

Holzboote - Reparieren und Restaurieren

Eine Anleitung, um bei Holzbooten mit Hilfe von WEST SYSTEM Epoxidharzen die tragenden Verbände wiederherzustellen, das Aussehen zu verbessern, den Pflegeaufwand zu verringern und das Leben des Bootes insgesamt zu verlängern.



Inhalt

Kapitel 1.	Einführung Das Abwägen des Nutzens einer Restaurierung oder Reparatur und das Potential von WEST SYSTEM Epoxidharz	1
Kapitel 2.	Beurteilung und Untersuchung des Bootes Untersuchung der Struktur auf Steifigkeitsverlust und Schäden durch Trockenfäule, und die Arbeitsvorbereitungen	2
Kapitel 3.	Materialien und deren Anwendung Der sichere und effektive Einsatz von WEST SYSTEM Produkten	3
Kapitel 4.	Begrenzte Trockenfäule Die Reparatur kleiner Bereiche von Schäden durch Trockenfäule	4
Kapitel 5.	Reparaturen von tragenden Verbänden Erneuern und Reparieren von Spanten, Balken, Steven, Balkwegern und Kielen	5
Kapitel 6.	Reparatur von Rumpf- und Decksbeplankung Die Reparatur von verschiedenen Beplankungsarten, einschließlich Karweel-, Klinker-, Sperrholz-, und formverleimter Beplankung	6
Kapitel 7.	Beschläge Die Montage von Beschlägen mit Epoxid zur Steigerung der Belastbarkeit des Beschlags und das Eliminieren von Lecks im Deck	7
Kapitel 8.	Schutzanstriche, Wartung und Pflege Schutz gegen UV-Strahlen, Endanstrich und Pflege von Holzbooten	8
Anhang A	Eignung von Füllstoffen, Ergiebigkeit von Epoxidharz	A
Anhang B	Mechanische Kennwerte von Hölzern	
Anhang C	Gebräuchliche Werkzeuge für die Bootsreparatur	
Anhang D	Fachliteratur	



Holzboote - Reparieren und Restaurieren

Eine Anleitung, um bei Holzbooten mit Hilfe von WEST SYSTEM Epoxidharzen die tragenden Verbände wiederherzustellen, das Aussehen zu verbessern, den Pflegeaufwand zu verringern und das Leben des Bootes insgesamt zu verlängern.

Deutsche Übersetzung: Dipl.-Ing. Fritz Hartz

Titel der amerikanischen Originalausgabe:
Wooden Boat Restoration & Repair

© Copyright 1991 by Gougeon Brothers, Inc.

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Buch darf weder insgesamt noch dürfen Teile daraus in irgendeiner Form vervielfältigt oder 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 der Wahrheit entsprechen. Unter Berücksichtigung möglicher neuerer Forschung können wir jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit aller Angaben übernehmen. Da die Firma GOUGEON BROTHERS und ihre Vertreter die Produkte in der Hand ihrer 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 und GOUGEON BROTHERS sind in den U.S.A. eingetragene Warenzeichen. Microlight und Episize sind Markenzeichen der Fa. Gougeon Brothers Inc., Bay City, Michigan, U.S.A.

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

Alle Rechte für die deutsche Ausgabe liegen bei
Verlag M.u.H. von der Linden
Werftstraße 12 - 14,
D-4230 Wesel / Rhein

ISBN 3-926308-04-4

Inhalt

Kapitel 1 Einführung

1.1 Lohnt sich eine Reparatur oder ein Restaurieren überhaupt?	2
1.2 Warum versagen Holzboote?	4
1.3 WEST SYSTEM Epoxid für die Reparatur von Holzbooten	5
1.4 Wichtige Arbeitsschritte beim Reparieren und Restaurieren	6

Kapitel 2 Beurteilung und Untersuchung des Bootes

2.1 Verständnis der tragenden Verbände	8
2.2 Wie man ein Boot untersucht und Schadensstellen aufspürt	11

Kapitel 3 Standard-Verfahren

3.1 Die Sicherheit	13
3.2 Epoxid-Produkte	14
3.3 Die Verarbeitung von Epoxid	17
3.4 Grundlegende Arbeitsverfahren	20

Kapitel 4 Begrenzte Trockenfäule

4.1 Ausstechen und Auffüllen	30
4.2 Ausbohren und Auffüllen	32
4.3 Verstärkungen	33

Kapitel 5 Reparatur von tragenden Verbänden

5.1 Lamellieren von Decksbalken, Spanten und Steven	34
5.2 Das Auswechseln von Spanten	36
5.3 Das Auswechseln beschädigter Teile	37
5.4 Der Einbau von Dopplungen	38
5.5 Die Reparatur von Verbindungen	39
5.6 Die Reparatur der Kielplanken	40
5.7 Kielreparaturen	42

Kapitel 6 Reparatur von Rumpf- und Decksbeplankung

6.1 Karweelrümpfe und Plankendecks	44
6.2 Geklinkerte Außenhaut	49
6.3 Sperrholz	50
6.4 Reparaturverfahren mit Furnieren	55
6.5 Das Aufbringen eines Teakfurnier-Decks	58

Kapitel 7 Beschläge

7.1 Das Einbetten von Schrauben	61
7.2 Das Befestigen von Beschlägen	62
7.3 Das Gießen von Fundamenten aus Epoxidharz	63
7.4 Demontierbare Beschläge	64
7.5 Die Demontage von eingeklebten Beschlägen	65

Kapitel 8 Schutzanstriche, Wartung und Pflege

8.1 Sonnenlicht und Schutzanstriche	66
8.2 Auftrag der Abschlußanstriche aus EP-Harz	68
8.3 Auftrag einer transparenten Lackierung	69
8.4 Farbige Lacke	70
8.5 Die Reparatur von Kratzern und Rissen	70
8.6 Belüftung als Grundlage der Langlebigkeit	71

Anhang A	72
Anhang B	73
Anhang C	75
Anhang D	76

Kapitel 1

Einführung

Im Laufe der letzten zwanzig Jahre hat Epoxidharz eine wahre Revolution im Bootsbau bewirkt. Holz ist nun wieder das Baumaterial für viele der heutigen schnellsten und dauerhaftesten Boote. Das gilt für Segel- wie auch für Motorboote. Viele der Techniken der Holz/Epoxid-Verarbeitung, die moderne Boote so erfolgreich gemacht haben, können gleichermaßen auch bei der Reparatur von älteren Holzbooten erfolgreich angewandt werden. Die vor Ihnen liegende Broschüre HOLZBOOTE - REPARIEREN UND RESTAURIEREN erläutert diese Techniken, wobei die Erfahrungen mehrjähriger Versuche bei der Firma Gougeon Brothers ebenso eingeflossen sind wie diejenigen vieler einzelner Verarbeiter. Dieses Handbuch bietet keine Patentrezepte für billige, einfache oder schnelle Reparaturen, denn die sind selten auf Dauer zufriedenstellend. Was es bietet, ist verlässliche und gründliche Information über Reparaturen und Restaurieren, angefangen von so einfachen Dingen wie der Befestigung einer Klampe bis hin zum neuen Aufbau des gesamten Festigkeitsverbundes des Bootskörpers.

Unsere Techniker haben im Laufe der Jahre Kunden beim Reparieren und Restaurieren von Booten aktiv unterstützt. Bei jeder Anfrage folgen sofort folgende Gegenfragen:

In welchem Bauverfahren ist das Boot hergestellt?

In welchem Erhaltungszustand befindet sich das Boot?

Welche Ergebnisse werden von einer Sanierung erwartet? Geht es nur um eine schnelle Reparatur, ein komplettes Restaurieren oder soll die Lösung zwischen diesen Extremen liegen?

Besteht Klarheit über die notwendige Zeit und die Kosten, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen?

Ist Holz/Epoxid die beste Lösung für das vorhandene Problem?

Wie kann das Holz/Epoxid-Verfahren am sinnvollsten für die Reparatur genutzt werden?

Je nachdem, wie die Antworten auf diese Fragen ausfallen, entwickeln wir zusammen mit dem Kunden einen Plan, aus dem ersichtlich ist, wie Holz/Epoxid und WEST SYSTEM Produkte für die Aufgabe genutzt werden können. Einige der Fragen sind einfach zu beantworten, z.B. "In welchem Verfahren wurde das Boot gebaut?". Andere sind erheblich schwieriger zu beantworten, wie "Welchen Umfang wird die Reparatur erreichen?". Diese Frage erhält umso mehr Gewicht, je größer das Boot ist, je gravierender der Schaden oder je sorgfältiger der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt werden soll. Dies Heft soll helfen, alle diese Fragen zu beantworten. Jede der Fragen sollte genau bedacht sein, bevor man die Aufgabe in Angriff nimmt. Erst wenn man alle Fragen zufriedenstellend beantworten kann, ist es auch zu vertreten, sich an die eigentliche Arbeit des Reparierens oder Restaurierens zu machen. Sorgfältiges Abwägen der Fragen und vielleicht auch das Lesen dieses Heftes unter Berücksichtigung aller mit der Reparatur zusammenhängenden Fragen sind bei der Entscheidung hilfreich, ob es sich lohnt, ein älteres, reparaturbedürftiges Holzboot zu kaufen.

**Hinweise zur Benutzung
des Handbuchs**

Die Broschüre HOLZBOOTE - REPARIEREN UND RESTAURIEREN geht die Aufgabenstellung in mehreren Schritten an.

Kapitel 1 gibt Hinweise, um die Sinnfälligkeit von Reparatur oder Restauration überhaupt abschätzen zu können. Zusätzlich werden Hinweise auf die üblichen Probleme von Holzbooten gegeben, und es wird die Benutzung von Epoxidharz für Reparaturen erläutert.

Kapitel 2 widmet sich dann der Frage, wie man die Festigkeit der Bausubstanz beurteilt und Schadensbereiche lokalisiert.

Kapitel 3 beschreibt die grundlegenden Verarbeitungstechniken, um WEST SYSTEM Epoxid-Produkte erfolgreich bei der Reparatur zu verwenden, wobei die Vorbereitung der Oberfläche, Kleben, Lamellieren, Schleifen, Anwendung synthetischer Gewebe und Oberflächenbehandlung erläutert werden. Gerade dieses Kapitel sollte man vor Beginn einer jeden Reparatur, die später noch beschrieben werden, lesen.

Kapitel 4, 5, 6 und 7 handeln von den einzelnen Verfahren für die üblichen Reparaturen an einem Boot.

In Kapitel 8 werden Fragen des UV-Schutzes, der Oberflächenbehandlung und der Erhaltung von Holzbooten diskutiert.

Wenn man den Hinweisen in diesem Handbuch folgt, kann auch der nicht-professionelle Bootsbauer die Festigkeit des Bootskörpers wieder herstellen, Verformungen verhindern und das Boot gegen das Eindringen von Feuchtigkeit schützen. Die Ausführungen garantieren sorgfältige, dauerhafte Reparaturen bei Booten oder anderen Bauteilen aus Holz.

1.1 Lohnt sich eine Reparatur oder ein Restaurieren überhaupt?

Die Reparatur-Methoden, die in diesem Handbuch beschrieben werden, bieten praktische Lösungen für Festigkeitsprobleme bei Holzbooten, die auch von einem Bootsbau-Laien zu beherrschen sind. Bevor man sich aber an ein größeres Reparaturvorhaben wagt, sollte man sich Klarheit darüber verschaffen, welcher Zeit- und Geldaufwand hierfür notwendig ist.

1.1.1 Der Unterschied zwischen Reparieren und Restaurieren

Was soll erreicht werden? Soll das Boot so gut wie möglich restauriert werden, so daß es seinen eigentlichen Zweck wieder voll erfüllt und seine ursprüngliche Schönheit wiedererlangt, oder soll es mehr oder weniger geflickt werden und dann so schnell wie möglich zurück in's Wasser?

Reparatur bedeutet: gebrochene Teile zusammenzufügen; Löcher, die durch Schlagbeanspruchungen oder Feuchtigkeit entstanden sind, aufzufüllen; Schwachstellen zu verstärken oder lose Teile zu verbinden. Wenn es also um eine Reparatur geht, ist Epoxidharz nicht das einzige geeignete Material. Man sollte jedoch bedenken, welchen Einfluß die Reparatur auf den gesamten Verbund hat. Zum Beispiel kann eine mit EP-Harz befestigte Planke eine lokale Steifigkeit innerhalb eines sonst flexiblen Verbundes bewirken. Da ist es manchmal ratsam, das Boot mit den gleichen Mitteln zu reparieren, mit denen es gebaut wurde und nicht andere Bau- und Verbindungsverfahren zu benutzen.

Restaurieren bedeutet: Das Boot wird in seinen ursprünglichen Zustand zurückgeführt (oder sogar einen besseren). Wenn das Boot erfolgreich restauriert werden soll, dann muß man auch einen Plan entwickeln, der das ganze Boot umfaßt und bei den Methoden konsequent bleiben. Jedes Restaurieren ist ein größeres Vorhaben, das viel Zeit, Hingabe und sorgfältige Planung erfordert.

Man muß sich über den Umfang der Arbeiten beim jeweiligen Vorhaben unbedingt im klaren sein. Theoretisch läßt sich jedes Boot restaurieren. Realistisch

betrachtet, ist es sehr wohl notwendig, sich über den Erhaltungszustand des Bootes sowie Zeit und Kosten eines solchen Vorhabens im klaren zu sein. Wer das dazu notwendige Fachwissen nicht hat, sollte unbedingt einen Experten zur Klärung dieser Fragen einschalten.

1.1.2 Welche Aufgaben übernimmt man bei einem solchen Vorhaben?

Wer eine solche Aufgabe in Angriff nimmt, muß sich über verschiedene Dinge im klaren sein:

Zeit und Geldmittel

Viele Menschen haben sich aus einem romantischen Gefühl heraus an das Restaurieren gewagt und mußten dann doch ihre Träume begraben. Andere wiederum haben mit der Arbeit begonnen und erst dann feststellen müssen, daß Zeit und Geld nicht ausreichen, um das Projekt erfolgreich zu beenden. Wenn die Mittel nicht ausreichen, kann man die Arbeit ja auch sinnvoll über mehrere Jahre verteilen.

Der historische Wert

Will man ein sehr altes Boot restaurieren, ist es gut zu wissen, ob es vielleicht schon historischen oder Sammlerwert besitzt. Ist es wirklich der historische Wert, dann wird Epoxid wohl nicht das richtige Mittel für eine Reparatur sein.

Der Erhaltungszustand des Bootes

Eines ist klar: je schlechter ein Boot erhalten ist, desto mehr Arbeit ist nötig, um ihm wieder zu seinem früheren Glanz zu verhelfen. Auch wenn man im Prinzip jedes Boot restaurieren kann, sollte man sich nach einem anderen Boot umsehen, wenn weniger als 60 % der ursprünglichen Substanz erhalten sind.

Die Größe des Bootes

Die Schwierigkeit einer Rekonstruktion wächst mit der Größe des Bootes. Das liegt hauptsächlich daran, daß größere Boote auch höheren Beanspruchungen ausgesetzt sind. Die Abmessung der Verbände wächst im Verhältnis zur Bootsgröße. Festigkeit und Wirkung des EP-Harzes können durch den Einfluß zu großer Holzabmessungen zunichte gemacht werden. Schrumpfen oder Quellen des Holzes können durch Feuchtigkeit, Temperaturänderungen oder auch durch Beanspruchungen von außen hervorgerufen worden sein. Bei großen Yachten gibt es zudem oftmals Bereiche, die nur schwer zugänglich sind.

Bauverfahren

Es ist unbedingt notwendig, das ursprünglich benutzte Bauverfahren zu verstehen und zu erkennen, wie sich die unterschiedlichen Baumethoden auf die Anforderungen an eine Reparatur auswirken. Wir listen hier die gebräuchlichsten Verfahren auf, beginnend mit dem einfachsten:

Sperrholz (Rund- und Knickspant)

Leistenbeplankung

Formverleimt (Heiß- oder Kalthärtung)

Klinker

Karweelbeplankung (einfach)

Karweelbeplankung (doppelt)

Für diejenigen, die mit Bootsreparaturen wenig Erfahrung haben, gibt der Inhalt dieses Handbuchs einen guten Überblick über die für eine erfolgreiche Reparatur notwendigen Voraussetzungen und Anforderungen. Unbedingt muß eine Bestandsaufnahme über den Bauzustand des Bootes gemacht werden, wie in Kapitel 2 beschrieben, eventuell sogar durch einen Sachverständigen. Auch Gespräche mit anderen Bootseignern, die ähnliche Reparaturen durchgeführt haben, sind sehr zu empfehlen. Wenn das Unternehmen erfolgreich ablaufen soll, muß man sich über die Anforderungen im klaren sein und einen realistischen Arbeitsplan entwickeln.

1.2 Warum versagen Holzboote?

Das Wesen des Werkstoffes Holz und die Bauverfahren der Vergangenheit waren ursächlich sowohl für die Schönheit von Holzbooten wie auch die Schwierigkeiten. Der bei Holzbooten notwendige Pflegeaufwand hat vielen Booten den Glanz genommen und mangelnde Pflege hat bei manchen dazu geführt, daß die Elemente das ehemals wunderschöne Holzboot zerstört haben. Holzboote, ganz gleich wie alt und wie gut erhalten sie sind, haben im allgemeinen zwei Probleme gemeinsam.

1.2.1 Verlust der Festigkeit

Die Anziehungskraft eine Holzbootes liegt ganz wesentlich darin, daß der Bootsbauer viele einzelne Bauteile zu einem Ganzen zusammenfügt. Der Verlust dieser Gesamtfestigkeit ist ein wesentlicher Grund, warum Boote versagen. Bei normalem Gebrauch sind die Verbindungen laufend unterschiedlichen Belastungen ausgesetzt. Wenn z.B. eine Welle unter dem Boot hindurchläuft, wird es ungleichmäßig angehoben. Werden die Bootsenden durch Wellen angehoben, bedeutet das: der Rumpf wird in der Mitte nach außen gedrückt. Liegt der Mittschiffsbereich auf einem Wellenberg, werden die Seiten zusammengedrückt. Schräg anlaufende Wellen wiederum können den Vorsteven in einer Richtung anheben und das Heck in einer anderen, die Folge ist eine Torsion des Rumpfes. Dann darf man nicht die Belastungen vergessen, die durch Kranen und Slippen auftreten, ebenso wenig wie die punktförmig angreifenden Kräfte aus dem Rigg. Da Boot unterliegt also permanent einer Vielzahl verschiedener Beanspruchungen. Die Verbindungen aller Bauteile müssen die Kräfte aufnehmen und dabei den ganzen Bootskörper steif und wasserdicht halten.

Die kleinste Bewegung um ein Befestigungselement herum kann seine Haltekraft herabsetzen und dadurch zu noch mehr Lose führen. Im Laufe der Zeit ist jede solche Stelle ein möglicher Ausgangspunkt für Wasserangriff. Traditionelles Kalfatern war durchaus so ausgelegt, daß sich die Bauteile gegeneinander bewegen konnten. Da aber das Material in den Nähten mit der Zeit seine Dichteigenschaft verliert, muß es laufend erneuert werden, oder die Verbindung leckt eben. Daraus folgt nun eine hohe Holzfeuchte mit entsprechendem Festigkeitsverlust (siehe Anhang B), Verlust der Haltekraft, z.B. der Schrauben, größere Bewegungen der Verbände gegeneinander und damit wieder noch höhere Feuchtigkeit des Holzes.

1

1.2.2 Trockenfäule

Ein weiterer Grund für Schäden an Holzbooten ist die Trockenfäule. Das ist ein ganz natürlicher Zerfallsprozeß, hervorgerufen durch Braunfäule, der von Pilzen verursacht wird, die von der Zellulose der Holzfasern leben. Abgesehen vom Verlust an Festigkeit, bewirkt Trockenfäule, daß sich das Holz verfärbt, schrumpft und daß sich Risse quer zur Faserrichtung ausbilden.

Trockenfäule ist eigentlich ein Ausdruck, der zu Fehlschlüssen führt, denn das Holz muß feucht sein, damit sie sich entwickeln kann. Genau genommen, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein, damit Trockenfäule auftreten kann:

Nahrung - ausreichendes Angebot an Holzfasern,

Feuchtigkeit - der Sättigungspunkt der Fasern muß in etwa erreicht sein (mehr als 20 %)

Sauerstoff

Wärme - 24° bis 30°C ist ideal für das Entstehen, aber die Pilze können auch schon bei 10°C aktiv werden.

Gerade die vielen Verbindungen in einem Holzboot sind der ideale Nährboden für Trockenfäule. Wo immer zwei Holzteile aufeinander liegen, sind Luftzirkulation und das Abdampfen von Feuchtigkeit behindert. Bei einem Leck erreicht das Holz sehr schnell den Sättigungsgrad und außerdem kann genug Sauerstoff hinzutreten, um Fäule hervorzurufen. Holzschutzmittel versuchen diesen Vorgang zu verhindern,



indem das Holz vergiftet wird. Dieses Vorgehen hat nur begrenzte Wirkung, da es den Festigkeitsverlust durch höhere Feuchtigkeit nicht berührt.

1.3 WEST SYSTEM Epoxid für die Reparatur von Holzbooten

Die guten Eigenschaften von WEST SYSTEM Epoxidharz, die es für den Bau neuer Boote so wertvoll machen, geben ihm gleichermaßen ideale Eigenschaften für die Reparatur älterer Boote. Die Techniken, die in diesem Handbuch beschrieben werden, sind so ausgelegt, daß sie die Vorteile unserer EP-Harze mit den Grenzen in Einklang bringen, die ältere Boote mit sich bringen.

WEST SYSTEM Epoxid ist ein Kleber für Bauteile in feuchter Umgebung und ist für die Verleimung/Verklebung von Holz formuliert.

EP-Harze werden bevorzugt für neue Boote genutzt, die zugleich leicht und sehr steif sein müssen. Die Verleimung von zwei Bauteilen mit EP-Harz vergrößert im Vergleich zu einem anderen Befestigungselement (z.B. einer Schraube) die Fläche, auf der die Kraft übertragen wird und das EP-Harz schirmt die Fläche zugleich gegen Feuchtigkeit ab. Verbindungen mit WEST SYSTEM Epoxid haben oftmals eine höhere Festigkeit als das Bauteil selbst. Verleimung mit EP-Harz benötigt nur einen niedrigen Anpreßdruck; Heftklammern und Schrauben reichen meistens aus, bis das EP-Harz gehärtet ist. Als Kleber ist WEST SYSTEM Epoxid ideal zum Beheben von Schäden und zur Verbesserung der Festigkeit.

WEST SYSTEM Epoxid ist als Feuchtigkeitssperre unübertroffen.

Die Fähigkeit von EP-Harzen, Holz gegen Wasserangriff abzuschirmen, hat moderne Holzboote fast immun gegen Trockenfäule gemacht. In gewissem Grade läßt sich das auch auf ältere Holzboote übertragen, indem deren Feuchtigkeitsgehalt ebenfalls unter die kritische Grenze gedrückt wird.

WEST SYSTEM Epoxid ist ein hervorragender Fugenfüller.

Diese Eigenschaft macht präzise Passungen unnötig, ebenso wie übermäßigen Anpreßdruck.

WEST SYSTEM Epoxid ist einfach in der Verarbeitung und vielseitig.

WEST SYSTEM Produkte beinhalten eine komplette Palette von Epoxid-Materialien und Zusatzstoffen, um vielfältige Wünsche hinsichtlich Bau und Unterhalt abzudecken. Amateure wie Fachleute können sich für jede Aufgabe "maßgeschneiderte" Systeme zusammenstellen.

Die Informationen über WEST SYSTEM Epoxid und Reparaturverfahren wird durch mehr als zwanzig Jahre Erfahrung unterstützt.

Die Firma Gougeon Brothers Inc. stellt seit mehr als zwanzig Jahren Epoxidmaterialien her und hat sich hinsichtlich der Formulierung langlebiger und kostengünstiger EP-Harze für den Bootsbau einen hervorragenden Namen geschaffen. Neue Segel- und Motorboote - hergestellt mit WEST SYSTEM Produkten - waren in vielen Rennen erfolgreich. Familiencrews kreuzen auf allen

Weltmeeren in seefähigen Yachten, die mit Hilfe von WEST SYSTEM Epoxidharzen gebaut, restauriert oder in gutem Zustand gehalten werden. Die Firma Gougeon Brothers hat die Bau Erfahrung, besitzt Forschungs- und Prüfeinrichtungen und verfügt über einen qualifizierten Stab von Technikern, um den Verwendern von WEST SYSTEM Epoxid-Produkten fachlichen Rat geben zu können.

Die Firma Wessex Resins and Adhesives Ltd. stellt unter Lizenz der Firma Gougeon Brothers WEST SYSTEM Produkte her. Die Gesellschaft ist bestrebt, den gleichen erstklassigen Standard zu erreichen, wie er von Gougeon Brothers aufgebaut und gehalten wurde.

Wessex Resins unterwirft sich der Qualitätsüberwachung nach BS5750, Teil 2, inhaltsgleich mit der internationalen Norm ISO 9002 und AQUAP4, Ausgabe 2. Dadurch ist gewährleistet, daß alle hergestellten Produkte der Firma besonders hoch angesetzten Qualitätsforderungen entsprechen. Zusätzlich ist das WEST SYSTEM Epoxidharz von Lloyd's Register of Shipping für den Bau von Yachten und kleinen Wasserfahrzeugen zugelassen. Das Technische Team der Firma M.u.H. von der Linden GmbH, Distributor für die deutschsprachigen Länder, ist Ihr Ansprechpartner auch bei der Lösung etwaiger technischer Probleme.

Die Techniker von Wessex Resins und M.u.H. von der Linden GmbH haben viele Jahre Erfahrung im Bereich der Epoxidharze und stehen mit der Firma Gougeon Brothers laufend in Verbindung, um alle neueren Entwicklungen innerhalb der WEST SYSTEM Produktpalette sofort umsetzen zu können.

1

1.4 Wichtige Arbeitsschritte beim Reparieren und Restaurieren

Sowohl beim Reparieren wie auch beim Restaurieren eines Bootes sollte der Plan für dieses Vorhaben drei wichtige Schritte enthalten:

- Verkleben für die Festigkeit
- Beschichtung als Feuchtigkeitssperre
- Belüftung für Langlebigkeit.

1.4.1 Verkleben zum Erreichen der Festigkeit

Das Thema Festigkeit ist eine grundlegende Überlegung bei der Verwendung von EP-Harzen, wenn es um Boote geht. Das Verleimen und Ummanteln des Holzes mit Epoxid kann die lokale und die Gesamtfestigkeit eines Bootes ganz wesentlich verbessern. Wie schon erwähnt, ist der Verlust des Festigkeits-Verbandes des ursprünglichen Baus einer der wesentlichen Gründe, warum Boote zugrunde gehen. Benutzt man Epoxid zum Reparieren oder Restaurieren, wird die Steifigkeit der Konstruktion wiederhergestellt. In den meisten Fällen ist diese feste Verbindung sehr erwünscht. Es kommt aber auch vor, daß sie negative Auswirkungen hat, wenn dadurch zum Beispiel Spannungskonzentrationen hervorgerufen werden.

Beim kompletten Restaurieren eines Bootes ergibt die umfassende Verwendung von Epoxidharz als Kleber wie Beschichtungsmaterial ein sehr festes und dauerhaftes Werk. Das erneute Verleimen der Nähte einer Außenhaut nach dem Säubern der Nähte ist eine äußerst befriedigende Arbeit.

Wenn es lediglich um eine lokale Reparatur an einem sonst gesunden Boot geht, muß zunächst das geschädigte Teil und seine Lage im Gesamtverbund untersucht werden. Wir empfehlen, die folgenden Bereiche bevorzugt in Erwägung zu ziehen: Schäften einer Planke, Neubau einer Luke, Erneuerung eines Spiegels, Ersetzen eines Spants, Neuaufbau des Aufbaudaches, Verlegen eines neuen Decks. Man sollte dabei diejenigen Bauteile bevorzugt herausfinden, wo die neue Festigkeit nicht der ursprünglichen Bauweise zuwider läuft. Dieser Ansatz kann den Umfang der Reparatur begrenzen.

1.4.2 Beschichtung als Feuchtigkeitssperre

Das vollständige Einkapseln mit Epoxid verhilft neuen Booten zu einer durchgehenden Feuchtigkeitssperre, sowohl innen wie außen. Wird jedes hölzerne Bauteil eines Bootes mit wenigstens zwei Lagen EP-Harz beschichtet, bleibt der Feuchtigkeitsgehalt weit unter der Sättigungsgrenze der Holzfasern und es ist dimensionsstabil. Dies Beschichten ist bei einem Neubau recht einfach, weil jedes Teil zum günstigsten Zeitpunkt seines Einbaus behandelt werden kann. Das ist besonders wichtig, weil manche Teile im eingebauten Zustand nicht mehr zugänglich sind.

Ein vollständiges Beschichten eines älteren oder konventionell gebauten Bootes ist nur dann möglich, wenn alle Flächen, auch die Verbindungen, zugänglich sind. Das würde im Extremfall bedeuten, daß man alle Bauteile auseinandernehmen muß, um sie dann nach dem Beschichten wieder zusammenzusetzen. Der Aufwand an Zeit und Arbeit wäre hierfür kaum vertretbar. Aber auch dann, wenn ein vollständiges Einkapseln des Holzes aus diesem Grund nicht möglich ist, sollte man nach Bereichen Ausschau halten, die dies gestatten. In manchen Teilen des Bootes kann man die Bauteile nacheinander aus- und wieder einbauen.

"Kann ich die Innenseite meines Bootes mit Epoxidharz beschichten?", ist eine der oft gestellten Fragen. In den meisten Fällen muß man davon abraten. Selbst wenn nur einige unzugängliche Bereiche nicht beschichtet werden, ist das eben etwas anderes als ein vollständiges Einkapseln. Der Anstrich ist dann keine ununterbrochene Feuchtigkeitssperre mehr und wird nicht verhindern können, daß die Verbindungen gegeneinander arbeiten und daß doch Nässe in die Verbindungen eindringt. Bei einem Leck sind diese unzugänglichen Stellen der ideale Nährboden für Trockenfäule. Daher ist es oftmals besser, den Innenraum gut zu belüften als zu versuchen, Bereiche zu beschichten, in denen sich Feuchtigkeit sammelt. Die Aufgabe besteht ja darin, mindestens einen der vier Gründe für die Bildung von Trockenfäule auszuschalten. In diesem Fall besteht die Lösung darin, die Holzfeuchte unter der kritischen Grenze zu halten. Wenn man schon nicht verhindern kann, daß Wasser ins Boot eindringt, dann sollte man wenigstens alles tun, daß es sich nicht irgendwo festsetzen kann.

1.4.3 Belüftung für Langlebigkeit

Gute Be- und Entlüftung ist der Schlüssel für die Lebensdauer eines jeden Bootes. Entweder man entscheidet sich für vorbeugende Maßnahmen oder nimmt in Kauf, daß man hin und wieder reparieren muß. Alle Boote brauchen gute Lüftung, ob aus Holz, GFK, Aluminium oder Stahl. Ein trockener Innenraum ist das wirksamste Mittel, die Substanz zu erhalten und den Aufenthalt im Boot angenehmer zu machen.

Eine saubere Bilge, eine hinterlüftete Einrichtung, wasserdichte Decksöffnungen und gute Lüfter sind zusammen der richtige Weg, um eine gute Lüftung zu erreichen. Wenn es hierzu Fragen geben sollte, möchten wir auf Anhang D verweisen, in dem Bücher über Bootsbau, Ausbau und Ausrüstung sowie Bootslagerung aufgeführt sind.

Kapitel 2

Beurteilung und Untersuchung des Bootes

Will man den Zustand eines Bootes einschätzen, müssen zwei Fragen geprüft werden:

Nach welcher Methode ist das Boot gebaut?

In welchem Zustand befindet sich das Boot?

Ein Verständnis der Bauweise hilft, den Schadensumfang abzuschätzen. Weiß man um die tragenden Verbände, so kann man nicht nur auf verborgene Mängel schließen, sondern - und das ist viel wichtiger - man kann besser beurteilen, ob der sichtbare Schaden die Gesamtfestigkeit des Bootes infrage stellt. Um den Bauzustand zu beurteilen, ist eine genaue Untersuchung notwendig. Dazu wird man einige Teile ausbauen müssen.

2

2.1 Verständnis der tragenden Verbände

Will man beurteilen, wie gut ein Boot noch erhalten ist, muß man die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Verbände und ihr Zusammenwirken verstehen. Man muß erkennen können, ob die Teile noch ihre ursprüngliche Aufgabe wahrnehmen können. Die Mehrzahl der Holzboote bestehen ja aus einem Versteifungssystem mit einer Haut darüber.

2.1.1 Das System der tragenden Verbände

Holzboote besitzen im allgemeinen gleichartige tragende Verbände, auch wenn sich diese in Größe, Form und hinsichtlich ihrer Funktion unterscheiden (Abb. 2-1). Diese Bauteile bilden ein Versteifungssystem und übernehmen zusammen mit der Beplankung die auftretenden Kräfte. Bei den schweren Verbänden herkömmlich geplankter Boote liefert dies innere System von Versteifungen den größten Anteil an der Gesamt-Steifigkeit. Während des Baus, wenn es später schwimmt und wenn es geslipt wird, übertragen die einzelnen Bauteile die dabei auftretenden konzentrierten Belastungen. Moderne Holzboote mit einer mehrschichtigen Außenhaut (Sperrholz oder formverleimt) sind leichter versteift. Die Bauteile müssen sorgfältig untersucht und hinsichtlich ihrer Belastbarkeit geprüft werden.

Der **Kiel** ist das Rückgrad der meisten Boote. Traditionell ist er das schwerste und steifste Bauteil und damit das Fundament für die übrigen Bauteile. Wie alle Elemente, muß der Kiel nicht nur biegesteif sein, er soll auch die Belastungen über Verbindungselemente (Schrauben und Bolzen) auf den Bootskörper übertragen.

Spanten und **Bodenwrangen** sind die Querverbände, üblicherweise in gleichen Abständen am Kiel befestigt. Die symmetrischen Spanten verleihen dem Boot seine Form, während die Bodenwrangen die Kräfte aus dem Ballastkiel oder den Maschinenträgern auf die Außenhaut übertragen.

Decksbalken verbinden die Spanten an ihrer Oberkante. Von der Festigkeit her gesehen halten sie die beiden Rumpfhälften zusammen, so daß sich die

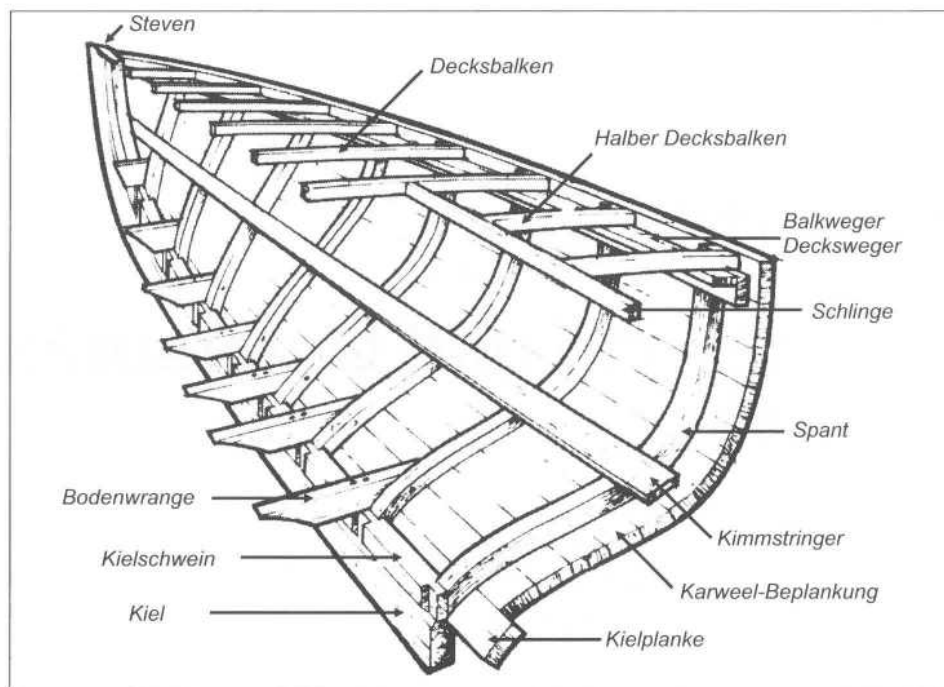


Abb. 2-1 Tragende Verbände einer klassischen Yacht.

Außenhaut weder nach außen noch nach innen hin bewegen kann. Und sie sind das Fundament für das Deck. Der Decksbalken ruht auf einem Balkweger und ist üblicherweise mit ihm und mit den Spanten verbunden.

Der **Balkweger** ist mit Decksbalken wie Spanten verbunden. Er hält also Spanten und Decksbalken an der Oberkante des Rumpfes zusammen.

Bei größeren Yachten finden wir noch einen **Decksweger**, der mit dem Balkweger verbunden ist. Dieser Decksweger liegt mit seiner flachen Seite unter den Decksbalken und etwa rechtwinklig am Balkweger an.

Manche Rundspantboote besitzen noch **Kimmstringer**, die nicht über die gesamte Bootslänge durchlaufen. Sie versteifen den Verbund auf etwa halbem Abstand zwischen Kiel und Deck die Außenhaut und das Spantengerüst zusätzlich. Bei Flachboden- oder V-Spant-Booten finden wir diesen Kimmstringer ebenfalls, dann aber direkt unter der Beplankung. Dieses Bauteil kann sehr leicht, in manchen Fällen aber auch, besonders bei traditionellen Booten, von ganz erheblichen Abmessungen sein.

Bei Motorbooten und großen Segelyachten erreichen die in Längsrichtung angeordneten Maschinenlängsträger ganz erhebliche Abmessungen. Sie sind mit den Bodenwrangen durch zusätzliche Knie oder Flügelschotte verbunden.

Bei großen Yachten findet man dann noch zusätzliche Knie unter Außenhaut und Deck, die Diagonal- und Torsionskräfte aufnehmen sollen.

Decks- und Lukenausschnitte werden durch Schlingen eingefasst, die die Enden der angeschnittenen Decksbalken einfassen und die Kräfte auf die nächsten vollen Decksbalken übertragen. Zusätzliche Knie und auch Zuganker dienen dabei der Versteifung der Rumpfoberkante und übertragen die Kräfte auf die vollen **Decksbalken**. In kleinen offenen Booten muß der Duchtweger oder Dollbaum auch ohne Decksbalken steif genug sein. In einem Kanu spreizen die Sitzduchten das Boot anstelle eines Decks auseinander und der Duchtweger liefert die Steifigkeit der Schale zwischen den Duchten.

2.1.2 Die Beplankung

Es gibt zwei grundlegende Arten der Außenhautbeplankung. Jahrtausende lang standen nur Variationen einer Beplankungsart zur Auswahl. Erst die Entwicklung moderner Leime hat die Verbreitung der mehrlagigen, dauerhaften Außenhaut (Sperrholz oder formverleimte Bauweise) ermöglicht.

