Aushärten des Epoxids schleifen Sie die hervorgequollene Harzmischung glatt.

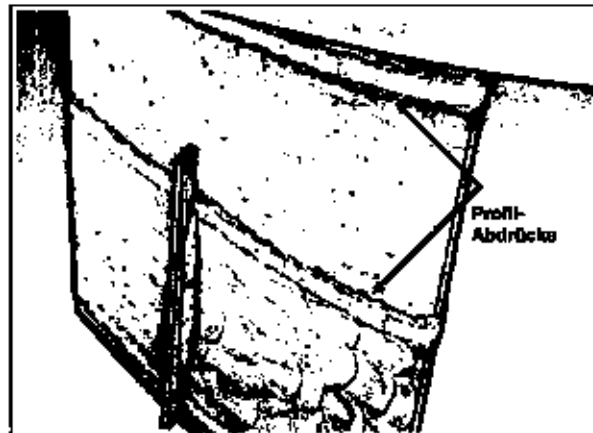


Abb. 7-7 Ziehen Sie mit einem Richteck die frische Epoxidharz auf den Flächen zwischen den Profilabdrücken glatt, wobei Sie diese als Anschlag benutzen.

7.4 Reparieren ausgeschlagener Ruderlager

Ein Schwachpunkt bei allen Segelyachten mit Spatenruder sind die Ruderlager. Ausgeschlagene Ruderlager können unsaubere oder ruckartige Ruderbewegungen zur Folge haben, wenn nämlich die Ruderachse von einer Seite des ausgeschlagenen Lagers zur anderen übergeht. Verbrauchte Ruderlager verhindern aber auch das Gefühl für die Ruderbewegungen, und gerade sie braucht der Rudergänger beim Rennsegeln. Bei den meisten Rudern dreht die Ruderachse direkt im GFK-Koker (Abb.7-8). Einige Bootsbauer bauen Lager aus Polyamid ein, um weniger Reibung und Abrieb zu erreichen. Aber die großen Ruderkräfte werden auch diese Lager im Laufe der Zeit ausschlagen lassen. Dieses Kapitel beschreibt, wie man eine saubere Führung des Ruderschafts erreicht, indem man die Ruderachse mit einer neuen langlebigen Buchse aus Epoxid und Graphitpulver ummantelt.

Am leichtesten stellt man den Grad des Lagerspiels fest, wenn das Boot auf dem Trockenen steht. Dazu faßt man das Ruder am unteren Ende an und bewegt es hin und her. Man sieht, wie weit es sich seitlich bewegt und hört auch, wie die Achse auf den Seiten des Lagers anschlägt. Bei genauer Betrachtung läßt sich feststellen, ob die Bewegungen im unteren, oberen oder in beiden Lagern liegen.

1. Das Ruder wird ausgebaut und der Schaft mit einem Lösungsmittel von Öl und Fett gereinigt. Der Ruderschaft wird dann auf Unrundungen oder Biegungen hin untersucht. Wenn solche Verformungen zu erkennen sind, muß man ihn in einer Fachwerkstatt richten und eventuell nachdrehen lassen. Zusätzlich muß man feststellen, ob die Oberfläche des Schaftes Kirken oder Dellen aufweist. Alle erhabenen und rauen Stellen werden mit feinem Schleifpapier behandelt. Je glatter der Schaft, desto geringer

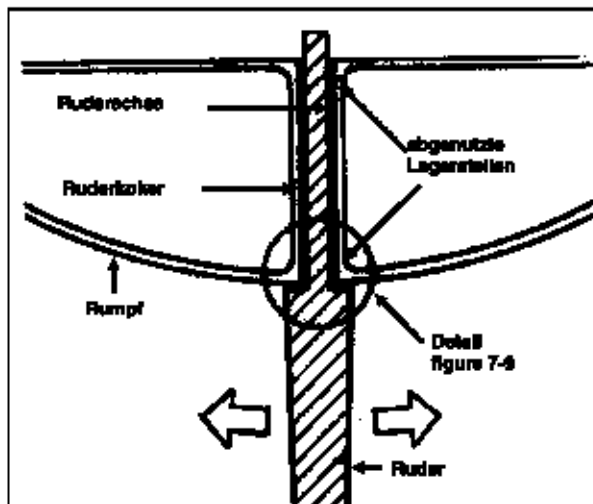


Abb. 7-8 Die meisten Ruderachsen liegen direkt am GFK-Laminat des Kokers an. Die hohen Ruderdrücke schleifen dabei das Laminat ab.

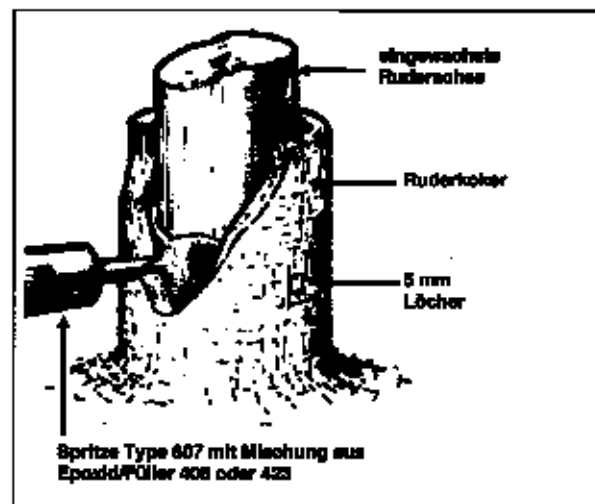


Abb. 7-9 Spritzen Sie ausreichend Epoxid mit Füller 406 oder 423 in die 5 mm großen Löcher, um den Hohlraum um die Ruderachse auszufüllen.

wird später der Abrieb im Lager sein. Wenn der Schaft Deilen oder Schürfstellen aufweist, die zu tief zum Ausschleifen sind, sollten sie mit einer Mischung aus Epoxid und Quarzmehl 406 aufgefüllt werden, entsprechend den Arbeitsanweisungen in Kapitel 6.

2. Die Ruderlager werden nun mit Lösungsmittel von Fett- und Ölspuren gereinigt und anschließend mit einem groben Sandpapier aufgeraut. In Höhe der beiden Lager werden dann jeweils 3 Löcher von 5 mm Durchmesser durch den Ruderkoker gebohrt (Abb. 7-9). Durch diese Öffnungen kann das angedickte Epoxidharz eingespritzt werden, um neue Lagerflächen herzustellen. Dazu wird eine 807 Spritze soweit abgeschnitten, daß die Tülle fest in die Bohrlöcher paßt. Dadurch erreicht man, daß die Epoxidmischung unter Druck in den Hohlraum zwischen Ruderschaft und Lager eingespritzt werden kann.
3. Der Ruderschaft wird dreimal mit einem Trennwachs eingerieben, so daß die Oberfläche nicht festkleben kann.
Das Ruder wird dann wieder in die Lager eingeführt und ausgerichtet. Dazu kann man gut die Kleiflucht als Anhalt nehmen. Das Ruder wird dann gegen erneutes Verkanten gesichert.
4. Das neue Lagermaterial besteht aus einer Mischung von Epoxidharz, dem zu gleichen Teilen Quarzmehl 406 und Graphitpulver 423 beigegeben wird. Majonaise-Konsistenz ist hierfür richtig, um ein Herauslaufen zu verhindern. Die Mischung wird dann in die Spritze gefüllt.
5. Es soll nun soviel von der Mischung eingespritzt werden, daß die neue Lagerfläche wenigstens 50 mm hoch ist. Läuft bei diesem Vorgang doch etwas von der Mischung heraus, hilft es, den Schaft unten mit Klebestreifen abzudichten. Das Harz soll danach gut aushärten.
6. Danach wird der Ruderschaft losgebrochen, indem man das Ruderblatt dreht. Falls die Lager nun doch zu fest sind, so daß sich das Ruder nicht leicht drehen läßt (was nicht typisch ist), wird das Ruder wieder gezogen und an den Lagerflächen mit Polierpaste nachgearbeitet. Nach erneutem Einbau wird das Spiel wieder geprüft, das jetzt ausreichend sein sollte.
Noch einmal wird das Ruder gezogen und von allen Resten von Fett und Polierpaste befreit. Die Lagerflächen werden mit einem wasserfesten Fett eingerieben, und das Ruder wird nun endgültig montiert.
Diese Technik eignet sich für die Wiederherstellung von Lagerflächen sehr unterschiedlicher Anwendungen. Die Mischung aus Epoxidharz, Quarzmehl 406 und Graphitpulver 423 ergibt eine sehr harte Oberfläche mit geringer Reibung. Wie lange ein so repariertes Lager hält, hängt sehr davon ab, wie glatt die Oberfläche der Achse ist.

Kapitel 8

Standard-Verfahren

Dieses Kapitel soll Ihnen helfen, die einzelnen WEST SYSTEM Produkte kennenzulernen und sie sicher zu handhaben. Zusätzlich werden Grundfertigkeiten und Standard-Verfahren beschrieben, die für Reparaturen in diesem Buch empfohlen werden.

8.1 Die Sicherheit

WEST SYSTEM 105 Harz alleine verursacht kaum jemals Hautreizungen. WEST SYSTEM Härter dagegen werden als Auslöser für Haut-Empfindlichkeiten und -Reizungen angesehen. Ihre toxische Wirkung verringert sich aber erheblich, wenn sie mit dem 105 Harz im richtigen Verhältnis gemischt sind. Aber auch dann sollen einige sinnvolle Arbeitsregeln eingehalten werden. Wir empfehlen daher, die folgenden Vorsichtsmaßnahmen strikt zu befolgen.

8.1.1 Vorsichtsmaßnahmen

1. Vermeiden Sie jeden Hautkontakt mit Harz, Härter, angemischtem Epoxidharz oder Lösungsmitteln. Tragen Sie Schutzkleidung und Plastik-Handschuhe beim Umgang mit WEST SYSTEM Materialien. Eine Hautcreme verleiht zusätzlichen Schutz. Benutzen Sie ausschließlich ein wasserfreies Reinigungsmittel, um Epoxid von der Haut zu entfernen; niemals Lösungsmittel. Wenn Ihre Haut mit Epoxidharz, Härter oder Lösungsmittel in Berührung gekommen ist, waschen Sie die Stellen gründlich mit Wasser und Seife.
2. Schützen Sie Ihre Augen beim Umgang mit Harz, Härter, angemischtem Epoxidharz oder Lösungsmitteln durch das Tragen einer Schutzbrille. Falls einmal Spritzer ins Auge gelangen, sollte mindestens 15 Minuten lang mit reichlich Wasser unter leichtem Druck gespült werden. Wenn dann noch Beschwerden zurückbleiben, sollte man einen Arzt aufsuchen.
3. Vermeiden Sie das Einatmen von Dämpfen. Benutzen Sie Epoxidharz nur, wenn ausreichende Lüftung gewährleistet ist. In eng begrenzten Räumen, z.B. im Innern eines Bootes, sollte sowohl Be- wie auch Entlüftung sichergestellt sein. Beim Schleifen von Epoxidharz muß eine Schutzmaske getragen werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn das Harz weniger als eine Woche aushärten konnte.
4. Wenn es zu Hautrötungen kommt, sollte die Arbeit mit Epoxidharz eingestellt werden. Nehmen Sie die Arbeiten erst wieder auf, wenn die Rötung verschwunden ist, im allgemeinen nach drei oder vier Tagen. Verbessern Sie die Schutzmaßnahmen, wenn Sie die Arbeit wieder aufnehmen und vermeiden Sie Hautkontakt mit Harz, Härter, angemischtem Epoxidharz, wie auch mit deren Dämpfen. Falls die Beschwerden anhalten, sollte ein Arzt aufgesucht werden.
5. Benutzen Sie keine Maschinenwerkzeuge und steigen Sie nicht auf eine Leiter, wenn Sie in einem begrenzten Raum mit Lösungsmitteln gearbeitet haben. Stellen sich Anzeichen von Müdigkeit ein oder fühlen Sie sich "benebelt" oder "high" nach der Benutzung von Lösungsmitteln, gehen Sie sofort an die frische Luft.
6. Wenn kleine Mengen Harz auf die Kleidung kommen, sollte man den Arbeitsanzug wechseln. Entfernen Sie Spritzer mit Spachtel und Papiertüchern. Dabei sollte möglichst viel Harz schon mit dem Spachtel entfernt werden, bevor Sie zum Papiertuch greifen. Größere Mengen von verschüttetem Material lassen sich mit Sand oder anderem saugfähigen Material abbinden. Reste an der Oberfläche können dann mit Aceton,

Lack-Verdünner, Reinigungslösung 855 oder dem wasserfreien Handreinigungsmittel entfernt werden. Aufgefangenes Harz oder Härter lassen sich zur Wiederverwendung filtern.

7. Harz- und Härterreste sowie leere Gebinde sollten mit Umsicht entsorgt werden. Bevor Harz- und Härtergefäße in den Müll gegeben werden, sollten sie an den Ecken eingestochen werden, damit die noch flüssigen Reste auslaufen und wiederverwendet werden können. Harz und Härter dürfen nicht im flüssigen Zustand in den Müll gegeben werden. Eventuelle Reste lassen sich mischen und so verfestigen. Gefäße mit angemischtem Epoxidharz, das nicht mehr verbraucht werden kann, sollten ins Freie gebracht werden, um übermäßige Erwärmung, Dämpfe und möglicherweise Selbstentzündung zu vermeiden. Entsorgen Sie die Reste erst, wenn sie ausgehärtet sind und sich abgekühlt haben. Halten Sie sich dabei an die jeweils gültigen Umweltschutz- und Abfallvorschriften.

Falls Sie noch weitere Informationen zum sicheren Umgang benötigen, schreiben Sie an:

M.u.H. von der Linden GmbH

Postfach 100 262

D-48463 Wessel

8.2 Epoxidharz-Produkte

Dieses Kapitel befaßt sich mit der Beschreibung von WEST SYSTEM Epoxidharz, Härter, Füllstoffen und sonstigen Zuschlägen, auf die in diesem Handbuch Bezug genommen wird. Die gesamte Palette der WEST SYSTEM Produkte einschließlich Verstärkungsmaterialien, Werkzeugen und Bezugsquellen siehe "WEST SYSTEM Produktübersicht".

8.2.1 Harz und Härter

WEST SYSTEM 105 Epoxidharz härtet als fester Kunststoff aus, wenn er im richtigen Verhältnis mit einem der vier verschiedenen Härter gemischt wird. Die Wahl des Härters hängt im wesentlichen vom Temperaturbereich ab, in dem die Verarbeitung vorgenommen wird.

105 Harz - Dieses Harz ist ein klares, bernsteinfarbendes Epoxidharz niedriger Viskosität, das in einem sehr weiten Temperaturbereich härtet und dabei einen festen Kunststoff mit hervorragenden Kohäsionseigenschaften bildet, der hoch zähfest ist, als ausgezeichneter Kleber und zugleich als außerordentlich gute Dampfsperre wirkt. Für die Härtung wurden zwei Gruppen von WEST SYSTEM Härtern formuliert. Die Typen 205 und 208 werden im Verhältnis 5 Teile Harz zu 1 Teil Härter gemischt. Bei den Härtern 207 und 209 beträgt das Mischungsverhältnis 3:1.

Härter mit Mischungsverhältnis 5:1

205 Schneller Härter - Wird in der Mehrzahl der Fälle verwendet, in denen bei niedrigen Temperaturen gearbeitet wird und das Harz bei Raumtemperatur schnell seine hohen mechanischen Festigkeiten erreichen soll. Die Mischung aus 105 Harz und 205 Schnellhärter hat eine Topfzeit von 10 bis 15 Minuten bei 25°C. Das Harz härtet

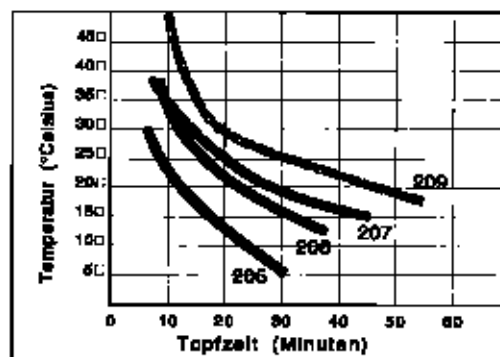


Abb. 8-1 Vergleich der Topfzeit verschiedener Härter bei gegebener Temperatur. 100g - Gemisch mit 105 Harz.

dann in 5 bis 7 Stunden bei 25°C aus und erreicht seine höchste Festigkeit innerhalb weniger Tage. Man sollte den 205 Härter nicht unterhalb einer Umgebungstemperatur von 4°C verwenden, da es dann zu einer unzureichenden Härtung kommen kann.

206 Langsamer Härter - Wird benutzt, wenn die Temperatur hoch ist oder aus sonstigen Gründen eine längere offene Zeit gewünscht wird. Die Topfzeit bei 25°C beträgt 25 bis 30 Minuten. Die Mischung härtet innerhalb von 9 Stunden aus und erreicht ihre Endfestigkeit in einigen Tagen. Unterhalb einer Umgebungstemperatur von 15°C sollte man diesen Härter nicht benutzen, da es durch unzureichende Aushärtung zu verringerten mechanischen Kennwerten kommen kann.

Härter mit Mischungsverhältnis 3:1

207 Spezial-Beschichtungshärter - Wenn eine klarlackierte Oberfläche vorgesehen ist, besonders bei hoher Luftfeuchtigkeit, ist dieses der richtige Härter. Der 207 Härter enthält einen UV-Stabilisator, aber für langanhaltende UV-Bestrahlung muß die Oberfläche durch eine transparente oder eingefärbte Lackierung geschützt werden. Die Mischung hat eine Topfzeit von 25 bis 30 Minuten bei 25°C und härtet in 9 bis 12 Stunden aus. Die Endfestigkeit wird innerhalb 4 bis 7 Tagen erreicht. Unterhalb einer Umgebungstemperatur von 18°C sollte man diesen Härter nicht verwenden, da es durch unzureichende Härtung zu verringerten mechanischen Kennwerten kommen kann.

209 Spezial-Tropen-Härter - Dieser Härter wird für das Verkleben wie auch für Beschichtungen unter besonders warmen und/oder feuchten Umgebungsbedingungen benutzt. Härter 209 hat etwa die doppelte Topf- und Verarbeitungszeit wie der 206 Langsame Härter und ausreichende offene Zeit bis zu etwa 43°C. Man kann ihn auch bei Raumtemperatur verwenden, wenn lange Topf- und Verarbeitungszeiten erforderlich sind. Bei 25°C liegt die Topfzeit bei etwa 50 bis 60 Minuten, die Härtung erfolgt bei gleicher Temperatur in 20 bis 24 Stunden, bei 35°C in 6 bis 8 Stunden. Die Härtung läuft dann noch 4 bis 9 Tage weiter. Es wird empfohlen, diesen Härter nicht bei Temperaturen unter 18°C zu verwenden, da es sonst aufgrund unzureichender Härtung zu verringerten mechanischen Festigkeitswerten kommen kann.

Siehe auch Anhang A, in dem die Verbrauchsmengen für verschiedene Harz/Härter-Kombinationen angegeben sind.

8.2.2 Füller und Zuschlagsstoffe

Füller werden verwendet, um die Harz/Härter-Mischung für spezielle Anwendungen einzustellen. Jeder Füller besitzt eine Reihe ganz spezifischer Eigenschaften, aber insgesamt können die Füllstoffe in hochdichte und niedrigdichte eingeteilt werden.

Hochdichte Füller

403 Microfiber (Kurzfasern) - Dieses ist eine Mischung aus Fasern, die man zum Andicken des Epoxidharzes für allgemeine Verklebungen und zum Füllen von Lunkern benutzt. Epoxidharz mit 403 Fasern eignen sich besonders gut zum Füllen von Fugen, die Mischung hat eine sehr gute Festigkeit bei den meisten Klebungen, ohne daß die Benetzung der Oberfläche beeinträchtigt wird. Mikrofasern sichern einen hundertprozentigen Verbund bei nicht fest aufeinanderliegenden Bauteilen. Die Mischung härtet in gebrochen weißem Farbton aus.

404 Hochdichter/Hochfester Füller - Dieser Füller wurde insbesondere für die Unterfütterung und Verbindung von Beschlägen entwickelt, bei denen hohe Wechselbelastungen erwartet werden. Der Füller wird aber auch dort verwendet, wo Fugen oder Spachtelkehlen eine besonders hohe Lastaufnahme erfordern. Die Mischung härtet in gebrochen weißem Farbton aus.

405 Spachtelmischung - Ein fester Füller in Holzton, der für Verklebungen und Spachtelkehlen für naturlackierte Flächen besonders im Innenbereich von Yachten verwendet wird. Der Füllstoff läßt sich leicht untermischen und erfordert nur geringe Schleifarbeit. Er härtet in einem braunen Farbton aus und eignet sich, um andere WEST SYSTEM Füllstoffe einzufärben.

406 Quarzmehl (Colloidal Silica) - Ein extrem feiner Füllstoff, der für das Auffüllen von Fugen, hochfeste Verklebungen und Spachtelkehlen benutzt wird. Dies ist der wohl vielseitigste und praktischste Füllstoff überhaupt und wird in unserem Betrieb daher am meisten verwendet. Der Füller kann für sich oder in Verbindung mit anderen Füllstoffen benutzt werden, um die Bearbeitung und auch die Oberflächenglätte zu verbessern. Härtet gebrochen weiß aus.

Niedrigdichte Füller

407 Niedrigdichter Füller - Eine Mischung auf der Basis von Mikrokügelchen, die für die Herstellung von Spachtelmassen benutzt wird, die sich leicht schleifen und

modellieren lassen und doch eine gute Festigkeit im Verhältnis zum Gewicht haben. Härtet dunkel rotbraun aus.

410 Microlight - Der ideale niedrigdichte Füller, um eine sehr leichte und leicht zu bearbeitende Spachtelmasse herzustellen. Der Füller ist leicht zu verarbeiten, mischt sich noch besser als 407, ist erheblich leichter zu schleifen und daher für Schleifarbeiten wirtschaftlicher. 410 Microlight wird auf Basis eines Thermoplasts hergestellt und wird daher nicht für Arbeiten unter dunklen Oberflächen oder allgemein bei höheren Temperaturen des Fertigteils empfohlen. Härtet in leicht bräunlichem Farbton aus.

Hinweise für Mischungsverhältnisse finden Sie in Anhang A.

8.3 Die Handhabung von Epoxidharz

Beim Mischen von Epoxidharz und Härter beginnt eine chemische Reaktion, die die Komponenten aus dem flüssigen in den festen Zustand überführt. Um das zu erreichen, ist ein genaues Abmessen und gründliches Mischen unbedingt notwendig. Ob nun die Harz/Härter-Mischung als Überzug aufgebracht wird oder mit Füllstoffen oder Zuschlägen modifiziert wird, die folgenden Hinweise sollten unbedingt befolgt werden, so daß eine vollständige und gründliche chemische Umwandlung in ein hochfestes, hartes Epoxidharz erreicht wird.

8.3.1 Das Dosieren

Wenn Schwierigkeiten bei der Härtung von Epoxidharz auftreten, läßt sich das meist auf ein falsches Harz/Härter-Verhältnis zurückführen. Um das Dosieren zu vereinfachen, empfehlen wir die eingestellten WEST SYSTEM Minipumpen für das Dosieren von Harz und Härter.

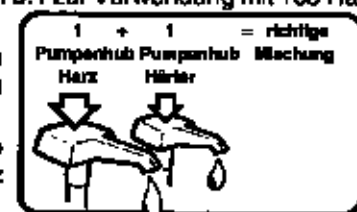
Mischen Sie WEST SYSTEM Harz und Härter in einem sauberen Mischbecher aus Plastik, Metall oder Pappe an. Benutzen Sie keine Gefäße aus Glas oder Schaumstoff, da die exotherme Reaktion Wärme entwickeln kann.

Minipumpen

301 Minipumpen geben ein Mischungsverhältnis von 5:1 zur Verwendung mit 105 Harz und 205 oder 206 Härter ab.

303 Spezial-Minipumpen liefern ein Mischungsverhältnis von 3:1 bei Verwendung von 105 Harz mit 207 oder 209 Härter.

Beide Pumpen liefern jeweils das richtige Mischungsverhältnis bei je einem Pumpenhub Harz und Härter.



Bevor Sie mit der eigentlichen Arbeit beginnen, stellen Sie das richtige Mischungsverhältnis anhand der den Pumpen beiliegenden Gebrauchsanweisung sicher. Gibt es im Laufe der Arbeiten Probleme mit der Härtung, überprüfen Sie das Mischungsverhältnis nochmals.

Dosierung nach Gewicht/Volumen

Werden Epoxidharz 105 und Härter 205 oder 206 nach Gewicht dosiert, mischen Sie 5 Teile Harz mit 1 Teil Härter an.

Bei der Mischung von Harz 105 und Härtern 207 oder 209 ist das Verhältnis 3 Gewichtsteile Harz zu 1 Gewichtsteil Härter.

8.3.2 Das Mischen

Das fehlerfreie Anmischen von Epoxidharz erfolgt in drei Schritten:

1. Harz und Härter werden im richtigen Mischungsverhältnis in ein Gefäß gefüllt. Fangen Sie mit einer kleinen Menge an, wenn Sie mit Topfzeit oder Ergiebigkeit von Epoxidharz nicht vertraut sind.
2. Verrühren Sie die beiden Komponenten mit einem Holzstab gründlich (etwa 1 bis 2 Minuten). Dabei sollten Boden und Seiten des Gefäßes immer wieder abgestrichen werden. Benutzen Sie die flache Seite des Rührstäbchens, um die Kanten des Gefäßes zu erreichen.
3. Fügen Sie Füller, Additive und Pigmente in der entsprechenden Menge zu. Auch wenn Sie mit einer Ausrollwanne arbeiten wollen, sollten Sie das Harz zunächst in einem höheren Gefäß anmischen und dann erst in die Wanne umgießen. Benutzen Sie zum Mischen keine elektrischen Rührer, es sei denn, daß Sie während des Mischens mit einem Rührstab auch die Kanten abstreifen.

Achtung! Durch den chemischen Härtungsvorgang wird Wärme freigesetzt. Wenn man

die Mischung lange genug in einem Plastikbecher stehen läßt, kann die Wärme diesen zum Schmelzen bringen. Falls ein voller Becher sich aufzuheizen beginnt, muß er sofort ins Freie gebracht werden. Dabei nicht die Dämpfe einatmen! Erst nach Abkühlen und Aushärten darf das Harz in den Abfallbehälter gegeben werden.