Beplankung

Eine Karweel- oder Klinkerbeplankung mit allen Variationsmöglichkeiten ist flexibler und leckt eher als Sperrholz. Die einzelnen Planken laufen üblicherweise parallel zur Mittschiffslinie des Bootes (Abb. 2-2). Sie sind mit jedem Spant verbunden, um die Kräfte zu übertragen, wobei die Dichtung zwischen den Nähten oder Kalfaterung die leichten Scherkräfte aus der Torsion des Rumpfes aufnehmen muß. Bei der Klinkerbauweise pressen die Niete in den überlappenden Nähten die Planken aufeinander und dienen so der Dichtigkeit wie auch der Übertragung der Scherkräfte. Bei der Karweel-Beplankung war es üblich, die Nähte mit Fadenbündeln aus Baumwolle oder Werg auszustopfen, wobei man ein Kalfateisen benutzte, und sie dann mit Teer oder anderen Dichtmitteln auszufüllen. Das half zunächst auch die Steifigkeit zu erhöhen. Da aber Bolzen und Schrauben arbeiten, und die Holzplanken schwellen und schrumpfen, löste sich der Verbund, und die Nähte mußten gereinigt und wieder neu kalfatiert werden.

Eine doppelte Außenhaut bestand meist aus zwei Lagen Karweelbeplankung oder Leisten, die zwischen den Lagen und in den Nähten mit Schellack, Farbe, Vergußmasse oder Leim versehen wurden. Manchmal verwendete man auch Zwischenlagen aus Leinwand, die in Bleiweiß getaucht wurde.

Sperrholz

Sperrholz kann viele einzelne Planken ersetzen, so daß die Anzahl der Nähte erheblich verringert wird, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Lecks abnimmt. Auch bei einer Sperrholzbeplankung braucht man ein System von Innenversteifungen, aber diese Bauteile können leichter ausfallen, da Sperrholz ja gleiche Festigkeiten in mehr als einer Richtung aufweist. Bei herkömmlicher Beplankung braucht man eben zusätzliche Spanten, um die Diagonalkräfte aufzufangen. Sperrholz wird meist mit den Versteifungen verleimt und zum Anpressen mit Heftklammern, Nägeln oder Holzschrauben befestigt (Abb. 2-3). Mehrere Lagen dünner Sperrholzplatten benutzt man immer dann, wenn doppelte Verformung die Verwendung einer dicken Platte verhindert.

Auch Sperrholz kann unter Feuchtigkeit leiden. Feuchte tritt an den Schnittkanten durch das Hirnholz ein und führt eventuell zu Delamination. Auf der Oberfläche führt sie zu Stockflecken. Früher wurden Sperrholzdecks mit Leinwand überzogen, die in frische Farbe oder Leinwandzement eingebettet wurde. Dieses Gewebe war in gewisser Hinsicht schon ein Schutz, andererseits konnte sich aber auch darunter unbemerkt Feuchtigkeit sammeln, mit der Folge gravierender Schäden. Wenn zum Beispiel das Deck weich wurde oder sich die Bespannung löste, hatte das Sperrholz darunter schon wesentlich an Festigkeit eingebüßt.

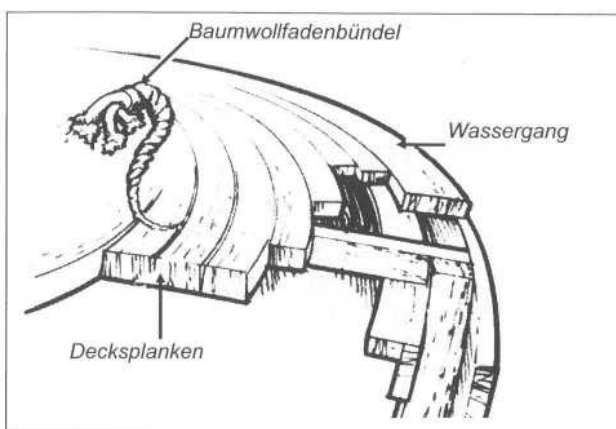


Abb. 2-2 Typisches Plankendeck und Karweel-Beplankung.

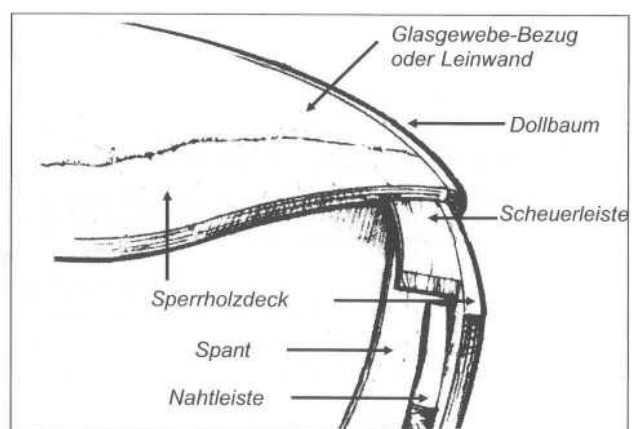


Abb. 2-3 Typische Sperrholz-Konstruktion.

Beschläge Abgesehen von allen Stößen und Nähten in einem Deck, stellen Beschläge eine Hauptquelle für Leckagen dar. Alle Befestigungselemente der Beschläge gehen durch das Deck hindurch. Bei minderen Festigkeitsanforderungen mag der Beschlag auch mit Holzschrauben befestigt sein, aber alle Teile, die hoch belastet werden, müssen eben durch Decksbalken oder zusätzliche Unterfütterungen hindurch verschraubt werden, die wiederum die Belastung auf eine größere Fläche verteilen. Wenn nun die Löcher nicht alle ganz präzise vorgebohrt sind, übertragen die Schrauben die Last auch nicht gleichmäßig. Die Bohrung mit dem am höchsten belasteten Bolzen wird sich erweitern, wenn der Beschlag immer wieder belastet wird. Diese Bewegung um die Schraube herum verringert das Kraftaufnahmevermögen der Holzfasern und führt zu Leckagen. Alle Dichtmittel können nicht diese Bewegung der Schraube verhindern. Bei Dauerbeanspruchung versagt die Dichteigenschaft der Vergußmasse und läßt Wasser in die Öffnung eintreten. Die Feuchtigkeit wiederum dringt in die Holzfasern ein und schwächt den Bereich noch mehr.

Diese Übersicht über die tragenden Verbände eines Bootes macht einige der Probleme deutlich, mit denen sich der Besitzer eines Holzbootes auseinandersetzen muß. Diese Probleme sind zwar bedrohlich, aber müssen durchaus nicht das Vorhaben scheitern lassen. Eine der positivsten Eigenschaften von Holz ist ja sein Erholungsvermögen. Mit den richtigen Wiederbelebungsmaßnahmen und dem richtigen Schutz kann man dem Boot ein zweites langes und wartungsarmes Leben einhauchen.

Wer über die Verbände eines Bootes mehr erfahren will, der sei auf die in Anhang D aufgelisteten Bücher verwiesen.

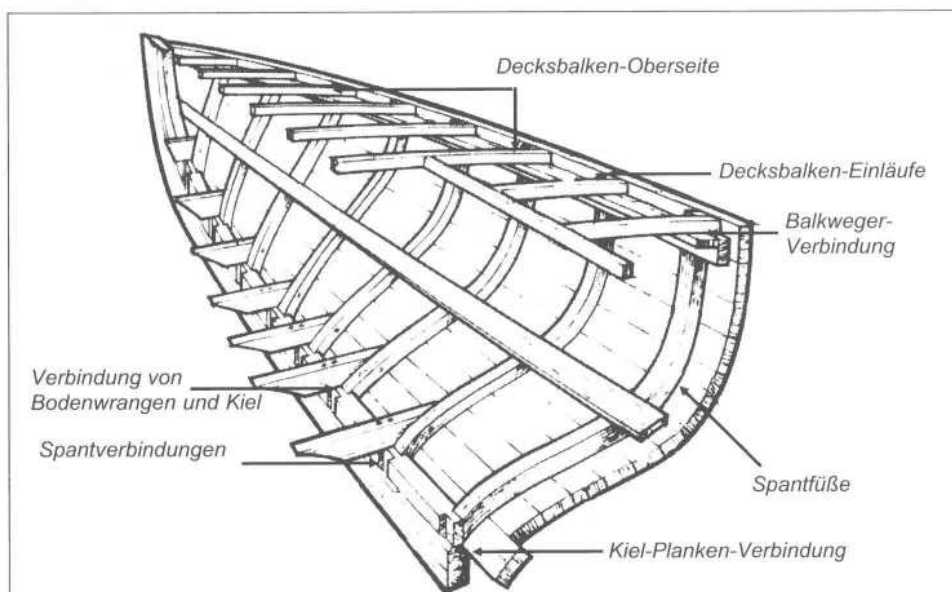


Abb. 2-4 An Verbindungen und dort, wo sich Wasser sammeln kann, wird das Boot auf Trockenfäule untersucht.

2.2 Wie man ein Boot untersucht und Schadensstellen aufspürt

Der erste Schritt der Reparatur besteht in der Untersuchung des Bootes und im Aufspüren der Schadensstellen. Auch wenn man meint, die geschädigten Bereiche erkennen zu können, geht es meistens doch nicht ohne den Ausbau einiger Teile ab. Gerade weil Schäden durch Feuchtigkeit in unzugänglichen Bereichen so schwerwiegend sind, muß diese Demontage sein. Eine sorgfältige Inspektion ist notwendig, um sich über die richtigen Reparaturverfahren Klarheit zu verschaffen, aber auch, um den Arbeitsumfang abzuschätzen.

Die Untersuchung sollte so beginnen:

1. Das Boot muß richtig aufgebockt sein. Steven und Mittellinie des Spiegels müssen fluchten. Oberkante Deck soll bei jedem Spant in Querschiffsrichtung in Waage liegen. Dann empfiehlt es sich, das Boot abzustützen und zu verschwerten, damit es sich während der Reparatur nicht bewegen kann. Je mehr Teile im Laufe der Arbeiten mit Epoxidharz verbunden werden, desto fester wird der Verbund. Ist die Reparatur beendet, behält das Boot die Form, in der es aufgebockt war.
2. Nun müssen alle Beschläge, Leinwandbezug, GFK u.s.w. entfernt werden.
3. Bevor das Boot noch austrocknet, gilt es, alle Leckstellen zu finden. Also suchen wir feuchte Stellen und Holz mit Stockflecken. Auch Farbe und Lack sollte weitgehend entfernt werden, um das Holz darunter begutachten zu können.
4. Nun wird jedes Bauteil dahingehend untersucht, ob es die vorgesehene Belastung noch aufnehmen kann. Mit einem Eispickel oder einem anderen scharfen Werkzeug wird das Holz auf Trockenfäule untersucht. Bevorzugt finden wir die Fäule dort, wo die Luft nicht gut zirkulieren konnte, weiter dort, wo Bauteile direkten Kontakt miteinander hatten und unter Beschlägen. Sind Zeichen von Schlagbeanspruchungen sichtbar, müssen dahinter liegende Spanten oder andere Versteifungen sowie die Schrauben und Bolzen untersucht werden (Abb. 2-4).
5. Beschädigte und solche Teile, die den Zugang zu vermuteten Schadensstellen blockieren, werden entfernt. Auch die Außenhaut wird an zweifelhaften Stellen entfernt. Insgesamt ist der Arbeitsablauf wie beim Bau des Bootes, nur in umgekehrter Reihenfolge. Wiederverwendbare Teile werden beiseite gelegt. Auch unbrauchbare Teile können teilweise noch als Modell für ein neues Bauteil dienen. Eine Schadensstelle zu entfernen bedeutet nicht automatisch, daß man das ganze Bauteil entfernen muß. Oftmals kann man ein neues Stück anschaffen oder eine Dopplung aufbringen. (siehe Kap. 5.3).
6. Bevor eine Reparatur beginnt, muß das Boot gut getrocknet werden. Dazu sollten alle alten Anstriche entfernt und eine gute Lüftung geschaffen werden. Die Holzfeuchte soll den Gleichgewichtszustand von 8 - 12 % erreichen. Dann sind die Teile dimensionsstabil, und man schließt keine Feuchtigkeit im Holz ein. Auch der Arbeitsplatz muß geschützt und trocken sein.

Nochmalige Beurteilung des Projekts

Ist die Untersuchung des Bootes abgeschlossen, ist sein Zustand bekannt und man kann den Reparaturplan ausarbeiten. Wie empfehlen dringend, an dieser Stelle noch einmal die Frage in Kapitel 1 zu überdenken:

Welches Ergebnis wird angestrebt? Eine schnelle Reparatur, eine vollständige Restauration oder irgendetwas dazwischen?

Steht genügend Geld und Zeit zur Verfügung, um das gesteckte Ziel zu erreichen?

Ist Holz/Epoxid-Konstruktion die beste Lösung für das Problem?

Sind diese Fragen zufriedenstellend beantwortet, kann die eigentliche Reparatur beginnen, wobei die folgenden Kapitel je nach Bedarf herangezogen werden können. Kapitel 3 beschreibt die grundlegenden Techniken für die Verwendung von WEST SYSTEM Epoxidprodukten für Holzboot-Reparaturen. Selbst wenn man die Produkte schon kennt, ist es doch notwendig, die beschriebenen Verfahren gründlich zu verstehen, insbesondere Oberflächen-Vorbehandlung, Kleben, Kleben mit Spachtelkehlen, Lamellieren, Schleifen, Aufbringen von synthetischen Fasern, Abschlußanstriche und Oberflächenarbeiten, alles beschrieben in Kap. 3. Die dann folgenden Teile des Handbuchs widmen sich speziellen Reparaturen und können immer dann benutzt werden, wenn die darin angesprochenen Themen aktuell werden.

Kapitel 3

Standard-Verfahren

Dieses Kapitel dient dazu, die WEST SYSTEM Produkte zu erkennen und grundlegende Hinweise für die Verarbeitung von Epoxidharzen zu geben.

3.1 Die Sicherheit

WEST SYSTEM Harz 105 für sich genommen ruft kaum jemals Hautreizungen hervor. Die WEST SYSTEM Härter dagegen wirken in dieser Richtung. Allerdings wird diese Wirkung erheblich verringert, wenn sie mit dem EP-Harz 105 im richtigen Verhältnis gemischt sind. Auch dann sollte man einige Regeln einhalten. Wir empfehlen, die folgenden Hinweise genau zu beachten.

3.1.1 Vorsichtsmaßnahmen

1. Jeglicher Hautkontakt mit Harz, Härter oder Mischungen ist zu vermeiden. Beim Arbeiten mit WEST SYSTEM Materialien sollten Plastik-Handschuhe getragen werden. WEST SYSTEM Handschutzcreme 831 bietet für empfindliche Haut, bei Allergien oder bei längerer Verarbeitung einen guten zusätzlichen Schutz. Niemals sollte man Lösungsmittel benutzen, um Epoxid von der Haut zu entfernen. Dafür wird WEST SYSTEM Hautreiniger 820 empfohlen, danach sorgfältiges Waschen mit Wasser und Seife, wann auch immer man mit Harz, Härter oder einer Mischung von beiden in Berührung gekommen ist.
2. Die Augen schützt man am besten durch die WEST SYSTEM Schutzbrille 840. Wenn doch einmal ein Spritzer in's Auge kommt, sofort mit reichlich Wasser 15 Minuten lang auswaschen. Wenn Schmerzen auftreten, sofort einen Arzt aufsuchen.
3. Das Einatmen der Dämpfe sollte man vermeiden, also ist im Arbeitsbereich gute Lüftung eine der Grundregeln. Muß man im Innern eines Bootes arbeiten, muß für gute Be- und Entlüftung gesorgt werden. Beim Schleifen von Epoxidharz sollte die WEST SYSTEM Staubmaske 839 getragen werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn das Harz weniger als eine Woche aushärten konnte.
4. Tritt bei der Arbeit mit Epoxidharz ein Hautausschlag auf, unterbrechen Sie die Arbeit, bis dieser wieder verschwindet, meistens nach 3 bis 4 Tagen. Wenn sie die Arbeit dann wieder aufnehmen, verbessern Sie die Sicherheitsvorkehrungen und vermeiden Sie jeglichen Hautkontakt mit Harz, Härter oder angemischtem EP-Harz sowie ihren Dämpfen. Falls die Beschwerden anhalten, muß ein Arzt konsultiert werden.
5. Man sollte keine Maschinenwerkzeuge bedienen oder Leitern besteigen, wenn man in engen Räumen mit Lösungsmitteln arbeitet. Wenn ein Gefühl von Müdigkeit, Euphorie oder ein Schwindelgefühl auftritt, sollte man sofort in einen gut belüfteten Raum oder nach draußen gehen.
6. Wenn kleine Mengen Harz auf die Kleidung spritzen, sollte man den Arbeitsanzug wechseln. Die Spritzer lassen sich mit WEST SYSTEM Hautreiniger 820 herausreiben. Harzspritzer auf Werkstücken oder auf dem Boden sollten zunächst

einmal mittels Spachtel abgestreift werden, um die Stelle anschließend mit einem Papiertuch nachzureiben. Sand oder ähnliches eignen sich gut, um Harzlachen abzudecken und aufzusaugen. Letzte Reste lassen sich mit WEST SYSTEM Lösungsmittel 850 oder Reinigungslösung 855 entfernen.

7. Gefäße mit angemischtem EP-Harz sollten besonders vorsichtig gehandhabt werden. Angemischtes Epoxidharz entwickelt Wärme, besonders dann, wenn es in einem kleinen Gefäß konzentriert ist. Epoxidabfall sollte niemals in den Müll geworfen werden, bevor es nicht ganz ausgehärtet und abgekühlt ist.
8. Harze, Härter, Füllstoffe und Lösungsmittel dürfen für Kinder nicht erreichbar sein. Wenn Sie weitere Fragen zu Sicherheits-Aspekten haben, schreiben Sie an:

M.u.H. von der Linden GmbH

Innovative Technologie für den Yachtbau

Werftstraße 12 - 14

D-4230 Wesel / Rhein

3.2 Epoxid-Produkte

3.2.1 Harz

Harz 105 - Dieses Harz ist eine bernsteinfarbene, niedrigviskose Flüssigkeit, die sich in einem weiten Temperaturbereich härten läßt und zu einer hochfesten Masse erstarrt, mit besten Kohäsionseigenschaften, ausgezeichneter Klebkraft und Eignung als Dampfsperre. Für das Harz wurden zwei Grundtypen von Härtern entwickelt. Die Härter 205 und 206 werden im Verhältnis 5 Gewichtsteile Harz zu 1 Gewichtsteil Härter angemischt, die Härter 207 und 209 im Verhältnis 3 zu 1.

3.2.2 Härter vom Typ 5:1

Härter 205 - Er wird in den meisten Fällen benutzt, wenn man im niedrigen Temperaturbereich arbeitet und die Eigenschaften des EP-Harzes bei Raumtemperatur erreicht werden sollen. Eine Harz/Härter-Mischung von 100 g hat bei 21°C eine Topfzeit von 10 bis 15 Minuten. Als Schlußauftrag härtet die Schicht in 5 bis 7 Stunden und erreicht ihre Endhärte nach einigen Tagen.

Langsamer Härter 206 - Dieser Härter wird dann benutzt, wenn man eine längere offene Zeit braucht, um größere Flächen zu bearbeiten oder bei höherer Temperatur arbeitet. Mit Harz gemischt beträgt seine Topfzeit 25 bis 30 Minuten, wieder bei 21°C. Neun Stunden braucht ein Beschichtungsfilm zum Härten und mehrere Tage zum Durchhärten.

3.2.3 Härter vom Typ 3:1

Beschichtungs-Härter 207 - Ihn benutzt man, wenn man eine klar lackierte Oberfläche erreichen will, besonders in feuchter Umgebung und/oder wenn niedrige Temperaturen vorherrschen. Härter 207 enthält einen UV-Stabilisator. Ist das Boot aber später langer Lagerung in der Sonne ausgesetzt, sollte man WEST SYSTEM Lack 1000 zusätzlich auftragen. Dieser Härter verleiht dem Harz eine hervorragende Klebkraft, aber er ist nicht so kostengünstig wie die Härter 205 und 206. Die 100 g Harzmischung hat eine Topfzeit von 25 bis 30 Minuten bei 21°C. Als Anstrich härtet die Schicht in 9 bis 12 Stunden aus. Die Endhärte ist nach 4 bis 7 Tagen erreicht.

Tropical-Härter 209 - Er wird immer dann für Verklebungen wie Beschichtungen benutzt, wenn man in besonders warmer und/oder feuchter Umgebung arbeiten muß. Dieser Härter verlängert die Topfzeit auf das Doppelte des Härters 206 oder liefert gleiche Topfzeit bei 43°C. Man kann ihn aber auch bei Temperaturen zwischen 18° und 21°C benutzen, wenn man extrem lange Verarbeitungszeiten wünscht. Bei 21°C liegt die Topfzeit bei 50 - 60 Minuten, und als Anstrich härtet er bei gleicher Temperatur in 20 bis 24 Stunden aus (6 - 8 Stunden bei 35°C). Die Endhärtung erfolgt innerhalb 4 bis 9 Tagen.

In Anhang A sind mechanische Kennwerte und Verbrauchstabellen für die verschiedenen Harz/Härter-Kombinationen aufgeführt.

3.2.4 Füllstoffe und Zuschläge

In diesem Handbuch beziehen wir uns einerseits auf Epoxid oder Harz/Härter-Mischung, womit dann eine Mischung aus Harz und Härter ohne jeden Füllstoff gemeint ist. Andererseits sprechen wir von angedickter Mischung immer dann, wenn der Harz/Härter-Mischung hochdichte oder niedrigdichte Füllstoffe beigegeben worden sind. Füllstoffe haben ja die Aufgabe, die Harz-Mischung für einen bestimmten Verwendungszweck einzustellen. Jeder Füller hat seine ganz spezifischen Eigenschaften, aber grundsätzlich kann man von hochdichten oder niedrigdichten Füllstoffen sprechen.

Hochdichte Füllstoffe

Kurzfasern 403 - Diese Kurzfasern bestehen aus feinen Faserabschnitten, die dem Harz zum Andicken als Kleber oder Füller beigegeben werden. Eine Mischung aus Epoxid und Kurzfasern 403 eignet sich besonders zum Auffüllen von Fugen bei gleichzeitig guter Kraftübertragung, behält dabei aber ausgezeichnete Benetzungs- und Tränkeigenschaften. Diese Kurzfaser-Mischung garantiert auch bei Spalten eine 100%ige Verbindung. Die Mischung härtet in gebrochen weißem Farbton aus.

Hochdichter/Hochfester Füller 404 - Dieser Füllstoff wurde insbesondere für die Unterfütterungen und Verbindungen von Beschlägen entwickelt, die hohen Wechselbelastungen ausgesetzt sind. Der Füllstoff wird aber auch da verwendet, wo Spachtelfugen und Spachtelkehlen besonders hoch belastet werden. Die Mischung härtet gebrochen weiß aus.

Spachtelmischung 405 - Eine feste, holzfarbene Mischung zum Verkleben und für Spachtelkehlen. Sie wird immer dann benutzt, wenn Holzteile farblos lackiert werden sollen. Härtet in braunem Farbton aus und kann zum Einfärben anderer WEST SYSTEM Füller benutzt werden.

Colloidal Silica/Quarzmehl 406 - Quarzmehl ist ein besonders feinkörniger Füllstoff, benutzt zum Füllen von Fugen, für hochfeste Verklebungen und Spachtelkehlen. Quarzmehl ist wohl der praktischste und vielseitigste Füllstoff und wird auch am häufigsten verwendet. Kann alleine oder mit anderen Füllern gemischt werden, um Oberflächenglätte und Bearbeitbarkeit zu verbessern. Härtet gebrochen weiß aus.

Niedrigdichte Füllstoffe

Niedrigdichter Füller 407 - Eine Mischung aus Mikrokügelchen für Spachtelmassen, die leicht zu schleifen und zu bearbeiten sind. Im Verhältnis zum niedrigen Gewicht recht fest. Härtet in braunem Farbton aus.

Eigenschaft	FÜLLER						Anwendung besonders geeignet = 5 ungeeignet = 0	FÜLLER					
	403	404	405	406	407	410		403	404	405	406	407	410
Festigkeit (am festesten=5)	3	5	4	4	1	1	Lamellieren	5	1	3	4	2	1
Gewicht (am leichtesten=5)	3	1	3	3	4	5	Kleben	4	3	4	5	2	1
Schleifbarkeit (am einfachsten=5)	2	1	2	2	4	5	Spachteln	1	0	1	1	4	5
Struktur (am feinsten=5)	1	2	3	5	4	4	Kleben von Beschlägen	2	5	4	4	0	0
Mischbarkeit (am einfachsten=5)	5	2	4	3	2	4	Hohlkehlen	1	2	5	4	5	4

Abb. 3-1 Mechanische Kennwerte von Mischungen aus Epoxid und verschiedenen Füllstoffen nach dem Aushärten.

Abb. 3-2 Einige Füllstoffe sind für bestimmte Anwendungen besser geeignet als die anderen.

Microlight Füller 410 - Der ideale Füllstoff niedriger Dichte für eine leichte und einfach zu bearbeitende Spachtelmasse. Füller 410 läßt sich einfach verarbeiten, mischt sich leichter ein als Füller 407, ist deutlich einfacher zu schleifen und ist für große Flächen erheblich wirtschaftlicher. Härtet in beigem Farbton aus.

Tabelle 3-1 dient zur leichteren Wahl des Füllstoffes unter Berücksichtigung der mechanischen Festigkeit, die für bestimmte Aufgaben erforderlich sind. Jeder Füllstoff ist in Bezug auf bestimmte Eigenschaften in 5 Kategorien eingeteilt. Tabelle 3-2 listet die günstigsten Füller für bestimmte Arbeiten auf.

Das Mischen

Die Viskosität einer Mischung, wie sie für eine bestimmte Aufgabe gebraucht wird, ergibt sich aus der Menge der beigegebenen Füllstoffe. Abb. 3-3 zeigt die üblichen Konsistenzen im Vergleich zu unversetztem Epoxidharz. Ein Hinweis für notwendige Bestellmengen finden Sie in Anhang A.

Füller werden immer in zwei Schritten beigegeben:

1. Die notwendige Menge Harz und Härter wird innig vermischt. Am besten fängt man mit einem kleinen Quantum an.
2. Nun wird der Füllstoff in kleinen Mengen solange untergerührt, bis die gewünschte Konsistenz erreicht ist. Man sollte die Mischung erst dann verarbeiten, wenn der Füllstoff vollständig verteilt ist.

Additive

Auch wenn Additive mit dem Harz ebenso vermischt werden wie Füllstoffe, erhöhen sie nicht die Viskosität des Harzes. Sie werden in geringen Mengen beigegeben, um dem Harz bestimmte Eigenschaften zu verleihen, z.B. für Beschichtungen.

Alle Füllstoffe und Additive sind im WEST SYSTEM PRODUKTVERZEICHNIS aufgelistet.

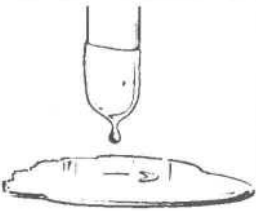
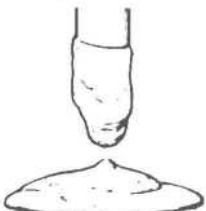
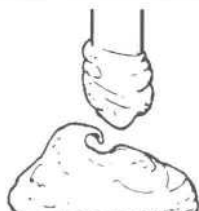
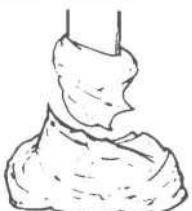
Eigenschaft	unangedickte Harz/Härter Mischung - tropft von senkrechten Flächen - "SIRUP" - Konsistenz.	leicht angedickte Mischung - sackt an senkrechten Flächen nach unten - "KETCHUP" - Konsistenz.	mittel angedickt - bleibt an senkrechten Flächen stehen, Spitzen kippen - "MAJONNAISE" - Konsistenz.	maximal angedickt - steht an senkrechten Flächen, Spitzen bleiben stehen - "ERDNUSSBUTTER" - Konsistenz.
Erscheinungsbild				
Verwendungszweck	Oberflächen - beschichtung - Vortränken vor Verleimung - Glas - Kohlefaserlamine.	Lamellieren - Vereimen edener Platten, großer Flächen - Injizieren mit Spritze.	Verkleben - Spachtelkehlen - Verkleben von Beschlägen	Ausfüllen von Lunkern - Spachtelkehlen - Verkleben unebener Flächen - Oberflächen - Schleifspachtel.

Abb. 3-3 Jede Harz/Härter-Mischung kann durch Zugabe von Füllstoffen so eingestellt werden, daß sie die richtige Konsistenz für eine bestimmte Anwendung hat. Die Zugabe erfolgt nach Augenmaß.

3.3 Die Verarbeitung von Epoxid

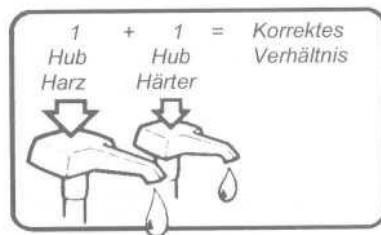
3.3.1 Das Dosieren

Wenn Schwierigkeiten in der Härtung von Epoxid auftreten, läßt sich das meist auf ein falsches Harz/Härter-Verhältnis zurückführen. Um das Dosieren zu vereinfachen, empfehlen wir, WEST SYSTEM Minipumpen zu verwenden.

Minipumpen Die **Minipumpen vom Typ 301** liefern ein Mischungsverhältnis von 5:1. Sie sind richtig für die Härter 205 und 206.

Minipumpen vom Typ 303 liefern ein Harz/Härter-Verhältnis von 3:1. Sie werden benutzt für die Härter 207 und 209.

Beide liefern bei jeweils einem Pumpenhub Harz oder Härter das richtige Mischungsverhältnis.



Bevor man mit der eigentlichen Arbeit beginnt, muß man das korrekte Mischungsverhältnis anhand der Gebrauchsanweisung, die den Pumpen beiliegt, sicherstellen. Gibt es im Laufe der Arbeit Schwierigkeiten, bitte nochmals das Verhältnis überprüfen.

Um sich zu vergewissern, daß die Pumpen im richtigen Verhältnis fördern, kann man eine Gewichtskontrolle durchführen.

Dazu werden 5 Gewichtsteile Harz 105 mit 1 Gewichtsteil Härter 205 oder 206 zusammengegeben.

Bei dem Härter 207 oder 209 werden 3 Teile Harz mit einem Teil Härter abgefüllt.

Harz und Härter sollen in einem sauberen Plastik-, Metall- oder Wachspapier-Becher angerührt werden. Glasbehälter oder Schaumbecher sind ungeeignet, da die exotherme Reaktion Hitze entwickeln kann.

3.3.2 Das Mischen

Das Anmischen von Epoxid geschieht in drei Schritten:

1. Harz und Härter werden im richtigen Verhältnis in den Mischbecher gegeben. Wenn Topfzeit oder Ergiebigkeit nicht geläufig sind, fängt man mit einer kleinen Menge an.
2. Mit einem Holzstöckchen wird die Mischung innig verrührt (2 bis 3 Minuten lautet die Empfehlung). Seiten und Boden müssen dabei gut mit abgestreift werden, das gilt auch für die Ecken und Ränder.
3. Nun werden Additive, Pigmente und Füllstoffe untergerührt, soweit erforderlich.

Wenn man mit einer Ausrollwanne arbeitet, sollte die Mischung doch vorher in einem höheren Gefäß erfolgen. Elektrische Rührgeräte sollen nur dann benutzt werden, wenn man mit ihnen ebenfalls die Ecken, die Seiten und den Boden erreicht.

ACHTUNG! Durch den chemischen Härtungsvorgang wird Wärme frei. Wenn man die Mischung lange genug stehen läßt, kann sie einen Plastikbecher zum Schmelzen bringen. Wenn sich das Harz einmal übermäßig erhitzen sollte, hilft nur, das Gefäß schnell in's Freie zu bringen. Man sollte vermeiden, die dabei entstehenden Dämpfe einzusatmen. Erst nach dem Abkühlen darf das Harz in den Abfallbehälter gegeben werden.

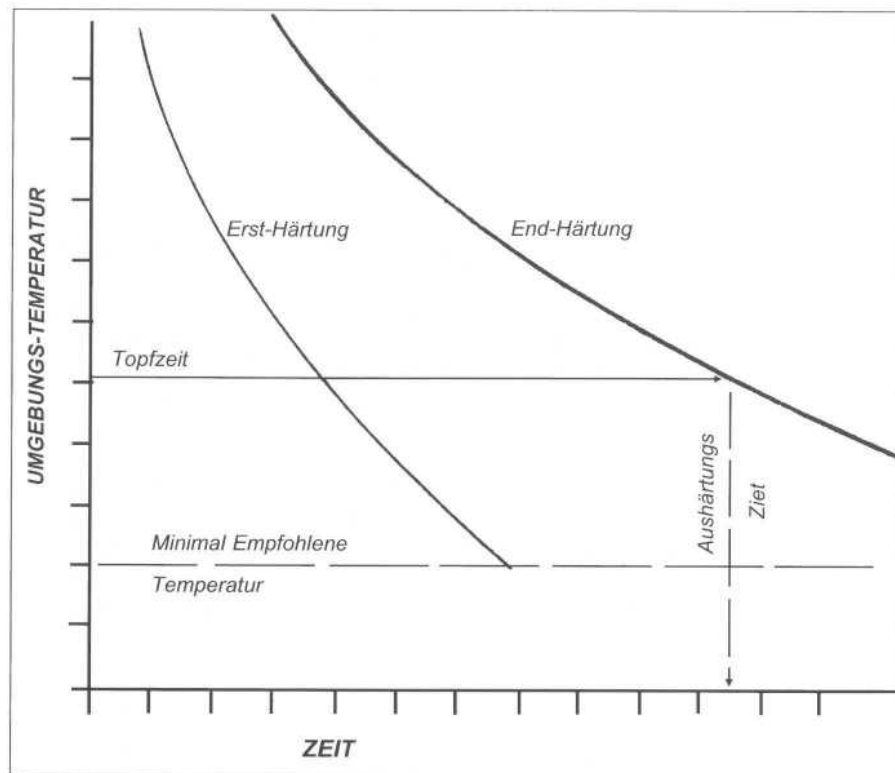


Abb. 3-4 Alle Kombinationen von WEST SYSTEM Harz/Härter-Mischungen durchlaufen die gleichen Härungsprozesse. Zu beachten ist, daß sich bei steigender Temperatur die Zeitspannen der einzelnen Schritte verkürzen.

3.3.3 Die Härungszeit

Mischt man Harz und Härter, setzt eine chemische Reaktion ein, die die flüssigen Komponenten in einen festen Zustand verwandelt. Diese Übergangszeit wird als die Härungszeit bezeichnet. Sie läßt sich wieder in drei einzelne Phasen untergliedern:

1. Topfzeit und Laminierzeit

Die Topfzeit oder Verarbeitungszeit ist der Zeitraum, in dem sich die Mischung verarbeiten läßt. Laminierzeit nennt man den Zeitraum, in dem man das angerührte Harz auf die Fläche aufgebracht haben muß und in der auch der Anpreßdruck aufgebracht werden sollte, wenn man eine verlässliche Verklebung erreichen will. Da der Härungsvorgang fortschreitet, unabhängig davon, ob das Harz sich noch im Mischbecher oder schon auf der Arbeitsfläche befindet, sollte man es so schnell wie möglich verarbeiten, um mehr Zeit für die eigentlichen Verbindungen zu haben.

2. Die Erst-Härtung

Die Topfzeit ist zu Ende, wenn die Mischung die Phase der Erst-Härtung erreicht hat. In diesem Zustand ist das Epoxid klebfrei, und die Reaktion scheint abgeschlossen zu sein. Es ist nun fest genug, um es mit Raspel und Hobel zu bearbeiten, aber noch zu weich, um es zu schleifen. Mit dem Fingernagel läßt es sich noch eindrücken. Zu diesem Zeitpunkt kann man noch ohne Zwischenschliff neues Epoxid zum Verkleben oder zur Oberflächenbeschichtung auftragen.

3. End-Härtung

Ist die Endphase der Härung erreicht, läßt sich das Epoxid auch schleifen, und es muß sogar vor jedem neuen Auftrag angeschliffen werden. In diesem Zustand läßt sich die Oberfläche nicht mehr mit dem Fingernagel eindrücken. Das Epoxid hat jetzt etwa 90 % seiner Endfestigkeit erreicht, also können Schraubzwingen entfernt werden. Die Härung schreitet bei Raumtemperatur noch einige Tage fort.

3.3.4 Die Kontrolle der Härtingszeit

Verschiedene Faktoren beeinflussen Topfzeit, Laminierzeit und die gesamte Härtingszeit einer Epoxid-Mischung:

1. Die Härter-Type

Jede Harz/Härter-Mischung durchläuft die gleichen Härtingsphasen, allerdings zeitlich unterschiedlich. In Abschnitt 3.2 sind die Härter mit Topfzeit und Härtingszeit aufgelistet. Wählen Sie daraus den Härter, der für eine bestimmte Arbeit bei den jeweiligen Temperaturbedingungen am sinnvollsten ist. Die Topfzeit läßt sich auch durch eine Kombination des schnellen Härters 205 und des langsamen Härters 206 steuern. Unbedingt muß aber das korrekte Verhältnis von Harz und Härter eingehalten werden. Daher keinen 5:1-Härter (Type 205 und 206) mit einem 3:1-Härter (Type 207 oder 209) mischen.

2. Die Epoxid-Menge

Harz und Härter gemischt erzeugen Wärme, sie härten also exotherm aus. Je größer nun die Menge, desto größer die Hitze, desto schneller werden auch Topfzeit und Härtingszeit. Kleinere Mengen erzeugen also auch weniger Wärme und verlängern die mögliche Verarbeitung. Ähnlich verhält es sich beim Auftrag: je dicker die Schicht oder die Spachtelkehle, desto schneller setzt die Reaktion ein.

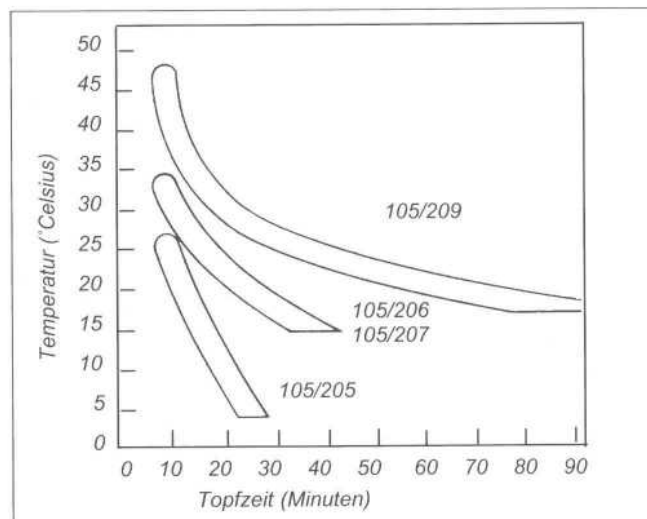


Abb. 3-5 Topfzeit in Abhängigkeit von der Temperatur für WEST SYSTEM Härter. Relative Feuchtigkeit 30%. Angemischte Menge = 100 g.

3. Die Temperatur

Mit einer Heissluftpistole, einem Föhn oder einer Wärmelampe kann man den Harzfilm nach dem Auftragen erwärmen. Ebenfalls kann man mit einem Lüfter Wärme abführen. Man sollte Epoxid aber nicht über 50°C erwärmen. Wenn Epoxid auf einem porösen Material aufgetragen worden ist (dazu gehört auch Holz), kann es zum Gasen kommen, d.h. aus der Oberfläche treten Luftblasen aus, die im EP-Harz sichtbar werden. Ein Problem ist das aber nur, wenn die Oberfläche transparent lackiert werden soll.

4. Die Form des Mischgefäßes

Die entstehende Hitze einer bestimmten Menge EP-Harz-Mischung kann man abführen, indem man das Harz in ein größeres Gefäß gießt (eine WEST SYSTEM Ausrollwanne 802 zum Beispiel). Dadurch verlängert sich die Topfzeit.