8.3.3 Die Härtung

Die Übergangszeit einer Epoxidharzmischung vom flüssigen in den festen Zustand bezeichnet man als Härtungszeit. Sie läßt sich in drei Phasen gliedern - offene Zeit oder Laminierzeit (flüssiger Zustand), Ersthärtung (Gelierzeit) und Endhärtung (fester Zustand). Der zeitliche Ablauf der Reaktion (und die Länge der einzelnen Phasen wie auch der gesamten Härtungszeit) hängen sehr von der Umgebungstemperatur ab.

1. **Offene Zeit**
Die offene Zeit oder Laminierzeit ist der Zeitraum, in dem sich die Mischung verarbeiten läßt. Es ist die Zeit, die nach dem Innigen Mischen bleibt, in der die Harz/Härter-Mischung flüssig bleibt und damit für die verschiedenen Aufgaben verarbeitet werden kann. Das Ende der offenen Zeit ist auch der Zeitpunkt, zu dem Anpreßdruck aufgebaut werden muß, um eine gute Verbindung zu erhalten.
2. **Die Ersthärtung**
Die Topfzeit ist zuende, wenn die Mischung in den Zustand der Ersthärtung übergeht (manchmal auch als grüne Phase bezeichnet) und den Gelierzustand erreicht. In diesem Zustand ist das Epoxidharz klebfrei, läßt sich aber noch mit dem Daumennagel eindrücken. Es kann jetzt schon mit Feile oder Hobel bearbeitet werden. Aber es ist noch zu weich zum Schleifen. Da die Mischung nur teilweise gehärtet ist, kann sich Epoxidharz, das jetzt aufgetragen wird, noch chemisch mit dem Untergrund verbinden, es ist also kein Zwischenschliff notwendig.
3. **Die Endhärtung**
Zum Ende der Härtungszeit ist das Epoxidharz in einem festen Zustand, man kann es jetzt schleifen und weiter bearbeiten. Es läßt sich nun auch nicht mehr mit dem Daumennagel eindrücken. Zu diesem Zeitpunkt hat das Harz etwa 90 % seiner Endfestigkeit erreicht, man kann also Schraubzwingen entfernen. Bei Raumtemperatur läuft der Härtungsvorgang noch einige Tage weiter. Wird nun frisches Epoxidharz aufgetragen, kann es sich nicht mehr chemisch mit dem Untergrund verbinden, die Oberfläche muß also zunächst angeschliffen werden, um das neue Harz mechanisch zu verankern.

8.3.4 Die Kontrolle der Härtungszeit

Die Wahl der Harz/Härter-Kombination kann sowohl nach der Härtungszeit wie auch nach der Topfzeit erfolgen.

Topfzeit ist ein Begriff, der benutzt wird, um unterschiedliche Reaktionsgeschwindigkeiten für verschiedene Harz/Härter-Kombinationen zu vergleichen. Laut Definition versteht man unter Topfzeit diejenige Zeitspanne, in der das Harz bei einer gegebenen Temperatur flüssig bleibt. Um einen Vergleich zu ermöglichen, definieren wir die Topfzeit einer bestimmten Harz/Härter-Mischung für eine Menge von 100 Gramm in einem genormten Gefäß bei 25°C. Die Topfzeit ist nicht unbedingt identisch mit der Verarbeitungszeit einer Harz/Härter-Kombination. Verschiedene wichtige Faktoren beeinflussen die Länge der offenen Zeit wie auch die Gesamt-Härtungszeit einer Harz/Härter-Mischung:

1. **Die Härter-Type**
Jede Harz/Härter-Kombination durchläuft die gleichen Härtungsphasen, aber zeitlich unterschiedlich. Der Produktkatalog und die Etiketten der Gebinde nennen die dem Härter eigene Topfzeit und Härtungszeit. Wählen Sie denjenigen Härter, der Ihnen bei den Temperaturen und unter den Bedingungen, unter denen Sie arbeiten, angemessene Verarbeitungszeiten ermöglicht. Die Topfzeit läßt sich auch durch eine Mischung der Härter 205 und 206 verändern. Hierbei ist unbedingt zu beachten, daß das richtige Mischungsverhältnis von Harz und Härter eingehalten wird.
2. **Die Epoxidmenge**
Das Mischen von Harz und Härter erzeugt eine exotherme Reaktion (Wärmeentwicklung). Je größer die Harz/Härter-Menge ist, desto mehr Wärme entwickelt sich und desto kürzer werden Topfzeit und Härtungszeit. Kleinere Mengen erzeugen weniger Wärme und haben daher eine längere Topfzeit und auch Härtungszeit. Ähnlich verhält es sich beim Auftrag: Je größer eine Spachtelkelle oder Fuge und je dicker ein Epoxid-Auftrag, desto schneller setzt die Reaktion ein.

3. Die Temperatur

Mit Heißluftpistole, Haartrockner oder Wärmelampe kann man Harz und Härter vorwärmen oder den Auftrag selbst erwärmen, um die Härtingszeit zu verkürzen. Dabei soll das Epoxidharz nicht heißer als 50°C werden. Vorsicht ist geboten, wenn man einen Epoxid-Auftrag auf einem porösen Material erwärmt (z.B. Nadelholz), weil das Material eventuell "ausgasen" kann. Dabei dehnt sich die Luft in dem porösen Material aus und entweicht, so daß sich auf der Oberfläche Blasen bilden können. Will man eine Oberfläche transparent lackieren, wird das zu Schwierigkeiten führen.

4. Die Form des Mischgefäßes

Die entstehende Wärme einer bestimmten Menge Epoxidharz-Mischung kann man abführen, indem man das Harz in ein Gefäß mit größerer Oberfläche gießt (z.B. eine Ausrollwanne). Dadurch verlängert sich die Topfzeit.

Ganz gleich, was man unternimmt, um die Härtingszeit zu beeinflussen, nur eine sorgfältige Planung jedes Schritts bei der Anwendung erlaubt es Ihnen, das Beste aus der zur Verfügung stehenden Verarbeitungszeit zu machen.

8.3.5 Füllstoffe und Zuschläge

In diesem Handbuch beziehen wir uns sowohl auf Epoxid oder Harz/Härter-Mischung, wobei wir immer eine Mischung aus Harz und Härter meinen. Und wir beziehen uns auf angedickte Mischung, wobei wir dann eine Harz/Härter-Mischung meinen, der hochdichter oder niedrigdichter Füller beigegeben ist. Füllstoffe haben die Aufgabe, die Harz/Härter-Mischung für einen bestimmten Verwendungszweck einzustellen. (Abb. 8-2 und 8-3).

Das Mischen

Die Konsistenz einer Mischung, die wir für eine bestimmte Aufgabe brauchen, ergibt sich aus der Menge der beigegebenen Füllstoffe. Abb. 8-4 gibt einen generellen Überblick über die unterschiedlichen Konsistenzen im Vergleich zu nicht angedicktem Epoxidharz.

Füllstoffe werden immer in zwei Schritten beigegeben:

1. Zunächst wird die entsprechende Harz/Härter-Menge ohne Füller angemischt. Am besten fängt man mit einer kleinen Menge an.
2. Nun wird der Füllstoff in kleinen Mengen solange untergerührt, bis die gewünschte Konsistenz erreicht ist. Erst wenn der Füllstoff gut verteilt untergerührt ist, sollte man mit der Verarbeitung beginnen.

Zuschläge

Auch wenn Additive mit dem Epoxidharz in gleicher Weise gemischt werden wie Füller, dienen sie nicht zum Andicken. Zuschläge werden in kleineren Mengen beigegeben, um dem Harz bestimmte Eigenschaften zu verleihen, wenn es zum Beschichten benutzt

Eigenschaft	Füller					
	403	404	405	406	407	410
Festigkeit (am festesten = 5)	3	5	4	4	1	1
Gewicht (am leichtesten = 5)	3	1	3	3	4	5
Schleifbarkeit (am einfachsten = 5)	2	1	2	2	4	5
Struktur (am feinsten = 5)	1	2	3	5	4	4
Mischbarkeit (am einfachsten = 5)	5	2	4	3	2	4

Abb. 8-2 Mechanische Kennwerte von Mischungen aus Epoxid und verschiedenen Füllstoffen nach dem Aushärten.

Anwendung besonders geeignet = 5 ungeeignet = 0	Füller					
	403	404	405	406	407	410
Lamellieren	5	1	3	4	2	1
Kleben	4	3	4	5	2	1
Spachteln	1	0	1	1	4	5
Kleben von Beschlägen	2	5	4	4	0	0
Hohlkehlen	1	2	5	4	5	4

Abb. 8-3 Einige Füllstoffe sind für bestimmte Anwendungen besser geeignet als die anderen.

werden soll.

8.3.6 Das Reinigen

Überschüssiges Harz und Harzreste sollten weitgehend mit Spachtel oder angeschrägtem Holzstab entfernt werden. Die dann noch verbleibenden Reste kann man mit einem mit Lösungsmittel getränkten Lappen oder Papiertuch abwischen. Harz 105,





Eigenschaft	ungedickte Harz/Härter-Mischung: tropft von senkrechten Flächen ab	leicht ange dickte Mischung: sickt an senkrechten Flächen nach unten	mittel ange dickte Mischung: bleibt an senkrechten Flächen stehen	maximal ange dickt, steht an senkrechten Flächen
Konsistenz	"Sirup"	"KETCHUP"	"MAJONÄISE"	"Erdnußbutter"
Erscheinungsbild				
Verwendungszweck	Oberflächenbeschichtung, Vorbürsten vor Verleimung, Glas-Kohlefaser-Laminat	Laminieren, Verleimen ebener Platten, großer Flächen, Injizieren mit Spritze	Verleimen, Spachtelkehlen, Kleben von Beschlägen	Ausfüllen von Lunkern, Spachtelkehlen, Verleimen unebener Flächen, Oberflächen,

Abb. 8-4 Für jede Aufgabe kann die Konsistenz der Mischung gezielt eingestellt werden. Rühren Sie solange Füllstoff ein, bis die gewünschte Dickflüssigkeit erreicht ist.

auch im angemischtem Zustand, läßt sich mit Aceton oder Lack-Verdüner entfernen. Ebenfalls kann man Reinigungslösung 855 oder sogar Essig benutzen, falls Lösungsmittel nicht zur Hand sind. Je länger das Harz härten konnte, desto schwerer ist es zu entfernen. Härter kann man mit heißem Wasser entfernen.

Falls Harz, Härter oder flüssiges Epoxid auf die Haut gelangt, sollte man es zunächst mit wasserfreiem Hautreiniger entfernen, danach die Haut mit Wasser und Seife gründlich waschen.

Achtung! Niemals die Haut mit Lösungsmittel säubern. Lesen Sie vor dem Arbeiten die Hinweise und Warnungen auf den Lösungsmittel-Gebinden.

8.4 Grundlegende Arbeitsverfahren

Im folgenden werden grundlegende Arbeitsverfahren, die unabhängig davon, ob es sich um eine Reparatur oder einen Neubau handelt, welches Arbeitsverfahren oder Material Sie wählen, immer wieder vorkommen.

8.4.1 Die Vorbehandlung der Oberfläche

Ganz gleich, ob man klebt, leimt, laminiert, Spachtelkehlen setzt, schleift oder Gewebe aufbringt: der Erfolg hängt nicht nur von den guten mechanischen Eigenschaften des Epoxids ab, sondern auch davon, wie gut das Epoxid auf der Oberfläche eines Bauteils haftet. Die Festigkeit der Klebeverbindung bedingt, daß sich das Epoxid in der Oberfläche verankern kann. Das gilt nur dann nicht, wenn die Oberfläche aus einem nur teilgehärteten Epoxidharz besteht. Es ist also unbedingt notwendig, bei der Epoxidharzverarbeitung die folgenden drei Schritte genau einzuhalten:

1. Reinigen

Oberflächen müssen von jeglicher Verunreinigung durch Fett, Öl, Wachs oder Trennmittel frei sein. Oberflächen lassen sich mit Silikon- oder Fettlöser oder WEST SYSTEM Lösungsmittel 850 reinigen. Vielfach wirken auch Aceton oder Lackverdünner. Bevor die Oberfläche wieder trocknet, sollte sie mit einem sauberen Lappen oder Papiertuch abgewischt werden. Es ist wichtig, die Oberfläche vor dem Schleifen zu reinigen, da sonst die Verunreinigungen mit in die Oberfläche eingearbeitet werden.

Achtung! Befolgen Sie alle Vorsichtsmaßnahmen, wenn Sie mit Lösungsmitteln arbeiten.

Entfernen der Aminröte

Epoxidoberflächen erfordern eine besondere Vorbehandlung, weil sich auf ihnen Aminröte in Form eines wachsartigen Films niederschlagen kann. Aminröte ist ein Nebenprodukt der Epoxidhärtung und kann sich während der Ersthärtung bilden. Dieser Niederschlag ist wasserlöslich, führt aber dazu, daß sich Schleifpapier dichtsetzt oder der folgende Epoxidaufrag nicht ausreichend haftet, wenn sie nicht entfernt wird. Am besten geht diese Arbeit mit viel Wasser und der rauhen Seite eines Topfschwamms, wie z.B. Scotch Brite. Die Oberfläche wird trockengerieben, bevor sie wieder antrocknet. Jetzt sollte die Oberfläche matt erscheinen. Falls noch blanke Stellen zu erkennen sind, werden sie mit 80er Schleifpapier bearbeitet. Man kann aber auch die Oberfläche mit einem Abreißgewebe abdecken. Wird es entfernt, ist auch die Aminröte beseitigt.