Ganz gleich, welchen Weg man geht, um die Härtingszeit zu kontrollieren, sorgfältige Planung der Verarbeitung und der Arbeitsschritte helfen, die Verarbeitungszeit des EP-Harzes voll auszunutzen.

3.3.5 Das Reinigen

Spritzer von EP-Harz oder Epoxid-Mischung sollte mit Reinigungslösung 850 oder Aceton entfernt werden. Zunächst muß soviel wie möglich mit Spachtel, Holzspatel oder Spachtelmesser entfernt werden. Der Rest läßt sich dann mit einem Papiertuch, das mit Reinigungslösung 855 oder Essig angefeuchtet wurde, falls nichts anderes greifbar ist, abwischen.

Kommt es zum Hautkontakt mit Harz, Härter oder EP-Mischung, muß die Stelle mit WEST SYSTEM Hautreiniger 820 behandelt werden, danach mit Wasser und Seife nachwaschen.

ACHTUNG! Niemals die Haut mit Lösungsmitteln reinigen! Lesen Sie vor dem Arbeiten die Hinweise auf den Lösungsmittel-Gebinden!

3.4 Grundlegende Arbeitsverfahren

Die im folgenden beschriebenen Arbeiten sind grundlegende Verfahren, die unabhängig von Bauweise des Bootes oder Material immer wieder vorkommen. In Anhang C finden Sie eine Liste und eine Beschreibung der notwendigen Werkzeuge.

3.4.1 Die Vorbehandlung der Oberfläche

Ganz gleich, ob man nun verleimt, lamelliert, Fugen füllt, schleift oder Gewebe aufbringt: der Erfolg hängt nicht nur von den guten mechanischen Eigenschaften des Epoxids ab, sondern auch davon, wie das EP-Harz auf der Oberfläche eines Bauteils haftet. Daher sind die drei jetzt beschriebenen Arbeitsschritte ein wesentlicher Teil jeglicher Epoxid-Verarbeitung.

1. Reinigen

Oberflächen müssen frei sein von jeglicher Verunreinigung durch Fett, Öl, Wachs und Trennmittel. Unreine Oberflächen lassen sich mit WEST SYSTEM Lösungsmittel 850, mit Aceton oder einem Wachs- und Silikon-Lösungsmittel reinigen. Bevor die Oberfläche wieder trocknet, sollte mit einem Papiertuch nachgerieben werden. Wenn die Oberfläche angeschliffen werden soll, gilt: erst reinigen, dann schleifen, damit die Verunreinigungen nicht in die Oberfläche eingeschliffen werden. **ACHTUNG!** Befolgen Sie alle Vorsichtsmaßnahmen, wenn Sie mit Lösungsmitteln arbeiten.

2. Trocknen

Alle Klebflächen müssen so trocken wie möglich sein, um eine gute Haftung zu erzielen. Wenn nötig, kann man die Arbeitsflächen mit Heißluftpistole, Wärmelampe oder Föhn anwärmen, um die Trocknung zu beschleunigen. Mit einem Lüfter kann man den Luftstrom auch in unzugängliche Ecken leiten. Man sollte darauf achten, daß es nicht zu einer Kondensation an der Oberfläche kommt, wenn man draußen oder bei wechselnder Temperatur arbeiten muß.

3. Schleifen

Harthölzer und nichtporöse Oberflächen müssen angeschliffen werden. Papier mit 80er Körnung ist richtig, um dem EP-Harz eine gute mechanische Verklammerung zu bieten. Der Untergrund sollte fest und solide sein. Schuppen, kreidige Stellen, Blasen und alte Anstriche müssen restlos entfernt werden. Dann muß die Oberfläche vom Schleifstaub befreit werden.

Entfernen der Aminröte

Aminröte ist ein Nebenprodukt der Epoxidhärtung, das sich als wachsähnlicher Film bilden kann. Diese Schicht läßt sich mit Wasser abwaschen, allerdings verklebt sie Schleifpapier und würde den Verbund mit einer neuen Lage EP-Harz verhindern. Sie muß also abgewaschen werden. Dazu eignet sich die Reinigungslösung 855, gefolgt von weiterem Waschen mit Wasser und einem Topfschwamm. Die Oberfläche sollte dann mit einem Papiertuch nachgerieben werden, bevor der angelöste Niederschlag sich wieder festsetzt und antrocknet.

Danach müßte die Oberfläche rauh aussehen. Alle glänzenden Bereiche werden mit einem 80er Schleifpapier nachbearbeitet.

Wann soll geschliffen werden?

Läßt sich die Epoxid-Oberfläche mit dem Daumennagel eindrücken, ist sie zum Schleifen noch nicht hart genug, kann aber noch ohne Zwischenschliff überstrichen werden. Im Zweifelsfall oder wenn die Oberfläche ein wenig nach Wachs aussieht, ist es besser, das Epoxid voll durchhärten zu lassen und dann anzuschleifen.

3.4.2 Das Verleimen oder Verkleben

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit zwei Arten der Verleimung. Verleimung in nur einem Arbeitsschritt wird mitunter dann benutzt, wenn die Verbindung nur geringe Belastungen aufnehmen muß und die Oberfläche nicht so porös ist, daß es zu einer Harzverarmung kommen kann. Die Zwei-Schritt-Verleimung ist der Normalfall, da sie garantiert, daß die Oberfläche gut vorgetränkt ist und keine harzarmen Stellen in der Klebfuge zu befürchten sind.

Zwei-Schritt-Verleimung

Vor dem Anrühren des EP-Harzes sollte man sich nochmals vergewissern, daß alle Teile gut aufeinander passen und die Vorbereitung der Oberfläche optimal ist. Schraubzwingen werden bereitgelegt und alle Oberflächen außerhalb der eigentlichen Klebfläche abgeklebt, damit sie nicht verunreinigt werden können.

1. Vortränken

Die Klebfläche wird mit einer Harz/Härter-Mischung ohne Füllstoffe eingestrichen. Das ist das sogenannte Vortränken. Das kann mit Pinsel für kleine Bereiche oder einem Schaumroller WEST SYSTEM PU-Wechselrolle 800 bei großen Flächen geschehen. Für große waagerechte Oberflächen eignet sich auch ein Japanspachtel. Danach folgt unmittelbar der zweite Arbeitsschritt.

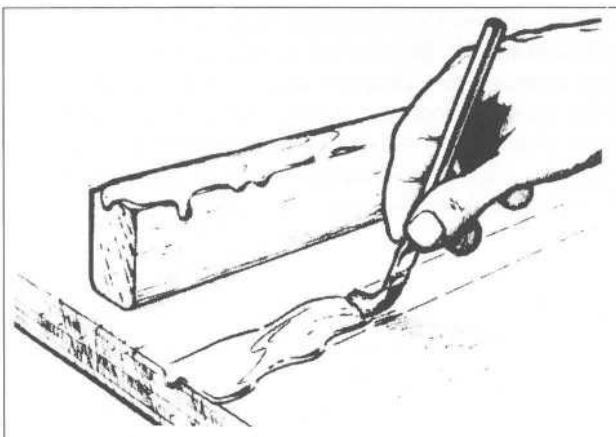


Abb. 3-6 Die Klebflächen werden mit unangedicktem Epoxid eingestrichen, das in das Holz einzieht und trockene Stellen vermeiden hilft.

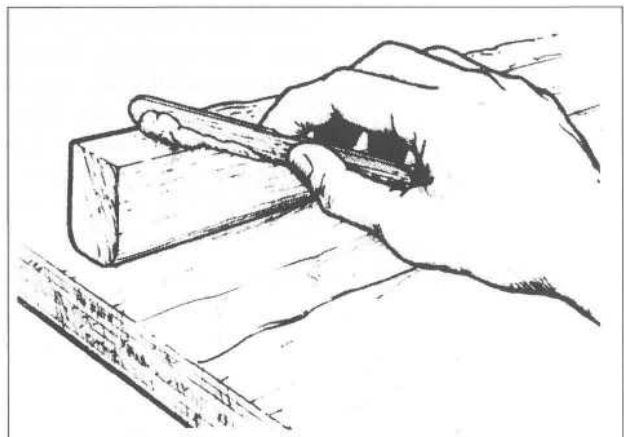


Abb. 3-7 Das angedickte Harz wird so reichlich aufgetragen, daß es beim Zusammenpressen leicht aus den Fugen herausquillt.

2. Das Aufbringen von angedicktem EP-Harz

Dem angemischten Harz wird soviel Füllstoff beigegeben, wie für die entsprechende Arbeit sinnvoll ist, wie also erforderlich ist, um die Fugen der beiden zu verbindenden Teile zu füllen.

Diese angedickte Mischung sollte auf eine der zu verbindenden Flächen aufgetragen werden. (Abb. 3-7).

Das angedickte EP-Harz kann unmittelbar auf die vorgetränkte Fläche aufgebracht werden, auf jeden Fall, bevor die Vortrönkung aushärtet. In den meisten Fällen wird man den Rest des gleichen Harzansatzes benutzen, mit dem man vorgetränkt hat. Also sollte man genug Harz für beide Arbeitsschritte anrühren. Der Füllstoff soll also nach dem Vortränken schnell eingerührt werden, da sich die Topfzeit ja

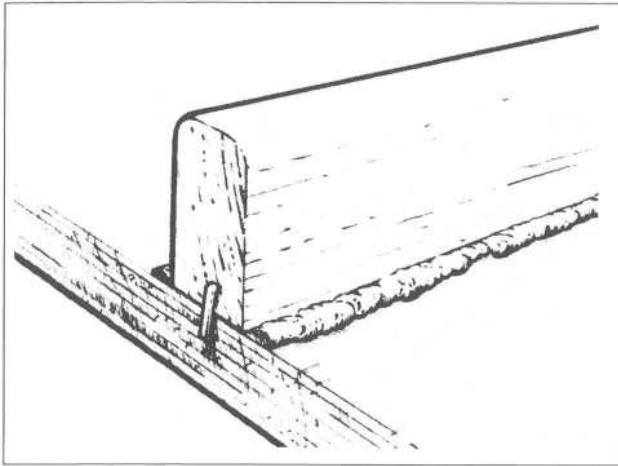


Abb. 3-8 Hat man die richtige Menge aufgetragen, wird beim Anpressen etwas von der angedickten Mischung aus den Fugen quellen.

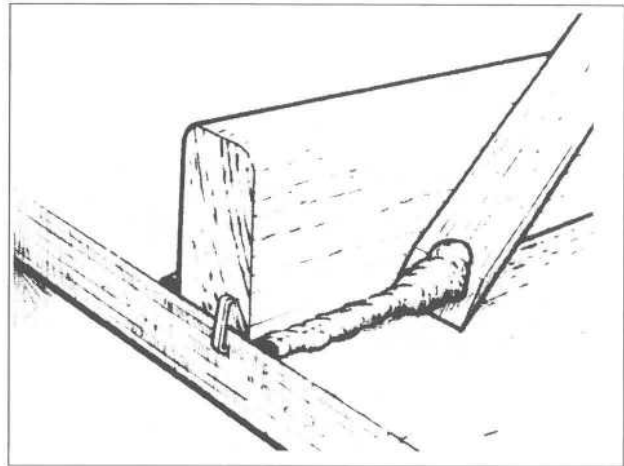


Abb. 3-9 Überschüssiges Harz wird abgestreift, bevor es härtet. Ein angeschärftes Rührholz ist hierfür das richtige Werkzeug.

verkürzt. Voll ausgehärtete und angeschliffene Epoxid-Oberflächen brauchen keine Vortränkung.

Der Auftrag der angedickten Mischung soll so großzügig sein, daß beim Anpressen etwas von der Masse herausquillt. Als Anpreßdruck gilt, was man mit der Hand erreichen kann.

Verleimung in einem Schritt

Hierbei wird das angedickte Epoxid direkt auf die Bauteile ohne vorheriges Tränken der Oberfläche aufgebracht. Wir empfehlen dazu:

- (a) daß das EP-Harz nicht stärker angedickt wird, als zum Füllen der Fuge unbedingt notwendig, (je dünner die Mischung, desto besser kann sie auch in die Oberflächen eindringen), und
- (b) daß man diese Methode dann nicht benutzt, wenn die Verbindungen hochbelastet sind. Ungeeignet ist sie auch für das Verkleben von Hirnholz.

Anpressen

Sind die Bauteile richtig angeordnet, werden soviele Schraubzwingen angebracht wie nötig sind, um einen gleichmäßigen Anpreßdruck zu erzeugen. Der Druck soll gerade so stark sein, daß die Spachtelmasse aus der Fuge herausquillt. Dann kann man sicher sein, daß die Flächen guten Kontakt haben (Abb. 3-8). Der Druck darf nicht so stark sein, daß alles Epoxid aus der Fuge gepreßt wird.

Jede Methode, die Teile aufeinander zu pressen, ist gut, es soll ja nur jegliche Verschiebung vermieden werden. Dazu kann man Federklammern benutzen, aber auch Schraubzwingen, Gummistreifen aus Autoschläuchen, schweres Pack-Klebeband oder auch nur Gewichte. Bei Klampen sollte man in der Nähe von Klebestellen Polyethylen-Folie oder Abreißgewebe zwischenlegen, damit die Werkzeuge nicht mit verkleben. An Stellen, an denen normale Klampen nicht anzubringen sind, lassen sich Heftklammern, Nägel oder Schrauben benutzen, die man aber entfernen sollte, bevor das EP-Harz voll durchgehärtet ist. Alle Befestigungselemente, die im Holz bleiben, sollten korrosionsbeständig sein, wie z.B. Bronze.

Wenn die Teile befestigt und angepreßt sind, muß überschüssiges Harz entfernt oder zu Spachtelkehlen geformt werden. Ein am Ende angeschärftes Rührholz ist dafür besonders gut geeignet. (Abb. 3-9).

3.4.3 Die Verbindung mit Spachtelkehlen

Eine Spachtelkehle ist eine konkave Auffüllung zwischen zwei mehr oder weniger senkrecht aufeinander treffenden Bauteilen. Sie ist ein ausgezeichnetes Mittel, um die Klebfläche zu vergrößern und hat die Wirkung einer Schweißraupe. Verbindungen, die später mit Gewebe überzogen werden, brauchen unbedingt diese Spachtelkehle.

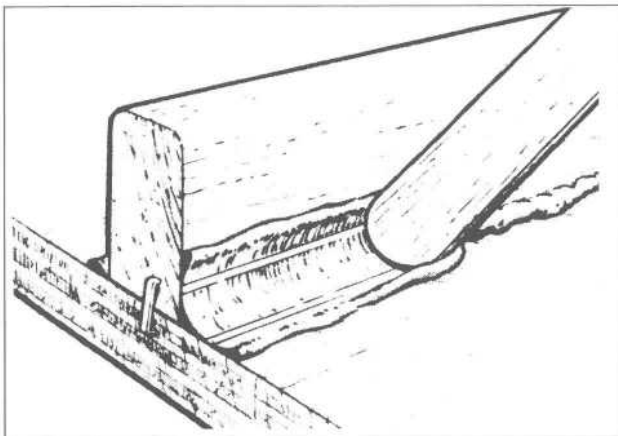


Abb. 3-10 Die Spachtelkehle wird mit einem gerundeten Spatel ausgeformt und abgestrichen.

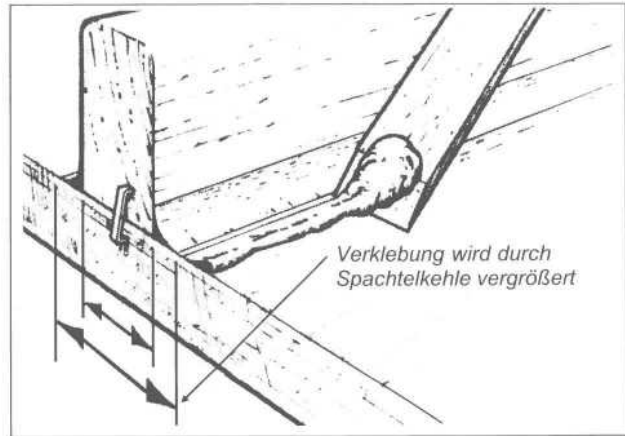


Abb. 3-11 Seitlich weggedrückte Harzmischung wird abgestreift.

Der Arbeitsvorgang ist der gleiche wie beim Verleimen, nur daß man das aus der Fuge quellende EP-Material gleich in eine Spachtelkehle formt und nicht abstreift. Bei größeren Spachtelkehlen bringt man die Spachtelmasse so bald wie möglich nach dem Verkleben der Teile auf, noch bevor des Klebeharz ausgehärtet ist. Wo das nicht möglich ist, wird diese Arbeit nach dem Härten vorgenommen, aber dann mit Zwischenschliff des Untergrundes.

1. Die Harz/Härter-Mischung wird mit Füllstoff zu einer Konsistenz angemischt, die Erdnußbutter entspricht.
2. Die Spachtelmasse wird dann mit einem gerundeten Rührholz satt in die Verbindung eingebracht. Bei langen Spachtelkehlen kann man die Arbeit vereinfachen und beschleunigen, indem man eine Tortenspritze oder die Kartusche einer Spritze benutzt, mit der man Vergußmassen verspritzt. Die Tüllenöffnung muß auf die Menge der Spachtelmasse abgestimmt werden. Auch Gefrierbeutel, an denen man eine Ecke abschneidet, lassen sich hierfür nutzen.
3. Die Spachtelkehle wird dann wieder mit einem gerundeten Holzspatel abgestreift, so daß überschüssiges Material an den Seiten herausquillt, mit einer deutlichen Markierung an den Bauteilen (Abb. 3-10). Das überschüssige Material kann für andere Bereiche weiterverwendet werden. Die Spachtelkehle wird dann nachgeglättet. Ein Rührholz ergibt einen Radius von etwa 9 mm. Für größere Spachtelkehlen empfehlen wir einen Kunststoffspachtel 808, der zurechtgeschnitten oder entsprechend gebogen wird.
4. Das nun herausgequollene Material wird mit einem angeschärften Holzspatel oder einen Spachtelmesser abgestreift (Abb. 3-11). Glasgewebe kann nun auflaminiert werden, bevor die Spachtelkehle noch ausgehärtet ist. Natürlich kann das auch später erfolgen, wieder nach Zwischenschliff.
5. Ist die Spachtelmasse gehärtet, wird mit einem 80er Schleifpapier nachgeschliffen. Nach sorgfältigem Entfernen des Schleifstaubs wird der Bereich mit mehreren Lagen EP-Harz überstrichen.

3.4.4 Lamellieren

Der Begriff Lamellieren bedeutet, daß mehrere dünne Lagen eines Materials wie Sperrholz, Furnier oder Kernmaterial übereinander aufgebracht und miteinander verklebt werden. Benutzt man für diesen Lagenaufbau Gewebe und Kernmaterialien, spricht man von Laminieren. Dieses Laminat kann aus gleichen oder verschiedenen Materialien bestehen. Die Verfahren, mit denen das Epoxid aufgebracht wird, ebenso wie die Form des Anpreßdrucks, hängen sehr von den verwendeten Schichten ab.

Da man ja meist recht große Flächen bearbeitet und die Verarbeitungszeit begrenzt ist, ist Rollenauftrag die richtige Methode. Noch schneller geht es, wenn

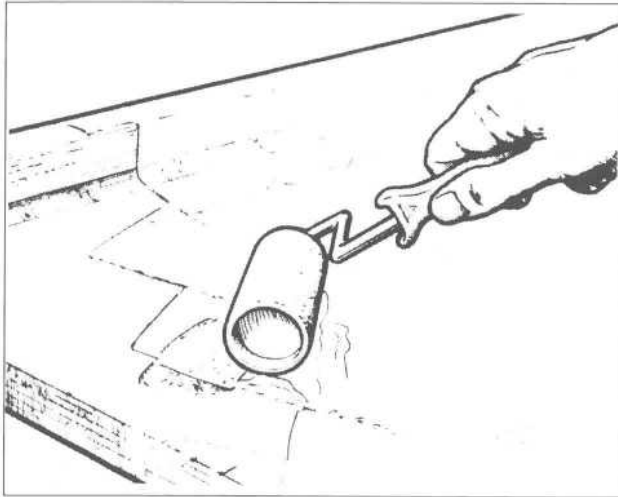


Abb. 3-12 Poröse Oberflächen werden vorgerollt, bevor die angedickte Mischung aufgetragen wird.

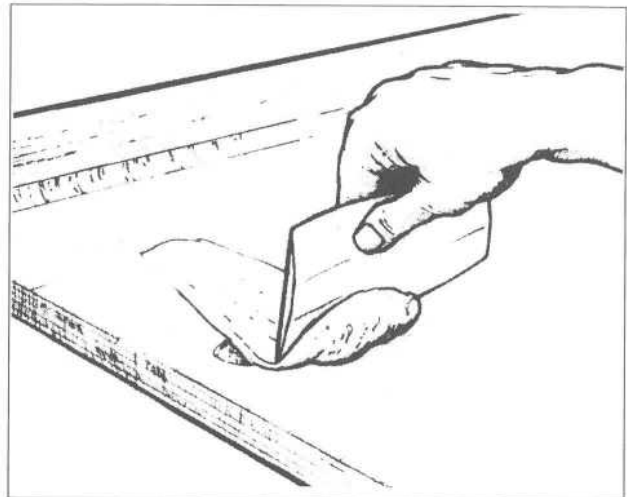


Abb. 3-13 Das mit niedrigdichtem Füller angedickte Harz wird in Lunker und Vertiefungen mit einem Spachtel verteilt.

man das Harz auf die Fläche gießt und mit einem Kunststoff-Spachtel verteilt. Handelt es sich um angedicktes Harz, benutzt man einen Zahnschachtel.

Heftklammern oder Schrauben sind die geeignetsten Mittel, wenn das Material hierfür steif genug ist.

Gleichmäßiger Anpreßdruck durch Gewichte ist anwendbar auf Flächen, in die man keine Heftklammern schießen kann, wie Wabenkerne oder Schaum.

Die ideale Methode, Anpreßdruck zu erzeugen, besteht im Vakuumverfahren, da durch den Unterdruck und die Kunststoffhaut ein absolut gleichmäßiger Druck auf die Fläche ausgeübt wird, unabhängig von Größe, Form und Anzahl der Lagen. Wegen der notwendigen Vorrichtungen wird es normalerweise nur von Bootswerften angewendet (auch wenn das nicht unbedingt auf diese beschränkt sein muß). Mehr Information zu diesem Verfahren enthält die Broschüre der Firma Gougeon Brothers mit dem Titel "Fortschrittliche Vakuum-Verfahren".

3.4.5 Das Glätten der Oberfläche

Unter Glätten verstehen wir in diesem Zusammenhang das Auffüllen und Angleichen von eingefallenen Stellen ebenso wie von Lunkern oder Fehlstellen, die in der Oberfläche vorhanden sind und das anschließende Nacharbeiten, so daß die Fläche wieder glatt erscheint. Nachdem die Reparatur der tragenden Verbände abgeschlossen ist, läßt sich das Boot mit WEST SYSTEM Epoxid und niedrigdichten Füllern sehr leicht glätten.

1. Die Oberfläche wird wie in Abschnitt 3.4.1 vorbereitet. Alle überstehenden Stellen und Pickel auf der Oberfläche werden heruntergeschliffen und der Schleifstaub entfernt.
2. Die poröse Oberfläche wird mit nicht angedicktem Harz getränkt (Abb. 3-12). Wenn diese Schicht ausgehärtet ist, wird die Fläche abgewaschen und geschliffen.
3. Harz und niedrigdichter Füller werden zu erdnußbutterartiger Konsistenz angerührt.
4. Dieses angedickte Epoxidharz wird mit einem Kunststoffspachtel in die Oberfläche gearbeitet, so daß alle Löcher und Lunker ausgefüllt sind. Die Spachtelmasse sollte zwar möglichst glatt, aber ein wenig erhaben gegenüber der Umgebung sein (Abb. 3-13). Wenn der Spachtelauftrag 12 mm Dicke übersteigt, sollte er in mehreren Schichten aufgetragen werden, es sei denn, man benutzt den langsamen Härter 206.
5. Dieser Spachtelauftrag aus Epoxid-Mischung soll gut durchhärten.
6. Die Oberfläche wird nun an diesen Stellen beigeschliffen (Abb. 3-14). Muß man sehr viel spachteln, empfiehlt es sich, mit 50er Schleifpapier zu beginnen. Die

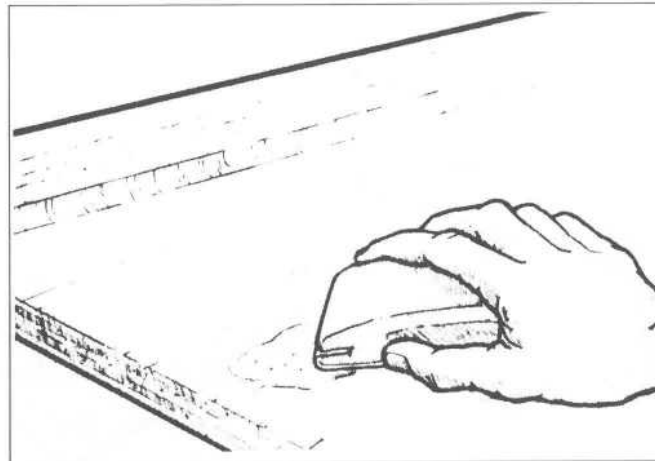


Abb. 3-14 Die gespachtelte Oberfläche wird nachgeschliffen, wenn das Epoxid ausgehärtet ist.

normale Körnung ist allerdings 80er Papier, mit dem man über einem Schleifklotz arbeitet. Der Schleifstaub wird entfernt und möglicherweise noch vorhandene kleine Löcher in der gleichen Weise ausgefüllt.

Achtung! Bei dieser Arbeit sollte man eine Staubmaske tragen.

7. Ist man mit der Oberflächenglätte zufrieden, werden mehrere Schichten Epoxid mit dem Pinsel oder mit der Rolle aufgetragen. Wenigstens über Nacht sollte das Boot nun stehen bleiben, bevor man die Oberfläche weiter bearbeitet.

3.4.6 Der Überzug mit synthetischen Geweben oder Streifen

Glasseidengewebe kann nach zwei unterschiedlichen Methoden zum Verstärken oder zur Erhöhung der Abriebfestigkeit des Rumpfes aufgebracht werden. Normalerweise legt man diese Schicht auf, nachdem die Oberfläche geglättet ist und bevor man die Abschlußarbeiten tätigt. Die "nasse Methode" beinhaltet, daß das Gewebe in eine nasse Epoxidharzsschicht eingelegt wurde, bevor dieses aushärtet.

Die "trockene Methode" bedeutet, daß man das Glasgewebe auf die trockene Oberfläche auflegt oder nachdem das Epoxidharz an der Oberfläche bereits in Härting übergegangen ist (oder nachdem es ausgehärtet ist und geschliffen wurde). Wo immer es möglich ist, sollte man die "nasse Methode" vorziehen.

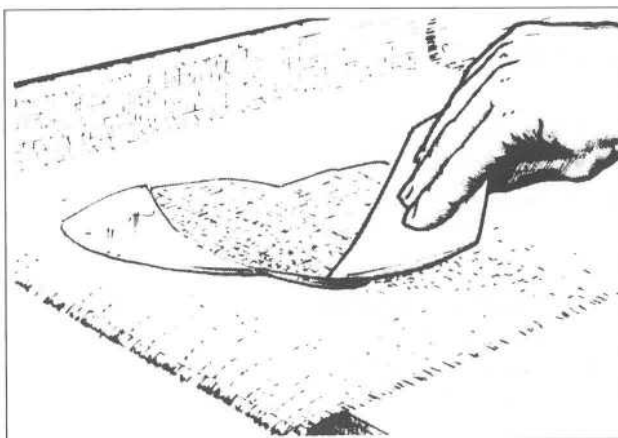


Abb. 3-13 Das EP-Harz wird von der Mitte des Gewebes nach außen hin mit Kunststoffspachtel oder Rolle verteilt.

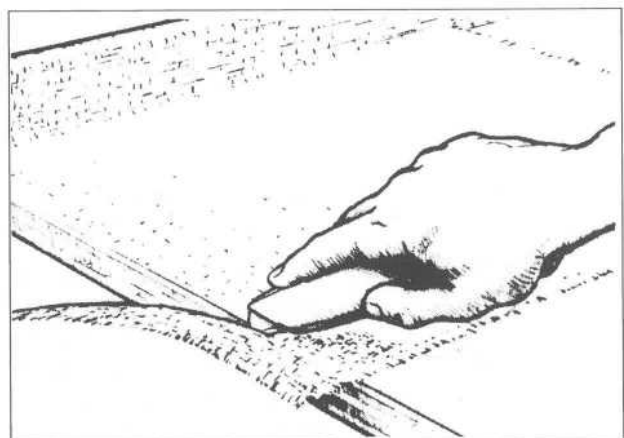


Abb. 3-14 Überstehendes Gewebe wird abgeschnitten, wenn das Epoxid seinen ersten Härtungszustand erreicht hat. Dann ist das getränkte Gewebe schon trocken, aber noch flexibel. Mit einem scharfen Tapetenmesser ist die Arbeit recht einfach.

"Nasse Methode"

Wenn man nur mit relativ geringen Mengen angerührtem Epoxidharz arbeitet, ist es möglich, ohne jede Beschränkung der Gesamtgröße, Gewebe aufzubringen.

1. Die Oberfläche wird wie in Abschnitt 3.4.1 vorbereitet.
2. Das Gewebe wird angepaßt und in seinen Abmessungen beschnitten, bevor man es wieder sorgfältig aufrollt, so daß man es später leicht auf die Fläche aufbringen kann.
3. Die Oberfläche wird mit einer recht dicken Lage Epoxidharz vorgetränkt.
4. Das Glas wird nun auf der vorgetränkten Fläche abgerollt und in Position gebracht. Die Oberflächenspannung hält das Gewebe in fast allen Fällen in der gewünschten Lage (wenn Gewebe an senkrechten Flächen oder sogar über Kopf angebracht werden muß, kann man warten, bis das Epoxidharz leicht klebrig geworden ist). Die unvermeidlichen Falten werden geglättet, indem man die Enden des Gewebes hochnimmt und dann von der Mitte her zu den Seiten anrollt, mit einem Spachtel oder mit der Hand andrückt, (wobei man natürlich einen Plastikhandschuh trägt). Sehr gut eignet sich für das Andrücken und Tränken auch eine Rolle mit Noppen oder eine Entlüftungsrolle. Wenn bei stark verformten Flächen das Gewebe eingeschnitten werden muß, braucht man eine scharfe Schere und legt die Enden zeitweilig übereinander.
5. Alle trocken erscheinenden Flächen (die noch weiß sind) werden noch einmal mit dem Schaumroller und Epoxidharz überrollt.
6. Mit einem Kunststoffspachtel wird nun die Fläche abgestreift, so daß überschüssiges Harz nach den Seiten weggedrückt wird. Die Arbeitsstreifen sollen dabei überlappen. Der Sinn dieser Arbeit besteht darin, daß man überschüssiges Harz entfernt, auf dem das Gewebe schwimmt, wobei man allerdings nicht zuviel Druck ausüben darf, um keine harzarmen Stellen zu erzeugen. Überschüssiges Harz erkennt man als glänzende Fläche, während gut getränktes Gewebe gleichmäßig transparent erscheint mit einer glatten, aber deutlich sichtbaren Textur der Oberfläche. Die späteren Anstriche mit Epoxidharz füllen diese Gewebestruktur aus.
7. Es können mehrere Lagen Glasgewebe hintereinander in der gleichen Art aufgebracht werden.
8. Überstehendes Gewebe und Überlappungen können entfernt werden, sobald das Harz den ersten Härtezustand erreicht hat. Man kann das Gewebe dann mit einem Tapetenmesser leicht abtrennen (Abb. 3-16). Überlappungen werden folgendermaßen entfernt:
 - a. Man legt ein Stahllineal auf die Mitte der Überlappungen.
 - b. Man schneidet durch beide Lagen des Glasgewebes hindurch.

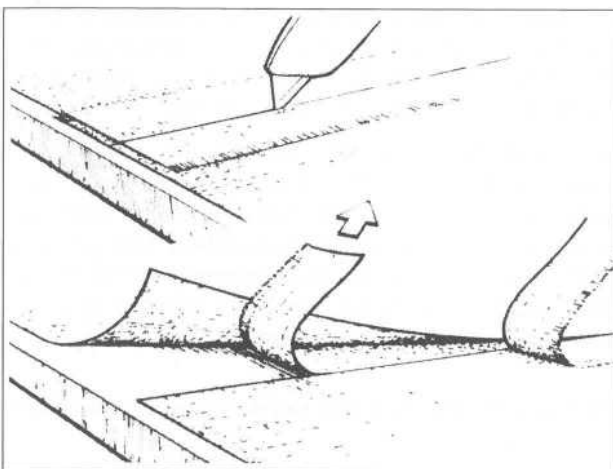


Abb. 3-15 An einer Stahlschiene entlang wird ein Schnitt durch beide Gewebelagen geführt. Nach dem Entfernen der Reste ergibt das einen sauberen Stoß.

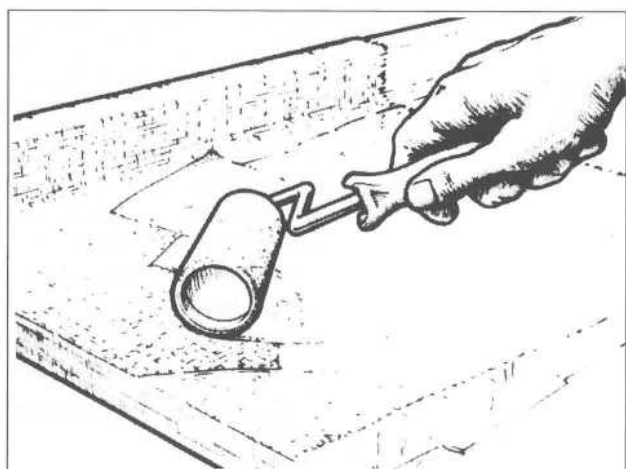


Abb. 3-16 Bevor noch das getränkte Gewebe ausgehärtet ist, wird die erste Lage nicht angedicktes Epoxidharz aufgerollt.

c. Das abgetrennte Stück Gewebe auf der Oberseite wird entfernt, die Gegenseite angehoben und das darunterliegende Stück Glasgewebe weggenommen (Abb. 3-17).

d. Die Fläche unter der Überlappung wird noch einmal nachgetränkt und wieder geglättet. Das Ergebnis sollte ein ganz sauber gepaßter Stoß sein, ohne jegliche Aufdopplung. Eine Überlappung hat zwar mehr Festigkeit als ein Stoß. Wenn also die Glätte der Oberfläche nicht wichtig ist, könnte man also diese Überlappung durchaus bestehen lassen und sie später mit Spachtelmasse angleichen.

Unregelmäßigkeiten oder Übergänge zwischen Gewebe und der sie umgebenden Fläche können durch einen Schleifspachtel auf Epoxidharzbasis ausgeglichen werden, wenn die Oberfläche anschließend farbig lackiert wird. Alle diese Spachtelaufträge auf dem Glasgewebe selbst sollten nachträglich mit mehreren Schichten Epoxidharz abgedeckt werden.

9. Die Oberfläche wird mit Epoxidharz getränkt, um die Gewebestruktur vollständig auszufüllen, noch bevor das getränkte Glas endgültig ausgehärtet ist (Abb. 3-18). Die Arbeitsschritte hierzu sind unter Abschnitt 3.4.7 beschrieben. Normalerweise braucht man drei bis vier Lagen, um die Gewebestruktur abzudecken und so viel Schichtdicke zu erreichen, daß nachträgliches Schleifen nicht das Gewebe angreift.

"Trockene Methode"

1. Die Oberfläche wird wie in Abschnitt 3.4.1 beschrieben vorbehandelt.
2. Das Glasgewebe wird auf die Oberfläche aufgelegt und mit einer Überlappung von mehreren Zentimetern an den Kanten beschnitten. Ist die Oberfläche größer als die Größe des Gewebes, sollte wenigstens 5 cm Überlappungsbreite vorgesehen werden. Bei gekrümmten oder senkrechten Flächen muß man das Gewebe manchmal mit Klebestreifen oder Heftklammern in Position halten.
3. Nun mischt man eine kleine Menge Epoxidharz an (3 oder 4 Pumpenhübe von Harz und Härter).
4. Im mittleren Bereich des Glasgewebes wird nun dieses Harz auf die Oberfläche gebracht.
5. Das Epoxidharz wird mit einem Kunststoffspachtel 808 in die Oberfläche eingearbeitet, wobei man von der Mitte des "Sees" nach den Seiten hin arbeitet (Abb. 3-15). Sobald das Gewebe getränkt ist, wird es transparent, so erkennt man, daß es genügend Harz aufgesogen hat. Bringt man das Gewebe auf einer porösen Oberfläche auf, sollte man darauf achten, daß ausreichend Epoxidharz verbleibt, um sowohl das Gewebe wie auch die darunterliegende Fläche sorgfältig zu tränken. Es empfiehlt sich, mit dem Spachtel nicht zu oft über die gleiche Fläche zu streichen, weil man dadurch Mikrobläschen in das Epoxidharz hineinarbeitet. Das ist besonders dann wichtig, wenn man später das Boot klar lackieren möchte. Man kann auch mit einer Rolle oder mit einem Pinsel arbeiten, um das Harz auf eine horizontale Fläche aufzubringen, und man braucht diese Werkzeuge unbedingt, wenn das Glas an senkrechten Flächen angebracht wird.
6. In der gleichen Art wird nun immer wieder eine kleine Menge angerührtes Epoxidharz auf die Fläche aufgebracht und verstrichen oder verrollt, und zwar wiederum von der Mitte des Gewebes hin zu den Seiten. Hin und wieder prüft man die schon getränkte Fläche auf trockene Stellen (besonders bei porösen Oberflächen) und trinkt in diesen Bereichen nach, bevor man den Rest der Fläche weiter bearbeitet. Wenn an den Kanten Falten ausgeglichen werden müssen, braucht man wieder eine scharfe Schere, um, wie bereits beschrieben, zeitweilige Überlappungen herzustellen.
7. Folgen Sie nun den Arbeitsschritten 6, 7, 8 und 9, wie bei der "nassen Methode" beschrieben.

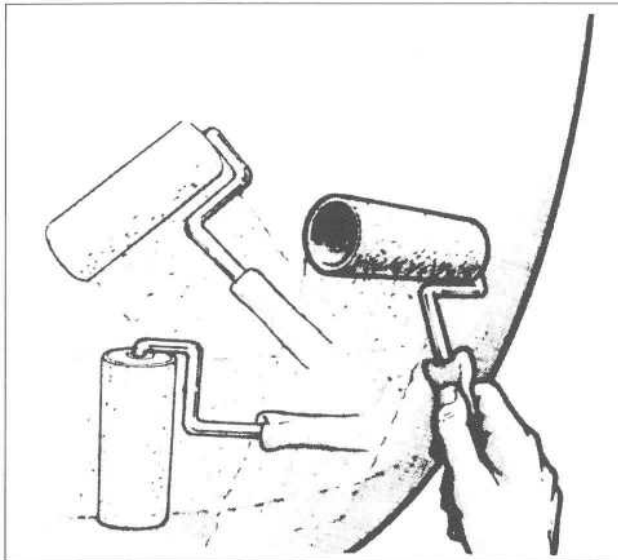


Abb. 3-17 Rollen Sie das Epoxid in einem gleichmäßigen, dünnen Film auf.

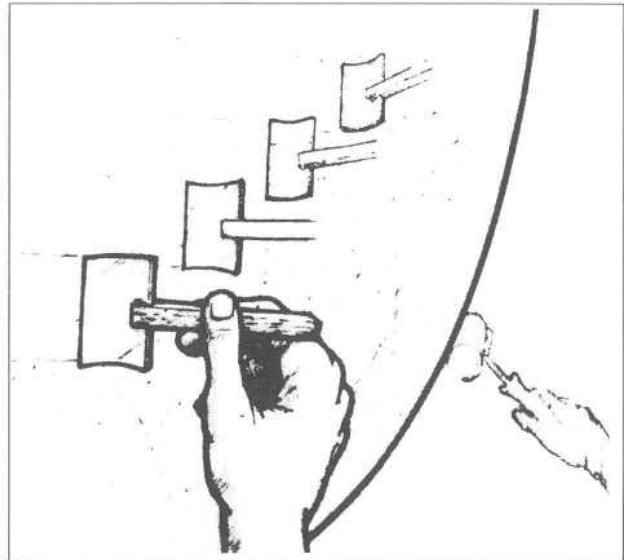


Abb. 3-18 Kleine eingeschlossene Luftblasen werden mit einem Pinsel ausgetrieben, der aus einem Rollersegment besteht.

3.4.7 Abschlußauftrag mit Epoxid

Die Aufgabe der Oberflächenbeschichtung besteht darin, eine ausreichend große Schichtdicke an Epoxidharz aufzubauen, die gleichzeitig eine wirkungsvolle Dampfsperre darstellt und außerdem die Grundlage für die letzte Oberflächenbehandlung ist.

Wenigstens zwei Lagen WEST SYSTEM Epoxidharz sollten als wirkungsvolle Dampfsperre aufgetragen werden. Drei Schichten braucht man, wenn noch geschliffen werden soll. Die Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit wächst bei weiteren Schichten, sinnvoll bis zu sechs Anstrichen oder 500 micron Dicke. Pigmente oder Additive sollten wenigstens dem ersten Auftrag nicht beigegeben werden. Weiterhin wird empfohlen, WEST SYSTEM Epoxidharz nicht mit Lösungsmitteln zu versetzen.

Denken Sie beim Auftragen der Schichten daran, daß ein dünnerer Film besser in seinem Auftrag zu kontrollieren ist und weniger leicht von der Fläche abtropft oder abläuft. Hierfür eignen sich am besten die Schaumroller, wie WEST SYSTEM 800, da der dünne Bezug dieser Rolle es verhindert, daß sich zu viel Epoxidharz ansammelt und zu einer exothermen Reaktion führt, wie es bei dicken Rollenbezügen der Fall sein kann. Man kann die Rolle in kleinere Scheiben schneiden, wenn man unzugängliche Stellen erreichen will oder wenn man schmale Teile beschichtet, wie z.B. Stringer.

Alle Arbeiten an der Oberfläche, wie Spachteln, Schleifen und Überziehen mit Glasgewebe sollten abgeschlossen sein, bevor der Schlußanstrich aufgebracht wird. Besonders bei porösen Oberflächen sollte sich das Bauteil in der Temperatur stabilisiert haben. Wenn sich nämlich die Oberfläche bei steigender Temperatur während des Harzauftrages erwärmt, können sich Luftblasen darunter bilden, die durch die Beschichtung durchsteigen wollen und zum Teil in der Schicht selbst verbleiben können.

1. Die Oberfläche wird wie in Abschnitt 3.4.2 beschrieben, vorbehandelt.
2. Man mischt so viel Epoxid und Härter an, wie man innerhalb der Topfzeit verarbeiten kann. Diese Mischung wird in eine Ausrollwanne gegossen, sobald sie gut vermischt ist.
3. Die Rolle wird mit einer geringen Menge Epoxid getränkt und in der Schale selbst noch abgestreift, so daß die Oberfläche gleichmäßig viel Epoxidharz enthält.
4. Auf einem Bereich von etwa 600 x 600 mm wird nun das auf der Rolle befindliche Epoxidharz gleichmäßig verteilt (Abb. 3-19).

5. Je mehr Epoxidharz von der Rolle auf die Oberfläche übertragen wird, desto stärker sollte der Andruck der Rolle sein. Wenn der Epoxidfilm dünner und gleichmäßiger wird, kann auch die Fläche größer sein als angegeben.
6. Der Bereich wird nun nochmal übergerollt, um alle Rollenmarkierungen zu entfernen. Bei jedem neuen Auftrag sollte man auf gute Überlappung der getränkten Flächen achten.
7. Mit der angerührten Menge sollten nun etwa gleichgroße Flächen in entsprechender Anzahl getränkt werden. Sobald das Epoxidharz dickflüssiger wird und damit zu härten beginnt, muß man eine neue Charge, diesmal möglichst etwas weniger anrühren und die Arbeit wieder aufnehmen.
8. Die Fläche wird nun noch mit einem Schaumroller, der mit frisch angesetztem Epoxidharz getränkt ist, gleichmäßig übergestrichen. Der Anpreßdruck sollte gerade so stark sein, daß man kleine Unebenheiten auf der Fläche entfernt, aber nicht so stark, daß man von der Beschichtung etwas wegnimmt (Abb. 3-20). Siehe Anhang C, in dem Einzelheiten über Rollenbezüge und Schaumroller genannt werden.

Zusätzliche Anstriche Ein zweiter und weitere Anstriche werden in der gleichen Weise aufgebracht. Dazu muß der vorherige Anstrich soweit angehärtet sein, daß er durch das Gewicht des neuen Anstrichs nicht abtropft. Um einen Zwischenschliff zu vermeiden, werden alle Anstriche nacheinander, also am gleichen Tag, aufgebracht. Siehe die Ausführungen in Abschnitt 3.4.1 über "Entfernen von Aminröte" und "Wann soll man schleifen?". Ist der letzte Anstrich über Nacht gehärtet, wird die Oberfläche für die letzte Feinbehandlung vorbereitet.

3.4.8 Das Finish

Die letzte Oberflächenbehandlung, also das Lackieren, verleiht der Oberfläche nicht nur zusätzlichen Glanz, sondern schützt die Arbeit auch gegen UV-Bestrahlung, die im Laufe der Zeit das Epoxidharz altern lassen würde. Die üblichen Verfahren, diesen Schutz aufzubringen, bestehen im farbigen oder transparenten Lackieren. Dafür muß die Oberfläche entsprechend vorbereitet werden.

Letzte Oberflächen-Vorbehandlung

1. Die letzte Epoxidharz-Schicht muß gut durchgehärtet sein.
2. Die Oberfläche wird mit der rauen Seite eines Topfschwamms und Wasser abgewaschen.
3. Die Oberfläche wird so glatt geschliffen, wie möglich. Der Aufwand hierfür hängt davon ab, wie glatt die letzten EP-Harz-Anstriche aufgetragen wurden und welche Oberfläche erzielt werden soll.

Wenn noch Tränen vorhanden sind, schleift man mit 80er Papier die höchsten Stellen ab. Dann folgt ein weiterer Schliff mit 120er Schleifpapier. Manche bevorzugen einen Naßschliff, weil er weniger Staub erzeugt. Dann folgt 220er Papier u.s.w., bis die gewünschte Oberflächengüte erreicht ist. Wird für den folgenden Anstrich ein Primer benutzt, ist ein 80er Schliff meist schon ausreichend. Dann wird die Fläche mit Wasser abgewaschen und trockengerieben.

Nun folgen der endgültige Lackauftrag. Hierzu sollte man den Hinweisen des Lackherstellers folgen. Eine kleine Testfläche gibt Aufschluß darüber, ob die Oberflächengüte ausreichend ist und ob sich das Lacksystem mit dem Epoxid verträgt.

Insbesondere bei Antifouling-Anstrichen muß der Hersteller nach der Notwendigkeit eines Primers befragt werden.

Kapitel 4

Begrenzte Trockenfäule

Die Reparatur von kleinen Stellen, in denen Trockenfäule aufgetreten ist, gehört zu den üblichen Verbesserungen an Holzbooten. Die meisten Boote haben kleine Bereiche, die schlecht belüftet werden und deshalb Feuchtigkeit anziehen, was zu Trockenfäule führen kann. Diese "Taschen" von Trockenfäule können oftmals repariert werden, indem man die befallenen Stellen aushöhlt und den Hohlraum wieder auffüllt.

4.1 Ausstechen und Auffüllen

Zunächst wird alles Holz entfernt, das von der Fäule befallen ist, wobei man sehr großzügig nach allen Seiten hin arbeiten muß. Dazu benutzt man am besten ein Stecheisen, mit dem das befallene Holz entfernt wird, so daß wirklich gesunde Holzflächen übrig bleiben (Abb. 4-1). Die Größe des entstehenden Hohlraumes entscheidet nun darüber, welche der beiden Reparaturmöglichkeiten die geeignete ist. Kleine Löcher und Schadensstellen werden mit angedicktem Epoxid gefüllt, während größere mit einem hölzernen Füllstück ausgebessert werden.

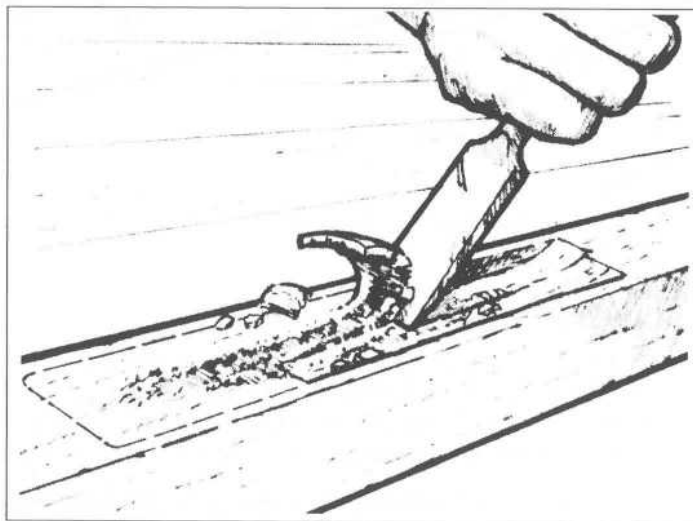


Abb. 4-1 Mit einem Stecheisen wird der geschädigte Bereich ausgestochen, so daß überall gesundes Holz an der Oberfläche sichtbar wird.

Die Entscheidung, ob die Reparaturstelle mit Epoxid oder mit Holz ausgefüllt wird, hängt davon ab, was am einfachsten, praktischsten und am wirtschaftlichsten ist. Da es eine Menge Zeit und Aufwand erfordert, komplizierte Formen in Holz nachzubilden und sie an Stellen einzubauen, die schwer zugänglich sind, wird es hier einfacher sein, sie mit Epoxid aufzufüllen. Bei dieser Methode kommt allerdings einiges an Gewicht hinzu, und man muß mehr Geld ausgeben als wenn man ein Holzstück einsetzt. Außerdem ist zu beachten, daß durch die exotherme

Reaktion die Epoxidharz-Menge begrenzt ist - etwa 12 mm Schichtdicke oder das Gesamtvolumen eines Golfballs sollten nicht überschritten werden. Bei größeren Mengen würde sich das Epoxid aufheizen, so daß Luftblasen entweichen und das Harz selber in seiner Festigkeit geschädigt wird. Auch wenn man für diese Reparatur den langsamen Härter benutzen kann oder die Füllung in mehreren Lagen aufträgt, um übermäßige Erwärmung zu vermeiden, gibt es doch praktische Grenzen für das Auffüllen nur mit angedicktem Epoxidharz.

4.1.1 Das Auffüllen mit Epoxid

Das Auffüllen kleiner Schadensstellen mit Epoxid geht folgendermaßen vor sich:

1. Die Oberfläche wird für die Reparatur vorbereitet (Abschnitt 3.4.1). Der Bereich muß unbedingt trocken sein.
2. Die Reparaturstelle wird mit der Harz/Härter-Mischung eingestrichen.
3. Die Aushöhlung wird nun mit Epoxidharz ausgefüllt, dem hochdichter Füller (406, 404 oder 403) bis zu erdnußbutterartiger Konsistenz beigegeben wurde. Diese Mischung wird in die Aushöhlung mit einem Spachtel oder einem Rührstockchen eingedrückt (Abb. 4-2). Die Oberfläche wird geglättet und alles überschüssige Material entfernt bevor es zu härten beginnt.
4. Vor dem Schleifen muß die Mischung gut durchhärten.

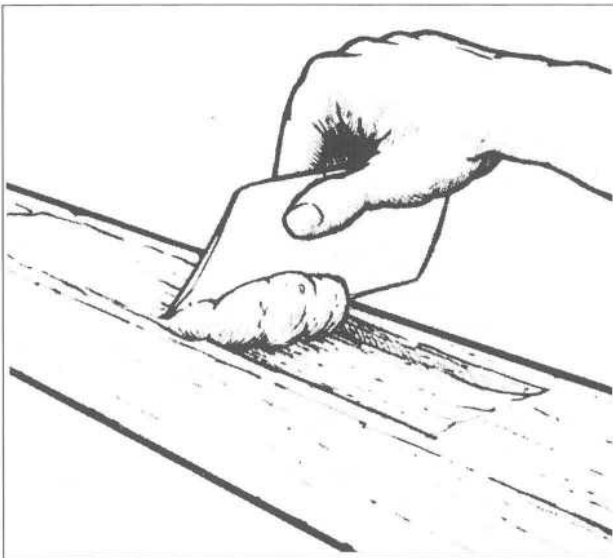


Abb. 4-2 Kleine Löcher werden mit angedicktem Epoxid aufgefüllt.

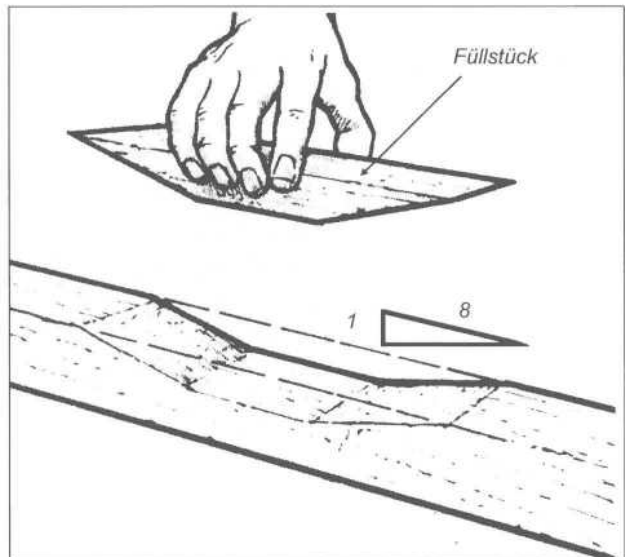


Abb. 4-3 Bei großen Hohlräumen wird ein Füllstück eingesetzt. Die Seiten sind so geschmiegt, daß sie satt aufeinander passen.

4.1.2 Das Auffüllen mit Holz

Wo es auch immer möglich ist, sollten Hohlräume mit Holz ausgefüllt werden. Bei dieser Methode stellt man die ursprüngliche Festigkeit der Holzbauweise wieder her. Hierzu muß man für die Schadensstelle ein Füllstück herstellen, das genau der Form der Aushöhlung entspricht. Dies wird nun wie folgt eingebaut:

1. Das Füllstück wird möglichst aus dem gleichen Holz wie das zu reparierende Bauteil angefertigt. Dabei empfiehlt es sich, geometrisch einfache Formen zu wählen, um eine bessere Passung zu erreichen. Die Seiten des Füllstücks müssen geschäftet sein. Je länger die Schäftung nach beiden Seiten ausläuft, desto fester wird die Reparaturstelle (Abb. 4-3). Eine Schäftung von 8 zu 1 (80 mm lang pro 10 mm Höhe) oder eine sogar noch größere ergeben eine Festigkeit, die dem ursprünglichen Bauteil schon recht nahe kommt. Das Füllstück wird auf Passung geprüft. Einen perfekten Sitz muß man nicht unbedingt erreichen, da das angedickte Epoxid auch größere Unebenheiten in der Passung ausfüllt. Die Oberfläche wird für das Verleimen vorbereitet (Abschnitt 3.4.1).
2. Die Oberfläche der Reparaturstelle und das Füllstück selbst werden mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen.

3. Nun wird das mit dem hochdichten Füller versetzte Epoxidharz (406, 404 oder 403) in mayonnaiseartiger Konsistenz auf die Oberfläche der Vertiefung gebracht. Dazu kann man das Rührstockchen benutzen, wobei ausreichend Masse aufgetragen werden soll, um auch wirklich alle Fugen zu füllen.
4. Das Füllstück wird nun eingedrückt, wobei das angedickte Epoxidharz nach allen Seiten herausquellen sollte.
5. Das Füllstück wird nun angepreßt. Dazu kann man Gewichte oder auch Heftklammern benutzen, die solange im Holz bleiben, bis das Epoxidharz gehärtet ist. Bevor es allerdings anfängt zu härten, sollte überschüssiges Material abgestreift werden.
6. Vor dem Entfernen der Klammern und vor dem Schleifen sollte die Stelle härten.

4.2 Ausbohren und Auffüllen

Eine übliche, wenn auch weniger effektive Methode, von Trockenfäule befallene Bereiche zu reparieren besteht darin, daß man eine Vielzahl von Löchern in den befallenen Bereich bohrt und in diese Bohrungen Epoxidharz injiziert, das die Oberflächen der Löcher tränkt und damit den gesamten Bereich stabilisiert. Diese Methode wendet man an, wenn gar nichts anderes mehr hilft, besonders wenn die Festigkeit des Holzes kritisch ist. Das größte Problem hierbei ist, daß man nicht weiß, wie gut das Epoxidharz das Holz durchtränkt. Versuche zur Feststellung der mechanischen Kennwerte von so reparierten Teilen haben gezeigt, daß Ausbohren und Auffüllen gegenüber dem Ausstechen und Auffüllen erheblich zurückfällt. Hinzu kommt noch, daß diese Methode für Reparaturen über Kopf unmöglich und bei senkrechten Oberflächen sehr schwierig ist. Allerdings gibt es Fälle, in denen die Methode sinnvoll angewandt werden kann, nämlich dann wenn übermäßige Festigkeit nicht verlangt wird oder wenn die von Trockenfäule befallene Stelle zu schwer zu erreichen ist, um sie auszusteichen und wieder aufzufüllen. Wenn also diese Methode angewandt wird, empfehlen wir folgendermaßen vorzugehen:

1. Bohren Sie ein Muster von Löchern in den befallenen Bereich mit einem 5-mm-Bohrer. Der Abstand der Löcher sollte 25 mm nicht überschreiten, und zwar in allen Richtungen. Jedes Loch muß tief genug sein, um durch die befallene Stelle hindurchzureichen bis ins wirklich gesunde Holz. Bei senkrechten Flächen bohrt man sinnvollerweise in einem Winkel von etwa 45° nach unten.

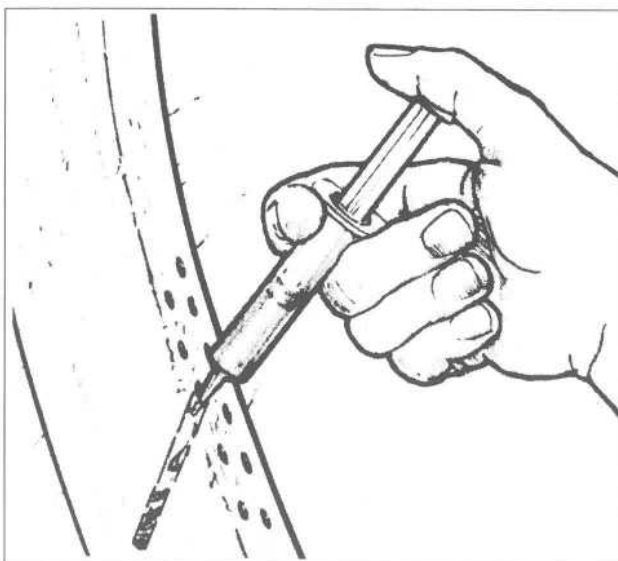


Abb. 4-4 In die Bohrungen wird Harz/Härter-Mischung eingespritzt, bis das Holz vollständig gesättigt ist.



Abb. 4-5 Die noch offenen Löcher werden mit Spachtelmasse ausgefüllt.

2. Der Bereich muß sorgfältig getrocknet werden, wenn erforderlich mit einer Heißluftpistole oder einem Föhn.
3. Jetzt wird Harz/Härter-Mischung in die Löcher injiziert. Wenn man das Harz vorwärmt, sinkt die Viskosität, d.h. es fließt besser und sollte daher auch in die angeschnittenen Holzfasern tiefer eindringen. Der langsame Härter 206 vergrößert ebenfalls die Eindringtiefe, da die Topfzeit, d.h. die offene Zeit, länger ist (Abb. 4-4).
4. In die Löcher wird so lange Epoxid injiziert, bis das Holz gesättigt ist und kein weiteres Harz mehr aufnimmt.
5. Die noch offenen Löcher werden mit angedicktem Epoxid aufgefüllt, nachdem das flüssige Harz angefangen hat zu härten, soweit dies notwendig ist. Aus Gründen der guten Oberfläche sollte der Bereich anschließend mit einer Mischung aus Epoxid und niedrigdichtem Füller gespachtelt werden (Abschnitt 3.4.5)(Abb. 4-5).

4.2.1 Das Verdünnen von Epoxid

Es gibt Produkte auf Epoxidharzbasis auf dem Markt, die speziell darauf eingestellt sind, von Fäule befallenes Holz zu durchdringen. Das sind im Prinzip mit Lösungsmitteln versetzte Epoxidharze, die das Holz weiter durchdringen, aber die Lösungsmittel setzen die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit des Harzsystems herab. Wir werden oft gefragt, ob man WEST SYSTEM Epoxidharze mit Lösungsmitteln versetzen kann, um die Tränkung zu verbessern. Die Antwort ist ja, aber nicht ohne gewisse Kompromisse hinsichtlich der Festigkeit und Feuchtigkeitssperre des ausgehärteten Epoxids einzugehen. Aceton, Toluol und MEKP sind verwendet worden, um WEST SYSTEM Epoxid zu verdünnen und damit die Tränkfähigkeit zu verdoppeln, für alle diese Lösungsmittel etwa mit gleichem Erfolg. Wenn man sich entschließt, auf diese Weise die Viskosität des Epoxids zu verringern, muß man in Kauf nehmen, daß Festigkeit und Feuchtigkeitssperre des ausgehärteten Materials im gleichen Verhältnis herabgesetzt werden.

Wir empfehlen eine andere und bessere Lösung, um das Holz gut zu durchtränken, ohne diese guten Eigenschaften zu verlieren, indem wir vorschlagen, die Reparaturstelle leicht anzuwärmen, wieder mit Heißluftpistole oder Wärmelampe. Das Harz hat dann eine niedrigere Viskosität und dringt tiefer in die vorgewärmten Holzflächen und deren Poren und Vertiefungen ein. Auch wenn die offene Zeit des Epoxidharzes dabei herabgesetzt wird, kann man sie wieder durch langsame Härter (206, 207 oder 209) verlängern und auf diese Weise eine bessere Durchdringung erreichen als mit dem Härter 205. Wenn das Epoxid ausgehärtet ist, hat es seine volle Festigkeit und Wirkung als Feuchtigkeitssperre. Wir sind der Meinung, daß dies gegenüber den Vorteilen der Lösungsmittelbeigabe vorzuziehen ist.

4.3 Verstärkungen

Zusätzliche Zugfestigkeit kann man bei einer Reparaturstelle auch dadurch erreichen, daß man sie mit Glasgewebe, Kohlenstoffasern oder Aramidfasern mit der entsprechenden Menge Epoxidharz beschichtet. Hierfür verweisen wir auf Abschnitt 3.4.6. Die Verstärkungslage wird aufgebracht, wenn die von Fäule befallene Stelle ausgestochen, aufgefüllt oder ausgebohrt und ausgefüllt wurde. Mit ausgezeichnetem Ergebnis hat man auch Zugbänder aus rostfreien Stahlstangen benutzt, um Teile wieder zu verbinden. Der Rundstahl kann in vorgebohrte oder ausgestochene Vertiefungen eingelegt mit Epoxidharz befestigt werden und so die Bauteile zusammenhalten. Siehe Abschnitt 7.1 für genauere Arbeitsanweisungen.

Kapitel 5

Reparatur von tragenden Verbänden

Jedes Teil des Gesamtverbandes, das zu sehr geschwächt ist, um die auftretenden Kräfte zu übernehmen, muß erneuert oder verstärkt werden. Die tragenden Verbände beinhalten Kiel, Steven, Spanten, Stringer, Decksbalken, Balkweger, Deckweger, Knie, Schlingen und Duchten. Obwohl sich die Teile erheblich in Größe, Form und ihrer Anordnung im Boot unterscheiden, haben sie doch viele Probleme und auch mögliche Reparaturverfahren gemeinsam.

Spanten können sowohl durch Trockenfäule wie auch übermäßige Beanspruchung geschädigt sein. Bei Stoßbelastungen brechen Spanten oftmals an mehreren Stellen. Wenn ein so gebrochener Spant gefunden wird, sollte man untersuchen, ob es noch weitere gibt, die ebenfalls geschädigt sind, insbesondere in der Nähe des ersten. Die Bruchstellen der Spanten liegen oftmals an Stringerverbindungen, im Bereich der starken Verformung zum Boden hin und am unteren Ende des S-Schlags (besonders im Hinterschiff). Als nächstes sollte man die Außenhaut in dem Bereich der gebrochenen Spanten von außen untersuchen. Wenn man dort verformte oder gebrochene Planken findet, sollten sie so abgestützt werden, daß sie wieder die alte Form erreichen. Dazu kann man außen Stützen und Keile benutzen, innen bevorzugt ein Stück Seil. Die Reparatur des Spantens kann beginnen, sobald der Rumpf in seine alte Form gebracht worden ist.

Die Reparatur von Spanten besteht darin, daß man die beschädigten Teile auswechselt, und zwar durch ein Material, das von mindestens gleicher oder von größerer Festigkeit ist. (siehe Anhang B). Lamellieren ist eine sehr wirksame Methode, um Spanten wieder aufzubauen, und die Grundfertigkeiten für die Reparatur von Spanten sind in diesem Kapitel beschrieben.

5

5.1 Lamellieren von Decksbalken, Spanten und Steven

Spanten kann man entweder aus einer vollen Planke schneiden oder sie mit Dampf biegen, wenn das Boot in seinen Originalzustand zurückversetzt werden soll. (Wenn unter Dampf gebogene Spanten benutzt werden sollen, muß ausreichend Zeit bleiben, um sie zu trocknen, bevor sie eingebaut werden). Allerdings haben lamellierte Spanten gegenüber den unter Dampf gebogenen erhebliche Vorteile, sowohl festigkeitsmäßig wie auch in der Herstellung selbst. Komplette Spanten oder auch nur Teile davon werden durch mehrere Lagen dünner Hölzer aufgebaut, um die genaue Form wiederzugeben, entsprechend den Abmessungen des beschädigten Spants (Abschnitt 5.2, 5.3 und 5.4). Hinsichtlich der Größe lamellierter Spanten gibt es keinerlei Beschränkungen. Spanten zu lamellieren kann aber noch aus einem anderen Grund notwendig sein, ganz einfach weil es immer weniger große, massive Hölzer in der gewünschten Qualität gibt. Der neue Spant kann entweder über eine sehr einfache Form nach Schablone vorgefertigt werden oder in manchen Fällen sogar direkt im Boot.

Folgendes sollte man sich in Erinnerung rufen, wenn Holz für lamellierte Spanten ausgesucht wird:

1. Die Hölzer sollten gleiche oder ähnliche sein wie die im Boot vorhandenen.
2. Die einzelnen Lamellen müssen so dünn sein, daß sie sich leicht an die ursprüngliche Spantform anschmiegen. Das betrifft nicht nur die einzelne Lage, da alle Lamellen auf einmal in die gewünschte Form gebracht werden müssen. Wenn weniger, dafür dickere Lamellen benutzt werden, entstehen in den Hölzern selbst höhere Spannungen, was die Festigkeit verringert und gleichzeitig den Spant auch stärker zurückfedern läßt. Dagegen bedeutet die Verwendung von dünnen Lagen, daß der neue Spant eine höhere Festigkeit und weniger Rückfedervermögen hat, allerdings braucht er auch etwas mehr Arbeitsaufwand und Epoxidharz.
3. Man sollte immer Lamellen in ganzer Spantlänge benutzen. An den Enden muß ausreichend Überstand vorhanden sein, um die neuen Spanten anpassen zu können.
4. Der neue Spant sollte die gleiche Breite haben wie der alte. Auch hier ist ein wenig Überstand von Vorteil, damit man die Seiten sauber putzen kann.
5. Man sollte unbedingt abgelagertes Holz benutzen. Ideal ist ein Feuchtigkeitsgehalt von 6 bis 14 %.

5.1.1 Bau eines Spants über eine Form

Kann man den neuen Spant über eine Form bauen, so hat das den Vorteil, daß man ihn unter kontrollierten Werkstattbedingungen fertigt. Mit Pappe oder ähnlichem Material lassen sich die Konturen des beschädigten Spants abnehmen. Das Modell wird nun auf die Form übertragen (Abb. 5-1).

Der Vorgang ist nun folgender:

1. Die Form mit den querliegenden Leisten wird wie vorgeschlagen hergestellt. Als erstes folgt ein "Trockenlauf", d.h. man legt alle Lamellen übereinander auf die Form und befestigt sie mit Schraubzwingen, um festzustellen, ob die einzelnen Lagen dünn genug sind, um die gewünschte Form herzustellen. Die Form wird nun mit einer Plastikfolie überzogen, um das Ankleben zu verhindern.
2. Die einzelnen Lamellen werden nun von beiden Seiten mit Epoxid eingestrichen, außer natürlich den beiden Außenlagen.

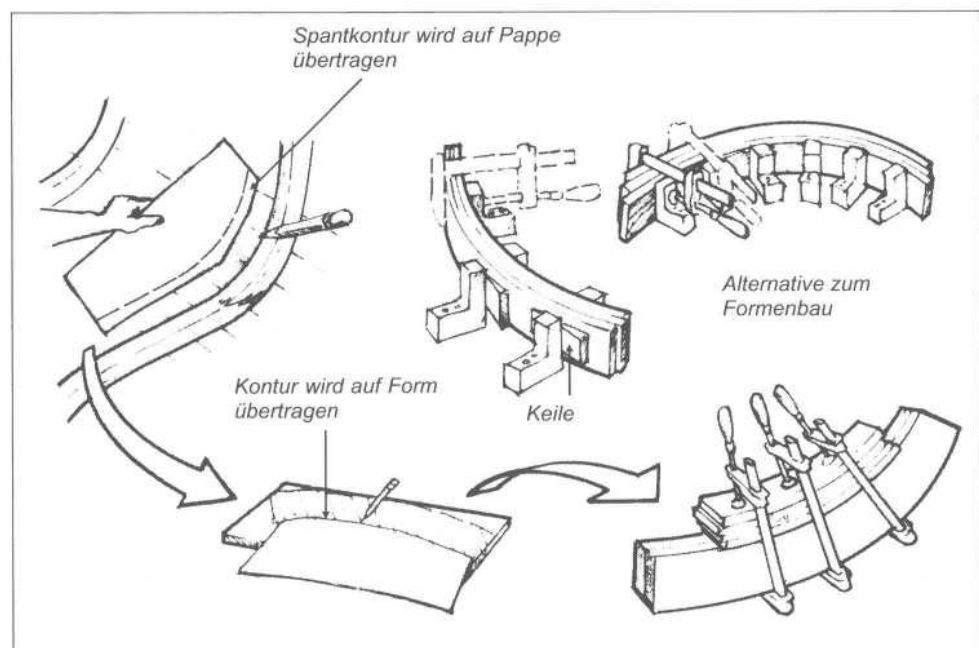


Abb. 5-1 Die gewünschte Kontur wird auf eine Form übertragen.

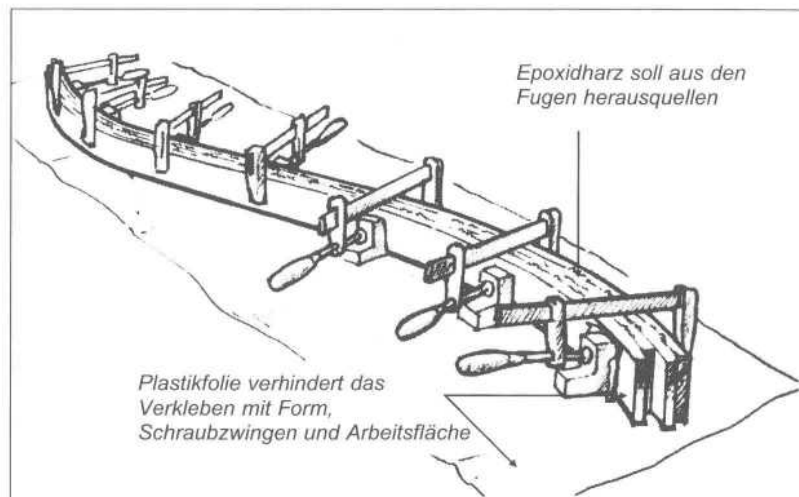


Abb. 5-2 Die entsprechende Anzahl vorgetränkter Lamellen wird auf der Form mit Schraubzwingen befestigt. Der Spant wird nach dem Aushärten des Harzes nachgearbeitet.

3. Auf eine der beiden Seiten wird nun angedicktes Epoxidharz aufgetragen und die so vorbereitete Lamelle aufgelegt. Das Harz wird mit dem Füller 406 zu ketchupartiger Konsistenz angerührt.
4. Die Lamellen werden nun mit Schraubzwingen befestigt, bis das Epoxidharz ausgehärtet ist (Abb. 5-2). Zum Anpressen können bevorzugt Schraubzwingen, aber auch Keile, Klammern oder kleine Nägel benutzt werden, um soviel Anpreßdruck zu erzeugen, daß das Epoxidharz aus den Fugen leicht herausquillt.
5. Der neue Spant wird von der Form losgenommen, sobald das Epoxidharz gehärtet ist. Bei niedrigen Temperaturen sollte man den neuen Spant ausreichend lange auf der Form lassen, besonders wenn man mit starker Rückfederung rechnen muß. Dann wird der Spant von allen Seiten geputzt.

5.1.2 Das Lamellieren von Spanten im Boot selbst

Manchmal empfiehlt es sich, den neuen Spant direkt im Boot zu lamellieren. Das kann auf zwei Arten erfolgen.

- A) Alle Lamellen werden direkt auf die Bruchstelle aufgebracht, und zwar in einem einzigen Arbeitsgang, entweder jeweils eine Lamelle oder alle zusammen, je nachdem welche Methode am besten anzuwenden ist. Korrosionsbeständige Schrauben oder Klammern werden bei den einzelnen Lagen benutzt, sofern das Befestigen durch andere Mittel nicht möglich ist. Auch hier empfiehlt es sich wieder, einen "Trockenlauf" zu machen, um die beste Methode herauszufinden. Alle Lamellen werden endgültig auf Länge geschnitten und bearbeitet, bevor sie verleimt werden.
- B) Über eine Plastikfolie werden alle Lamellen am Rumpf aufgelegt, um ein Verkleben zu verhindern. Der so entstandene Spant wird dann nach dem Aushärten des Harzes abgenommen und endgültig bearbeitet. Dieses neue Spantstück oder der neue Spant werden dann insgesamt verklebt.

5.2 Das Auswechseln von Spanten

Oftmals ist ein Spant so stark geschädigt, daß er nicht mehr repariert werden kann und deshalb am besten ausgewechselt wird. Dieser Vorgang ist folgender:

1. Bevor der gebrochene Spant entfernt wird, stützt man den Rumpf ab, damit er seine Form behält. Falls notwendig, werden Teile des gebrochenen Spants im Schiff gelassen, um die Form des Rumpfes einzuhalten und erst entfernt, nachdem der neue Spant eingebaut wurde. Entfernt werden auch alle

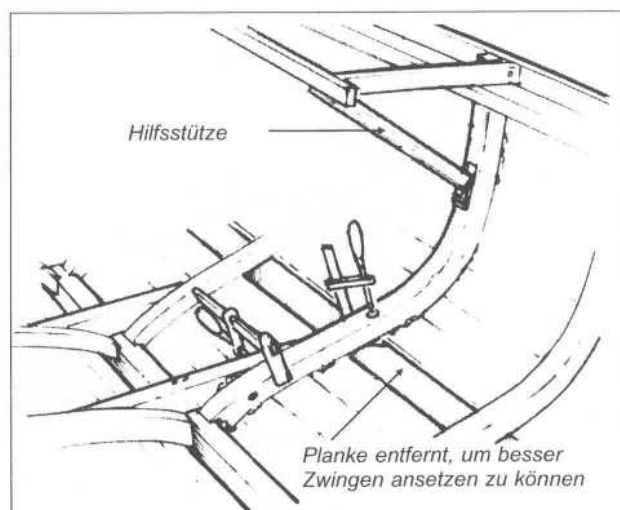


Abb. 5-3 Der neue Spant wird dort eingefügt, wo der alte entfernt wurde. Bis das Harz gehärtet ist, wird er zusätzlich durch Absteifungen gehalten.

Befestigungselemente, z.B. Schrauben, die den Spant gehalten haben. Manchmal ist es auch notwendig, den Spant in Stücken herauszutrennen.

2. Der neue Spant wird, wie in Abschnitt 5.1.1 beschrieben, aufgebaut und verleimt. Möglich ist es natürlich, den Spant aus einer vollen Planke zu schneiden oder ihn unter Dampf zu biegen. Dann wird der neue Spant eingepaßt und endgültig bearbeitet.
3. Der Spant wird vorbereitet, ebenso wie die Kontaktfläche. Man sollte hierbei vorsichtig vorgehen, um ihn nicht mit solchen Teilen zu verleimen, die später entfernt werden müssen.
4. Der neue Spant wird nun eingebaut. Dazu werden alle Kontaktbereiche mit Epoxidharz eingestrichen, dann wird mit dem Füllstoff 406 angedicktes Epoxidharz auf eine Seite aufgetragen.
5. Der Spant wird nun an der entsprechenden Stelle befestigt oder verklammert, bis das Epoxidharz gehärtet ist. Falls die alten Schrauben benutzt werden sollen, müssen auch sie in Epoxidharz eingebettet werden.

5.3 Das Auswechseln beschädigter Teile

Manchmal sind an einem Spant nur kleine Bereiche geschädigt. Mitunter liegt der Spant auch so ungünstig, daß man ihn nicht auswechseln kann. Es ist möglich, ausschließlich den geschädigten Bereich zu erneuern und damit die Festigkeit des Spants wieder herzustellen, wobei der Spant im wesentlichen im Boot verbleibt.