2. Trocknen

Alle Klebeflächen müssen so trocken wie möglich sein, um eine gute Haftung zu erzielen. Wenn nötig, kann man den Trocknungsvorgang mit Heißluftpistole, Haartrockner oder Wärmelampe beschleunigen. Ein Föhn eignet sich besonders für schwer zugängliche Ecken und Kanten. Man sollte darauf achten, daß es nicht zu Kondensation kommt, wenn man im Freien arbeitet oder die Umgebungstemperatur sich erheblich ändert.

3. Schleifen

Harthölzer und glatte Oberflächen müssen vor dem Aufbringen von Epoxidharz angeschliffen werden. Schleifpapier mit 60er Körnung eignet sich gut, um dem Epoxid eine gute mechanische Verankerung zu bieten. Der Untergrund sollte fest und solide sein. Schuppen, kreidige Stellen, Blasen und alte Anstriche müssen vor dem Schleifen entfernt werden. Nach dem Schleifen ist der Staub sorgfältig zu entfernen.

8.4.2 Das Verleimen oder Verkleben

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit zwei Arten der Verklebung/Verleimung. Verleimung in nur einem Schritt wird mitunter dann angewendet, wenn die Verbindung nur geringe Belastungen aufnehmen muß und die Oberfläche nicht so porös ist, daß es beim Leimen zu einer Harzverarmung in der Oberfläche kommen kann. Die Zwei-Schritt-Verleimung ist der Normalfall, da sie garantiert, daß die Oberfläche gut vorgetränkt ist und in der Leimfuge keine harzarmen Stellen auftreten können.

Zwei-Schritt-Verleimung

Vor dem Anrühren des Epoxidharzes sollte man sich vergewissern, daß alle Teile gut aufeinander passen und die Vorbereitung der Oberfläche optimal ist (Abschnitt 8.4.1). Alle notwendigen Schraubzwingen und Werkzeuge werden bereitgelegt und die Fläche um die Klebestelle abgedeckt, damit sie nicht durch Spritzer verunreinigt wird.

1. Vortränken

Die Klebeflächen werden mit einer Harz/Härter-Mischung ohne Füllstoffe eingestrichen (Abb. 8-5). Dies ist das sogenannte Vortränken. Man kann das Harz mit einem Pinsel (kleine Flächen) oder mit einer Rolle auftragen, was sich für größere Flächen empfiehlt. Bei großen horizontalen Flächen kann man das Harz auch aufgießen und dann mit einem Plastikspachtel verteilen. Nach dem Vortränken folgt unmittelbar der zweite Arbeitsschritt.

2. Auftragen von angedicktem Epoxidharz

Dem angemischten Harz wird soviel Füllstoff beigegeben, wie es für die entsprechende Arbeit sinnvoll ist, um also alle Fugen zu füllen und harzarme Bereiche zu vermeiden. Diese angedickte Mischung wird auf eine der Klebseiten aufgetragen (Abb. 8-6). Die angedickte Mischung kann direkt auf die noch nasse Oberfläche aufgetragen werden, auf jeden Fall, bevor die vorgetränkte Fläche härtet. In den meisten Fällen wird man den gleichen Harzansatz zum Mischen benutzen, den man für das Vortränken angerührt hat. Daher ist es ratsam, eine ausreichende Menge Harz für beide Arbeitsschritte anzumischen und den Füllstoff zügig einzurühren, da sich die Topfzeit ja verkürzt. Der Auftrag der angedickten Mischung soll so großzügig bemessen sein, daß etwas davon herausquillt, wenn man die Teile mit der Hand fest zusammendrückt.

Verleimung in einem Schritt

Hierbei wird das angedickte Epoxidharz direkt auf die Bauteile aufgetragen, ohne

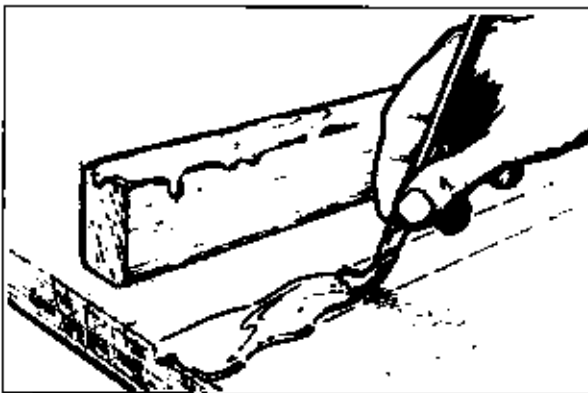


Abb. 8-5 Streichen Sie die Klebeflächen mit unangedicktem Epoxidharz ein, um die Oberfläche zu sättigen und damit die Klebung zu unterstützen.

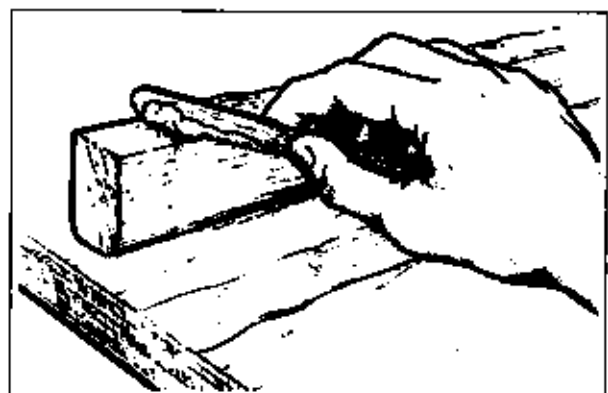


Abb. 8-6 Streichen Sie auf eine der Klebeflächen soviel angedicktes Epoxid, daß etwas davon herausquillt, wenn die Teile leicht aufeinandergedrückt werden.

jedliches Vortränken. Wir empfehlen, das Harz nur soweit anzudicken, daß es die Fugen füllt (je dünnflüssiger die Mischung, desto besser dringt sie in die Oberfläche ein). Außerdem sollte diese Methode nicht benutzt werden, wenn die Verbindung hoch belastet wird oder die Oberfläche selbst aus einem saugfähigen Werkstoff besteht. Ungeeignet ist die Methode auch für Verklebungen von Halmholz.

Fixieren

Liegen die Bauteile richtig aufeinander, werden so viele Schraubzwingen angebracht, wie es zum Fixieren bis zur Härtung erforderlich ist. Der Druck soll gerade so kräftig sein, daß etwas Epoxid aus den Fugen quillt, so daß man erkennt, daß die beiden Oberflächen satt aufeinander liegen (Abb. 6-7). Dabei muß man vorsichtig vorgehen, damit nicht übermäßiger Anpreßdruck zuviel Harz herauspreßt.

Jede Methode, die Teile zu fixieren, kann man anwenden; die Teile dürfen sich nur nicht verschieben. Dazu kann man Federklemmen, Schraubzwingen, Gummistreifen aus Autoreifen, schweres Paketklebeband und Gewichte benutzen. Falls die Zwingen dicht an der Klebefuge angesetzt werden, sollte man Polyäthylenfolie (PE-Folie) oder Abreißgewebe dazwischen legen, um ein unbeabsichtigtes Ankleben der Zwingen zu vermeiden. An Stellen, die man mit Schraubzwingen nicht erreicht, kann man auch Heftklammern, Nägel oder Schrauben zum Fixieren benutzen. Alle Befestigungselemente, die im Holz verbleiben, sollten aus korrosionsbeständigem Material bestehen. Wenn das Werkstück fixiert und ausreichende Haltekraft aufgebracht ist, soll das aus der Verbindung herausquellende Harz abgetrichen werden. Ein flacher Holzstab, der einseitig angeschärft ist, eignet sich dafür besonders gut. Vermeiden Sie, das Harz vollständig aus der Fuge zu quetschen.

8.4.3 Die Verbindung mit Spachtelkehlen

Eine Spachtelkehle ist eine konkave Auffüllung aus angedicktem Epoxid zwischen zwei mehr oder weniger senkrecht aufeinandertreffenden Bauteilen. Sie ist ein ausgezeichnetes Mittel, um Teile miteinander zu verbinden, da sie die Oberfläche der Verbindung vergrößert und wie eine Kehlnaht beim Schweißen wirkt. Überall da, wo eine Glasgewebe-Beschichtung geplant ist, braucht man ebenfalls eine Ausrundung. Der Arbeitsvorgang beim Ausformen einer Kehle ist zunächst der gleiche wie beim Verleimen, nur wird das überschüssige Harz nicht abgestreift, wenn die Teile fixiert sind, sondern es wird zu einer Spachtelkehle ausgeformt. Bei langen Spachtelkehlen wird zusätzliche Harzmasse aufgetragen, sobald die Bauteile fixiert sind, bevor das Harz der Verklebung noch zu härten beginnt. Wenn das nicht möglich ist, wird die Arbeit nach dem Aushärten der Verklebung ausgeführt, dann aber mit Zwischenschliff.

1. Die Harz/Härter-Mischung wird mit Füllstoff zu einer Konsistenz angemischt, die Erdnußbutter entspricht.
2. Die Spachtelmasse wird nun mit einem gerundeten Rührholz in die Ecke eingebracht. Bei langen Kehlen oder mehreren Bereichen läßt sich die Arbeit dadurch vereinfachen und beschleunigen, daß man eine leere Kartusche oder eine Tortenspritze für den Harzauftrag benutzt. Bei der Kartusche wird die Tülle auf die gewünschte Größe der Kehle hin abgeschnitten. Auch schwere Gefrierbeutel, an denen man eine Ecke abgeschnitten hat, eignen sich für den Spachtelauftrag.
3. Die Spachtelkehle wird nun mit einem gerundeten Holzspatel abgestreift und geglättet, und zwar in der Form, daß man die Spachtelmasse vor sich herschiebt und der

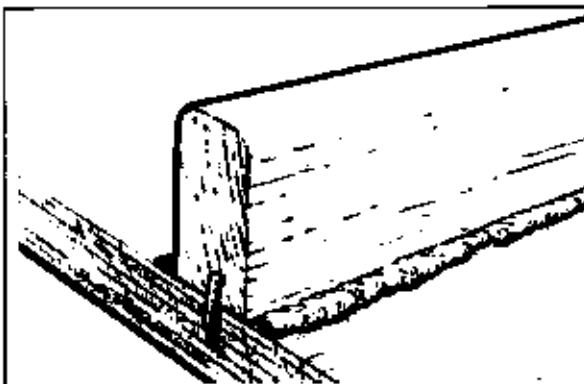


Abb. 6-7 Etwas von der Epoxidmischung wird herausquellen, wenn die Menge der Mischung und der Anpreßdruck stimmen.

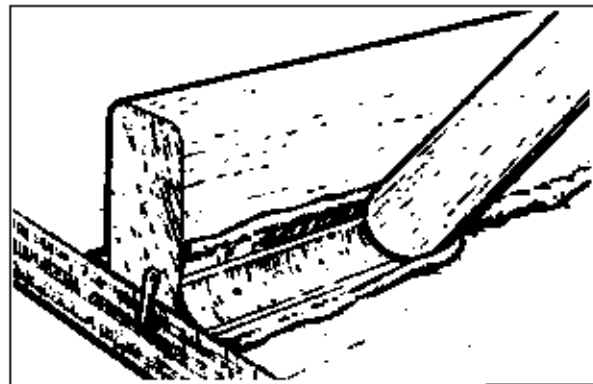


Abb. 8-5 Formen Sie die Spachtelkehle mit einem gerundeten Werkzeug aus und glätten Sie die Kehle.

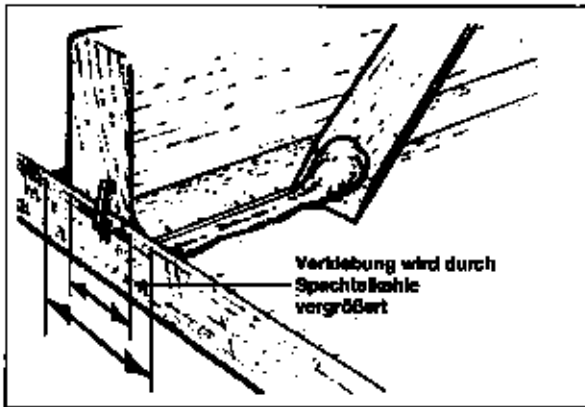


Abb. 8-9 Streichen Sie das Epoxidharz außerhalb der Spachtelkehle ab, bevor es geliert. Beachten Sie die Vergrößerung der Klebefläche durch die Spachtelkehle.

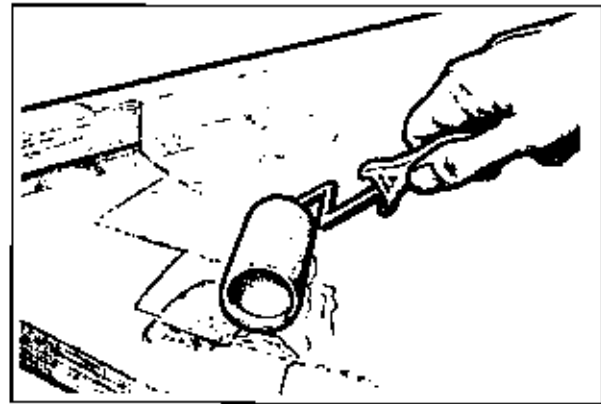


Abb. 8-10 Tränken Sie poröse Oberflächen, vor dem Auftragen der Spachtelmasse.

Holzspatel die Kanten der Bauteile berührt (Abb.8-8). Dabei quillt etwas Masse nach den Seiten weg. Dieses überschüssige Material kann wieder für das Auffüllen von Lunkern genutzt werden. Die Spachtelkehle wird dann nachgeglättet. Ein normaler Holzspatel ergibt eine Spachtelkehle von etwa 9 mm Radius. Für größere Spachtelkehlen empfehlen wir, den WEST SYSTEM Plastikspachtel, zurechtgeschnitten und entsprechend gebogen, zu benutzen.

4. Das seitlich abgequetschte Harz entfernt man mit einem angeschärften Hölzchen oder ein Spachtelmesser (Abb. 8-9). Glasgewebe oder -bänder kann man jetzt direkt auflegen, noch bevor die Kehle härtet (oder nach dem Aushärten mit Zwischenschliff).
5. Ist die Spachtelmasse ausgehärtet, wird die Kehle mit 80er Schleifpapier nachbearbeitet. Nachdem der Schleifstaub restlos entfernt ist, streicht man die Spachtelkehle mehrfach mit Harz/Härter-Mischung über.

8.4.4 Laminieren

Der Ausdruck "Laminieren" beschreibt einen Arbeitsablauf, in dem mehrere dünne Lagen aus Sperrholz, Furnieren, Gewebe oder Kernmaterial übereinander aufgebracht und verklebt werden. Dieses Laminat kann nun aus gleichen oder auch sehr unterschiedlichen Materialien bestehen. Die Art, wie das Epoxidharz aufgetragen und die Haftkraft aufgebracht wird, unterscheidet sich dabei ganz erheblich.

Da beim Laminieren große Fläche getränkt werden müssen, die Topfzeit aber begrenzt ist, ist die Tränkrolle das geeignete Werkzeug. Noch schneller geht der Harzauftrag, wenn man einfach die Harz/Härter-Mischung auf die Mitte der Fläche gießt und sie dann gleichmäßig mit einem Plastikspachtel verteilt. Angedicktes Harz wird am besten mit einem Zahnsachtel aufgetragen.

Heftklammern oder Schrauben sind die geeigneten Befestigungsmittel, wenn steife Materialien miteinander verbunden werden sollen. Wird eine steife Schicht auf ein Material aufgebracht, in das man keine Klammern schließen kann, wie Schaum oder Wabenkerne, kann man auch mit Gewichten fixieren.

Die ideale Methode, um Anpreßdruck bei allen üblichen Materialien zu erzeugen, bietet uns das Vakuumverfahren. Durch den Unterdruck der Vakuumpumpe und die Plastikfolie erzeugt der atmosphärische Druck eine gleichmäßige Kraft auf die Fläche, unabhängig von Größe, Form und Anzahl der Lagen.

Mehr Informationen zum Vakuumverfahren enthält unsere englisch-sprachige Broschüre "Advanced Vacuum Bagging Techniques" der Gougeon Brothers.

8.4.5 Das Glätten der Oberfläche

Unter Glätten verstehen wir in diesem Zusammenhang das Auffüllen und Angleichen von eingefallenen Stellen, so daß sie sich aus der umgebenden Fläche nicht mehr abheben. Nachdem die wesentlichen Bauteile zusammengefügt sind, läßt sich das Glätten mit WEST SYTEM Epoxid und niedrigdichtem Füller sehr leicht vornehmen.

1. Die Oberflächenvorbereitung ist die gleiche wie für das Verkleben (Abschnitt 8.4.1). Alle überstehenden Pickel und Erhebungen auf der Oberfläche werden heruntergeschliffen. Der Schleifstaub wird sorgfältig entfernt.
2. Die poröse Oberfläche wird mit nicht angedicktem Harz getränkt (Abb. 8-10). Wenn die Schicht ausgehärtet ist, wird die Fläche abgewaschen und geschliffen.

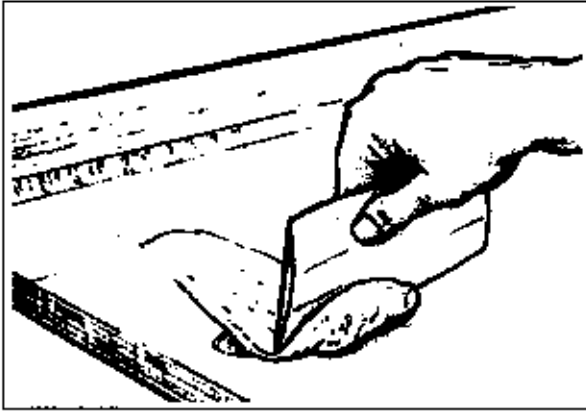


Abb. 8-11 Arbeiten Sie die Epoxidmischung in Löcher und Vertiefungen mit einem Kunststoffspachtel ein.

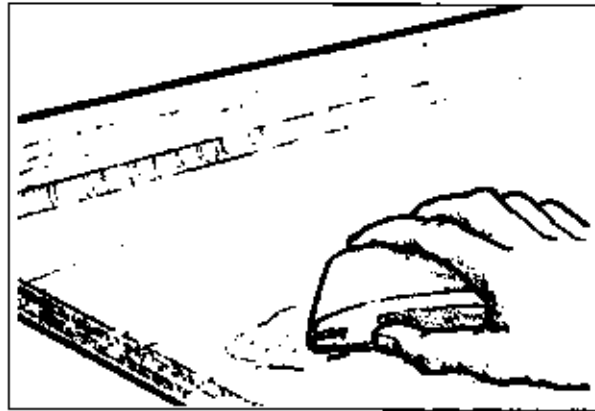


Abb. 8-12 Schleifen Sie die Spachtelmasse bei, wenn sie ausgehärtet ist.

3. Harz/Härter und niedrigdichter Füller werden zu erdnußbutterartiger Konsistenz angerührt.
4. Das angedickte Epoxidharz wird mittels Plastikspachtel in die Oberfläche eingearbeitet, so daß Löcher und Lunker gefüllt werden. Die Spachtelstellen sollen zwar möglichst glatt, aber gegenüber der Umgebung leicht erhöht sein (Abb. 8-11). Überschüssige Spachtelmasse wird vor dem Härten entfernt. Wenn der Spachtelauftrag 12 mm Dicke übersteigt, sollte er in mehreren Schichten aufgetragen werden, oder man benutzt den 208 langsamen Härter oder den 209 Tropenhärter, je nach Umgebungstemperatur.
5. Die Spachtelmasse muß nun gut durchhärten.
6. Die Spachtelstellen werden beigeschliffen (Abb. 8-12). Muß man sehr viel Spachtel entfernen, fängt man mit 50er Schleifpapier an. Normal ist 80er Körnung, auf einen Schleifklotz gespannt, wenn man dicht an der gewünschten Kontur ist. Achtung! Bei dieser Arbeit sollte man unbedingt eine Feinstaubmaske tragen. Der Schleifstaub wird entfernt und die vielleicht noch vorhandenen kleinen Unebenheiten in gleicher Weise ausgefüllt.
7. Ist man mit dem Finish zufrieden, werden mehrere Schichten Epoxidharz mit Pinsel oder Rolle aufgetragen. Lassen Sie diese letzte Beschichtung gründlich aushärten, bevor Sie schleifen und den letzten Anstrich aufbringen.

8.4.6 Der Überzug mit Gewebe und Bändern

Glassidengewebe kann man in zwei unterschiedlichen Methoden zum Verstärken oder zur Erhöhung der Abriebfestigkeit aufbringen. Normalerweise bringt man diese Schicht auf, nachdem die Oberfläche geglättet ist, aber noch vor dem Abschlußanstrich. Die "trockene" Methode bedeutet, daß man das Gewebe auf die trockene Oberfläche auflegt, wenn die vorgetränkte Oberfläche bereits die Ersthärtung erreicht hat oder auf die durchgehärtete Fläche nach vorherigem Anschleifen aufbringt. Die "nasse" Methode besteht darin, daß man das Gewebe in die noch nasse Epoxidharzschicht legt. Oftmals wird das Gewebe aufgelegt, wenn die Oberfläche schon leicht klebrig geworden ist, was ein Verrutschen bei senkrechten Flächen oder Über-Kopf-Arbeiten verhindert. Da es bei der "nassen" Methode aber schwierig ist, das Gewebe genau in die gewünschte Position zu bringen, sollte die "trockene" Methode gewählt werden, wo immer das möglich ist.

Trockene Methode

Arbeitet man mit kleinen Epoxidemengen, ist es möglich, Gewebe ohne Begrenzung in der Größe der Fläche aufzubringen.

1. Die Oberfläche wird wie für das Verkleben vorbereitet (Abschnitt 8.4.1).
2. Das Glasidengewebe wird auf die Fläche aufgelegt, so daß es an allen Kanten etwa 50 mm übersteht. Bei verformten oder senkrechten Flächen ist es sinnvoll, die Kanten mit Kleband oder Heftklammern an einigen Stellen zu fixieren.
3. Mischen Sie nun eine kleine Menge Epoxidharz an (3 oder 4 Pumpenhübe Harz und Härter).
4. Im mittleren Bereich des Gewebes wird das Harz aufgebracht.
5. Das Harz wird nun mittels Plastikspachtel 808 in die Oberfläche eingearbeitet, von der Mitte zu den Seiten hin und mit nur leichtem Druck (Abb. 8-13). Beim Tränken wird das Gewebe nun transparent, was anzeigt, daß es ausreichend Epoxidharz aufgesogen hat.

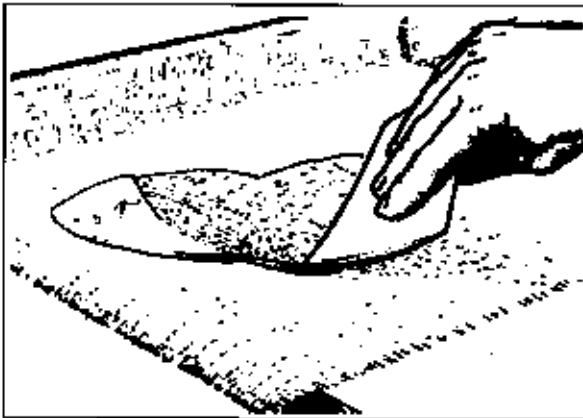


Abb. 8-13 Verteilen Sie das Epoxidharz von der Mitte zu den Rändern des Gewebes mit Spachtel oder Schaumroller.

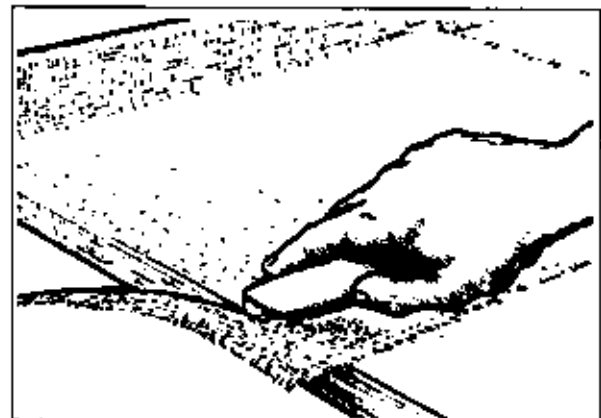


Abb. 8-14 Trennen Sie die Ränder des Gewebes ab, wenn das Harz geliert ist. Das Gewebe ist dann schon trocken, aber noch weich, so daß Sie es gut mit dem Teppichmesser schneiden können.

Liegt das Gewebe auf einer porösen Fläche auf, muß die Harzmenge reichen, um nicht nur das Gewebe, sondern auch den Untergrund mit zu sättigen. Trockene Stellen erscheinen weißlich, also nicht wirklich transparent. Streichen Sie mit dem Spachtel nicht zu oft über die gleiche Fläche, da Sie dadurch Mikrobubbles in die Oberfläche einarbeiten könnten. Besonders wichtig ist das, wenn die Oberfläche anschließend klar lackiert werden soll. Man kann das Harz auch mit Rolle oder Pinsel auftragen. Bei senkrechten Flächen ist das sogar unbedingt erforderlich.

6. In gleicher Weise werden nun immer wieder kleine Mengen Epoxidharz aufgetragen, wobei Falten glattgestrichen werden und das Glas ausgerichtet wird. Gleichzeitig wird die Oberfläche immer wieder auf nicht satt getränkte Stellen hin beobachtet und gegebenenfalls Harz nachgestrichen. Wenn es bei gekrümmten Flächen nötig ist, das Glas einzuschneiden, benutzen sie bitte eine scharfe Schere und legen sie die Kanten vorerst wieder übereinander.

Anmerkung: Wünscht man eine transparente Endlackierung (z.B. bei Leistenkanus), kann man das Harz auch mit einem kurzborstigen Pinsel auftragen. Der Pinsel wird in das Harz getaucht und mit leichtem, gleichmäßigem Strich über das Gewebe geführt. Wenn das Harz mit zuviel Pinseldruck aufgetragen wird, kann es zu Luftpfehlüssen kommen. Es muß soviel Harz aufgebracht werden, daß es das Glas und die Holzoberfläche sättigt. Nach einigen Minuten lassen sich schwach getränkte Bereiche erkennen und nachstreichen.

7. Überschüssiges Harz wird abgestreift, noch bevor es geliert. Dazu zieht man den Kunststoffspachtel 808 mit leichtem, gleichmäßigem Druck über die Fläche, die Striche leicht überlappend. Sinn dieser Arbeit ist es, überschüssiges Harz zu entfernen, das zu einem "Schwimmen" des Gewebes auf dem Untergrund führen würde, aber man darf auch nicht zu hart andrücken, was trockene Stellen erzeugen würde. Überschüssiges Harz erscheint glänzend, richtig getränkte Bereiche dagegen gleichmäßig durchsichtig mit deutlicher Gewebestruktur. Die Oberfläche des Gewebes wird bei einem späteren Anstrich aufgefüllt.