1. Der geschädigte Bereich des Spants wird herausgeschnitten. Die Enden werden wenigstens im Verhältnis 8:1 geschäftet (Abb. 5-4). Je länger die Schäftung, desto fester wird später die Verbindung sein. Bei Spanten aus Hartholz empfiehlt es sich, eine längere Schäftung vorzusehen (12 zu 1).
2. Das neue Füllstück wird nun angepaßt, und zwar wird es etwas länger als das herausgeschnittene Teil. Auch dieses Stück kann natürlich aus dem Vollen gesägt werden, wobei man möglichst die gleiche Holzsorte verwenden sollte. Das Füllstück wird nun auf Maß gesägt und in seiner Form an den vorhandenen Spanten angepaßt. Auch die Schäftung wird angeglichen.
3. Die Oberfläche wird für die Verleimung vorbereitet. Das neue Füllstück und auch die Enden des vorhandenen Spants werden noch einmal auf Passung kontrolliert und bearbeitet.
4. Der neue Spant wird eingebaut (Abb. 5-5). Dazu werden die Kontaktflächen des

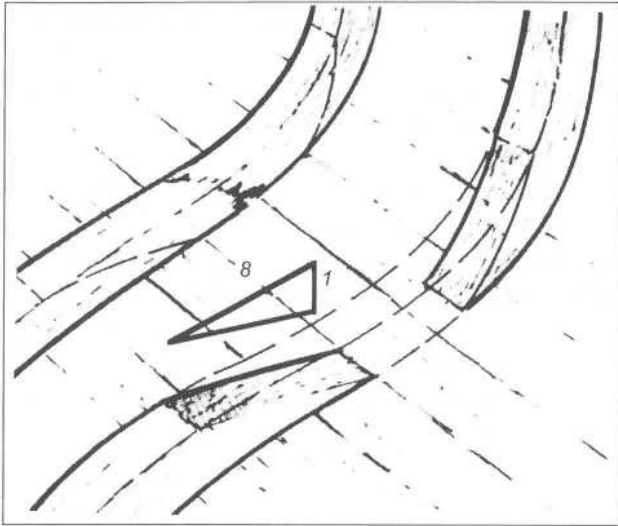


Abb. 5-4 Alle geschädigten Teile werden entfernt und die nun gesunden Enden im Verhältnis von wenigstens 8:1 angeschrägt.

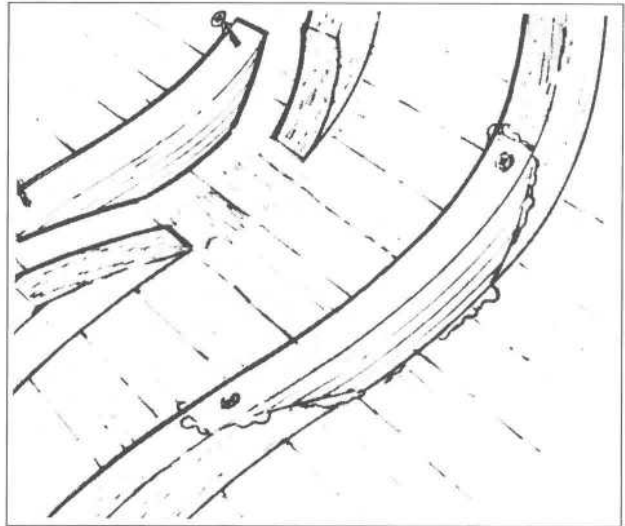


Abb. 5-5 Ein lamelliertes oder massives Spantstück wird angepaßt und eingesetzt.

alten Spants und des Füllstücks vorgetränkt. Eine ausreichende Menge von angedicktem Epoxidharz (Füller 406) wird angerührt und auf eine Seite der Kontaktflächen aufgegeben.

5. Das Füllstück wird nun angepreßt. Überschüssiges Epoxidharz wird auch hier wieder abgestreift, bevor es aushärtet. Nach dem Härten des Harzes werden die Schraubzwingen oder andere Verklammerungen entfernt.

5.4 Der Einbau von Dopplungen

Um die Festigkeit des Bootes wieder herzustellen, kann man auch Dopplungen neben beschädigte Spanten setzen. Diese Art der Reparatur sieht natürlich nicht so gut aus, als wenn der Spant selbst erneuert wird, aber diese Methode ist recht zeitsparend, besonders wenn es schwierig ist, den alten Spant zu entfernen. Der Vorgang ist folgender:

1. Muß ein ganzer Spant ersetzt werden, so baut man einen neuen Spant, der ein wenig an den Enden über den notwendigen Bereich hinausgeht, um ihn später zu verputzen. Bei lokalen Bruchstellen wird nur ein Teilstück des Spants ersetzt, auch hier wieder aus einzelnen Lamellen, die wenigstens 12 mal Spantdicke jeweils vom geschädigten Ende nach oben und unten reichen sollen (Abb. 5-6). Auch

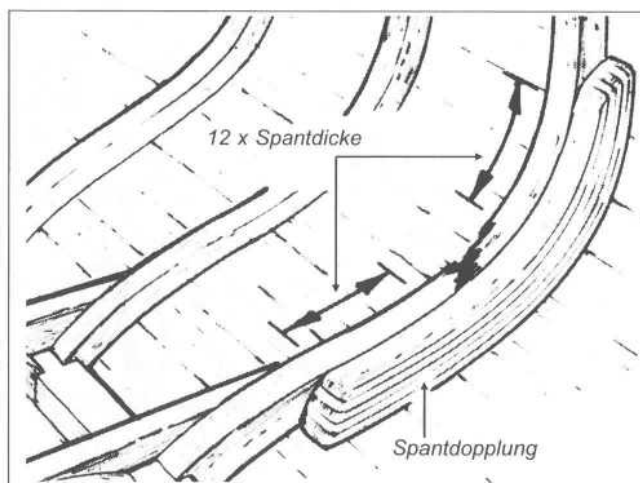


Abb. 5-6 Eine Spantdopplung, die länger ist als die Schadensstelle, wird neben dieser eingepaßt.

diese Doppelungen können aus massivem Holz gesägt werden. In diesem Fall sollte man wieder gleichartige Holzsorten aussuchen.

2. Die Kontaktflächen, sowohl am Spant wie an der Außenhaut, werden für die Verleimung vorbereitet. Falls noch Teile der Beplankung oder der Sperrholz-Außenhaut später ausgewechselt werden sollen, muß eine Lage Kunststoff-Folie dazwischen gelegt werden, um ein Verkleben zu verhindern.
3. Die Spant-Dopplung wird nun eingebracht. Dazu werden alle sich berührenden Oberflächen des neuen und des alten Spants vorgetränkt. Hierauf folgt wieder die mit Füller 406 angedickte Epoxidmasse, die auf eine der beiden Seiten aufgetragen wird.
4. Die Dopplung wird nun mit Schraubzwingen oder anderen geeigneten Mitteln angepreßt. Überschüssiges Harz wird abgestreift. Schraubzwingen werden entfernt, sobald das Harz ausgehärtet ist.

5.5 Die Reparatur von Verbindungen

Auch wenn die Spanten durch Fäulnis oder Überbeanspruchung nicht geschädigt sind, kann man trotzdem die Spanten in sich und mit der Außenhaut verleimen, um so die Steifigkeit des Gesamtverbandes zu verbessern und sie gegen Feuchtigkeitsangriffe zu schützen. Dazu werden so viele Spanten wie möglich entfernt und anschließend wieder verleimt, wobei eines der Standardverfahren in Abschnitt 3.4.2 benutzt wird. Auch Spanten, die sich nicht zeitweilig ausbauen lassen, können doch an Ort und Stelle verklebt werden, und zwar folgendermaßen:

1. Das Boot wird so gut wie möglich abgestützt, damit es seine Form behält.
2. Alle zugänglichen Stöße, Nähte und sonstigen Verbindungen werden geöffnet. Das betrifft sowohl Verbindungen innerhalb des Spantwerks wie auch zwischen Spanten und Außenhaut. So viele Schrauben wie möglich sollten gelöst werden. Stöße und Nähte lassen sich außerdem mit einem Kuhfuß oder kleinen Keilen zeitweilig auseinanderdrücken. Farbe oder Verunreinigungen in Nähten sollten ausgekratzt werden (Abb. 5-7). In den Fugen sollte möglichst das nackte Holz zu Tage treten.
3. Die Kontaktflächen werden so gut wie möglich vorgetränkt. Dazu kann man eine kleine Spritze, einen Pinsel oder Pfeifenreiniger benutzen, um möglichst tief in die Fugen einzudringen.
4. Nun wird angedicktes Epoxidharz in die Fugen eingebracht. Wiederum wird Harz mit dem Füller 406 vermischt und mit einer Spritze in die Mitte der Fuge eingespritzt. Bei sehr tiefliegenden oder unzugänglichen Stellen kann man mit Hilfe

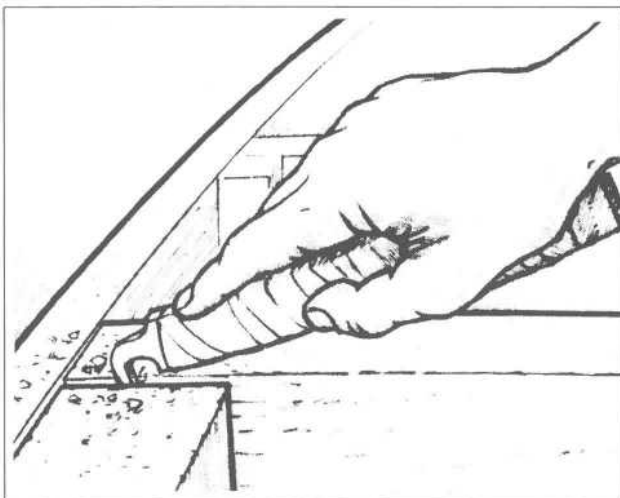


Abb. 5-7 Mit einem Kratzer werden alle Fugen ausgearbeitet

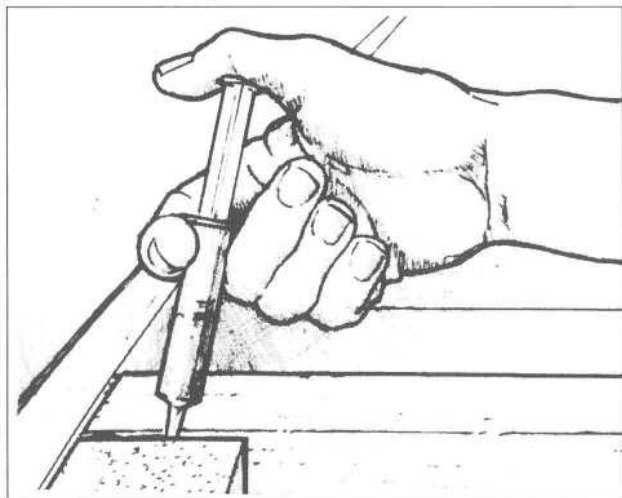


Abb. 5-8 In die Fuge wird soviel Epoxid injiziert wie möglich.

eines Trinkhalmes das Epoxidharz einspritzen. Es sollte so reichlich injiziert werden, daß das angedickte Harz an den Fugen wieder herausquillt.

5. Die Bauteile werden nun wieder verklammert oder mit Schraubzwingen zusammengedrückt, bis das Epoxidharz härtet. Auch Schrauben kann man wegen des besseren Feuchtigkeitsschutzes wieder mit Epoxidharz einsetzen, um die Festigkeit der Verbindung zu erhöhen (siehe Kapitel 8).

5.6 Die Reparatur der Kielplanken

Wie der Name sagt, ist die Kielplanke diejenige Planke, die die Außenhaut direkt am Kiel abschließt. An ihr treten oftmals Leckagen auf. Wenn diese Planke nun immer wieder Feuchtigkeit durchläßt, obwohl die Nähte gut abgedichtet sind, sollte man diesem Problem erhöhte Aufmerksamkeit schenken. Es könnte sein, daß der Kiel sich langsam von den Bodenwrangen löst (das sind die quer liegenden Hölzer, die die Spantfüße mit dem Kiel verbinden oder es ist auch möglich, daß die Bodenwrangen mit den Spanten nicht mehr ausreichend gut befestigt sind).

Um das herauszufinden, sollte man folgendermaßen vorgehen:

1. Die Verbindung der Bodenwrangen zu den Spanten muß untersucht werden. Zeichen von Bewegungen zwischen Bodenwange und Spant gilt es zu erkennen (Abb. 5-9).
2. Ebenfalls wird die Stelle untersucht, an der die Bodenwrangen am Kiel liegen. Hier suchen wir nach Spalten zwischen Kiel und Bodenwange.

5.6.1 Die Reparatur von Bodenwrangen

Zeigen sich Fugen zwischen Spanten und Bodenwrangen bzw. zwischen Bodenwrangen und Kiel, wird die Kielplanke unweigerlich lecken. Die im Folgenden beschriebene Reparatur wird dieses Problem behindern und die Bauteile wieder fest miteinander verbinden:

1. Kielplanke und eine oder zwei der daneben liegenden Planken auf jeder Seite werden entfernt.
2. Kiel, Bodenwrangen und Spanten werden für eine neue Verleimung vorbereitet. Dazu wird die alte Farbe oder der Lack entfernt, das Holz nachgeschliffen und sorgfältig getrocknet.
3. Es werden nun neue Bodenwrangen eingepaßt, und zwar auf der den alten gegenüberliegenden Seite der Spanten. Sie können lamelliert oder aus dem Vollen geschnitten werden.
4. Nun werden Füllstücke angepaßt, die den Raum zwischen den beiden Bodenwrangen über den Spanten ausfüllen.

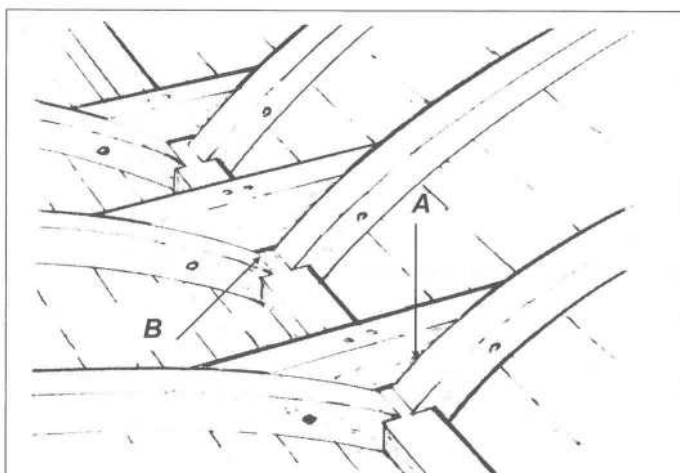


Abb. 5-9 Bodenwrangen, Kiel und Spanten werden auf Spalten hin untersucht, die Zeichen von Bewegungen zwischen den Verbänden sind.

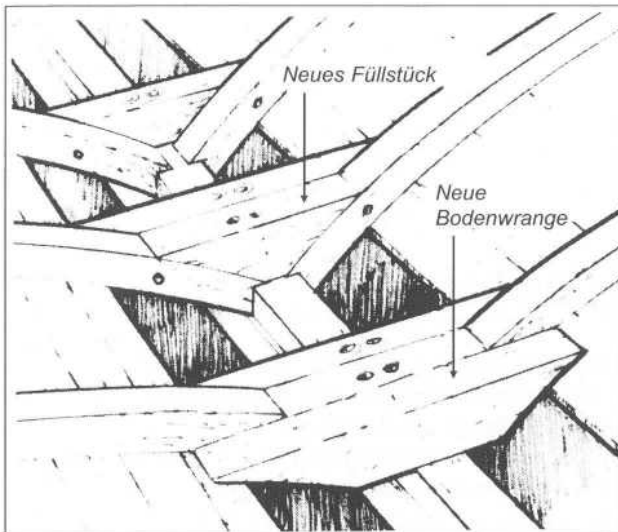


Abb. 5-10 Neue Bodenwrangen und Füllstücke werden mit Kiel und Spanten verleimt.

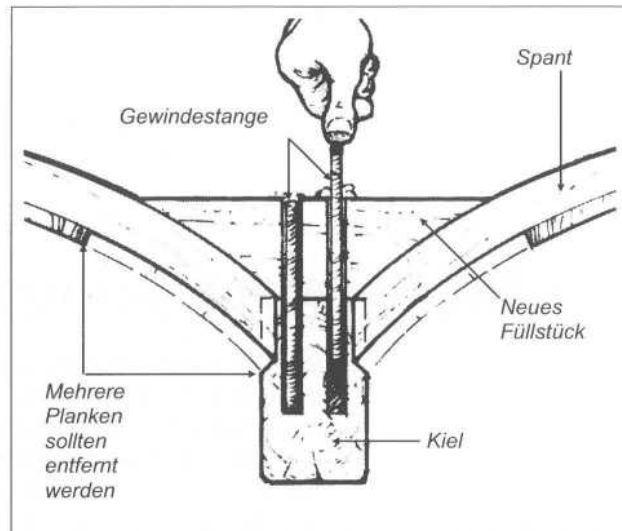


Abb. 5-11 Durch die Füllstücke werden Gewindestangen mindestens 75 mm tief in den Kiel eingelassen.

5. Die neuen Bodenwrangen und die Füllstücke werden mit Kiel und Spanten verleimt (Abb. 5-10). Dazu werden alle aufeinander liegenden Oberflächen und auch die Hirnholzkanten mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen. Dann wird mit Füller 406 angedicktes Epoxidharz aufgetragen. Alle Bauteile werden mit Schraubzwingen aufeinandergepreßt, bis das Epoxidharz härtet. Erst nach vollständigem Aushärten werden die Schraubzwingen entfernt.
6. Durch die Füllstücke hindurch bohrt man nun jeweils zwei Löcher wenigstens 75 mm tief in den Kiel hinein. Diese Bohrungen sollen 3 mm größer im Durchmesser sein als die Gewindestangen, die später eingeschraubt werden.
7. Von Gewindestangen aus rostfreiem oder verzinktem Stahl werden nun Enden abgeschnitten, die gerade die Tiefe der Bohrlöcher haben. Diese Gewindestangen müssen etwa den Durchmesser der Kielbolzen haben.
8. Jeweils eine oder zwei Bohrungen werden mit nicht angedicktem Harz vorgetränkt. Das Epoxidharz sollte Zeit genug haben, in das Holz, insbesondere die Hirnholzkanten, einzudringen.
9. Die so vorgetränkten Löcher werden bis zur Hälfte mit angedicktem Harz aufgefüllt, wobei hier Füller 404 oder 406 benutzt werden. Dann wird die Gewindestange selbst ebenfalls mit dieser angedickten Mischung eingestrichen.
10. Die so vorbehandelten Gewindestangen werden in die Bohrlöcher hineingetrieben und das Loch selbst aufgefüllt (Abb. 5-11). Überschüssiges Harz wird abgestreift.

5.6.2 Der Wiedereinbau der Kielplanken

Kiel, Bodenwrangen und Spanten sind nun fest und dauerhaft miteinander verbunden, und zwar sowohl durch die Epoxidverleimung wie auch die Gewindestangen. Danach können nun die Kielplanken folgendermaßen wieder eingebaut werden:

1. Planken und Spanten werden für das Verleimen vorbereitet. Dazu wird alle alte Farbe und Lackierung entfernt. Die Klebeflächen werden geschliffen, so daß das frische Holz an der Oberfläche liegt.
2. Die Planken werden nun probeweise angepaßt, und für die Befestigung der Schrauben werden neue Löcher gebohrt, wenn die alten zu sehr ausgebrochen sind. Unbedingt sollten genügend Schraubzwingen bereit liegen, um die Planken an die Spanten anzupressen.
3. Nun wird wieder mit Epoxidharz vorgetränkt, und zwar die alten und neuen Bohrlöcher, die Spanten und der Kiel. Wobei für die Löcher Spritzen oder auch

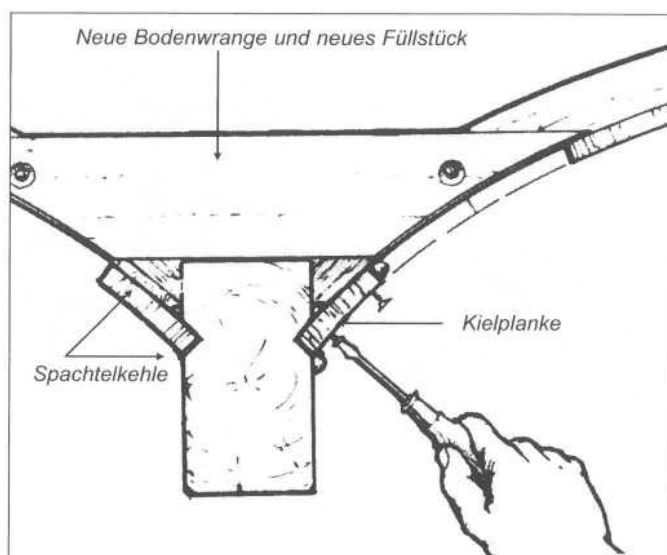


Abb. 5-12 Befestigen der Kielplanke in der alten Position.

Pfeifenreiniger genutzt werden können. Ebenfalls werden alle Klebeflächen eingestrichen.

4. Nun folgt wieder der Auftrag mit EP-Harz, das mit Füller 406 angedickt ist, in der bereits beschriebenen Weise.
5. Die Planken werden zunächst mit den alten Schrauben wieder befestigt (Abb. 5-12), dabei sollte man in der Mitte beginnen und nach beiden Enden hin arbeiten.
6. Nun wird eine Spachtelkehle in die Verbindung von Kiel und Kielplanke gespritzt, so daß das Epoxidharz aus dieser Fuge herausquillt und sich zu einer Spachtelkehle verstreichen läßt.
7. In der gleichen Art wird nun die zweite Kielplanke auf der anderen Seite des Bootes befestigt.
8. Als Letztes folgen die möglicherweise ebenfalls entfernten Planken, wobei das Verfahren dem in Kapitel 6 entspricht.

5.7 Kielreparaturen

Der Kiel eines Bootes ist Inhalt des Gesamtverbundes von besonderer Wichtigkeit und sollte daher besondere Aufmerksamkeit und Untersuchung rechtfertigen. Skegs, Tothölzer oder Flossenkiel bringen noch ihre eigenen Probleme mit sich. Totholz kann sowohl innerhalb wie außerhalb der eigentlichen Gillung liegen und hat üblicherweise eine Reihe sehr deutlicher Nähte. In den meisten Fällen ist es nicht ratsam, den Skeg oder das Totholz mit Epoxid und Glasgewebe zu verkleiden, es sei denn, daß die Verbindungen vorher stabilisiert wurden.

Bei Teredobefall sollten die entsprechenden Stellen durch Holz gleicher Art ausgewechselt werden.

Wenn an den Kielplanken Bodenwrangen oder im Spanteinlauf Arbeiten vorgenommen werden müssen, ist es sinnvoll, den Kiel zu inspizieren, während die Kielplanken abgenommen sind. Verbindungen und der untere Plankeneinlauf sind bevorzugte Stellen für beginnende Trockenfäule. Die Verbindungen zwischen allen Bauteilen, die mit dem Totholz zusammenstoßen und auch Skegs sind notorische Leckstellen. Auch die Kielbolzen oder besser ihre Bohrungen, die durch den Ballastkiel bis in das Totholz, den Kiel oder die Bodenwrangen reichen, ziehen immer wieder Wasser auch in den Rumpf hinein.

Bei Kielreparaturen sollte man folgendermaßen vorgehen:

1. Alle Anstriche und andere Beschichtungen müssen entfernt und der Rumpf

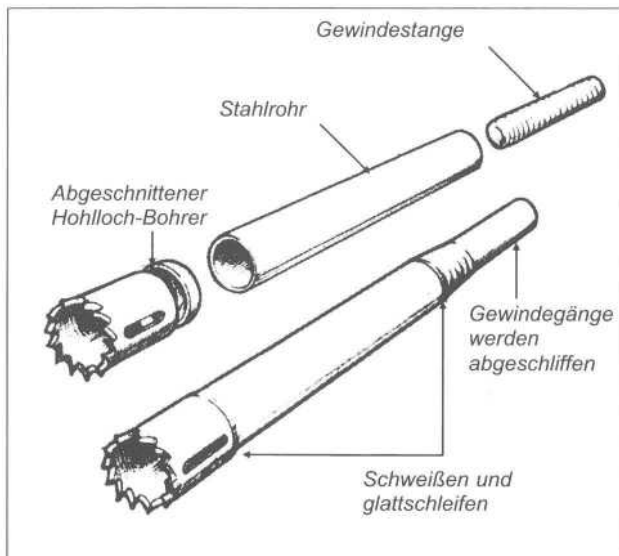


Abb. 5-13 Aus einem Hohlbohrer und einem Rohr läßt sich ein Kielbolzen-Bohrer herstellen.

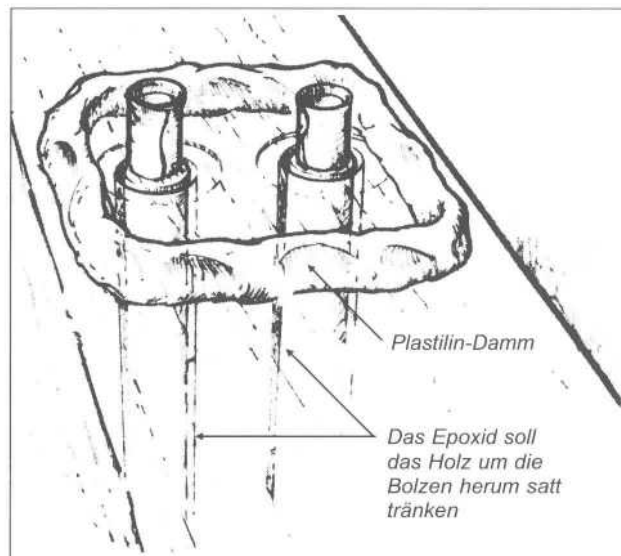


Abb. 5-14 Um die Löcher wird ein kleiner Damm gebaut.

besonders gut getrocknet werden. (Sinnvoll ist es, diese Arbeiten im Frühjahr durchzuführen, nachdem das Boot den Winter über Zeit hatte, auszutrocknen).

2. Wenn alle Nähte offen sind und die Massivhölzer, wie Kiel oder Tothölzer, durch die Trocknung geschrumpft sind, kann die Farbe, die Kalfaterung oder auch Verunreinigungen entfernt werden. Unbedingt muß sichergestellt werden, daß das Holz in den Verbindungen selbst absolut trocken ist.
3. Mit Füller 406 angedicktes Epoxidharz wird mit einem Spachtel von einer Seite her in die Fugen hineingedrückt, so daß es auf der anderen wieder austritt. Überschüssiges Harz wird abgestreift. Dann läßt man das Epoxidharz aushärten.
4. Entweder wird nun die Außenseite von Skeg und Totholz mit Epoxid eingestrichen oder mit einem Laminat aus Glasgewebe und Epoxid überzogen.

5.7.1 Reparaturen an Kielbolzen

Falls Leckagen um die Kielbolzen, die Bodenbefestigungen, den Ruderkoker oder die Wellenleitung herum auftritt, kann man diese Schäden folgendermaßen beheben:

1. Boot und Ballastkiel werden aufgebockt und in ihrer Lage gut gehalten.
2. Zunächst wird ein langer Hohllochbohrer hergestellt, indem man den eigentlichen Bohrer abschneidet, ein längeres Stück Rohr gleichen Durchmessers und an dessen Ende wiederum einen massiven Rundstahl miteinander verschweißt. Der Innendurchmesser des Bohrers muß etwas größer sein als derjenige des Kielbolzens. Falls die Kielbolzen unterschiedlich lang sind, kann man natürlich auch unterschiedlich lange Bohrer herstellen (Abb. 5-13).
3. Nachdem Muttern und Scheiben entfernt sind, wird um den Kielbolzen herum das entsprechend lange Loch gebaut. Ein normaler Hohllochbohrer wird einen etwa 3 mm starken Ring um den Bolzen herum freilegen.
4. Staub und Bohrspähne werden entfernt. Die Oberkante des Kielbolzens mit Klebeband umwickelt und um den Bereich der Kielbolzen herum ein kleiner Damm von etwas 6 mm Höhe aus Plastilin o.ä. hergestellt (Abb. 4-14).
5. Die Bohrung wird nun mit Epoxidharz hoch aufgefüllt (daher der Damm), da das Harz in den Bohrungen nachsackt, wenn es sich in das Holz einzieht.
6. Nachdem das Epoxidharz ausgehärtet ist, wird die Oberfläche glattgeschliffen, der Klebestreifen entfernt und Scheiben und Muttern wieder angezogen.
7. Bei besonders schwierigen und aufwendigen Reparaturen wenden Sie sich bitte an die Firma M.u.H. von der Linden GmbH.

Kapitel 6

Reparatur von Rumpf- und Decksbeplankung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Reparatur der Außenhaut eines Bootes einschließlich des Decks. Diese äußere Hülle eines Bootes kann man nach ihrer Bauweise in zwei Gruppen einteilen: Beplankung und Sperrholz. Das Beplanken ist die ältere, traditionelle Methode, um Rümpfe und Decks zu beplanken und ist auch gegenüber Leckagen empfindlicher als Sperrholz. Moderne Leime haben Sperrholz als sehr praktische Beplankungsart in den Vordergrund gerückt. In diesem Kapitel beschäftigen wir uns mit den Problemen und Reparaturverfahren für die üblichen Beplankungsmethoden. Wählen Sie das Verfahren oder auch eine Kombination verschiedener Verfahren, die für die jeweilige Situation am besten geeignet sind.

6.1 Karweelrümpfe und Plankendecks

Jahrhundertlang waren die Karweelbeplankung des Rumpfes und aus Planken gelegte Decks die einzige Methode, mit der Rümpfe "verkleidet" wurden. Im Prinzip handelt es sich hierbei um die gleiche Methode, nämlich das Verlegen einzelner Planken nebeneinander, die dann an Spant oder Decksbalken befestigt und in den Nähten anschließend kalfatert werden. Unvermeidlich ist hierbei, daß sich der Verbund im Laufe der Zeit löst, die Kalfaterung altert und dadurch die Beplankung zu lecken beginnt, was laufende Wartungsarbeiten erfordert. Obwohl karweelgeplankte Rümpfe und Plankendecks sowohl in der Abmessung der Planken wie auch in deren Anordnung unterschiedlich sind, ist die Funktion beider doch ähnlich und kann nach den gleichen Verfahren repariert werden.

Wie in Abschnitt 1.4.2 erwähnt, würde die beste Reparatur daraus bestehen, daß man die gesamte Beplankung erneuert, die Farbe entfernt und die Planken wieder mit Spanten und Decksbalken verbindet. Wenn man so vorgehen kann, besteht immerhin die Sicherheit, daß keine verborgenen Feuchtigkeitsnester mehr übrig sind, außerdem kann man den Rumpf innen und außen mit Epoxidharz komplett beschichten und so die tragenden Verbände in EP-Harz einkapseln. Man sollte sich dabei in Erinnerung rufen, daß Boote nur dann wirklich in Epoxidharz eingekapselt werden dürfen, wenn alle Oberflächen, besonders die Kontaktflächen der sich berührenden Teile beschichtet sind.

Wenn man allerdings die Planken nicht entfernen kann, dann besteht die beste Lösung, um Lecks und den Verlust der Festigkeit zu vermeiden, darin, daß man 1. die Nähte säubert und 2. die Planken mit Epoxidharz verbindet. Das dichtet die Nähte dauerhaft ab und verhindert eine Bewegung der Planken gegeneinander. Eine wirklich feste Verbindung aller Planken ergibt einen sehr steifen Rumpf.

6.1.1 Das Säubern der Nähte

Der erste Schritt zum Erfolg besteht darin, daß alle Oberflächen, die verbunden werden sollen, ausreichend gut gereinigt werden. Dazu benutzt man am besten

eine Handkreissäge, eine Oberfräse oder auch ein Stecheisen oder man baut sich ein Werkzeug selber, mit dem man aus den Nähten die Reste einer Kalfaterung oder Verunreinigung herauskratzen kann, um sauberes Holz an die Oberfläche zu bringen. Für jede Situation gibt es besonders geeignete Werkzeuge, aber die Handkreissäge ist in den meisten Fällen vorzuziehen, weil sie eine saubere Schnittbreite erzeugt.

1. Bevor die eigentliche Arbeit beginnt, wird der Rumpf gut getrocknet. Dadurch brechen auch die Nähte auf und die einzelnen Planken stabilisieren sich in ihrer Form und Größe.
2. Für die Handkreissäge wird nun im entsprechenden Abstand zur Plankennaht eine Leiste aufgenagelt. Sie dient als Führung für das Sägeblatt in der Plankennaht.
3. Das Sägeblatt muß breit genug sind, um das Holz an beiden Seiten anzuschneiden. Es empfiehlt sich, die Zähne des Sägeblattes nochmal extra zu schränken. Die Breite des Schnittes ist nicht festgelegt, aber 4,5 mm sollte sie zumindest sein. Wenn die Nähte sich nach dem Trocknen sehr weit geöffnet haben, kann es notwendig werden, zweimal mit der Säge bei leichtem Seitenversatz in der gleichen Fuge entlangzufahren.
4. Die Tiefe des Sägeschnitts wird so eingestellt, daß 1,5 mm der vorherigen Plankendicke übrig bleibt (Abb. 6-1). Tiefe und Breite des Sägeschnittes werden geprüft. An den Enden wird die Plankenfuge vorgesäubert. Allen Plankenstößen wird eine flache Vertiefung eingekerbt (6 mm tief x 12 mm breit vom Stoß), (Abb. 6-2). Eine Oberfräse mit einem zylindrischen Werkzeug ist für das Säubern der Planken jedenfalls sehr effektiv. Auch hier muß das Werkzeug wieder breit genug sein, um beide Plankenränder sauber abzarbeiten. Mit einer Oberfräse erreicht man etwas unzugänglichere Stellen besser als mit der Handkreissäge, aber die Werkzeuge werden sehr schnell stumpf, brechen recht oft und sind teuer.
5. An Stellen, die man mit der Fräse oder mit der Handkreissäge nicht erreicht, kann man einfach mit dem Stecheisen eine v-förmige Vertiefung einschlagen. Für diese unzugänglichen Stellen muß man sich noch ein spezielles Werkzeug herstellen, wie es in Anhang C gezeigt wird. Man kann natürlich auch sein eigenes Werkzeug erfinden. Es geht ja nur darum, die Fugen so sauber wie möglich zu bekommen, um wieder frisches Holz an die Oberfläche zu bringen.

6.1.2 Auffüllen der Nähte mit Holz

Nachdem die Planken nun einen sauberen Sägeschnitt aufweisen, wird eine dünne Leiste in diese Spalte eingebracht. Achtung! Der Rumpf muß so aufgebockt sein, daß er seine endgültige Form erreicht. Nachdem die Planken verbunden sind, kann die Rumpfform selbst nicht mehr justiert werden.

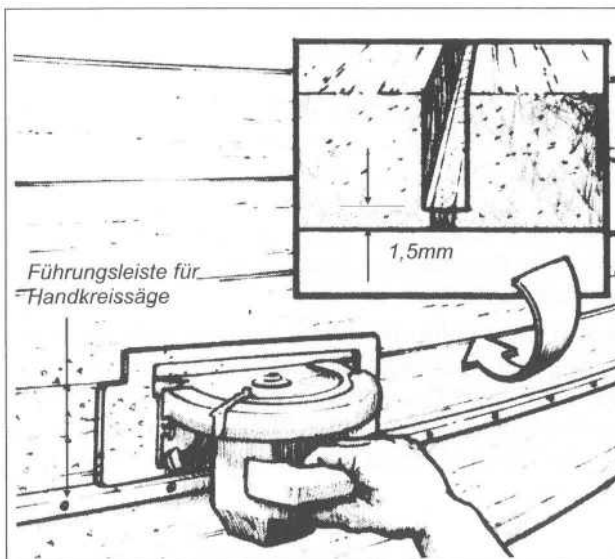


Abb. 6-1 Mit einer Handkreissäge werden die Nähte ausgesägt.

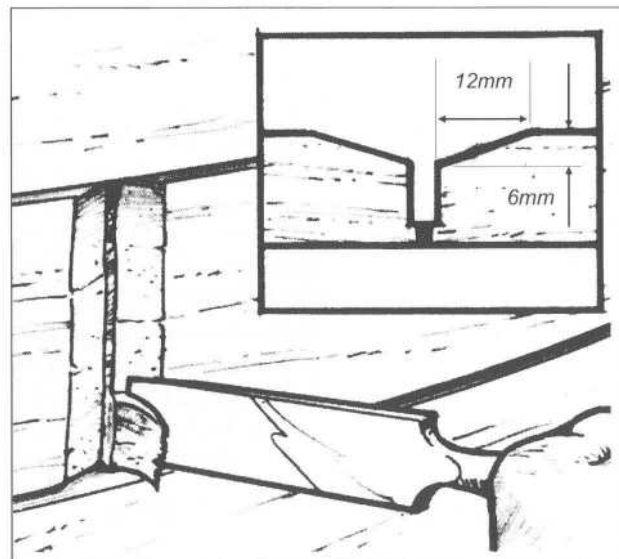


Abb. 6-2 Die Plankenstöße werden beidseitig eingekerbt.

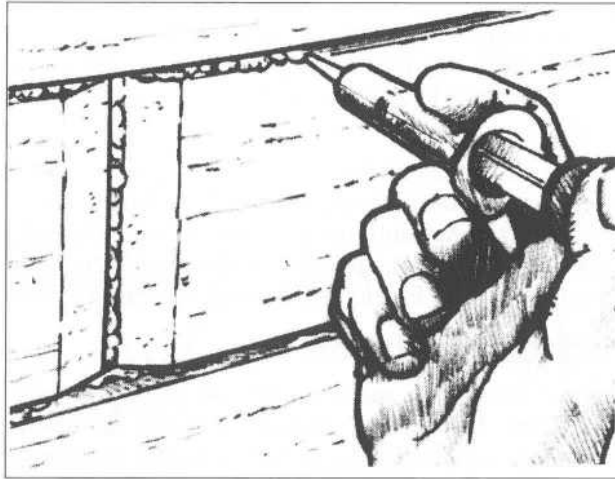


Abb. 6-3 In die offenen Nähte wird Epoxidharz eingespritzt.

1. Die Nahtleisten werden vorbereitet. Sie werden möglichst aus dem gleichen Material und von gleicher Stärke wie die Planken gefertigt. Eine leichte konische Form erreicht man, indem das Sägeblatt auf 5 Grad Neigung gestellt wird. Die Planke, von der die Leisten gesägt werden, wird bei jedem Sägeschnitt über die Tischkreissäge gedreht, so daß die Nahtleisten selbst zum Schluß einen Winkel von 10 Grad haben. Die breite Kante der Nahtleiste soll der Fugenbreite entsprechen. Wenn man sie trocken eindrückt, sollte sie gerade den Boden der Fuge erreichen. Die Länge der Planken sollte so gewählt werden, wie es sich ergibt. Die Enden schneidet man sinnvollerweise im Winkel von etwa 45 Grad ab.
2. Nun wird die Fuge mit Epoxidharz eingestrichen, ebenso wie die Nahtleiste selbst. Bei den Fugen arbeitet man sinnvollerweise mit Pinsel, bei den Nahtleisten mit einer kleinen Rolle.
3. Nun wird wieder Epoxid mit Füller 403 oder 406 zu majonaiseartiger Konsistenz angesetzt und in die Fuge eingebracht. Eine kleine Spritze eignet sich für diese Arbeit besonders gut. Die Menge wird so bestimmt, daß sie leicht aus der Fuge herausquillt.
4. Nun wird die Nahtleiste, die ja vorher mit Epoxidharz getränkt wird, in die Fuge eingedrückt (Abb. 6-4). Die leicht konische Form der Nahtleiste drückt das Epoxidharz zu den Seiten heraus, so daß das Holz sowohl der alten Planken wie auch der Nahtleiste selbst in sehr innigen Kontakt mit dem Epoxidharz kommt. Mit einem leichten Druck der Hand sollte sich die Nahtleiste in die Fuge drücken lassen, bis das überschüssige Harz herausquillt. Falls die Nahtleisten die Tendenz haben, sich wieder zu lösen, befestigt man sie am besten mit Heftklammern.

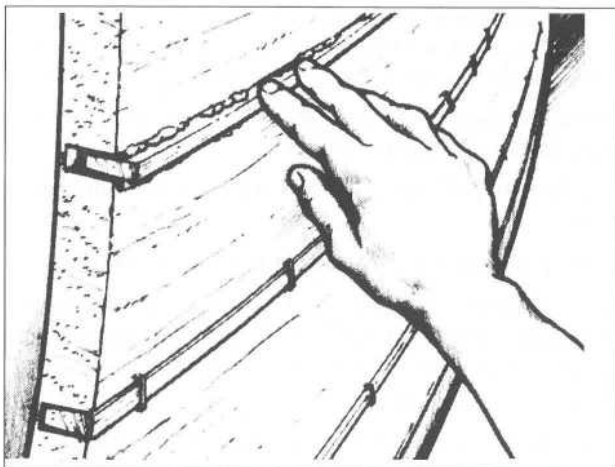


Abb. 6-4 Die vorgetränkte keilförmige Leiste wird in die offene Naht eingedrückt.

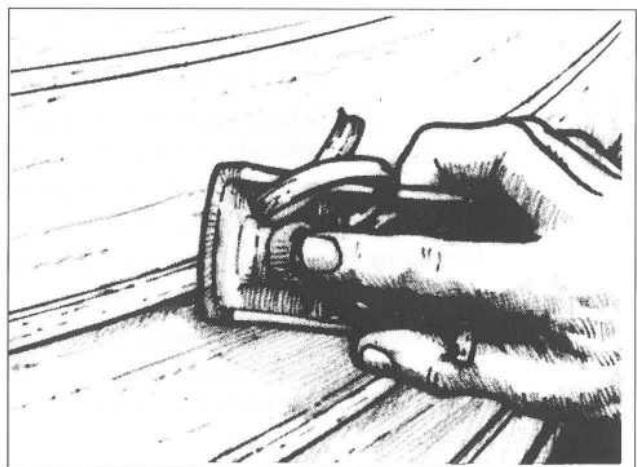


Abb. 6-5 Mit Hobel und Schleifmaschine werden die Überstände abgetragen, nachdem das Epoxid ausgehärtet ist.

5. Überschüssiges Harz wird entfernt, und zwar mit einem Rührhölzchen, bevor das Harz aushärtet. Auf der Innenseite der Beplankung könnte ein Helfer eventuell durchquellendes Harz ebenfalls in die Fuge zurückdrücken und dann die Reste abstreifen.
6. Nachdem das Harz vollständig gehärtet ist, wird das überstehende Stückchen der Nahtleiste mit Hobel und anschließend mit grobem Sandpapier entfernt (Abb. 6-5). Oftmals wird die Außenhaut anschließend mit einer Lage Glasgewebe überzogen, um sie zu verstärken, gegen Wasserangriff zu schützen und abriebfester zu machen. In diesem Fall folgen Sie den Hinweisen in Abschnitt 3.4.

6.1.3 Auffüllen der Nähte mit Epoxid

Einfacher, allerdings auch teurer, ist es, wenn man die Naht insgesamt mit angedicktem Epoxidharz ausfüllt (Epoxid ist eben teurer als Holz). Dieses Verfahren ist sehr praktisch, wenn die Nähte so stark gekrümmt sind, daß sie sich nicht für Nahtleisten eignen.

1. Die Plankennaht wird, wie vorher beschrieben, geöffnet. In diesem Fall braucht man keine vorgegebene Breite, solange auf beiden Seiten der Plankennaht sauberes Holz für die Verklebung zur Verfügung steht.
2. Die Nähte werden mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen.
3. Die Nähte werden mit angedicktem Epoxidharz (Füller 403) in majonaiseartiger Konsistenz aufgefüllt. Der Füller 403 ergibt nach dem Aushärten eine gebrochen weiße Färbung, die ohne Belang ist, wenn die Oberfläche gestrichen wird. Wenn allerdings das Boot klar lackiert werden soll, empfehlen wir den Füller 405 zu benutzen oder Farbpaste beizugeben, um die Tönung der Beplankung in etwa zu erreichen (siehe Kapitel 8 mit Hinweisen für Oberflächenarbeiten). Große Einwegspritzen oder Spritzkartuschen sind das richtige Werkzeug, um das angedickte Epoxidharz in die Nähte einzuspritzen. Anschließend wird die Naht mit dem Spachtel nachgestrichen und überflüssiges Epoxid entfernt, bevor es aushärten kann. Auch die Innenseite wird dann noch einmal geprüft und eventuell durchgedrücktes Epoxidharz entfernt.
4. Nach dem Aushärten des Epoxids kann nun die Oberfläche geschliffen werden. Falls einige Stellen eingefallen sind, wird Epoxidharz mit niedrigdichtem Füller vermischt und dort eingebracht. Für die weiteren Oberflächenarbeiten siehe Abschnitt 3.4.

6.1.4 Die Reparatur von beschädigten Planken am Boot selbst

Falls bei einem Boot eine größere Zahl von Planken repariert oder erneuert werden muß, empfiehlt es sich, einzelne Planken oder kleinere Bereiche vollständig zu bearbeiten, bevor man zu einer anderen Stelle übergeht. Es kann nämlich sein, daß der Rumpf so sehr geschwächt ist und seine Form verliert, wenn man zuviele Planken auf einmal entfernt. Schäftungen oder auch stumpfe Stöße kann man sehr wohl endgültig bearbeiten, ohne die gesamte Planke vorher zu entfernen. Auf jeden Fall muß der Rumpf gut abgestützt werden, bevor die Verleimung beginnt. Schäftungen benutzt man für das Auswechseln von Plankenstücken. Bei der Methode der Schäftung geht man folgendermaßen vor:

1. Der geschädigte Bereich der Planke wird mit Hilfe einer Handkreissäge, Stichsäge oder einfach Stecheisen entfernt.
2. Die Plankenenden werden mit einer Schäftung von wenigstens 8:1 versehen.
3. Ein Stück Ersatzplanke mit den richtigen Maßen wird vorbereitet, wobei die Schäftung besondere Aufmerksamkeit erfordert (Abb. 6-6). Das Füllstück muß etwas dicker sein als die Originalplanke. Das nun entweder innen oder außen überstehende Holz kann hinterher sehr leicht abgehobelt werden.
4. Die später aufeinanderliegenden Oberflächen werden mit Harz/Härter-Mischung vorgetränkt. Die Schäftungen selbst erfordern mitunter eine zweite Vorträngung, da das Harz in das Hirnholz besonders gut einzieht.

5. Eine Seite der Oberflächen wird nun mit dem angedickten Epoxidharz (Füller 403 oder 406) mit erdnußbutterartiger Konsistenz eingestrichen.
6. Die angeschäffeten Bereiche werden nun an Ort und Stelle mit Schrauben oder Heftklammern angepreßt, bis das Epoxidharz ausgehärtet ist. Korrosionsbeständige Schrauben können im Holz verbleiben, wenn die Löcher ebenfalls mit Harz vorgetränkt wurden.
7. Nach dem Härten des Epoxidharzes werden die Klammern oder Schraubzwingen entfernt. Die weitere Bearbeitung der Oberfläche erfolgt entsprechend Abschnitt 3.4.

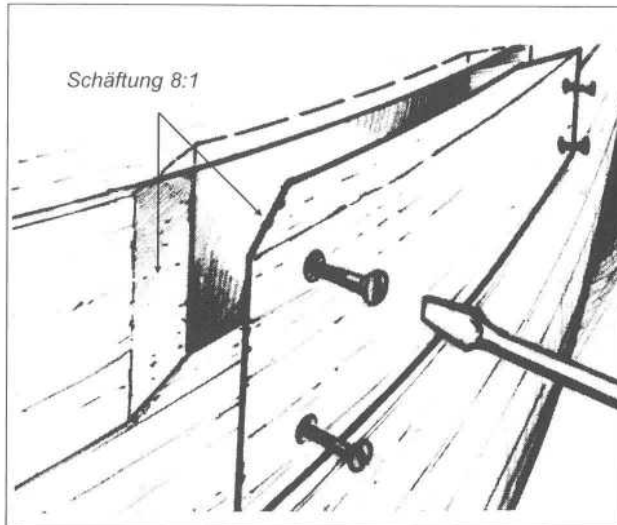


Abb. 6-6 Neue Plankenstücke werden an den Enden geschäftet.

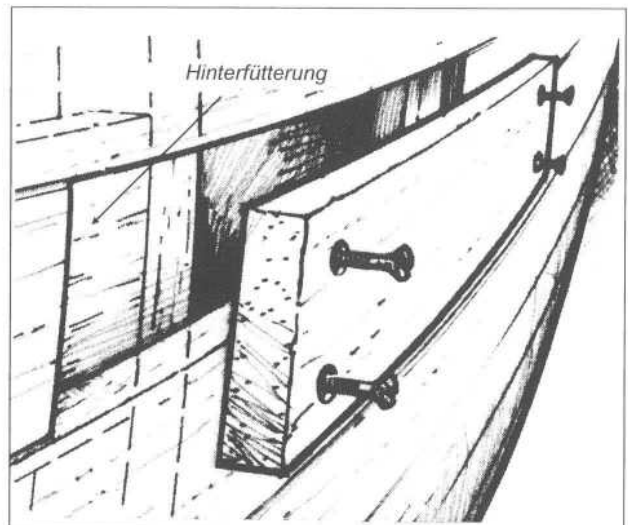


Abb. 6-7 Ein Plankenstück wird stumpf gegen eine Hinterfütterung eingesetzt.

Plankenstöße

Der stumpfe Plankenstoß ist eine einfache Alternative zur Schäftung einer beschädigten Planke. Obwohl diese Verbindung nicht die gleiche Festigkeit hat wie eine Schäftung, ist sehr viel einfacher herzustellen. Solche Stöße sollten allerdings versetzt angebracht werden (d.h., nebeneinanderliegende Planken sollten niemals an der gleichen Stelle einen Stoß aufweisen). Die Reparatur geht folgendermaßen vor sich:

1. Das geschädigte Stück der Planke wird wieder mit Handkreissäge, Stichsäge, Fuchsschwanz oder Stecheisen herausgetrennt.
2. Das Ersatzstück und eine Hinterfütterung werden vorbereitet und angepaßt (Abb. 6-7). Diese Hinterfütterung muß hinter jeden Stoß gelegt werden, falls dieser Stoß nicht direkt auf einem Spant liegt. Wenn die Reparaturstelle zwischen zwei Spanten fällt, sollte die Hinterfütterung von Spant zu Spant durchgezogen werden. Werden längere Bereiche einer Planke erneuert, braucht man diese Hinterfütterung nur an den Enden.
3. Alle später aufeinanderliegenden Flächen werden mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen.
4. Angedicktes Epoxidharz (Füller 403 oder 406) in erdnußbutterartiger Konsistenz wird auf die aufliegenden Flächen aufgebracht (einschließlich der Oberfläche der Hinterfütterung).
5. Die Hinterfütterung wird von der Innenseite gegen die Beplankung gepreßt und vorübergehend mit Schrauben, Klammern oder Nägeln befestigt.
6. Das neue Plankenstück wird nun eingesetzt. Auch dieses wird mit Schrauben, Klammern oder Nägeln gehalten. Die möglicherweise noch offenen Bereiche der Nähte werden ebenfalls mit angedicktem Epoxidharz gefüllt.
7. Nach dem Aushärten des Harzes werden die Befestigungselemente und evtl. Schraubzwingen abgenommen und die Oberfläche geglättet. Für die Nachbehandlung siehe Abschnitt 3.4.

6.1.5 Doppelte Beplankung

Bei Booten, die doppelt beplankt sind, wo also zwei Lagen der Außenhaut übereinander verleimt werden, müssen zunächst die äußeren Planken und dann in dem betreffenden Bereich die inneren entfernt werden, wie in Abschnitt 6.1 beschrieben und in umgekehrter Reihenfolge wieder aufgebaut werden. Das Entfernen beider Lagen ist deshalb wünschenswert, weil nur dadurch die einzelnen Planken sehr genau untersucht werden können und die Planken auch nur so komplett mit Epoxidharz versiegelt werden können. Wenn die Innenseite des Rumpfes mit Epoxidharz beschichtet werden soll, müssen ebenfalls beide Lagen der Beplankung entfernt, gesäubert, von Farbe und Lack befreit und anschließend wieder im Gesamtverbund befestigt werden.

Wichtig: Ein Boot darf nur in Epoxidharz eingekapselt werden, wenn alle Oberflächen, ganz besonders die sich berührenden Verbindungen, mit Epoxidharz versiegelt sind.

Der Arbeitsablauf ist folgender:

1. Die einzelnen Planken werden nummeriert und anschließend ausgebaut.
2. Es folgt die Entscheidung, welche der Planken wiederverwendet werden können. Die so ausgewählten werden getrocknet, gesäubert und angeschliffen.
3. Falls vorhanden, wird die Leinwandlage zwischen den beiden Planken entfernt. Zur Säuberung der Nähte und der Befestigung der Planken siehe Arbeitsablauf wie in Abschnitt 6.1.1 bis 6.1.4 beschrieben.
4. Nun wird die äußere Lage der Beplankung aufgebracht in Anlehnung an Abschnitt 3.4.2. Zum Befestigen können die alten Schraubenlöcher benutzt werden, um den notwendigen Anpaßdruck zu erzeugen.

6.1.6 Decksbeplankung mit Nut und Feder

Die bisher beschriebenen Arbeitsverfahren lassen sich auch auf Planken mit Nut und Feder anwenden.

1. Die Nähte werden bis zur Feder gesäubert.
2. Wenn möglich oder wenn die Feder gebrochen ist, wird die Unterseite der Naht mit Klebestreifen abgeklebt.
3. Angedicktes Epoxidharz in majonaiseartiger Konsistenz (mit Füller 403 oder 406) wird so gut wie irgend möglich in die Nähte eingespritzt und eingedrückt. Diese Mischung, am besten mit einem etwa 125 mm breiten Spachtel eingedrückt, kann in die Nut mit eindringen und sogar die Unterseite der Naht erreichen, so daß die Planken insgesamt sehr gut miteinander verbunden werden.

6.2 Geklinkerte Außenhaut

Ebenso wie eine Karweelbeplankung, besteht eine Klinkeraußenhaut aus einzelnen Lagen von Planken, die sich in die Form des Rumpfes verformen lassen. Allerdings liegen bei der Klinkerbeplankung die Seitenkanten der Planken als Überlappung über der vorhergehenden. Klinkerbeplankte Boote haben oftmals deshalb Schwierigkeiten, weil die Schrauben oder Nieten sich losgearbeitet haben, so daß die Nähte lecken. Die beste Reparatur besteht darin, daß man die Nähte auskratzt und die Planken mit Epoxidharz untereinander verbindet. Hierzu ist es am besten, das Boot über Kopf zu bearbeiten, wenn es nicht zu groß ist. Die Reparatur läuft folgendermaßen ab:

1. Zunächst werden Farbe, Lack und eventuelle Verunreinigungen von der Außenseite des Rumpfes entfernt.
2. Aus den Nähten werden Farbe und Dichtungsmaterial herausgekratzt. Dazu kann man ein selbstgebautes oder anderes Werkzeug benutzen, so daß beide Kanten der Fuge wieder sauberes Holz zeigen (Abb. 6-8). Das spitze Ende einer Feile kann man hierzu biegen oder auch aus einem Sägeblatt ein solches Werkzeug

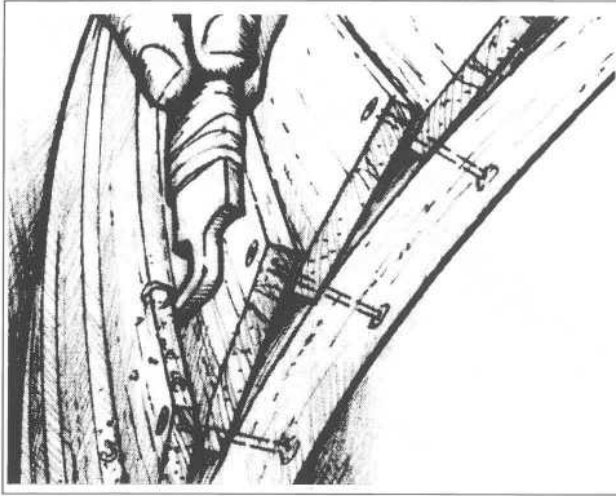


Abb. 6-8 Die Nähte werden mit einem Kratzer ausgearbeitet.

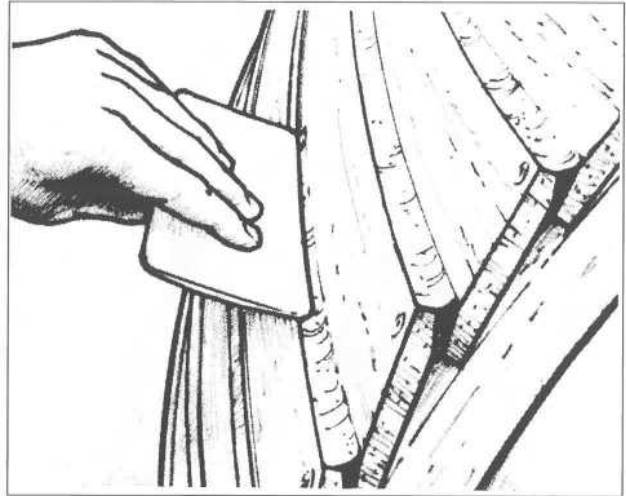


Abb. 6-9 Die vorgetränkte Fuge wird mit angedicktem Epoxid ausgefüllt.

- bauen (siehe Anhang C). Das Holz muß Zeit genug haben, um gut zu trocknen. Der Rumpf wird wiederum gut aufgebockt, damit er seine Form behält.
3. Bei einer Klinkerbeplankung ist es üblich, daß die überlappenden Planken zu den Enden "verschießen". Dadurch liegen die Planken in der Sponung direkt nebeneinander, so daß die Außenhaut am Steven wieder glatt ist. Wenn diese Bereiche zu den Enden hin gesäubert werden, muß man besonders sorgfältig arbeiten. Möglicherweise müssen die Schrauben an den Enden der Planken gelöst werden, um die Nähte ein wenig zu öffnen.
4. Alle so geöffneten Nähte werden mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen. Hierzu benutzt man wieder eine kleine Einwegspritze oder einen dünnen Pinsel.
5. Mit Füller 403 oder 406 angedicktes Epoxidharz (erdnußbutterartige Konsistenz) wird in die offenen Nähte gedrückt. Das geschieht mit einem Spachtel (Abb. 6-9). Auf der Innenseite des Rumpfes wird das herausquellende Harz zurückgedrückt und überschüssiges abgestreift.
6. Aus dem herausquellenden Harz wird nun in diesen Fugen eine Spachtelkehle geformt. Diese zusätzliche Menge Epoxid erhöht die Klebefläche um die Naht und schützt außerdem die Kanten der Beplankung. Weitere Einzelheiten zu solchen Kehlnähten siehe Abschnitt 3.4.3.
7. Nähte und Planken werden geschliffen, wenn das Epoxidharz ausgehärtet ist. Anschließend sollte man noch einmal die Außenhaut begutachten und eventuelle Lunker oder Fehlstellen mit einer Epoxidemischung mit niedrigdichtem Füller auffüllen. Für die Oberflächenbehandlung siehe Abschnitt 3.4.

6.3 Sperrholz

Sperrholz hat eine sehr hohe Festigkeit, verglichen zu seinem Gewicht und stellt ein ausgezeichnetes Material für den Bootsbau und die Reparatur dar.

Zwei Grundauführungen werden hauptsächlich angeboten, nämlich einmal die Ausbauplatten und die Marineplatten. Sperrholzplatten, die für Außenverwendung vorgesehen sind, wie solche aus fernöstlichen Harthölzern oder Douglastanne, können auch für Bau und Reparatur von Booten benutzt werden. Wenn aber das Boot längere Zeit im Wasser bleibt oder auf See geht, schlagen wir vor, Marineplatten mit einer Verleimung AW 100 nach DIN 68705 zu verwenden. Obwohl beide Sperrholzsorten mit den gleichen wasserfesten Leimen hergestellt werden, ist die Wahl der Hölzer, insbesondere in den Innenlagen und der Aufbau, recht unterschiedlich. Wir schlagen vor, für die Wahl des richtigen Sperrholzes für den jeweiligen Verwendungszweck einen anerkannten Sperrholzlieferanten zu Rate zu ziehen.

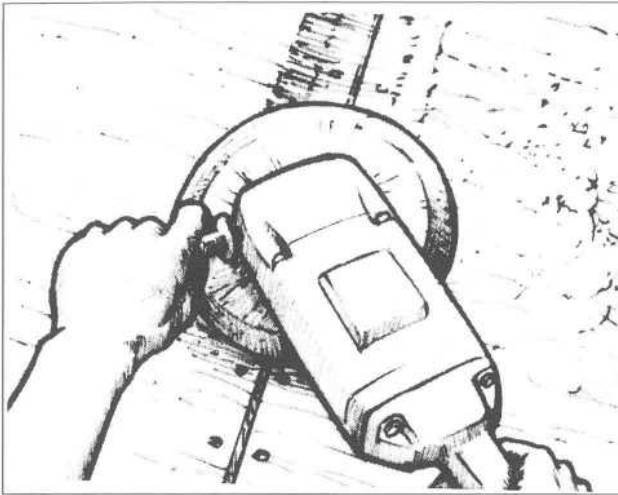


Abb. 6-10 Entlang der Naht wird eine Vertiefung eingeschliffen.

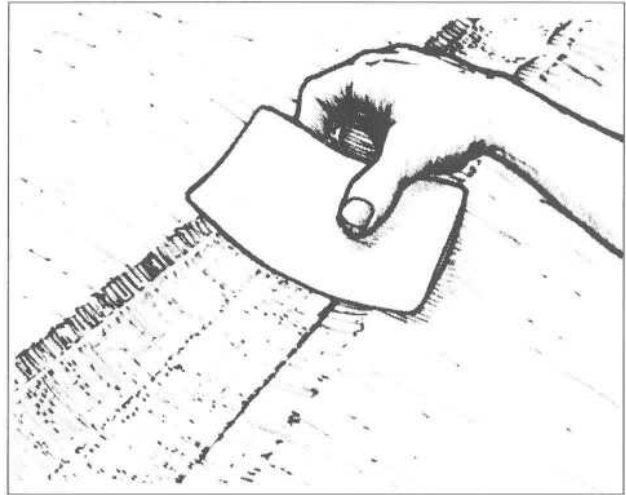


Abb. 6-11 Ein Glasgewebe-Streifen wird über die Naht gelegt.

Mahagoni (Khaya)-Marineplatten sind Sperrhölzer höchster Qualität und die erste Wahl, wenn die hohen Kosten akzeptiert werden. Erstklassiges Importholz aus dem fernen Osten (gewöhnlich Meranti) ist eine gute Alternative, ebenfalls andere Sorten, die für Außenverwendung vorgesehen sind. Gabun-Sperrholz kann besonders dort gut verwendet werden, wo niedriges Gewicht erwünscht ist, aber diese Holzsorte hat nicht die gleiche Dauerhaftigkeit.

Falls sich nach dem Anschnitt der Platten Lunker zeigen (nur bei Hölzern minderer Qualität) werden diese mit angedicktem Epoxidharz ausgefüllt.

6.3.1 Wiederaufbau einer Sperrholznaht

Wenn die Naht oder der Stoß zwischen zwei Sperrholzplanken zerstört ist, wird diese Stelle gesäubert, die Kanten mit Epoxid eingestrichen und die Verbindung mit einem Streifen Glasgewebe und Epoxid abgedeckt. Diese Naht kann sowohl in der glatten Fläche liegen wie auch an einer Kante. Die Verbindung wird folgendermaßen wiederhergestellt:

1. Die Naht wird gereinigt, indem man sie mit einer Handkreissäge aussägt oder mit einem dafür geeigneten Werkzeug auskratzt. Liegt die Naht auf einem Spant, wird die Säge so tief eingestellt wie die Platte dick ist. Die Breite des Sägeschnittes soll wieder so bemessen sein, daß sie beide Seiten des Holzes ansägt, damit frisches Holz an die Oberfläche kommt. Alle Nägel, Schrauben oder ähnliches werden natürlich vorher aus dem Bereich des Sägeschnittes entfernt. Dann muß das Holz ausreichend gut trocknen.
2. Vorhandene Schrauben, Nägel oder Klammern werden nun tiefer in das Holz hineingetrieben, damit man an der Naht entlang tief in das Holz hineinschleifen kann, um Platz zu schaffen für eine oder mehrere Lagen Glasgewebe.
3. Ein wenigstens 100 mm breiter Streifen mittig zur Naht wird nun in die Sperrholzplatte geschliffen, so daß sich eine Vertiefung ergibt, die wenigstens 0,75 mm für jeweils 280 g pro qm Glasgewebe tief sein soll. Mit dem Tellerschleifer oder auch mit einem Stecheisen werden zusätzlich angegriffene Stellen des Sperrholzes im Bereich der Naht entfernt. An den Kanten oder auch an einem Knick wird die Sperrholzkante leicht gerundet. Ein 6 bis 9 mm großer Radius ist ausreichend, damit das Glas später auf der Oberfläche gut anliegt (Abb. 6-10).
4. Die Nähte und angeschliffenen Flächen werden nun mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen. Das wird so oft wiederholt, wie das Holz noch Epoxidharz aufnimmt, insbesondere an den Stirnholzkanten des Sperrholzes. Falls sich Furniere gelöst haben, wird in diese Spalten ebenfalls Epoxidharz hineingespritzt.
5. Mit Füller 403 oder 406 wird nun Epoxidharz zu majonaiseartiger Konsistenz angerührt und mit einem Kunststoffpachtel in die vorgetränkte Naht

hineingedrückt. Überschüssiges Harz wird abgestreift. Auch alle Löcher oder Lunker und eventuell abgelöste Furniere werden auf diese Weise befestigt.

6. In die Vertiefung entlang der Naht wird nun Glasgewebe laminiert (Abb. 6-11). Das Glas wird mittels Spachtel gut mit Epoxid getränkt, überschüssiges Material wieder entfernt. Mehrere Lagen können auf diese Weise hintereinander aufgebaut werden. Die Kanten des Gewebes werden ein wenig versetzt, damit sie nicht übereinander liegen und sich an einer Stelle ein zu großer Dickensprung ergibt. Einzelheiten über diese Arbeiten finden Sie in Abschnitt 3.4.6.
7. Nun wird Harz mit Füllstoff 407 oder 410 (niedrigdichter Füller) angedickt, so daß er erdnußbutterartige Konsistenz hat. Diese Masse wird nun mit einem Kunststoffspachtel auf den reparierten Bereich so aufgetragen, daß er gegenüber der Umgebung etwas erhöht liegt. Nach dem vollständigen Aushärten des Harzes wird die Fläche dann beigeschliffen.

6.3.2 Das Auswechseln beschädigter Sperrholzflächen

Auch in Sperrholzflächen kann es vorkommen, daß einige Bereiche durch Schlag oder auch durch Fäule beschädigt sind. Sie können repariert werden, ohne daß deshalb die ganze Platte ausgewechselt werden muß. Der geschädigte Bereich kann herausgetrennt und ersetzt werden, ohne daß die Platte deshalb an Festigkeit einbüßt. Kleinere Flächen lassen sich folgendermaßen erneuern:

1. Der beschädigte Bereich wird aus der Platte herausgetrennt, und zwar mit einer Handkreissäge oder einer Stichsäge in einer Größe, die den Schadensbereich gerade umschließt. Auf der Unterseite der Platte wird nochmals geprüft, ob wirklich alle beschädigten Stellen erfaßt wurden.
2. Die Kanten werden nun angeschäftet oder stufenweise abgefräst.
 - a) Es wird mit einem Tellerschleifer die Kante angeschrägt (Abb. 6-12). Die Schäftung sollte wenigstens ein Verhältnis von 1:8 haben (wenn die Sperrholzplatte 12 mm dick ist, ist also die Schäftung wenigstens 100 mm breit).
 - b) Wahlweise kann man auch die Kante stufenweise abfräsen. Dazu nutzt man einen zylindrischen Fräser, mit dem man um die Öffnung herumfährt, so daß jede Stufe 8 mal so breit wie tief ist. Stufenweises Abfräsen ist dann sinnvoll, wenn mehrere Lagen dünner Sperrholzplatten benutzt werden, um die ursprüngliche Dicke wieder herzustellen. In diesem Fall werden die Stufen auf das Maß der neuen Platte abgestimmt.
3. Das Ersatzstück sollte möglichst aus gleichem oder ähnlichem Holz bestehen wie die Originalplatte. Auch diese Platte wird in der gleichen Art geschäftet oder abgestuft wie das abzudeckende Loch.

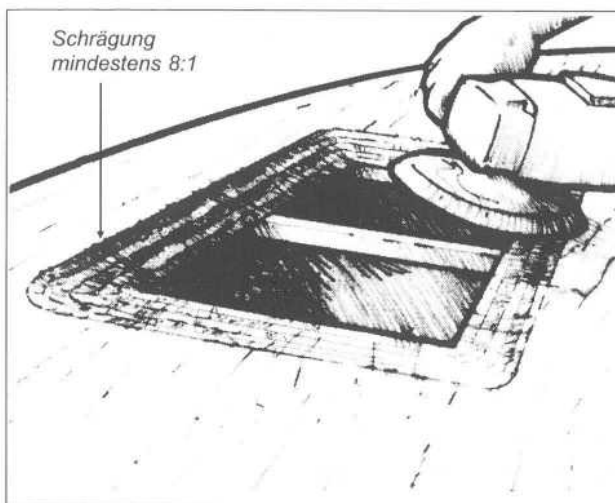


Abb. 6-12 Der geschädigte Bereich wird ausgesägt und ringsherum mit einer Schrägung von mindestens 8:1 versehen.

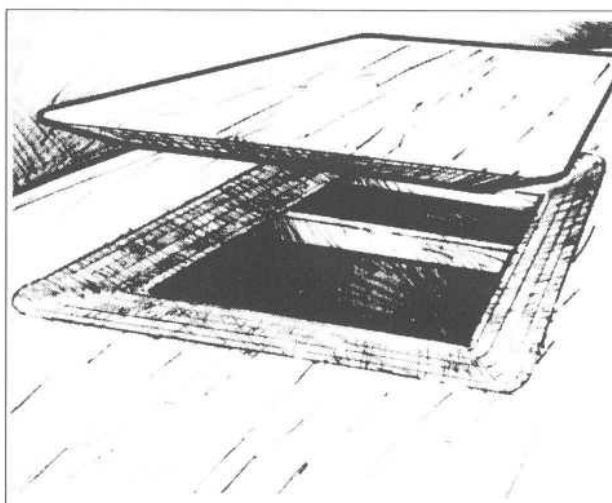


Abb. 6-13 Mit Klammern oder Schrauben wird das neue Stück in Position gehalten.

- a) Mit dem Tellerschleifer wird auf der späteren Unterseite eine Schäftung angeschliffen, so daß die Platte in das vorhandene Loch paßt. Beim trockenen Einlegen soll sie gerade ein wenig Luft an den Kanten haben (Abb. 6-13).
- b) Bei stufenweisem Abfräsen geht man ebenso vor wie unter 2. beschrieben. Benutzt man mehrere Lagen dünner Sperrholzplatten, werden diese jeweils auf die entsprechende Lochgröße der Stufen in der Originalplatte geschnitten. Auch diese Platten werden zunächst trocken eingepaßt und sollen ein wenig Untermaß haben.
4. Die aufeinanderliegenden Flächen der Platten werden nun mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen. Dies wird so oft wiederholt, wie das Hirnholz noch Harz aufsaugt. (Die Hirnholzkanten von Sperrholz saugen sehr viel Harz auf).
 5. Mit Füller 403 oder 406 wird nun Epoxidharz zu majonaiseartiger Konsistenz angerührt und auf die Klebeflächen aufgebracht. Es soll soviel Harz aufgetragen werden, daß es an den Kanten leicht herausquillt, wenn die neue Platte mit Handdruck angepreßt wird.
 6. Die neue Platte wird nun in der endgültigen Position durch Klammern oder Schrauben gehalten (Abb. 6-13). Bleiben die Befestigungselemente im Holz, sollten sie aus korrosionsbeständigem Material bestehen. Etwaige Bohrungen sollen vorher mit Epoxidharz gefüllt werden. Überschüssiges Harz wird abgestreift. Vor dem Entfernen der Klammern oder anderer temporärer Befestigungen muß das Harz vollständig ausgehärtet sein. Bei einem mehrschichtigen Aufbau sollte jeweils eine Schicht zur Zeit aufgebracht werden. Die Verleimung zwischen den einzelnen Platten kann mit einer dünneren Epoxid/Füller-Mischung erfolgen.
 7. Die Fläche, insbesondere die Stöße, werden nun beigeschliffen und etwaige Lunker oder Löcher mit Epoxidharz aufgefüllt mit Füller 407 oder 410 (niedrigdichter Füller), der in erdnußbutterartiger Konsistenz angerührt wurde. Auch hier wird wieder zum Schluß mit einem Kunststoffspachtel angedicktes Epoxid aufgetragen, so daß es leicht über die Oberfläche hinausragt. Nach entsprechend langer Härtezeit kann die Fläche dann insgesamt geschliffen werden.

6.3.3 Auswechseln von Sperrholzplatten

Man kann neue Sperrholzplatten über die vorhandenen Spanten, Planken oder auch eine vorhandene Sperrholzaußenhaut oder ein Deck mit einer zusätzlichen Lage beplanken. Wird das Sperrholz direkt auf die Spanten aufgebracht, kann man auf eine Schäftung verzichten, wenn die Stöße auf die Spanten gesetzt werden oder wenn man eine Hinterfütterung vorsieht. Allerdings bieten geschäftete Stöße doch ein besseres Bild auf der Innenseite. Die Dicke der Sperrholzplatte richtet sich nach Bootsgröße und Spantabstand. Je nachdem, wie stark die Außenhaut gekrümmt ist, kann man entweder mit einer einzelnen dicken Platte oder mit mehreren dünnen arbeiten, die übereinander lamelliert werden. Eine Trockenprobe gibt über die Grenzen der Biegsamkeit Auskunft. Neue Sperrholzplatten werden wie folgt aufgebracht:

1. Die Platten werden zugeschnitten und mit Schäftungen versehen. Man sollte sich vorher einen Plan machen, wie die Anordnung der Plattenfelder sein soll, so daß zügiges Arbeiten möglich wird (Abb. 6-14).
2. Die Klebeflächen des Sperrholzes und auch der Spanten oder Rahmen werden getränkt.
3. Angedicktes Epoxidharz (Füller 406) wird auf eine der beiden Klebeflächen aufgetragen.
4. Die Platten werden nun über den Spanten angebracht. Bei den Schäftungen muß sehr vorsichtig gearbeitet werden, um Überlappungen zu vermeiden.
5. Die Platten werden mit Drallnägeln oder Heftklammern zeitweilig befestigt. Ihre Anzahl muß groß genug sein, daß der Anpreßdruck gleichmäßig wird. Die Epoxidemischung sollte aus den Fugen herausquellen, so daß man sicher sein kann, daß die Flächen guten Kontakt haben. Innen im Boot sollte gleichzeitig

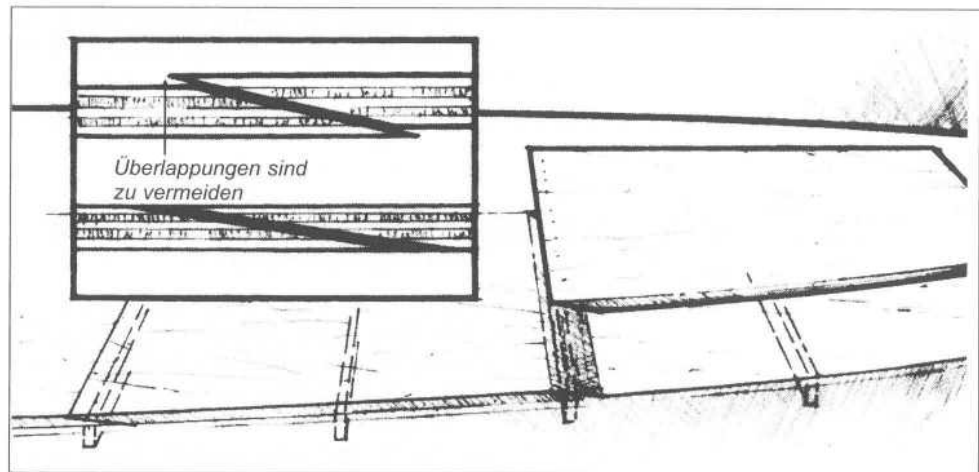


Abb. 6-14 Die Schäftungen sollten möglichst über einem Decksbalken liegen.

jemand herausquellendes Harz abstreifen oder gleich eine Spachtelfuge ausbilden.

6. Dieser Vorgang wird nun für alle Platten wiederholt. Die Klebungen müssen gut aushärten, bevor die Schrauben oder Klammern entfernt werden.
7. Anschließend wird der Bereich der Stöße und Nähte geschliffen, bevor möglicherweise eine weitere Schicht Sperrholz oder Glasgewebe (Abschnitt 3.4.6) aufgebracht oder das Boot endgültig oberflächenbehandelt wird (Abschnitt 3.4.8).

6.3.4 Aufdoppeln mit Sperrholz

Wenn man eine neue Lage Sperrholz auf einen vorhandenen Rumpf oder ein Deck aufbringt, muß man die neuen Platten nicht unbedingt schäften oder die Stöße direkt über Spanten oder Rahmen legen, da die Unterlage ja bereits einen festen Halt gibt. Die vorhandene Fläche wird auf eventuelle Fehler oder Rottstellen untersucht und ausgebessert. Der Arbeitsablauf ist folgender:

1. Fehlstellen und gelöste Furniere werden befestigt, nachdem die Platte gut ausgetrocknet ist. Dazu wird in dichtem Abstand (etwa 25 mm) ein Muster von 3 mm dicken Löchern in die delamellierte Fläche gebohrt. Mit einer kleinen Spritze wird dann das mit Füller 406 angedickte Harz in diese Bohrungen eingespritzt, um die abgelöste Fläche überall zu erreichen. Mit entsprechendem Anpreßdruck werden die Flächen dann wieder verbunden, bis das Epoxidharz ausgehärtet ist.
2. Die Oberfläche wird nun bis auf das rohe Holz runtergeschliffen, so daß alle alten Farb- bzw. Lackreste und andere Verunreinigungen entfernt werden.
3. Vorhandene Stöße werden wieder mit einem geeigneten Werkzeug freigelegt, eventuell auch mit der Handkreissäge oder Oberfräse. Diese Fugen werden ebenfalls mit angedicktem Epoxidharz aufgefüllt. Eine zusätzliche Verstärkung mit Glasgewebestreifen, sofern erforderlich, kann entsprechend Abschnitt 6.3.1 vorgenommen werden.
4. Stark geschädigte Bereiche werden ausgeschnitten und durch eine angeschäftete Sperrholzplatte ersetzt, wie in Abschnitt 6.3.2 beschrieben.
5. Der Aufbau der zusätzlichen Lage Sperrholz wird so geplant, daß die neuen Stöße nicht zufällig auf alte fallen.
6. Auf beide Klebeflächen wird nun mit Füller 406 angedicktes Epoxidharz aufgerollt. Diese Mischung sollte etwa ketchupartige Konsistenz haben, so daß das Harz einerseits gut in die Oberflächen eindringen kann und trotzdem noch kleine Fugen auf den Flächen ausfüllt. Ist die Oberfläche rauh oder uneben, wird die Mischung etwas stärker angedickt (Majonaisekonsistenz) und mit einem Zahnspatel aufgetragen.
7. Die neuen Platten werden nun gleichmäßig angepreßt, üblicherweise mit Schrauben oder Heftklammern. Überschüssiges Harz, das aus den Fugen quillt,

wird abgestreift. Der gleiche Vorgang wiederholt sich nun bei jeder einzelnen Platte. Bevor die Befestigungselemente entfernt werden, muß das Harz gut ausgehärtet sein.