8. Überstehendes Gewebe und Überlappungen werden abgeschnitten, wenn das Harz noch im Zustand der Ersthärtung ist. Man kann das Gewebe dann noch ohne Schwierigkeit mit einem Teppichmesser abschneiden (Abb. 8-14).

Überlappungen werden folgendermaßen entfernt:

- a. Man legt ein Stahllineal auf die Mitte der Überlappungen.
- b. Man schneidet mit dem Teppichmesser durch beide Gewebe.
- c. Das abgeschnittene Stück, das oben liegt, wird entfernt, die zweite Seite des Gewebes angehoben und das darunterliegende Stückchen Gewebe ebenfalls weggenommen.
- d. Die Fläche unter der Überlappung wird nachgetränkt und geglättet (Abb. 8-15).

Das Ergebnis sollte ein sauberer Stoß sein, ohne Überlappung. Eine Überlappung überträgt aber Kräfte besser als ein Stoß. Wenn also die Oberflächenglätte von untergeordeter Bedeutung ist, kann die Aufdoppelung bleiben und später beige spachtelt und geschliffen werden.

9. Bevor die Beschichtung durchhärtet, sollte die Gewebestruktur durch einen Harzauftrag gefüllt werden (Abb. 8-16). Der Ablauf ist in Abschnitt 8.4.7 beschrieben. Drei bis vier

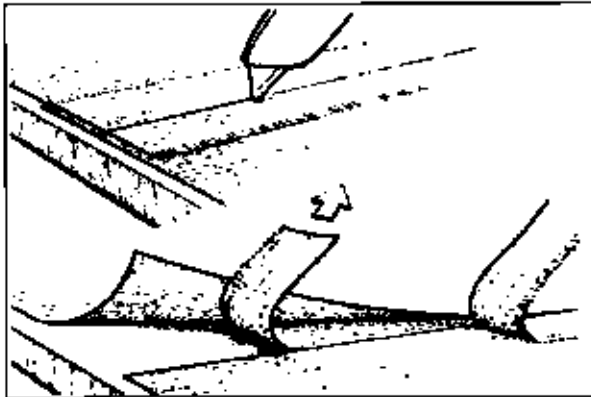


Abb. 8-15 Um einen scharfen Stoß in überlappenden Geweben zu erzielen, schneiden Sie die Überlappungen mit dem Teppichmesser an einem Stahllineal ab.

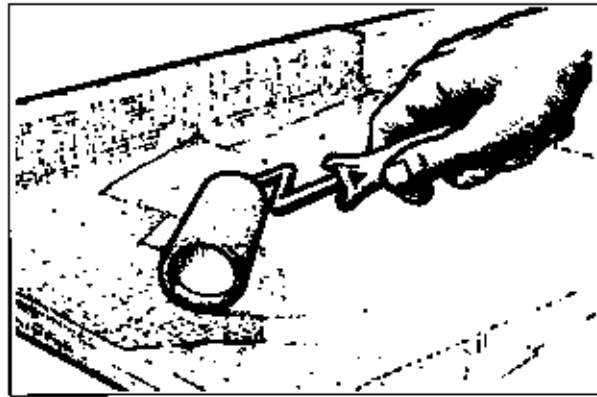


Abb. 8-16 Rollen Sie den ersten Anstrich mit unangedicktem Epoxidharz auf, um die Gewebestruktur aufzufüllen, noch bevor der Untergrund ausgehärtet ist.

Beschichtungen sind notwendig, um die Gewebestruktur aufzufüllen, so daß beim anschließenden Schleifen das Gewebe selbst nicht angeschliffen wird.

Nasse Methode

Eine andere Möglichkeit, Gewebe oder Bänder aufzubringen, besteht darin, sie auf eine mit Epoxidharz getränkte Oberfläche aufzulegen. Wie schon erwähnt, ist das nicht die bevorzugte Vorgehensweise, besonders bei großen Flächen, weil es schwer ist, dann die Falten zu entfernen und das Gewebe in die richtige Position zu bringen. Manchmal ist dieses Verfahren aber sinnvoll oder sogar notwendig.

1. Die Oberfläche wird, wie in Abschnitt 8.4.1 beschrieben, vorbereitet.
2. Das Gewebe wird angepaßt und auf das richtige Maß beschnitten, dann aber wieder aufgerollt, so daß man es später präzise auf die Fläche auflegen kann.
3. Eine dicke Lage Epoxid wird auf die Oberfläche gerollt.
4. Das Glasgewebe wird nun auf der vorgetränkten Fläche abgerollt und in Position gebracht. Meist reicht die Oberflächenspannung, um das Gewebe in Position zu halten. Bei senkrechten oder über Kopf liegenden Flächen sollte man warten, bis das Harz klebrig wird. Die unvermeidlichen Falten lassen sich glätten, indem man die Enden des Gewebes anhebt und dann von der Mitte zu den Rändern hin wieder anrollt und mit der Hand oder dem Spachtel andrückt (wobei man natürlich Schutzhandschuhe trägt).
5. Das Gewebe wird nun noch einmal mit einer Lage Epoxidharz überstrichen, um das Gewebe vollständig zu durchtränken.
6. Das überschüssige Harz wird in langen, überlappenden Spachtelstrichen abgestreift. Das Gewebe sollte nun vollständig transparent mit deutlicher Struktur erscheinen.
7. Folgen Sie nun den Anweisungen unter Punkt 7, 8 und 9 der "trockenen Methode".

Alle noch vorhandenen Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche oder an Überlappungen des Gewebes lassen sich mit Epoxidspachtel angleichen, wenn die Oberfläche farbig lackiert werden soll. Alle Stellen, an denen gespachtelt und geschliffen wird, sollten anschließend mehrere Anstriche von Epoxidharz erhalten.

8.4.7 Abschlußauftrag mit Epoxid

Die Aufgabe der Oberflächenbeschichtung besteht darin, eine ausreichend dicke Epoxidschicht herzustellen, die eine wirkungsvolle Dampfsperre darstellt und zugleich Untergrund für die letzte Oberflächenbehandlung ist.

Wenigstens zwei Schichten WEST SYSTEM Epoxidharz sollten als wirkungsvolle Dampfsperre aufgetragen werden. Wird nochmals geschliffen, sollten es drei Schichten sein. Die Naßfestigkeit steigt mit weiteren Schichten, bis zu 6 Schichten oder 0,5 mm Dicke sind möglich. Pigmente und andere Additive sollten zumindest dem ersten Anstrich nicht beigegeben werden. Außerdem soll WEST SYSTEM Epoxidharz nicht mit Verdünnern versetzt werden.

Man sollte sich beim Harzauftrag daran erinnern, daß die Gleichmäßigkeit des Auftrags bei dünnen Schichten leichter zu kontrollieren ist und daß der Harzfilm dann nicht so leicht abtropft oder läuft. Zum Auftragen eignen sich am besten WEST SYSTEM 800 Schaumroller, da der dünne Bezug dieser Rollen verhindert, daß sich in der Rolle zuviel Harz ansammelt und zu einer exothermen Reaktion führt und außerdem nicht so zur

Pickelbildung führt wie dicke Rollen. Man kann die Rollen in kleinere Scheiben schneiden, wenn man schwer zugängliche Stellen erreichen will oder schmale Oberflächen bearbeitet, wie z.B. Stringer.

Alle Arbeiten an der Oberfläche, also Spachteln, Schleifen und Überziehen mit Glasgewebe sollten abgeschlossen sein, bevor der Endanstrich aufgetragen wird. Die Temperatur poröser Oberflächen muß sich stabilisiert haben, bevor gestrichen wird. Andernfalls kann die in der Oberfläche vorhandene Luft sich bei steigender Erwärmung ausdehnen und als Blasen an die Oberfläche treten, die beim Härten stehenbleiben.

1. Die Oberfläche wird, wie in Abschnitt 8.4.1 beschrieben, vorbehandelt.
2. Man mischt so viel Harz und Härter an, wie man in der Topfzeit verarbeiten kann. Sobald das Harz gemischt ist, sollte es in eine Ausrollwanne geschüttet werden.
3. Die Rolle wird mit einer geringen Menge Epoxid getränkt und in der Wanne nochmals ausgerollt, so daß sie gleichmäßig mit Harz getränkt ist.
4. Auf einem Bereich von etwa 600 x 800 mm wird das Harz nun gleichmäßig in alle Richtungen ausgerollt (Abb. 8-17).
5. Je mehr Epoxidharz von der Rolle auf die Oberfläche übertragen wird, desto stärker muß die Rolle angedrückt werden, um den Harzfilm gleichmäßig zu verteilen.
6. Danach wird nochmals mit langen, leichten Zügen die Fläche übergerollt, um Kanten zu vermeiden. Bei jedem weiteren Auftrag sollte man auf gute Überlappung zum vorher gerollten Bereich achten.
7. Mit einer Harzcharge sollen jeweils so viele Flächen von etwa der genannten Größe eingestrichen werden, wie möglich, bevor das Harz klebrig wird. Kommt man an diesen Zustand heran, sollte die nächste Charge dann möglichst etwas kleiner sein.
8. Nun wird die frisch aufgetragene Epoxidschicht mit einem in frisches Epoxidharz getränkten Schaumpinsel überstrichen. Der Druck sollte dabei gerade so groß sein, daß man Unebenheiten entfernt, ohne Harz wieder abzutragen (Abb. 8-18).

Zusätzliche Anstriche

Folgeanstriche werden in gleicher Weise aufgebracht. Dazu muß der letzte Anstrich gerade soweit angehärtet sein, daß er durch das neue Harz nicht mit abtropft. Um einen Zwischenschliff zu vermeiden, sollten alle Anstriche am gleichen Tag aufgetragen werden. (Siehe die Ausführungen über Aminröte in Abschnitt 8.4.1). Ist der letzte Anstrich über Nacht ausgehärtet, wird die Fläche abgewaschen und für die letzte Oberflächenbehandlung vorbereitet.

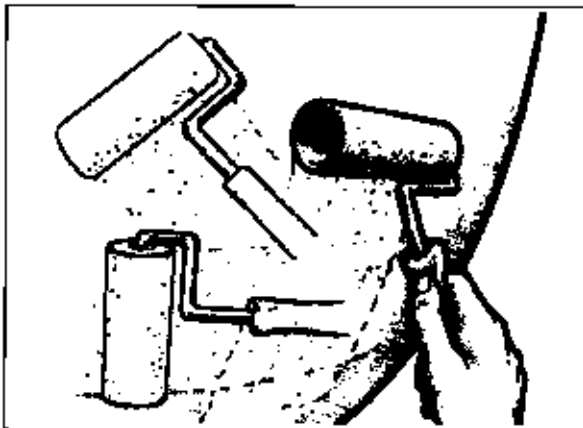


Abb. 8-17 Tragen Sie das Epoxid mit gleichmäßigen Strichen mit einem dünnwandigen Schaumroller auf.

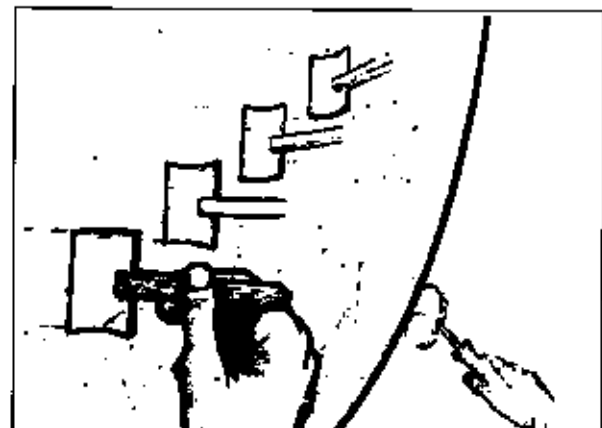


Abb. 8-18 Nehmen Sie Luftblasen und Rollenmarkierungen weg, indem Sie mit dem als Pinsel dienenden Rollen-Segment die Fläche abstreichen.

8.4.8 Der Endanstrich

Der Endanstrich dient nicht nur dazu, Ihrer Arbeit einen abschließenden Glanz zu verleihen, sondern auch zum Schutz der Oberfläche vor UV-Strahlen, die Epoxidharz im Laufe der Zeit angreifen würden. Der übliche Schutz besteht in einem Anstrich aus klarem oder farbigem Lack. Sie schützen das Epoxidharz vor den UV-Strahlen, brauchen aber eine gute Vorbehandlung der Oberfläche.

Oberflächen-Vorbehandlung

Die Vorbehandlung der Oberfläche für den Endanstrich ist genauso wichtig wie für das

Beschichten mit Epoxidharz. Zunächst muß die Oberfläche sauber, trocken und angeschliffen sein (Abschnitt B.4.1).

1. Das Epoxidharz muß gründlich durchgehärtet sein.
2. Die Oberfläche wird mit Wasser und einem Topfschwamm (raue Seite) gewaschen.
3. Die Oberfläche wird nun glattgeschliffen. Der Aufwand beim Schleifen hängt einmal davon ab, wie gleichmäßig der Epoxid-Auftrag war, aber auch von dem gewählten Endanstrich. Bei Naßschliff kann der zweite Arbeitsschritt übersprungen werden.