8. Die Oberfläche kann nun vor der Feinarbeit geschliffen werden.

6.4 Reparaturverfahren mit Furnieren

Eine andere Möglichkeit, um eine Außenhaut herzustellen oder eine vorhandene zu überziehen, besteht darin, dünne Furnierstreifen in mehreren Lagen aufzubringen anstelle einer einzelnen Sperrholzplatte. Formverleimte Boote wurden und werden noch so gebaut, indem Furnierstreifen nebeneinander und in verschiedenen Richtungen übereinander über gekrümmte Flächen aufgebracht werden. Es ist dies eigentlich die Herstellung einer Sperrholzplatte in Form eines Bootes. Mit diesem Verfahren erreicht man sehr leichte und steife Rumpfe, ohne die Formeinschränkungen hinnehmen zu müssen, die nun einmal Sperrholzplatten mit sich bringen. Die Reparatur einer Außenhaut mit Hilfe von Furnieren bietet nun die gleichen Vorteile, da man jede denkbare Form auf diese Weise erreichen kann. Besonders eignet sich das Verfahren natürlich für rundspantige Rumpfe. Für Reparaturen läßt sich dieser Vorteil in verschiedener Weise nutzen. Man kann die Furniere an Stellen aufbringen, wo lokale Schäden aufgetreten sind und wo sich aufgrund der Krümmung das Anbringen einer fertigen Sperrholzplatte verbietet. Auf das gesamte Boot bezogen bedeutet das Aufbringen zusätzlicher Furnierlagen, daß man sowohl bei Knickspantern, die mit Sperrholz geplankt sind, wie auch bei karweelgeplankten Rumpfen zusätzliche Steifigkeit und Festigkeit in Rumpf und Deck bringt, ohne daß die vorhandene Außenhaut entfernt wird. Detaillierte Informationen über das Formverleimen von Booten finden Sie in dem Buch "Moderner Holzbootsbau" (Originaltitel: "The Gougeon Brothers on Boat Construction").

6.4.1 Lamellieren einer gekrümmten Fläche

Will man die Bruchfläche in einem formverleimten Rumpf reparieren, so wenden wir zwei Verfahren an, die wir bereits behandelt haben: Die Reparatur einer beschädigten Sperrholzfläche und das Lamellieren von Spanten. Will man eine so gekrümmte Außenhautfläche bei einer größeren Beschädigung ersetzen, so sind Längsstringer zur Unterstützung sinnvoll. Die Fläche wird folgendermaßen aufgebaut:

1. Die Bruchstelle wird entfernt, möglichst in rechteckiger Form (Abb. 6-15). Auch auf der Innenseite des Rumpfes wird das Ausmaß des Bruchs vorher genau untersucht.
2. Die Kanten der Öffnung werden nun mit einem Tellerschleifer geschäftet,

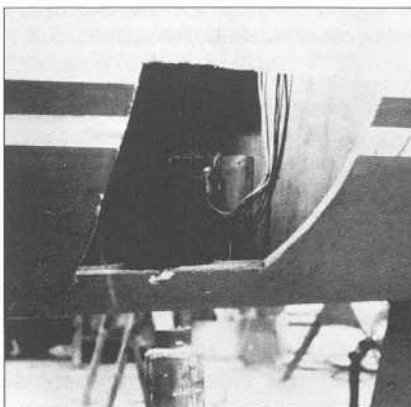


Abb. 6-15 Der geschädigte Bereich wird ausgesägt.



Abb. 6-16 Die Kanten werden geschrägt. Die Außenhaut wird mit Stringern hinterlegt.

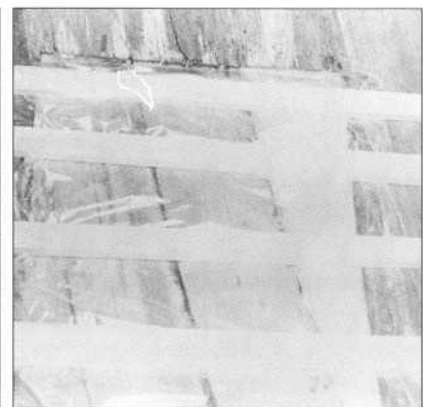


Abb. 6-17 Die Stringer werden mit Kunststoff-Folie abgedeckt, um ein Ankleben zu verhindern.

mindestens im Verhältnis 8:1. (Zur Erinnerung: Bei 12 mm Plankendicke ist die Schäftung 100 mm breit).

3. Als Auflage werden von innen hinter die Öffnung Stringer geschraubt (Abb. 6-16). Diese Stringer müssen fest und steif genug sein und auch dicht genug beieinander liegen, so daß sie den Furnieren ausreichend guten Halt geben und die Form des Bootes widerspiegeln. Die Stringer werden mit Folie überdeckt, um ein Ankleben zu verhindern (Abb. 6-17).
4. Nun wird die erste Lage Furnier auf den Stringern verklammert. Dazu werden die Furniere etwa im Winkel von 35 Grad gegen die Vertikale schräg gelegt. Die Kanten des Furniers sollen sich mit denen des freigeschnittenen Loches decken. Verklebt wird diese Furnierlage nur dort, wo sie auf die Kanten des Bootes trifft, wie in Abschnitt 3.4.2 beschrieben. Füller 403 oder 406 sind für die Klebemischung das Richtige.
5. Die zweite Furnierlage wird aufgebracht, wenn die erste bereits angehärtet ist, ohne daß ein Zwischenschliff notwendig wird (Abb. 6-18). Diese Lage liegt nun diagonal zur ersten, wieder etwa im Winkel von 35 Grad gegen die Senkrechte. Die vorher aufgebrachten Klammern werden immer dort entfernt, wo das neue Furnier aufgelegt und wieder befestigt wird. Die aufeinanderliegenden Flächen werden vorher eingestrichen, ebenfalls die geschäfteten Enden. Auch diese Lage wird nun mit Heftklammern in die Stringer geschossen, wobei die letzten Klammern dicht an der Kante der Furniere liegen sollte, um auch die Schäftung gut zu verkleben.
6. Dieses Verfahren wird so oft wiederholt, bis alle Lagen aufgebracht sind und die Außenhaut ihre richtige Wandstärke erreicht hat (Abb. 6-19). Bei dem Aufbringen einer jeden Lage werden die Heftklammern der vorherigen kontinuierlich entfernt, auch wenn das Epoxidharz nicht voll durchgehärtet ist. Auf diese Weise kann man den gesamten Flicker in einem Arbeitsgang aufbringen. Die Heftklammern müssen so lang gewählt werden, daß sie durch alle Lagen hindurchreichen und sich in den Stringern gut verankern. Die letzte Lage sollte voll durchhärten, bevor die letzten Klammern entfernt werden und die Oberfläche geglättet und geschliffen wird.

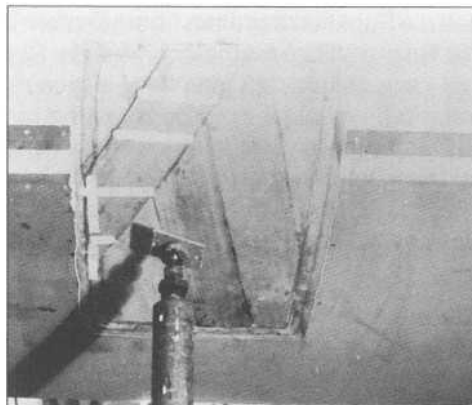


Abb. 6-18 Die zweite Lage wird senkrecht zur ersten aufgeklebt.

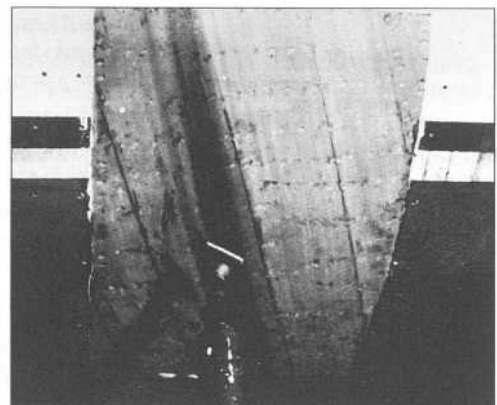


Abb. 6-19 So fortfahren, bis alle Lagen komplett sind und die Außenhautdicke erreicht ist.

6.4.2 Lamellieren eines Flickens neben der Schadensstelle

Der formverleimte Flicker für ein Stück beschädigte Außenhaut läßt sich aber auch auf eine andere Weise herstellen, indem man nämlich das Boot selbst als Form für die Krümmung benutzt und den fertigen Flicker, der die volle Außenhautdicke hat, in einem Stück einsetzt. Dazu benutzt man die Außenhaut dicht neben der Schadensstelle, und zwar dort, wo die Krümmung etwas größer ist als im beschädigten Bereich. Auf diese Weise wird die Rückfederung nach dem Entformen ausgeglichen. So wird ein Stück Plastikfolie über die Außenhaut geklebt und in diesem Bereich eine mehrlagige Fläche aus einzelnen Furnieren in der

schon beschriebenen Weise aufgebaut (Abb. 6-20). Nachdem die entsprechende Dicke erreicht ist, wird die Schadensstelle herausgetrennt, der neue Flicker daraufgelegt, präzise angezeichnet und beide Flächen entsprechend geschäftet. Das bedeutet, daß der Flicker auch wenigstens um die Schäftung größer sein muß als das später herausgeschnittene Loch. Um den hergestellten Flicker einzubauen, folgen Sie bitte der Beschreibung in Abschnitt 6.3.2.

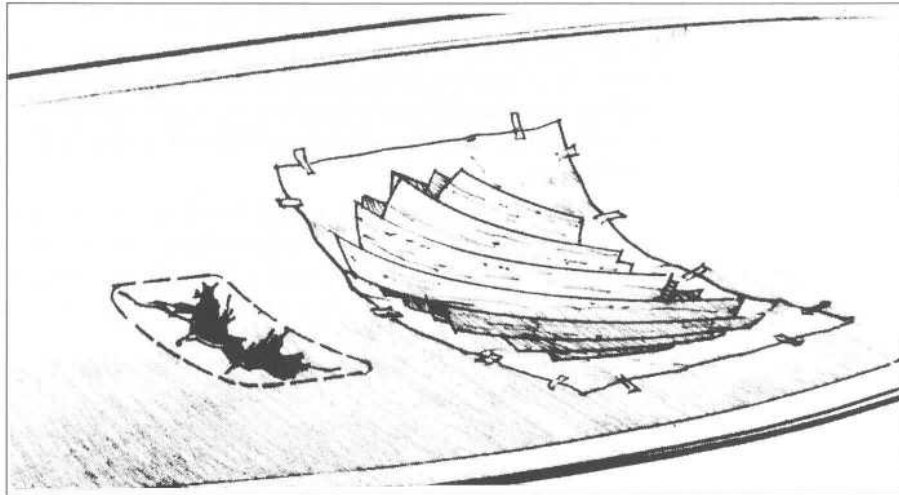


Abb. 6-20 Ein passendes Stück Außenhaut kann man auch abnehmen, wenn man es dicht neben der Schadensstelle aufbaut.

6.4.3 Das Aufdoppeln einer Außenhaut

Durch das Aufdoppeln der Außenhaut, indem eine oder mehrere Lagen Furniere auf einen Rumpf aufgebracht werden, hat vielen Booten neues Leben eingehaucht, die anderenfalls als Totalverlust gegolten hätten. Die Stärke der neuen Haut und die gewählte Holzart hängen davon ab, wieviel zusätzliche Festigkeit die alte Außenhaut noch besitzt. Wenn man den Rumpf in der gewünschten Form so stabilisieren und aufbocken kann, könnte die neue Außenhaut komplett die Funktion der alten übernehmen. Hat man das richtige Holz ausgesucht und die Gesamtdicke festgelegt, wird die Stärke der einzelnen Lagen bestimmt. Als Regel kann gelten, daß man das Holz so dick wie möglich wählt und mit wenig Lagen arbeitet, wobei hier die Begrenzung nur darin besteht, daß sich das Furnier noch über die engste Krümmung des Rumpfes biegen lassen muß. Bei karweelgeplankten Rumpfen sollten die Nähte vorher verklebt werden, da dies der Gesamtfestigkeit dient und die Stärke und Zahl der Lagen, die zusätzlich aufgebracht werden, verringert (siehe Abschnitt 6.1). Das Arbeitsverfahren ist folgendes:

1. Der Rumpf wird für die Verklebung vorbereitet. Die Oberfläche muß also trocken, sauber und geschliffen sein. Der Rumpf wird in seiner später endgültigen Form aufgebockt. Alle Vertiefungen, Lunker und Kratzer, werden zunächst ausgespachtelt, überstehende Stellen werden weggeschliffen.
2. Die erste Lage Furnier wird etwa im Bereich der halben Bootslänge aufgebracht. Am besten eignet sich für die Verklebung eine Mischung von Epoxidharz mit niedrigdichtem Füller, mit einem Verfahren, wie in Abschnitt 3.4.2 beschrieben. Das erste Furnier wird wieder im Winkel von etwa 35 Grad gegen die Senkrechte (dieser Winkel ist allerdings nicht verbindlich, sondern muß ausprobiert werden, je nach Stärke der Krümmung). Die Befestigung erfolgt in dichtem Muster durch Heftklammern.
3. Die übrigen Furniere werden nun an das jeweils Vorhergehende bündig gelegt, wobei die Nähte wenigstens im Bereich stärkerer Krümmung nachgepaßt werden. Auch die zweite Lage Furnier wird in gleicher Weise aufgebracht, diesmal in gegenläufiger Richtung.

4. Für den Zwischenschliff, der nach weitgehender Härtung des Epoxidharzes erfolgen kann, werden die Heftklammern entfernt, sofern sie nicht im Holz verbleiben sollen, dann allerdings nur solche aus korrosionsbeständigem Metall.
5. Dieselbe Arbeitsfolge gilt auch für die zweite Lage (Abb. 6-22). Wir fangen wieder mit Mitte Schiff an und etwa der gleichen Richtung, allerdings diesmal entgegengesetzt zur ersten. Auch die übrigen Furniere werden an ihren Stößen nachgepaßt und fugendicht verleimt.
6. Die gleiche Arbeitsfolge gilt nun für alle folgenden Lagen. Nachdem die letzte Lage ausgehärtet ist, werden die Heftklammern entfernt, die Oberfläche geschliffen und für die endgültige Oberflächenbehandlung vorbereitet.

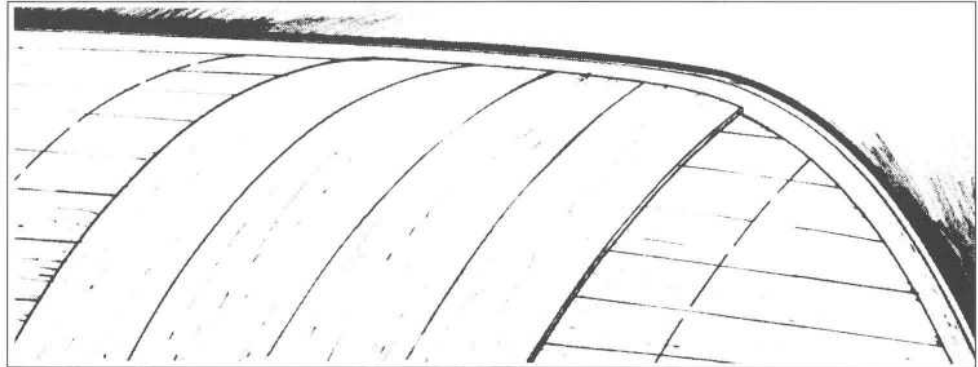


Abb. 6-21 Die erste Lage Furnier soll so gelegt werden, daß sie ohne Verwerfungen anliegt.

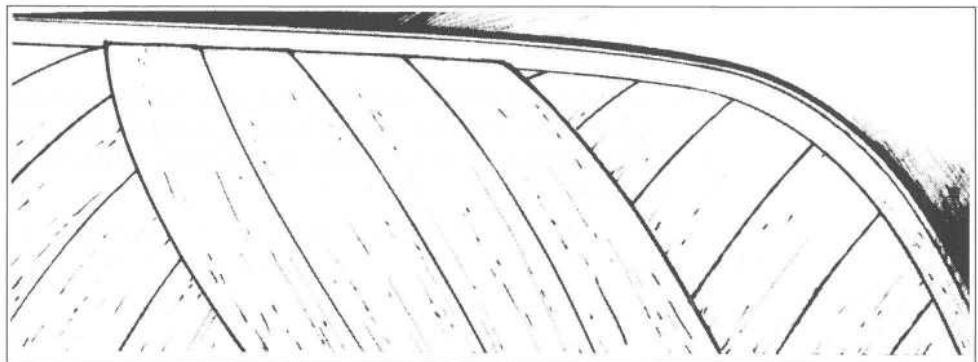


Abb. 6-22 Die zweite Lage Furnier wird ebenfalls mit Neigung, aber in Gegenrichtung gelegt.

6.5 Das Aufbringen eines Teakfurnier-Decks

Dünne Streifen Teakholz, die in angedicktem Epoxidharz, das mit Graphitpulver geschwärzt wurde, eingelegt werden, geben dem Deck den Anschein eines richtigen Teakstabsdecks, das sowohl dauerhaft ist wie auch geringe Pflege erfordert. Obwohl man Stärken bis zu 6 mm verarbeiten kann, verringern sich Schrumpfung und Dehnung des Holzes erheblich, wenn man nur 3 mm starke Schichten verarbeitet. Ein Deck mit einer Auflage von 3 mm Teak erfüllt jahrelang seine Aufgabe selbst dort, wo es häufig begangen wird. Durch die dünne Auflage wird das zusätzliche Gewicht in engen Grenzen gehalten. Die Streifen sollten zwischen 35 und 50 mm breit und alle Kanten glatt und gerade sein. Die Sägespuren auf Ober- und Unterseite des Furniers können bleiben. Die Rauigkeit des Sägeschnitts verbessert die Verklebung des Holzes und die Markierung auf der Oberseite wird später ohnehin abgeschliffen. Wenn Sie das Teakholz selbst zuschneiden wollen, sollten Sie eine Planke wählen, mit der Sie die größtmögliche Ausnutzung erzielen. Normalerweise wird Teak in Planken von 50 mm Dicke roh

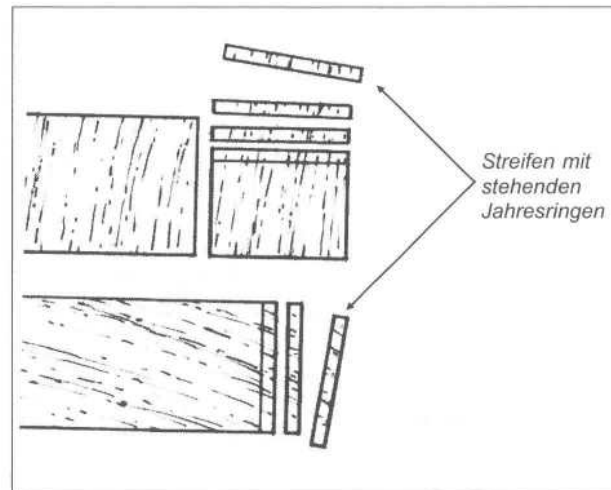


Abb. 6-23 Dünne Streifen Holz mit stehenden Jahresringen ergeben ein sich gleichmäßig abnutzendes, dimensionsbeständiges und attraktives Deck.

geschnitten geliefert. Daraus lassen sich allseitig plangeschliffene Hölzer von wenigstens 44 mm Dicke herstellen. Das Material muß nach dem Einschneiden stehende Jahresringe aufweisen (Abb. 6-23). Dadurch werden Ausdehnung und Schrumpfung des Holzes so klein wie möglich gehalten; die Oberfläche ist attraktiver und weniger stark dem Abrieb ausgesetzt als bei flach liegenden Jahresringen. Der Arbeitsvorgang ist folgender:

1. Die Anordnung der Teakstreifen wird geplant und festgelegt. Der erste Streifen wird in der richtigen Position aufgelegt und seine Lage auf dem Deck und am Holz selbst markiert.
2. Alle glatten Oberflächen werden mit 50er Sandpapier angeraut, danach wird der Schleifstaub entfernt. Die Planken werden mit einem Papiertuch, das in Lösungsmittel getränkt wurde, wie Aceton, etwa 30 Min. vor dem Verkleben gesäubert.
3. Die ersten Holzstreifen werden an der Unterseite mit unangedickter Harz/Härter-Mischung eingestrichen.
4. Das angedickte Epoxidharz wird nun auf die entsprechende Fläche des Decks aufgebracht. Dazu benutzen wir Füller 406 in majonaiseartiger Konsistenz und geben ausreichend Graphitpulver 423 hinzu, um eine opake schwarze Farbe der Mischung zu erreichen. Der Auftrag soll nicht zu dick sein, aber doch so reichlich, daß er aus den Fugen wieder zwischen den Planken nach oben hinausgedrückt wird. Ein Kunststoffspachtel 808, mit Zahnung ist das geeignete Werkzeug, um einen gleichmäßigen Auftrag zu erreichen.
5. Die erste Planke wird an den markierten Stellen aufgelegt und andgedrückt.
6. Die nebeneinanderliegenden Planken werden nun mit selbstschneidenden Schrauben und großen Scheiben befestigt, etwa im Abstand von 200 mm. Die Schrauben drücken einmal die Teakleiste selbst an und liefern gleichzeitig den gleichmäßigen Abstand zwischen den Leisten (Abb. 6-24). Schrauben und Unterlegscheiben werden mit Trennmittel eingestrichen oder man legt ein kleines Stückchen Plastikfolie unter die Scheiben, um ein Ankleben zu verhindern. Man kann die Scheiben selbst auch aus einem festen Kunststoff schneiden und mit einer Bohrung für die Schraube versehen. Die Schrauben werden nun fest angezogen, wenn die Planken im richtigen Abstand nebeneinander liegen. Das Epoxidharz sollte nun zwischen den Planken herausquellen. Lunker in den Fugen werden mit der gleichen Mischung ausgefüllt.
7. Die Streifen des gesamten Decks werden, jeweils mehrere gleichzeitig, in der gleichen Art aufgebracht.

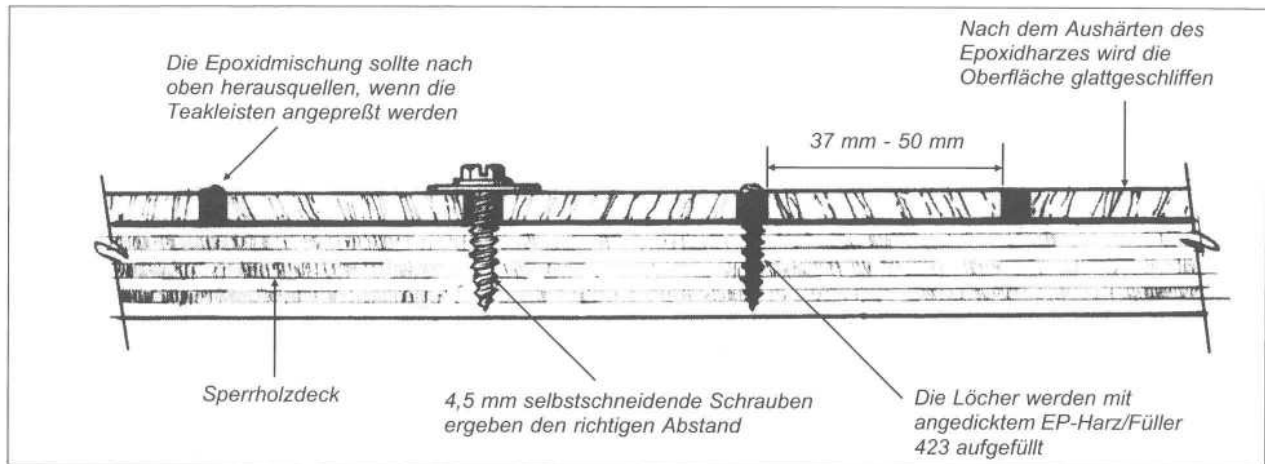


Abb. 6-24 Selbstschneidende Stahlschrauben mit großen Unterlegscheiben halten die dünnen Stäbe in ihrer Lage fest, bis die Mischung aus Epoxid und Graphitpulver 406 ausgehärtet sind.

8. Das Epoxidharz sollte 8 bis 24 Stunden härten, bevor Schrauben und Unterlegscheiben entfernt werden. Wartet man länger, wird es nur schwieriger, die Schrauben zu entfernen. Beim Herausdrehen sollte man sie zunächst einmal noch etwas fester andrehen, um sie vom Epoxidharz zu lösen. Falls sich Schwierigkeiten beim Herausdrehen ergeben, empfiehlt es sich, den Schraubenkopf mit der Spitze eines Lötkolbens anzuwärmen.
9. Die nun offenen Schraubenlöcher werden mit einer Spritze mit der gleichen schwarz eingefärbten Epoxidmischung aufgefüllt.
10. Die Oberfläche wird mit einem Schwingschleifer und 50er Schleifpapier geglättet, bis die schwarzen Nähte in klarer Kontur hervortreten und die Oberfläche von allen eventuellen Spritzern frei ist. Anschließend wird mit 80er und zum Schluß mit 120er Schleifpapier nachgearbeitet. Das Teakdeck kann entweder ohne weitere Nachbehandlung als Scheuerdeck stehen bleiben, sofern man es nicht vorzieht, es mit Teaköl zu behandeln.

Kapitel 7

Beschläge

Nachdem das Deck nun wieder in gutem Zustand ist, sollten die Beschläge die gleiche sorgsame Aufmerksamkeit erhalten. Um die Probleme, die sich nun einmal aus dem Befestigen von Beschlägen ergeben, auszuschalten, hat die Firma Gougeon Brothers ein Verfahren entwickelt, das sie "Verkleben von Beschlägen" nennt. Wie der Name schon sagt, werden Beschläge mit dem Holz direkt verklebt, um hohe Punktbelastungen über eine möglichst große Holzfläche zu verteilen, wobei das Epoxidharz das Holz versiegelt und in den Bohrlöchern das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert.

Hierzu gibt es zwei Wege. Der erste besteht darin, daß alle Befestigungselemente (Schrauben, Bolzen oder Gewindestangen) direkt mit den sie umgebenden Holzfasern verbunden werden. Der weitergehende Vorschlag besagt, daß sowohl die Schrauben wie auch der Beschlag selber mit den Holzfasern verklebt werden. Das Lastaufnahmevermögen der Beschläge wird durch geeignete Verfahren der Verbindung mit der Auflagefläche gegenüber der punktförmigen Verbindung erheblich erhöht.

Fahren die Boote in Seewasser, hat unsere Erfahrung gezeigt, daß so verklebte Beschläge und Schrauben gegen Korrosion bestens geschützt sind. Wo z.B. die Schrauben gegen Biegung oder Salzwasserangriff (z.B. in Travellerschienen, in U-Bolzen oder einfachen Augbolzen) empfindlich sind, kann man diese Stellen durch eine zusätzliche Spachtelkehle aus einem dauerelastischen Mittel sehr gut gegen Feuchtigkeit und das Eindringen von Salz schützen. Natürlich wird jedes an der Oberfläche liegende Material dem Korrosionsangriff durch Seewasser ausgesetzt sein. Daher ist es besonders wichtig, daß die Teile immer gut gereinigt und gepflegt werden.

7.1 Das Einbetten von Schrauben

Das Verfahren, Schrauben mit Holz zu verkleben, kann auf verschiedenartige Weise erreicht werden. Das einfachste Verfahren besteht darin, daß man das vorgebohrte Loch mit Epoxidharz trinkt und die Schraube folgendermaßen befestigt:

1. Um das Epoxidharz in das Bohrloch einzubringen, benutzt man eine Spritze oder einen Pfeifenreiniger.
2. Die Schraube wird nun in das Loch eingedreht, und das Harz härtet aus.

Auf diese Weise ergibt sich um die Schraube herum eine durch Epoxidharz verfestigte Holzoberfläche, die Belastungen über einen größeren Bereich verteilt als es bei normalem Verschrauben möglich wäre.

7.2 Das Befestigen von Beschlägen

Die Belastungsfähigkeit von Beschlägen kann weiter verbessert werden, indem die Epoxidmenge um die Schraube herum vergroert wird. Dabei macht man sich den Vorteil zunutze, daß WEST SYSTEM Epoxid eine höhere Dichte und Festigkeit hat als die Holzfaser. Zusätzlich wird die Fußplatte des Beschlags direkt mit der Oberfläche verklebt. Hierfür geht man folgendermaßen vor:

1. Man bohrt ein Loch vor, das erheblich groer ist als die später einzudrehende Schraube, z.B. etwa doppelter Durchmesser. Die Bohrung wird etwa 2/3 bis 3/4 der Schraubentiefe eingebracht.
2. Die normale Vorbohrung wird nun weiter vorgetrieben bis sie die Länge der Schraube erreicht (Abb. 7-1). Dadurch kann die Schraube beim Eindrehen sich im Holz selbst festziehen und bleibt in der richtigen Position, bis das Harz gehärtet ist.

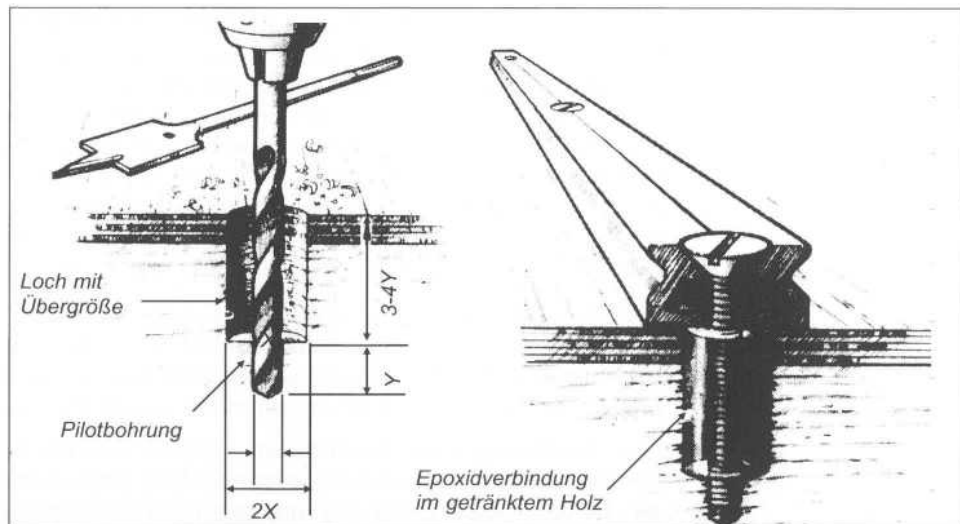


Abb. 7-1 Ein normal vorgebohrtes Loch unter einem mit Übermaß reicht, damit die Schraube den Beschlag fest anziehen kann, bis das Epoxid gehärtet ist.

3. Die Kontaktflächen des Beschlags werden nun mit Lösungsmittel abgerieben, um alle Verunreinigungen zu entfernen. Außerdem wird die Oberfläche nochmal mit einer Drahtbürste oder 50er Schleifpapier nachgearbeitet, um sie für die Verklammerung mit Epoxidharz aufzurauben.
4. Die Bohrung wird nun bis zur Oberkante mit Epoxid gefllt, das nun zum Teil einsackt, weil es seitlich in die Fasern der Bohrung eintritt. Wenn nach einer Standzeit von 5 Minuten das Harz nicht mehr wegsackt, wird es mit einer Spritze abgezogen.
5. Die Unterseite des Beschlags wird mit Epoxidharz eingestrichen. Zusätzlich kann man noch mit einer Drahtbürste das Epoxidharz in die Oberfläche einarbeiten. Auch 50er Schleifpapier ist hierfür geeignet. Hierdurch wird absolut frisches Metall an die Oberfläche gebracht und jede Art der Oxidation und damit mangelnde Verbindung verhindert.
6. Das Epoxidharz wird nun mit Füller 404 oder 406 angedickt und in das Loch injiziert. Es sollen keine Lunker mehr vorhanden sein. Nun wird die Schraube eingedreht.
7. Der Beschlag wird in seine Position gebracht und die Schrauben soweit angedreht, daß das Epoxidharz leicht aus den Fugen heraustritt, allerdings sollte man die Schrauben nicht zu fest andrehen.
8. Überschüssiges Epoxidharz wird entfernt.

9. Das Harz soll nun wenigstens 24 Stunden aushärten, bevor der Beschlag belastet wird. Bei niedrigen Temperaturen soll diese Zeit verlängert werden.

Das Verkleben des Beschlagfußes trägt wirklich sehr zum Lastaufnahmevermögen über eine größere Holzfläche bei. WEST SYSTEM Epoxid ergibt einen guten Verbund mit den meisten Metallen, aber die Oberfläche muß auch wirklich gut vorbehandelt sein. Das bedeutet Anschleifen und auch Ätzen. Zum Beispiel braucht Aluminium eine zweistufige Vorbehandlung. Zunächst wird ein Ätzmittel auf Säurebasis benutzt, um den Korrosionsfilm zu entfernen. Die zweite Stufe besteht darin, daß die Oberfläche chemisch stabilisiert und damit Oxidation verhindert wird, so daß die Beschichtung mit dem Metall abbinden kann.

7.3 Das Gießen von Fundamenten aus Epoxidharz

Manchmal müssen Beschläge in einem bestimmten Winkel zur Rumpf- oder Decksoberfläche angebracht werden. Die Fundamente für Niederholer, Seerelingstützen, Winden und Umlenklöcke sind hierfür gute Beispiele. Im traditionellen Bootsbau werden entsprechende Blöcke per Hand angefertigt, um die richtige Lage der Beschläge zu erreichen. Das erfordert natürlich viel Zeit und handwerkliches Geschick. Das Eingießen von Beschlägen oder das Gießen von Fundamenten erspart Zeit und ist dazu noch leichter zu bewerkstelligen. Wichtiger ist jedoch, daß man zum Schluß ein Fundament erhält, das sehr viel fester und dazu noch wasserdicht ist. Man geht hierzu folgendermaßen vor:

1. Die Klebeflächen werden vorbereitet. Dazu wird sowohl die Decksfläche wie auch der Beschlagsfuß mit Lösungsmittel (z.B. Aceton) abgerieben, um alle Verunreinigungen zu entfernen. Das Deck wird am besten mit 50er Schleifpapier bearbeitet. Dann wird der Fundamentfuß mit einem Trennmittel eingerieben.
2. Der Beschlag wird positioniert. Seine Außenkontur, einschließend der vorgesehenen Unterfütterung, wird ebenfalls angezeichnet. Oftmals liegt ein Ende des Beschlags auf Deck und wird somit zum Bezugspunkt.
3. Das Deck wird mit Harz/Härter-Mischung eingestrichen, außer dort wo die Montageklötzchen oder -keile aufliegen sollen.
4. Nun wird Epoxid unter den Beschlag gebracht (Abb. 7-2A). Dazu mischen wir hochdichten Füller 404 mit Epoxidharz zu erdnußbutterartiger Konsistenz an. Drei kleine Häufchen dieser Mischung sind meistens ausreichend, um die Lage des Beschlags zu fixieren. Wir verteilen sie gleichmäßig unter dem Beschlag und drücken diesen dann in die feuchte Masse. Die Distanzklötze halten den Beschlag in der gewünschten Position. Dann läßt man das Epoxidharz aushärten.
5. Wir brechen den Beschlag mit einem leichten Hammerschlag los und entfernen die Distanzhölzchen oder -keile. Der Decksbereich um das spätere Fundament wird nun abgeklebt, um Epoxidspritzer nicht das Deck verunreinigen zu lassen.
6. Deck und Beschlagsfuß werden nun für die permanente Befestigung vorbereitet. Dazu wird das ausgehärtete Epoxid in der späteren Unterfütterung etwas angeschliffen. Der Fuß des Beschlags erhält nochmal einen Anstrich aus Trennmittel. Gleichzeitig werden am Beschlag alle Teile mit Klebestreifen abgedeckt, z.B. die Bohrlöcher.
7. Wir rühren nun aus einer ausreichenden Menge von Epoxidharz mit Füller 404 wieder zu erdnußbutterartiger Konsistenz an, um den Rest der Fläche aufzufüllen. Falls diese höher als 12 mm wird, sollte der langsame Härter 206 benutzt werden, um nicht zu große Hitzeentwicklung beim Aushärten hervorzurufen. Die Mischung wird ein wenig höher aufgetragen als die spätere Unterfütterung sein soll, so daß sie nach dem Anpressen leicht an den Seiten herausquillt. Eventuelle Löcher und Lunker werden zusätzlich aufgefüllt.
8. Nun wird der Beschlag in seiner endgültigen Position aufgelegt und langsam angeedrückt. Das an den Seiten herausquillende Harz wird zu einer Rundung

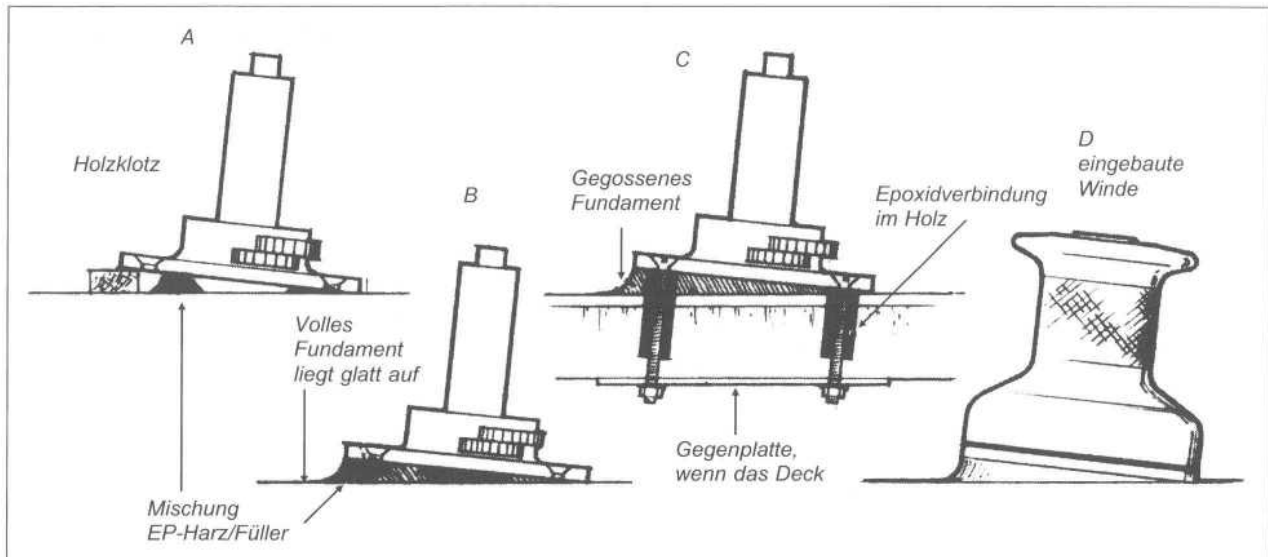


Abb. 7-2 Das Eingießen von Beschlägen ist ein gutes Verfahren, wenn die Beschläge in einem bestimmten Winkel zum Untergrund stehen sollen.

verstrichen (Abb. 7-2B). Eine normale Spachtelkehle ist die richtige Form (siehe Absatz 3.4.3). Nach dem endgültigen Modellieren lassen wir dem Harz Zeit zum Aushärten.