Falls sich auf der Oberfläche Lacknasen oder Schlieren gebildet haben, beginnt man mit 80er Schleifpapier, um die größten Erhebungen abzutragen. Wenn die Fläche glatt erscheint, geht man auf 120er Trocken- oder Naßschliffpapier über. Naßschleifen wird oftmals vorgezogen, da sich dabei kein Schleifstaub bildet. Nachdem alle Spuren des 80er Papiers verschwunden sind, folgt ein Schliff mit 220er Körnung, und so weiter bis zur gewünschten Oberflächengüte. Wird später mit einem Primer weitergearbeitet, genügt meist ein Schliff mit 80er Papier. Entspricht die Oberfläche Ihren Ansprüchen, wird sie abgewaschen und mit Papiertüchern getrocknet. Das Wasser sollte dabei gleichmäßig ablaufen.

Der Endanstrich kann aufgebracht werden, wenn die Oberfläche gut durchgetrocknet ist. Damit die Oberfläche nicht wieder verunreinigt wird, sollte mit dem ersten Anstrich innerhalb von 24 Stunden begonnen werden. Dabei sind die Vorgaben des Herstellers des Beschichtungssystems genau einzuhalten. Eine gute Idee ist es, zunächst eine Probeplatte zu bearbeiten, um die Güte der Oberflächen-Vorbehandlung festzulegen und die Verträglichkeit des Beschichtungssystems zu prüfen.

8.5 Verkleben und Beschichten bei niedrigen Temperaturen

Auch bei niedrigen Umgebungs-Temperaturen kann man Epoxidharz verarbeiten; das erfordert nur besondere Vorkehrungen. Die sind durchaus nicht aufwendig oder schwierig, aber sie sind doch notwendig, wenn man ein gutes Langzeitverhalten anstrebt. Diese Vorkehrungen betreffen nicht alleine WEST SYSTEM Epoxidharz; alle Epoxidharze, die man unter besonders schwierigen Bedingungen im Bootsbau verwendet, werden durch niedrige Temperaturen beeinflusst. Aufgrund der unterschiedlichen Formulierung der Harze ist es nicht einmal sicher, daß sie alle bei niedrigen Temperaturen vollständig aushärten.

Die chemischen Eigenschaften

Mischt man Epoxidharz und Härter, setzt eine chemische Reaktion ein, die als Nebeneffekt Wärme entwickelt. Man nennt das eine exotherme Reaktion. Die Umgebungstemperatur beeinflusst dabei den Ablauf dieser Reaktion. Hohe Temperaturen beschleunigen den Vorgang, niedrige verlangsamen ihn. Neben anderen Kriterien beeinflusst die Dauer der Reaktion den molekularen Verbund innerhalb des Epoxidharzes. Läuft der Vorgang zu langsam ab, kann das Epoxidharz zwar hart werden, aber möglicherweise nicht vollständig aushärten und damit auch nicht seine vollen mechanischen Kennwerte erreichen. Hierin liegt nun die Gefahr, daß das Epoxidharz zwar genug Festigkeit besitzt, um die Bauteile zusammenzuhalten, aber schon bei normalem Gebrauch durch Dauerbelastung nach einiger Zeit versagt.

Die Verarbeitungseigenschaften

Die Umgebungstemperatur hat einen entscheidenden Einfluß auf die Verarbeitungseigenschaften von unausgehärtetem Epoxidharz. Änderungen der Temperatur beeinflussen stark die Viskosität des Harzes (seine Fließfähigkeit). Im Gegensatz dazu verändert Wasser seine Viskosität kaum: Zwischen Kochen und Gefrieren ist sie kaum unterschiedlich. Epoxidharz besteht jedoch aus sehr viel schwereren Molekülen, so daß sich die Wirkung bei einer Temperaturänderung von 18°C gegenüber Wasser verzehnfacht.

Je niedriger die Temperatur, desto dickflüssiger wird das Epoxidharz. Dies hat drei schwerwiegende Folgen für das Arbeiten mit Epoxidharz bei niedrigen Umgebungstemperaturen.

Zunächst ist es schwieriger, Harz und Härter gründlich zu mischen: das Harz fließt schwerer aus dem Behälter und durch die Pumpe; Harz und auch Härter bleiben an den Pumpen, den Behälterwänden und den Werkzeugen kleben; sie lassen sich nur sehr schwer innig miteinander vermischen. Wegen der niedrigen Temperatur setzt auch die

Härtungsreaktion nicht so zügig ein. Aufgrund der nicht recht in Gang kommenden exothermen Reaktion, mit der Folge einer möglichen unvollständigen Härtung, hat man das richtige Rezept für eine mangelhafte Verklebung.

Zweitens ist es schwieriger, das Harz aufzutragen. Das ist so ähnlich, wie wenn man mit einem Löffel Honig aus einem Glas nehmen will, das gerade aus dem Kühlschrank kommt. Sie wissen, was wir damit meinen: die niedrige Temperatur hat den Inhalt verfestigt. Wenn Epoxidharz durch niedrige Temperaturen dickflüssig geworden ist, kann man es nur schwer auftragen.

Drittens werden beim Mischen in das Harz Luftbläschen mit eingerührt. Sie können durch die hohe Oberflächenspannung des Harzes nicht aufsteigen. Besonders störend ist das, wenn das Boot später klar lackiert werden soll.

Bisher haben wir aufgezählt, was alles die Verwendung von Epoxidharz bei niedrigen Temperaturen schwierig und gefährlich macht. Mit etwas vorausschauender Planung und gewissen Vorkehrungen kann man diese Probleme jedoch beherrschen und ihre Folgen vermeiden. Im Folgenden nennen wir sechs Grundregeln für die Verarbeitung von Epoxidharz. Wir arbeiten schon seit mehr als 20 Jahren danach und haben noch niemals Schwierigkeiten mit der Verarbeitung von WEST SYSTEM Epoxidharz wegen zu niedriger Temperaturen gehabt.

1. Benutzen sie den WEST SYSTEM 205 Schnellen Härter.

WEST SYSTEM 205 Härter ist mit einem chemisch aktivierten Polyamin-System ausgestattet, das eine gute Härtung bis zu Temperaturen von 1,5°C gewährleistet. Das Harz hat eine schnellere Härtungs-Charakteristik als der 206 Langsame Härter und hat eine kürzere offene Zeit im ungehärteten Zustand, so daß sich die Wahrscheinlichkeit einer Unterhärtung durch niedrige Temperaturen verringert.

2. Füllen Sie Harz und Härter im richtigen Verhältnis ab.

Alle Epoxidharze sind für ein bestimmtes Mischungsverhältnis von Harz und Härter formuliert. Dieses vom Hersteller vorgeschriebene Verhältnis muß unbedingt eingehalten werden. Zuviel Härter beschleunigt den Härtungsvorgang nicht, aber die falsche Mischung beeinträchtigt die Festigkeit. Die WEST SYSTEM 301 Minipumpen sind so ausgelegt und kalibriert, daß sie bei jedem Pumpenhub die richtige Menge Harz oder Härter fördern.

3. Wärmen Sie Harz und Härter vor Gebrauch an.

Wie schon oben erwähnt, sinkt die Viskosität (das Harz wird dünnflüssiger), je wärmer Harz und Härter sind. Und dünnflüssigeres Harz fließt besser durch mechanische Pumpen, haftet nicht so stark an Behälter und Werkzeugen, es läßt sich leichter verarbeiten und tränkt die Werkstoffe besser. Man kann das Epoxid mit einer Wärmelampe vorwärmen oder es einfach in einem gut geheizten Raum halten, bis man es benutzt. Man kann sich aber auch einen einfachen Wärmekasten bauen, der innen mit beschichteter Mineralwolle isoliert ist und durch eine normale Glühlampe oder ein Heizelement auf Temperatur gehalten wird, die aber 30°C nicht überschreiten sollte.

4. Harz und Härter sorgfältig mischen.

Harz und Härter müssen besonders sorgfältig gemischt werden, länger als normal. Seiten und Boden des Mischbeckens sollen wiederholt mit einem flachen Rührstockchen abgestreift werden, um alle Ecken und Kanten des Gefäßes zu erreichen. Ein im Durchmesser kleineres Gefäß unterstützt ebenfalls die chemische Reaktion, da die kleine Oberfläche nicht soviel Wärme abgibt, die sich durch die beginnende Härtung entwickelt.

5. Wärmen Sie die Klebeflächen vor.

Es hat wenig Zweck, warmes Epoxidharz auf eine kalte Fläche aufzutragen, weil sich die Molekülbindung im Harz sofort verlangsamt. Die Klebeflächen müssen also vorher ebenfalls auf eine höhere Temperatur gebracht werden. Außerdem kann es zu Kondensation von Wasser z.B. auf einem kalten Rumpf in einer warmen Umgebung kommen, was die Härtung des Epoxidharzes beeinträchtigt. Das Bauteil soll daher so gut wie möglich angewärmt werden. Das kann man erreichen, indem um die Reparaturstelle ein kleines "Zelt" gebaut wird oder auch durch direktes Anwärmen mit Heißluftpistole oder Wärmelampe. Kleine Teile wie z.B. Glasgewebe können in dem beschriebenen isolierten Kasten vorgewärmt werden.

6. Bearbeiten Sie die Oberflächen sorgfältig

Wenn man bei niedrigen Temperaturen eine Beschichtung vornimmt, gibt ein dünner Film aus Epoxidharz seine Wärme schnell ab. Das führt dazu, daß das Harz über einen langen Zeitraum nicht härtet. Die Luftfeuchtigkeit kann ebenfalls zu einer Reaktion führen, z.B. durch die Bildung von "Aminröte" auf der Oberfläche. In diesem Fall muß die Oberfläche kurz vor dem nächsten Harzauftrag mit klarem Wasser abgewaschen und sorgfältig getrocknet werden.

Lagerung bei niedrigen Temperaturen

Am besten lagert man Epoxidharz in gut verschlossenen Gefäßen bei Temperaturen oberhalb von 10°C. Bei Minustemperaturen kann es im Harz zur Kristallisation kommen. Diese Kristalle sind für das Harz aber unschädlich und können wieder aufgelöst werden. Dazu wird der Harzbehälter in ein Gefäß mit heißem Wasser gestellt. Der Verschluss ist zu öffnen, damit sich kein Überdruck aufbaut, der den Behälter zum Platzen bringen kann. Wird das Harz dann umgerührt, schmelzen die Kristalle, und das Harz wird wieder klar. Der Behälter wird dann aus dem Wasserbad genommen und nach Aufschrauben des Deckels umgedreht, damit sich auch die Kristalle auflösen, die möglicherweise noch oben im Behälter vorhanden sind. Hat sich kristallisiertes Harz in der Pumpe festgesetzt, lösen sich die Kristalle, wenn warmes Harz gefördert wird.

Anhang A

Mengenabschätzung und Ergiebigkeit von WEST SYSTEM Produkten

Schätzung der Ergiebigkeit von gemischtem WEST SYSTEM Epoxid		
1,0 KG gemischtes Epoxid	Sättigungsschicht poröse Oberfläche	Folgeschicht glatte Oberfläche
105 Harz mit 205 oder 206 Härter	6,5 bis 7,5 m ²	8,5 bis 9,5 m ²
105 Harz mit 207 oder 208 Härter	7,0 bis 8,0 m ²	9,0 bis 10,0 m ²
Durch Zufügen von Füllern oder beim Tränken von Gewebe verringert sich die Ergiebigkeit		

Wieviele Gewichtsprozent Füllstoffe, bezogen auf eine bestimmte Menge angemischtes Epoxidharz, werden benötigt, um eine bestimmte Konsistenz herzustellen.			
Füller	Gewichtsprozent Füller		
	Ketchup Konsistenz	Majonaise Konsistenz	Erdnußbutter Konsistenz
403 Kurzfasern	4%	7%	16%
404 Hochdichter Füller	35 %	45%	60%
405 Spachtelmischung	15%	20%	25%
406 Quarzmehl	3%	5%	8%
407 Niedrigdichter Füller	20%	30%	35-40%
410 Microlight	7%	13%	16%

Anhang B

Werkzeuge

Die meisten Reparaturen an GFK-Booten lassen sich mit verhältnismäßig wenigen Hand- und Maschinenwerkzeugen bewerkstelligen. Die in diesem Handbuch genannten Werkzeuge sind speziell auf die Arbeiten, die hier beschrieben werden und allgemein für Arbeiten mit Epoxidharz abgestimmt.

Tellerschleifer

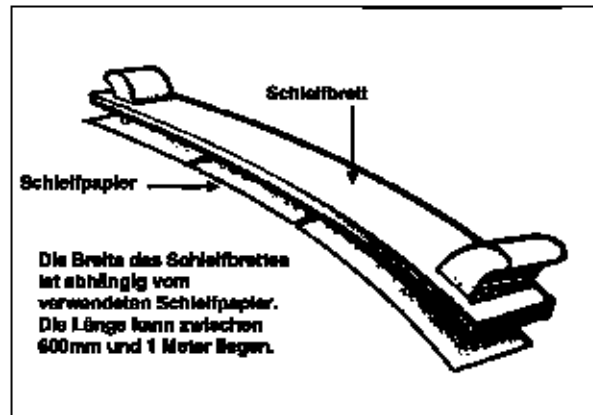
Schleifen, um beschädigte Bereiche eines Laminats zu entfernen und um die Oberfläche für Reparaturen vorzubereiten, wird in den meisten Kapiteln dieses Handbuchs erwähnt. Eine gute Schleifmaschine hat großen Einfluß auf die Qualität und die Gründlichkeit dieser Arbeiten.

Wir empfehlen eine Poliermaschine von etwa 175 mm Durchmesser (Drehzahl etwa 2000 U/min) mit einem 12 mm dicken Schaumteller von etwa 200 mm Durchmesser.

Die Körnung der Schleifscheiben sollte für größere Arbeiten zwischen 38 und 50 liegen. Am bequemsten sind die selbsthaftenden oder von Kleber gehaltenen Scheiben. Für die feineren Arbeiten und die Oberflächenbearbeitung halten wir 80er Körnung für die am besten geeignete.

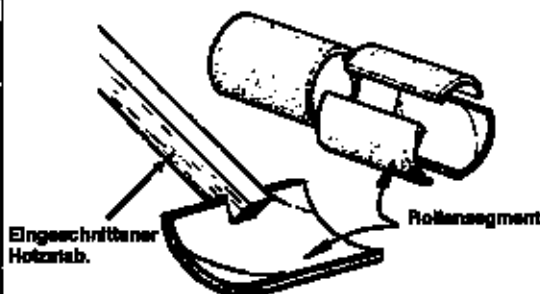
Schleifbretter

Ein langes, biegsames Brett ist das richtige Werkzeug für das Schleifen großer Flächen. Es legt sich wie eine Latte an die Kontur des Rumpfes an, überbrückt Vertiefungen und nimmt Erhöhungen weg. Ein typisches Schleifbrett kann zwischen 6 und 12 mm stark sein, abhängig von der Krümmung der zu schleifenden Fläche. Die Länge liegt zwischen 600 mm und 900 mm, je nach Fertigkeit und Vorliebe des Schleifenden. Die Breite richtet sich nach den Standardmaßen des Schleifpapiers, das man in Rollenform oder als Blatt kaufen kann. Gehalten wird es auf dem Brett mit dem dafür angebotenen Kleber. Handgriffe an den Enden des Schleifbrettes erleichtern das Arbeiten.

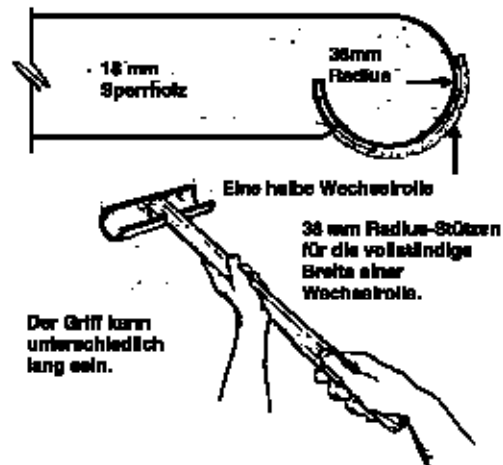


Rollen-Pinsel

Segmente aus Laminierrollen, die wie ein Pinsel geführt werden, eignen sich gut für ein letztes Überstreichen der Epoxidoberfläche, um Luftblasen zu entfernen und die Rollenansätze zu glätten. In langen, sich überlappenden Zügen wird die Fläche abgestrichen. Der Druck muß gerade so stark sein, daß diese kleinen Markierungen entfernt werden, ohne daß Epoxidharz abgetragen wird.



Ein 175 mm breiter "Pinsel" aus einer Wechselrolle für große Bereiche.



Anhang C

Schlagwortverzeichnis:

Verstärkungsmaterialien

Abreißgewebe Ein beschichtetes Gewebe, an dem Harz nicht haftet. Wird beim Vakuum-Verfahren benutzt, um ein Ankleben der Vakuum-Folie am Laminat zu verhindern. Bei GFK-Reparaturen zieht man mit ihr überschüssiges Harz und Luftblasen aus dem Gewebe und erreicht eine saubere, raue Oberfläche für den Verbund zweiter Ordnung.

Aramid Faser aus aromatischen Polyamiden mit besonders hohen mechanischen Kennwerten. Große Zugfestigkeit bei niedrigem Gewicht geben Aramid-Fasern einen deutlichen Vorteil gegenüber Glasfasern, insbesondere bei Druckbehältern. Diese Faser ist besser bekannt unter dem Markennamen Kevlar® des Herstellers DuPont. Kevlar wird in drei Typen angeboten, und zwar 29, 49 und 149. (Siehe auch Kevlar® und Nomex®).

Bi-Direktional- oder Multi-Axial-Gelege Gelege aus zwei oder mehr Lagen Unidirektional-Gelege, d.h. sie sind nicht verwoben, so daß die Fasern ihre volle Zugfestigkeit in beiden Richtungen entwickeln können.

Diagonal-Gewebe Gewebe, bei dem Kette und Schuß in einem bestimmten Winkel zur Richtung des Gewebes angeordnet sind.

Dyneema® Eine Faser aus Polyäthylen, die technisch der Spectra-Faser gleich ist (Siehe auch Spectra). Dyneema ist ein Markenname der niederländischen Firma DSM.

Dyne® Eine moderne Acryl-Verstärkungsfasern. Ihr niedriges Gewicht führt mitunter dazu, daß sie im Harz aufschwimmt, wenn man sie mit anderen Stoffen verbinden will.

Glasfaser Eine der ältesten und am häufigsten verwendeten Verstärkungsfasern und auch heute noch eine der stärksten und billigsten Fasern. Die Fasern ähneln Woll- oder Baumwollfasern, werden aber aus der Glasschmelze mit hoher Geschwindigkeit in sehr feinen Fasern abgezogen. Glasfasern werden als Garn, Matte, Gewebe, Pulver, Kurzfasern, Rovingstrang oder Rovinggewebe vermarktet. Sie sind nicht brennbar, schrumpfen oder strecken sich nicht, und sie nehmen keine Feuchtigkeit auf. Die üblichen Handelstypen sind E-Glas (aus der Elektrotechnik) und S-Glas für hochfeste Fasern.

E-Glas Ist am weitesten verbreitet und hat gute allgemeine Eigenschaften und ein günstiges Verhältnis von Festigkeitswerten zu den Kosten.

Glasmatte Eine Matte aus E-Glasfasern, die 1 bis 25 mm lang sind und in allen Richtungen gleichmäßig verteilt in der Fläche liegen. Sie werden durch ein Bindemittel gehalten oder zusammen mit Geweben oder Gelegen verwendet, mit denen sie dann vernäht sind. Glasmatte saugt verhältnismäßig viel Harz auf; ein hohes Gewicht steht dabei geringem Lastaufnahmevermögen gegenüber. Als erste Lage hinter dem Gelcoat verhindert Glasmatte, daß sich Rovinggewebe außen abzeichnen. Außerdem dient Matte als Zwischenlage zwischen schweren Rovinggeweben.

Hybrid Ein Gewebe oder Gelege, das aus zwei oder mehr verschiedenen Faserarten aufgebaut ist, so daß

sich die Eigenschaften im Verhältnis ihrer Verwendung ergänzen.

Kevlar® Markenname der Firma DuPont für ihre Aramidfaser. Das Material ist gelb bis goldfarbig. Hervorzuhebende Eigenschaften sind niedriges Gewicht bei hohen Werten für Zugfestigkeit, Zugmodul, Schlagfestigkeit und Dauerfestigkeit. Die Druckfestigkeit von Aramidfasern ist allerdings niedrig, da sie ein nicht-lineares Fließverhalten bei niedrigen Dehnungen aufweisen. Aramidfasern lassen sich schwer schneiden, und der Tränkvorgang ist schwierig zu kontrollieren. (Siehe auch Aramid).

Kohlefaser (Graphitfaser) Eine Faser, die entweder aus Polyacrylnitril (PAN) oder Pech-Vorläufer hergestellt wird. Die sehr unterschiedlichen Typen bieten eine Vielzahl von Kombinationen hinsichtlich Festigkeit, Modul und Dehnung. Die Zugfestigkeit ist der von Aramid ähnlich, aber Druckfestigkeit und Dauerfestigkeit liegen erheblich höher. Die Ausdrücke "Kohlefaser" und "Graphitfaser" werden für die gleichen Produkte benutzt und sind daher austauschbar, obwohl Graphitfasern sich eigentlich auf Fasern mit einem Kohlenstoffgehalt von mehr als 99% beziehen, während die PAN-Faser es nur auf 93 - 95 % Kohlenstoffanteil bringt.

Matte Ein flächiges Tuch aus unregelmäßig angeordneten Fasern, die durch ein Bindemittel gehalten werden. Sie wird für alle GFK-Arbeiten verwendet. (Siehe auch Glasseldenmatte).

Nomex® Ein Kernmaterial in Form von Bienenwaben, hergestellt aus Aramid. Nomex ist ein Markenname der Firma DuPont.

Roving Ein Bündel Glas-Filamente, die als ungedrehte Glasfasern oder als Garn geliefert werden. Rovingstränge werden auf Rollen aufgewickelt gehandelt.

Rovinggewebe Schwere Gewebe, die aus endlosen Faserbündeln gewebt werden. Sie legen sich gut an, lassen sich gut tränken, haben aber ein niedriges Verhältnis von Glasgehalt zu Gesamtgewicht.

Spectra® Eine Polyäthylenfaser (Thermoplast), entwickelt im Jahre 1985, die für Seile, Segel und Gewebe in Kompositkonstruktionen verwendet wird. Die Faser besitzt hohe Festigkeit bei niedriger Dehnung. Die mechanischen Kennwerte liegen leicht über denen von Kevlar, aber bei hohen Temperaturen fallen sie ab. Das Material ist schwer zu schneiden und zu schleifen. Spectra ist ein Markenname der Firma Allied Industries. (Siehe auch Dyneema).

Strang Ein nicht gezwirntes Bündel endloser Fasern, insbesondere bei Kohlefasern gebräuchlicher Ausdruck, aber auch für Kevlar und Glas verwendet. Ein Band mit der Bezeichnung 140K besteht aus 140.000 Filamenten.

Triaxial-Gelege Ein Gelege, bei dem die Faserrichtung der Einzelschichten in drei verschiedenen Richtungen angeordnet ist, gewöhnlich im Winkel von 120° gegeneinander.

Unidirektional-Gelege Ein Gelege, das aus Faserbündeln besteht, die nur in einer Richtung angeordnet sind und in Querrichtung von wenigen Fäden gehalten werden. Es besitzt hohe Festigkeit in nur einer Richtung, kann also gezielt verwendet werden, wenn die Lastrichtung bekannt ist.

Handbücher und andere Veröffentlichungen der Gougeon Brothers, Inc.

1. In deutscher

Übersetzung: **001 WEST SYSTEM Technisches Handbuch und Produktübersicht**

Das Technische Handbuch enthält Informationen über Arbeitssicherheit, Handhabung und grundlegende Arbeitstechniken.

Die Produktübersicht verschafft dem Anwender einen genauen Überblick über die WEST SYSTEM Produkte mit Tabellen zur Mengenermittlung. 35 Seiten

003 Moderner Holzbootsbau

(Deutsche Ausgabe von: The Gougeon Brothers on Boat Construction).

Dieses Buch ist ein MUSS für jeden, der ein Boot baut oder mit Holz und WEST SYSTEM Epoxid arbeitet. Es enthält ausführliche Kapitel über Schnürbodenarbeit, Sicherheitsaspekte, Werkzeuge und Bauweisen. Eine reiche Bebilderung und Diagramme ergänzen den fachlichen Gehalt, eine Serie von Farbfotos zeigt Boote und Yachten aller denkbaren Typen und Größen. 359 Seiten

0011 Kunststoffboote - Reparatur und Wartung mit WEST SYSTEM Epoxid

(Vorliegendes Handbuch)

0012 Gelcoat-Blasen: Erkennen - Reparieren - Vermeiden mit WEST SYSTEM Epoxid

Dieses Handbuch beschreibt Verfahren für die Reparatur und die Vermeidung von Blasen in der Feinschicht von Kunststoffbooten. Es enthält eine genaue Erläuterung der Ursachen, die zu diesen Blasen führen und liefert bebilderte Beschreibungen über die Reparatur-Schritte. 48 Seiten

0013 Holzboote - Reparieren und Restaurieren mit WEST SYSTEM Epoxid

Praktische Hinweise zum Reparieren und Restaurieren von Holzbooten. Es ist reichhaltig bebildert und beschreibt nicht nur die einzelnen Schritte der Reparatur, sondern gibt ein Fülle von Hinweisen, wie Holzboote über einen langen Zeitraum intakt gehalten werden können. 76 Seiten

2. In englischer

Sprache: **002 The Gougeon Brothers on Boat Construction**

(Amerikanische Originalausgabe) Inhalt: siehe 003

002-150 Advanced Vacuum Bagging Techniques

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte, um mit Hilfe von Vakuum Bauteile aus Holz, Kernwerkstoffen und Laminaten mit WEST SYSTEM Epoxid zu verleimen oder zu verkleben. Es beschreibt die Theorie, Formen, notwendige Ausrüstung und Verfahrensweisen.

002-740 Final Fairing & Finishing

Werkzeuge, Materialien und Techniken für das Spachteln, Schleifen und andere Oberflächenarbeiten bei Holz, Kunststoff und Metall.

002-550 Fibreglass Boat Repair & Maintenance

Herausgeber: **Wessex Resins & Adhesives Limited,**

189/193 Spring Road, Sholing,
Southampton, SO19 2NY,
ENGLAND.

Tel.: (01703) 444744; Fax (01703) 431792

Übersetzung: **M.u.H. von der Linden GmbH**

Postfach 100543
D-46483 Wesel/Rhein
Tel. +49-(0)281-33 830 0
Fax +49-(0)281-33 830 30
email: service@vonderlinden.de
www.vonderlinden.de



**WEST
SYSTEM**