9. Wiederum mit einem leichten Hammerschlag wird der Beschlag vom Fundament gelöst. Die Unterseite des Beschlags wird gesäubert (z.B. mit Aceton), um das Trennmittel zu entfernen. Sowohl der Unterlegklotz wie auch die Unterseite des Beschlags werden mit 50er Schleifpapier angeraut.
10. Das Fundament wird nun noch einmal bis zum gewünschten Finish nachgearbeitet, zum Schluß mit 80er Schleifpapier.
11. Nun wird der Beschlag auf die Fußplatte aufgeklebt, wie in Abschnitt 7.2 beschrieben (Abb. 7-2C). Für die Schrauben bohren wir nun wieder die übergroßen Löcher, wie vorher schon beschrieben. Bevor der Beschlag belastet wird, sollte ausreichend Zeit zur Härtung vorgesehen werden. Wenigstens drei Anstriche von Harz/Härter-Mischung werden aufgebracht, bevor dieses Teil seine endgültige Oberfläche erhält.

7.4 Demontierbare Beschläge

Versuche bei der Firma Gougeon Brothers haben ergeben, daß beim Eingießen von Befestigungselementen (Schrauben, Bolzen oder Gewindestangen) die Verklebung mit dem Metall nicht so wichtig ist wie die mechanische Verklammerung zwischen dem Epoxid und dem Gewinde. Der Bootsbauer kann also das Gewinde mit einem dünnen Film aus Trennmittel einstreichen, um später Beschläge leichter entfernen zu können. Bei Dauerbelastungsversuchen hat sich gezeigt, daß der Unterschied zwischen vollverklebten Schrauben und solchen mit einem dünnen Trennmittelfilm lediglich bei 4 bis 10 % liegt. Ein dünner Film läßt allerdings bessere Aussagen hinsichtlich der Festigkeit zu als ein dicker. Während sich das Trennmittel auf die Haltekraft der Schraube nur geringfügig auswirkt, sollte man bei der Festlegung der Belastung eines Beschlags doch vorsichtig vorgehen. Wir schlagen vor, alle Beschläge und Schrauben zu verkleben und sie nicht mit Trennmittel zu versehen.

7.5 Die Demontage von eingeklebten Beschlägen

Manchmal ist es notwendig, Beschläge auszubauen. Bei Temperaturen über 65°C verliert Epoxidharz zunehmend seine mechanische Festigkeit. Das Harz wird weich und seine Klebfähigkeit nimmt ab. Diese Eigenschaften kann man sich zunutze machen, um Beschläge wieder zu entfernen.

1. Zunächst werden alle Schrauben entfernt. Falls man beim Kleben ein Trennmittel benutzt hat, müßten sie jetzt ohne Schwierigkeiten zu lösen sein. Wenn sie allerdings verklebt sind, ist es manchmal erforderlich, die Schrauben anzuwärmen, z.B. mit einem Lötkolben. Das Epoxid um die Schraube herum wird jetzt weich genug sein, so daß sich diese losdrehen läßt, wenn sie entsprechend vorgewärmt wurde.
2. Sobald die Schrauben entfernt sind, wird der Beschlag kurz mit einer Lötlampe oder einer Propangasflamme angewärmt. Der Bereich um den Beschlag wird dabei mit Wasser getränktem Sperrholz abgedeckt, um Schäden am Deck zu verhindern. Falls sich der Beschlag nicht von alleine loslöst, wird ein kurzer Schlag mit dem Holzhammer ausreichen. Falls nicht, wird der Beschlag noch einmal vorgewärmt.
3. Der Beschlag wird wieder eingebaut, entsprechend den Hinweisen in Abschnitt 7.2. Die Löcher werden in das Epoxidharz eingebracht, als ob es sich um eine neue Montage handelt.

Kapitel 8

Schutzanstriche, Wartung und Pflege

8.1 Sonnenlicht und Schutzanstriche

Alle aus Kompositmaterialien hergestellten Boote werden durch Sonnenlicht angegriffen. Das geschieht auf zweierlei Weise: Wärme und ultraviolette Strahlung (UV). Jede Epoxidharz-Oberfläche ohne zusätzlichen Schutz unterliegt der Alterung durch UV-Strahlung. WEST SYSTEM Epoxid-Materialien, einschließlich des speziellen Beschichtungshärters 207, sollten daher nicht als Schlußanstrich vorgesehen werden. Wir empfehlen, daß Epoxidharz, das direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, so schnell wie möglich mit einem opaken Anstrich oder einem UV-geschützten Mittel zu versehen, wie z.B.

Polyurethanlack. Wenn die Oberfläche farbig gestrichen wird, können bereits den letzten zwei Epoxidharz-Anstrichen Pigmente beigemischt werden. Oberflächen, die nur indirekt der UV-Strahlung ausgesetzt sind, wie z.B. die Räume unter Deck, halten auch in der Oberfläche sehr viel länger ohne jeden Schutzanstrich, als wenn sie sich im Außenbereich befinden.

Obwohl bekannt ist, daß eingefärbte Oberflächen sehr viel langlebiger sind als klar lackierte, gehört es nun mal traditionell zur Vorliebe der Bootseigner, daß man die natürliche Schönheit des Holzes auch zeigen möchte. Für viele beruht ja die Anziehungskraft eines hölzernen Bootes gerade in der Schönheit des Holzes, und sie sind daher auch bereit, mehr Zeit und Geld in eine perfekte Holzoberfläche zu stecken.

Unglücklicherweise hält aber dieses wunderbare Finish unter Sonneneinstrahlung nicht sehr lange. Das Boot muß schließlich doch abgezogen und neu lackiert werden, üblicherweise mit erheblichen Kosten verbunden. Es ist also das Bestreben der Bootseigner, Beschichtungsmaterialien zu erhalten, die möglichst langlebig sind.

Die Alterung beginnt damit, daß der Lack seinen Glanz verliert, also ist eine hochglänzende Oberfläche Voraussetzung für Langlebigkeit. Die Alterung von transparenten Lacken hat zwei grundlegende Ursachen. Zunächst einmal altert das Beschichtungsmaterial fortlaufend. Der zweite Grund liegt darin, daß innerhalb der Holzoberfläche, also in den Holzzellen selber, leichte chemische und physikalische Veränderungen stattfinden, die durch das Sonnenlicht ausgelöst werden. Man nimmt an, daß diese Veränderung in den Holzzellen mit ursächlich für den Zusammenbruch der Beschichtung und die langsame Ablösung und Schwächung der Beschichtung auf der Holzoberfläche ist.

Wir werden oftmals gefragt, wie lange eine Klarlackierung auf einer Holzoberfläche hält. Die Antwort ist durchaus nicht einfach, da die Lebensdauer von so vielen Dingen abhängt. Wir wollen uns mit den wesentlichsten beschäftigen:

1. Je nach klimatischen Verhältnissen ist die Dauer der Sonneneinstrahlung unterschiedlich lang. Also sind Gegenden mit starker Bewölkung nicht so schädlich wie typische Sonnen-Gegenden. Das südliche Mittelmeer ist für den Lack also

sehr viel schädigender als Nordeuropa, nicht nur wegen der Dauer der Sonneneinstrahlung, sondern auch wegen der unterschiedlichen Intensität.

2. Der Einfallswinkel des Sonnenlichts. Ein Deck wird also sehr viel stärker durch direkte Sonneneinstrahlung beschädigt werden als die Seiten des Aufbaus.
3. Hochglänzende Oberflächen reflektieren mehr UV-Strahlung (und sind deshalb weniger empfindlich) als matte Oberflächen, unabhängig von der Einfärbung.

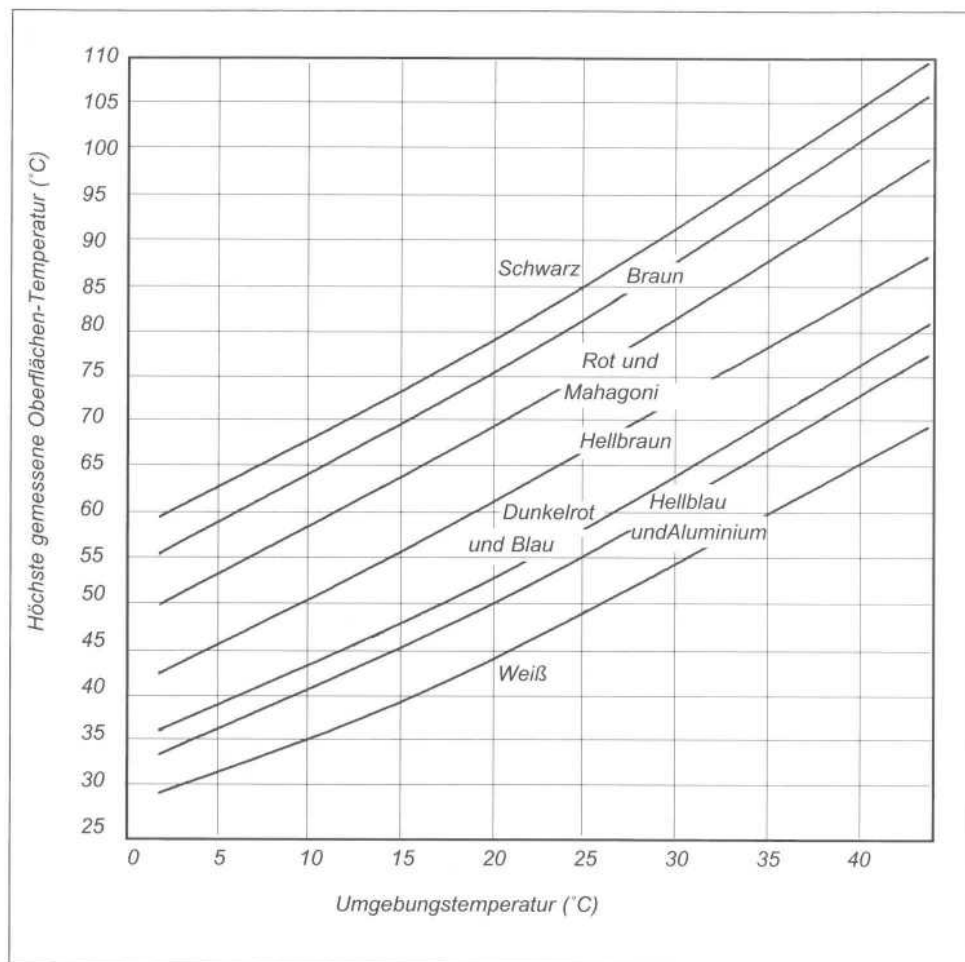


Abb. 8-1 Der Einfluß des Farbtons auf die Oberflächen-Temperatur bei Sonneneinstrahlung.

4. Helle Hölzer reflektieren ebenfalls besser als dunkle, ebenso wie helle Farbpigmente mehr Licht reflektieren als dunkle Farben (Abb. 8-1).
5. Dickere Beschichtungen sind langlebiger und bieten mehr Schutz als dünne.
6. Lacke mit großen Anteilen von UV-Stabilisatoren halten erheblich länger als Klarlacke ohne solche Additive. Moderne Zweikomponenten-Polyurethanlacke halten länger als die früher gebräuchlichen Phenolharzlacke.
7. Eine hochfeste Epoxidharzbeschichtung, wie z.B. WEST SYSTEM 105 mit Härter 207 angemischt, das zum Sättigen der Oberfläche aufgebracht wurde, bietet eine längere Lebenserwartung der Oberfläche als eine einfache Lackierung direkt auf dem Holz. Außerdem wird durch die EP-Harzbeschichtung die Feuchtigkeitsaufnahme des Holzes drastisch verringert.

Die Firma Gougeon Brothers hat die Einflüsse dieser Faktoren über einen Zeitraum vieler Jahre beobachtet und Versuche mit allen Arten von Anstrichen und Lacken, insbesondere mit Klarlacken, durchgeführt. Im Labor benutzt Gougeon Brothers

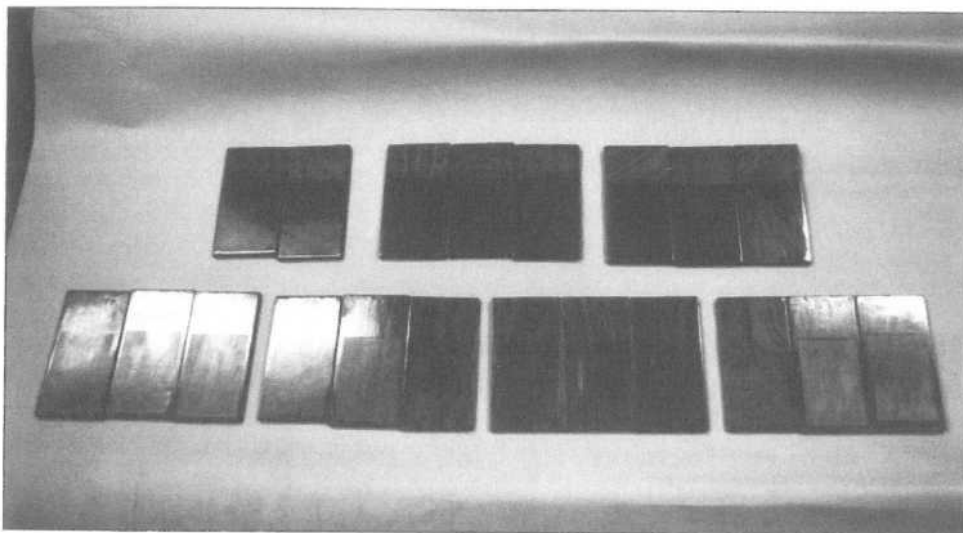


Abb. 8-2 Probeplatten für UV-Beständigkeitsprüfungen nach 3600 Stunden in der Bewitterungsanlage.

eine Bewitterungsmaschine, um in Zeitrafferversuchen die UV-Schädigung der beschichteten Oberflächen bei verschiedenen Produkten, Lacken, Oberflächenbeschichtungen usw., in einer kontrollierten Umgebung festzustellen (Abb. 8-2). Diese Versuchsreihen haben es erlaubt, Schlußfolgerungen über die vielen Einflußfaktoren zu ziehen und hat die Firma Gougeon Brothers zu der Entwicklung von WEST SYSTEM Spezialbeschichtungshärter 207 und Polyurethanlack veranlaßt. Werden diese Produkte miteinander verwendet, erhält man einen ausgezeichneten klaren Lackfilm mit hervorragender Bewitterungsfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen UV-Strahlung.

8.2 Auftrag der Abschlußanstriche aus EP-Harz

Wie in Abschnitt 3.4.7 ausgeführt, sollen wenigstens drei Schichten WEST SYSTEM Epoxidharz als Feuchtigkeitssperre und als glatte Basis für Klarlackierungen aufgebracht werden. Wenn zwischen den Schichten jeweils angeschliffen wird, sollte die Anzahl der Schichten erhöht werden, so daß zum Schluß ein Film von 375 bis 500 micron als Oberflächenbeschichtung bestehen bleibt (jede Beschichtung ergibt etwa 125 micron Schichtdicke). Wir empfehlen den WEST SYSTEM Härter 207 für langlebige Klarlackierungen. Der Härter 207 enthält einen UV-Filter, der in Verbindung mit dem Harz 105 die negativen Wirkungen des Sonnenlichts verringert, ohne die Feuchtigkeitssperre negativ zu beeinflussen. Wenn dagegen keine klare Lackierung notwendig ist, sollten die Härter 205, 206 oder 209 benutzt werden, die dann vollständig ausreichend sind. Die Verfahren, mit denen Epoxidharz als Oberflächenbeschichtung aufgetragen wird, sind in Abschnitt 3.4.7 beschrieben. Im folgenden beschäftigen wir uns mit der Anwendung des Beschichtungshärters 207 für Klarlackierung:

1. Die Oberfläche wird mit 80er oder feinerem Papier geschliffen, wobei immer in Richtung der Holzfasern gearbeitet wird.
2. Das Epoxidharz wird mit dem Härter 207 angemischt und auf die rohe Holzoberfläche aufgetragen, wo es bei Raumtemperaturen härtet. Diese Beschichtung verursacht in der Holzoberfläche ein leichtes Anschwellen der Fasern, d.h. sie wird sich nachträglich etwas rauh anfühlen. Daher wird die Oberfläche nach dem Aushärten noch einmal trocken übergeschliffen. Hierbei sollte man sehr vorsichtig vorgehen, damit nicht die getränkte Oberfläche selbst mit durchgeschliffen wird.

3. Aus der gleichen Harz/Härter-Mischung wird nun eine zweite Lage mit Rolle oder Schaumpinsel aufgetragen, wie in Abschnitt 3.4.7 beschrieben. Diese Schicht sollte möglichst gleichmäßig sein.
4. Eine dritte Beschichtung wird aufgebracht, nachdem die letzte Lage gerade zu härten begonnen hat (etwa 90 bis 120 Minuten bei 18°C). Hier sollte man besonders vorsichtig arbeiten, um eine gleichmäßige Schichtdicke ohne Tränen zu erreichen. In dem gleichen Verfahren wird nun weiter beschichtet, bis die gewünschte Dicke des Films erreicht ist. Jede Lage sollte möglichst eine gleichmäßige Schichtdicke erreichen.
5. Die Gesamtbeschichtung soll nun aushärten. Den Vorgang kann man mit etwas Wärme unterstützen, allerdings wird zu viel Hitze die Blasenbildung fördern.
6. Die Oberfläche wird zum Schluß mit 220er Papier naß geschliffen. Auch noch feinere Schleifpapiere sind möglich.

8.3 Auftrag einer transparenten Lackierung

Auch wenn ein Harzauftrag aus Harz 105 und Härter 207 schon eine hochglänzende Oberfläche gibt, empfehlen wir doch, zum Schluß noch

Polyurethanlack aufzutragen, um eine noch bessere Oberfläche zu erreichen. Dieser Lack wurde speziell entwickelt, um auf WEST SYSTEM Epoxidflächen aufgetragen zu werden und liefert größte Härte und Dauerhaftigkeit und gleichzeitig ein hochglänzendes Finish mit besonders guter UV-Beständigkeit.

Polyurethanlack ist so eingestellt, daß er aufgespritzt oder mit Rolle oder Pinsel aufgetragen werden kann, auch mit der Schaumrolle 800.

1. Die beiden Komponenten des PU-Lacks werden intensiv miteinander im vorgeschriebenen Mischungsverhältnis angemischt.
2. Bei größeren Flächen sollte immer mit der Schaumrolle 800 gearbeitet werden, die bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit eine gleichmäßige Schichtdicke erlaubt. Das bedeutet, daß hierbei Tränen kaum auftreten werden und daß für das Nachstreichen der Oberfläche mehr Zeit bleibt.
3. Für das Nachstreichen benutzen wir einen Pinsel hoher Qualität, der etwas zugespitzt ist, 50 bis 75 mm breit, je nachdem ob der Rumpf schwer zugängliche Bereiche aufweist.
4. Während des Auftrags wird man feststellen, daß die Rolle eine leicht genarbte Oberfläche hinterläßt, in der mitunter kleine Luftblasen eingeschlossen sind. Meistens steigen diese Bläschen nach oben und die Oberfläche glättet sich. Manchmal kann es aber doch vorkommen, daß man mit einem Pinsel die vorgerollte Fläche nachstreichen muß, um den Auftrag gleichmäßig zu verteilen und die Luftblasen zum Hochsteigen zu bewegen. Gleichmäßige Pinselstriche sind hierfür am besten, sobald eine ausreichend große Fläche mit der Rolle beschichtet wurde. Die Zeit, die einem für diese Nacharbeit bleibt, richtet sich sehr nach den klimatischen Bedingungen. Bei nicht zu hohen Temperaturen sollte hierfür wenigstens 5 Minuten zur Verfügung stehen; wenn das Wetter allerdings sehr warm ist, sinkt auch die Zeit.

Wenn Polyurethanlack aufgespritzt wird, muß man sich an die Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften (ebenso wie bei anderen Chemikalien) halten. Zusätzliche Hinweise können vom Hersteller bezogen werden. Das Einatmen von Dämpfen, Staub und Tröpfchen muß vermieden werden.

Wir werden oft gefragt, wie viele Lackschichten aufgetragen werden sollten. Die Antwort ist: Je mehr, desto besser, wobei zu beachten ist, daß der letzte Auftrag unbedingt einen hohen Glanzgrad aufweisen muß, wenn er dauerhaft sein soll. Zunächst können zwei oder drei Lagen über eine 105/207 Epoxidbeschichtung aufgebracht werden und jedes zweite oder dritte Jahr eine neue Schicht, um die hochglänzende Oberfläche zu erhalten. Dabei wird nicht nur der Oberflächenglanz

garantiert, sondern man überdeckt damit auch kleine Fehlstellen, wie z.B. Kratzer und behält einen ununterbrochenen Schutzfilm gegen UV-Strahlungen. Auf die Weise erreicht man eine extrem dauerhafte Beschichtung.

8.4 Farbige Lacke

Eine zweite Möglichkeit der Beschichtung besteht natürlich im Aufbringen von pigmentierten Lacken. Die Pigmente in dem Lack filtern einen Großteil der gefährlichen UV-Strahlung aus und schützen damit die darunterliegende Oberfläche. Allerdings setzt auch bei diesen Lacken über die Jahre eine leichte Alterung ein, so daß sie an Glanz verlieren. Mit hellen Farbtönen pigmentierte Lacke reflektieren mehr der UV-Strahlung und halten daher ihren Glanz länger als dunkle Farben. Der Schutz der Boots Oberfläche vor Hitze ist ein zweiter, warum man helle Farben bevorzugt (Abb. 8-1).

Es gibt verschiedene Farbsysteme auf dem Markt, unter anderem Emaillacke, Polyurethane (Ein- und Zweikomponenten) und lineare Polyurethane. Einige dieser Beschichtungssysteme sind dauerhafter als andere, manche bergen gewisse Gefahren beim Auftrag in sich. Das Technische Team von M.u.H. von der Linden GmbH erteilt Ihnen ausführliche Hinweise für die Anwendung von Lacken und Antifouling-Anstrichen.

Welches System auch immer gewählt wird, es ist notwendig, die Oberfläche entsprechend Abschnitt 3.3.8 dieses Handbuchs vorzubereiten und den Anwendungsempfehlungen des Farbenherstellers zu folgen.

8.4.1 Primer

Die meisten Farbsysteme haften auf einer angeschliffenen Epoxidoberfläche, manche allerdings erfordern als Zwischenschicht einen Primer, besonders Antifoulingfarbe. Wenn der Farbhersteller einen solchen Primer vorschreibt, wird die Epoxidfläche angeschliffen, bis sie ihren Glanz verloren hat und der Farbaufbau entsprechend den Anweisungen des Farbherstellers vorgenommen. Man sollte auf jeden Fall eine Probe an einer später nicht mehr sichtbaren Stelle machen, um die Haftung zum Epoxidharz zu prüfen. Fall ein Lackanstrich innerhalb der vorgesehenen Zeit nicht abbindet, muß ebenfalls der Hersteller befragt werden.

Wenn bereits die Epoxidschichten eingefärbt sind, und zwar in unterschiedlichen Tönungen, hat man eine gute Kontrolle, daß man nicht durch eine Schicht voll hindurch schleift. Außerdem deckt die Lackfarbe dann besser. Wenn wir in unserer Werft einen Rumpf farbig lackieren, fügen wir den Epoxidschichten bereits WEST SYSTEM Pigmente bei und benutzen dies als Kontrolle für eine gleichmäßige Beschichtung.

8.5 Die Reparatur von Kratzern und Rissen

Nachdem ein Boot repariert oder restauriert ist, wird es zum Schluß noch einmal auf eventuelle kleine Schäden hin geprüft, besonders auf Haarrisse. Nach dem ersten Jahr werden sich wahrscheinlich einige eingestellt haben. Nun gilt herauszufinden, ob das Boot zu "weich" ist und daher den Riß hervorgerufen hat, oder ob Feuchtigkeit eindringen konnte und damit zu einem Arbeiten des Holzes geführt hat. Es ist nicht notwendig, diese kleinen Risse sofort zu reparieren. Wenn das Boot zum Winterlager an Land genommen wird, werden diese Risse angeschliffen oder ausgekratzt, so daß der Bereich austrocknen kann. Die Epoxidharzbeschichtung wird repariert und ebenfalls die darüberliegende Lackfläche erneuert.

Wenn kleine Lunker oder Vertiefungen in der Lackschicht aufgetreten sind, werden diese ebenfalls ausgetupft, damit der Lack seine glänzende Oberfläche beibehält.

Alle zwei oder drei Jahre sollte eine neue Lackschicht aufgetragen werden oder wenn in der Zwischenzeit weitere Reparaturarbeiten vorgenommen werden.

8.6 Belüftung als Grundlage der Langlebigkeit

Belüftung ist einer der Schlüssel zur Langlebigkeit eines Holzbootes. Die beste Art, ein Boot in seinen Verbänden intakt zu halten und das Boot gleichzeitig wohnlicher zu machen, besteht darin, es möglichst trocken zu halten.

Besonders die Bilgen müssen trocken sein. Das gilt auch dann, wenn dieser Bereich mit Epoxidharz beschichtet ist. Vergewissern Sie sich, daß sich am Boden sammelndes Wasser gut abfließen kann und daß keinerlei Wasserfallen innerhalb der Struktur liegen. Nüstergatten müssen ausreichend groß und wirklich durchgängig sein. Unbedingt sollen Treibstoff und Öl aus der Bilge ferngehalten werden.

Auch eine nicht zu verschachtelte oder eng gebaute Einrichtung hilft bei einer guten Lüftung. Allzu leicht sammelt sich überflüssiges Zeug in einem Boot an. Wasserabsorbierendes Material (das können sowohl Papier wie auch Kleidungsstücke sein) sollten niemals direkt in Kontakt mit dem Holz-Innenausbau sein.

Wasserdichte Decks und auch Niedergänge und Luken sowie wirkungsvolle Lüfter mit guter Entwässerung (wie Dorade-Kästen oder Pilzlüfter) machen ein Boot sehr viel wohnlicher und trockener, wenn es unbeaufsichtigt an seinem Liegeplatz liegt.

All diese Gesichtspunkte gilt es einzuhalten, um das Boot insgesamt gut zu durchlüften. Wenn sie Fragen zu diesem Komplex haben, schlagen wir vor, die in Anhang D aufgelisteten Bücher zu nutzen.

Anhang A

Epoxid-Produkte Kaufhilfe

Füller-Verbrauchskalkulation

Die folgende Abbildung gibt die Menge an, die man anteilmäßig benötigt, um eine Kleber- oder Füller-Mischung mit den verschiedenen Füllern herzustellen.

Empfohlenes Mischungsverhältnis: Prozentanteil nach Gewicht, als Zugabe zu gemischtem WEST SYSTEM Epoxid. Alle Angaben sind Richtwerte.		
Füller	Klebe-Mischung (für Verbindungen)	Füller-Mischung für Füllen und Spachteln)
403	7%	16%
404	45%	60%
405	20%	25%
406	5%	8%
407	30%	35-40%
410	—	16%

Epoxid-Ergiebigkeitsrate

Ergiebigkeit je 1,0 kg gemischtes WEST SYSTEM Epoxid.

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 — 7,5 m ²	8,5 — 9,5 m ²
105 Harz mit 207 oder 209 Härter	7,0 — 8,0 m ²	9,0 — 10,0 m ²
Durch Zufügen von Füllern oder beim Tränken von Gewebe verringert sich die Ergiebigkeit.		

Anhang B

Mechanische Kennwerte von Hölzern

A-1 – Mechanische Kennwerte von Hölzern die häufig mit WEST SYSTEM* Markenepoxidharz verwendet werden.¹

Holzart	Spez. Gewicht ³	statische Biegung		Druck parallel zur Faser – Bruchfestigkeit	Druck senkrecht zur Faser – Bruchfestigkeit	Schub parallel zur Faser – Bruchfestigkeit	Zug senkrecht zur Faser – Bruchfestigkeit	Seitliche Härte – Kraft senkrecht zur Faser	Schlagbiegung – Fallhöhe beim Bruch
		Bruchfestigkeit	E-Modul ²	Arbeit bis zum Bruch					
		(N/mm ²)	(10 ³ N/mm ²)	(10 ³ N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N)	(mm)
Esche	0,55	66	9,8	4,5	27	4,6	9,5	4272	967
Balsa (mittel)	0,60	106	11,9	4,8	51	7,9	13,4	5874	1094
Birke	0,17	20	4,0		12	0,7	2,1	445	
	0,55	57	10,3	4,3	23	3,0	7,6	3471	1221
	0,62	114	13,8	5,6	56	6,7	12,9	5607	1399
Cedar (Alaska)	0,42	44	7,8	2,5	20	2,4	5,8	1958	687
	0,44	76	9,8	2,8	43	4,3	7,8	2581	738
Scheinzypresse	0,29	29	4,4	1,5	14	1,6	4,3	1023	381
	0,31	45	5,5	1,3	27	2,1	5,8	1424	305
Cedar (Port Orford)	0,39	45	8,9	2,0	22	2,0	5,8	1691	534
	0,43	87	11,7	2,5	43	4,9	9,4	2803	712
Western Red Cedar	0,31	36	6,5	1,4	19	1,6	5,3	1157	432
	0,32	52	7,6	1,6	31	3,2	6,8	1557	432
Douglas Fir (Küste)	0,45	53	10,7	2,1	26	2,6	6,2	2225	661
	0,48	85	13,4	2,7	50	5,5	7,8	3159	788
Hickory	0,64	76	10,8	6,4	32	5,8	10,4		1883
	0,72	137	14,8	6,9	63	12,1	16,7		1705
Lahuan (Agathis)	0,41	52	9,9		26		5,8	2225	
	0,44	78	11,5		40		7,5	2625	
Mahagoni (Honduras)	0,45	64	8,8	2,6	31		9,0	3115	
		80	10,4	2,1	45		8,9	3604	
Meranti, Dark Red	0,43	59	10,3	2,4	31			2492	
		83	11,1	3,1	48			2803	
Okoume/Gabun Kiefer (Loblolly)	0,37	50	7,8		27	2,7	5,9	1691	
	0,47	50	9,6	2,2	24			2002	763
	0,51	88	12,3	2,8	49	5,4	9,5	3070	763
Longleaf Pine	0,54	58	10,9	2,4	29	3,3	7,1	2625	890
	0,59	100	13,6	3,1	58	6,6	10,4	3871	865
Weymouthskiefer	0,34	34	6,8	1,4	17	1,5	4,7	1290	432
	0,35	59	8,5	1,8	33	3,0	6,2	1691	458
	0,59	67	10,8	2,4	37		6,8	2848	
Ramin		126	14,9	4,6	69		10,4	5785	
Black Spruce	0,38	37	7,3	2,0	18	1,0	4,5	1646	610
	0,40	71	10,5	2,8	37	3,6	7,0	2314	585
Sitka Spruce	0,37	39	8,5	1,7	18	1,9	5,2	1557	610
	0,40	70	10,8	2,5	39	4,0	7,9	2269	636
Teak	0,57	76	10,4	2,9	36		8,9	4761	
	0,63	88	10,9	2,7	49		10,2	4583	

¹ Auszug aus: Forest Products Laboratory, Wood Handbook, U.S. Department of Agriculture Handbook No. 72. (Government Printing Office, Washington, D.C., 1974). Seiten 4-7 – 4-17. Ergebnisse von Untersuchungen an kleinen, klaren, geradfasrigen Probekörpern. Werte in der ersten Zeile der einzelnen Holzarten stammen von Untersuchungen an grünem Holz; diejenigen in der zweiten Zeile jeder Art sind auf 12% Holzfeuchte eingestellt.

² Elastizitätsmodul gemessen an einem einfach gestützten, mittig belasteten Balken mit einem Spannweite/Tiefe-Verhältnis von 14:1. Der Kennwert kann als Korrektur für den Effekt der Schub-Durchbiegung um 10% erhöht werden.

³ Das spezifische Gewicht basiert auf dem Darrgewicht mit dem k"grünen" Volumen oder bei 12% Holzfeuchte.

* Eingetragenes Warenzeichen der Gougeon Brothers, Inc., U.S.A.

A-4 – Prozentuale Steigerung der Holzkennwerte bei 1% Verringerung der Holzfeuchte^{1,2}

Holzarten	statische Biegung				Druck parallel zur Faser – Bruchfestigkeit	Druck senkrecht zur Faser	Schubfestigkeit parallel zur Faser	seitliche Härte
	Faserspannung an der Elastizitätsgrenze	Bruchfestigkeit	E-Modul	Brucharbeit ³				
Esche	4,1	3,5	1,4	0,4	4,7	4,8	2,9	2,4
Birke	6,0	4,8	2,0	1,7	6,1	5,6	3,6	3,3
Scheinzypresse	5,4	3,6	1,8	-1,5	5,9	2,3	2,8	3,0
Port Orford Cedar	5,7	5,2	1,6	1,7	6,2	6,7	2,2	2,8
Western Red Cedar	4,3	3,4	1,6	1,3	5,1	5,1	1,6	2,3
Douglas Fir	4,5	3,7	1,8	1,9	5,5	5,0	1,7	2,9
Echtes Hickory	4,9	4,8	2,8	-0,7	5,9	6,6	-3,9	–
Honduras Mahagoni	2,6	1,3	0,8	-2,9	2,5	3,9	–	1,0
Weymouthskiefer	5,6	4,8	2,0	2,1	5,7	5,6	2,2	2,2
Sitka Spruce	4,7	3,9	1,7	2,0	5,3	4,3	2,6	2,4

¹ Auszug aus Munitions Board Aircraft Committee. *Design of Wood Aircraft Structures, ANC-18, 1951* (National Technical Information Service/U.S. Department of Commerce Reprint AD-490 100, Springfield VA), Seite 13.

² Die Korrekturen der Festigkeitswerte sollten hintereinander je 1% Änderung in der Holzfeuchte vorgenommen werden, bis die vollständige Änderung abgedeckt ist. Je 1% Verringerung des Feuchtigkeitsgehalts wird der Festigkeitswert mit (1+P) multipliziert, wobei P der prozentuale Korrekturfaktor ist, der in der Tabelle als Dezimalzahl angegeben ist. Je 1% Steigerung des Feuchtigkeitsgehalts wird der Festigkeitswert mit (1+P) dividiert.

³ Negative Werte bedeuten eine Reduzierung der Brucharbeit bei einer Verringerung des Feuchtigkeitsgehalts.

A-6 – Darrgewichte von Furnieren verschiedener Dicken¹

Holzarten	spez. Gewicht ²	Lufttrockene Holzfeuchte (in%)	Flächengewicht von Furnieren (in kg/m ²)			
			Furnierdicke (in mm)			
			1,6	3,1	4,7	6,25
Esche	0,58	8,9	0,92	1,84	2,76	3,68
Birke	0,63	9,6	0,99	2,00	3,00	4,00
Spanish Cedar	0,37	7,3	0,59	1,17	1,76	2,35
Red Cedar	0,31		0,56	1,12	1,67	2,24
Douglas Fir	0,51	6,2	0,81	1,62	2,43	3,23
Mahagoni, afrikanisch	0,46	8,0	0,73	1,46	2,19	2,92
Mahagoni, zentral-amerikanisch	0,49	7,9	0,78	1,56	2,34	3,11
Sitka Spruce	0,38	8,9	0,60	1,21	1,81	2,42

¹ Auszug aus Michelin and Devereaux, Seite 163.

² Bezieht sich auf Darrgewicht und lufttrockenes Volumen.

A-7 – Ungefähre Gewichte von fertigen Western Red Cedar-Laminaten¹

Anzahl von 3,1 mm dicken Lagen	mittleres Flächengewicht (in kg/m ²)
4 (ges. 12,4 mm)	6,34
5 (ges. 15,5 mm)	8,05
6 (ges. 18,6 mm)	9,75
7 (ges. 21,7 mm)	11,46
8 (ges. 25,8 mm)	13,17
9 (ges. 28,9 mm)	14,63

¹ Schließt das Gewicht von WEST SYSTEM Harz ein, das zur Verleimung und Beschichtung sämtlicher Oberflächen verwendet wurde. Alle Probekörper wurden in den Versuchseinrichtungen der Gougeon Brothers, Inc. gewogen.

Anhang C

Spezielle und handelsübliche Werkzeuge, die in diesem Handbuch gebraucht werden.

Aufstellung Maschinenwerkzeuge:

Tischkreissäge mit kippbarem Sägeblatt, 255mm.

Elektrische Handkreissäge, mit 180mm Durchmesser.

Elektrische Stichsäge.

Elektrische Polierscheibe, 175mm Durchmesser mit 12mm Schaumteller. Wir benutzen 200mm 50er und 80er selbstklebendes Schleifpapier für grobes Abschleifen.

Schwingschleifer — entweder 100mm x 200mm oder 100mm x 100mm

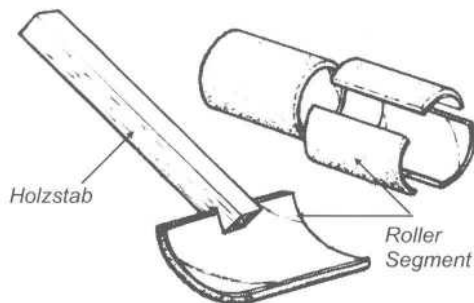
Oberfräse 1000 Watt

Der Gebrauch dieser Geräte hängt von der Größe der Reparatur jedes einzelnen Vorgangs ab. Falls Sie diese Maschinen noch nicht besitzen, empfehlen wir den Kauf nach Bedarf. Es scheint im Gegensatz zu den gängigen Werkzeugen nur eine kleine Auswahl zu sein, aber zusammen mit den Handwerkzeugen, die wir hier zeigen, reicht es aus, um die Reparaturen, die wir in diesem Handbuch beschreiben, zu erledigen.



Bild 1 — Mindest-Werkzeug-Satz: (1) verstellbarer Anschlagwinkel; (2) Wasserwaage; (3) Schere; (4) Schmiegenstock; (5) Bohrersatz; (6) Zentrumsbohrer; (7) Elektrische Bohrmaschine; (8) Putzhobel; (9) Zirkel; (10) Maßband; (11) Anreißschnur; (12) Latthammer; (13) Schraubenzieher; (14) Raspel; (15) Teppichmesser; (16) Holzstichsäge; (17) Stecheisen; (18) Krampenzieher; (19) Klammer-Pistole

Schaumpinsel



Kratzer aus einer alten Feile

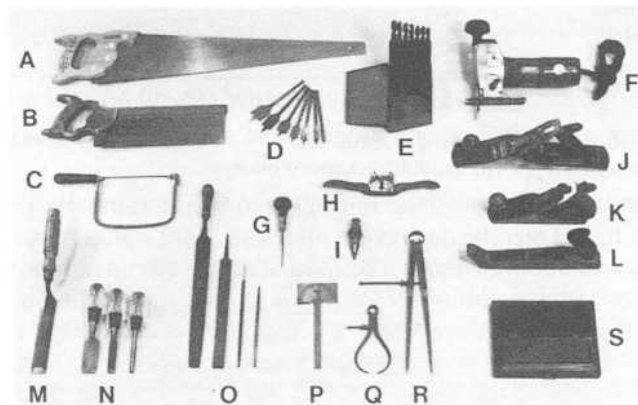
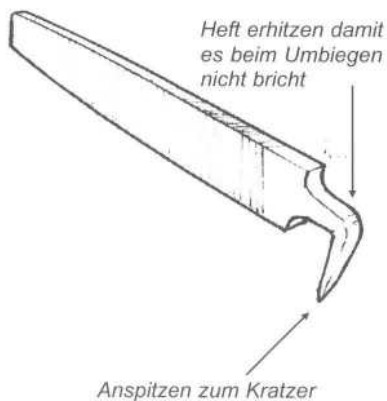


Bild 2 — Erweiterter Werkzeugsatz: (A) Fuchsschwanz; (B) Fuchsschwanz für Gehrungslade; (C) Bügelsäge; (D) Zentrumsbohrer, großer Satz; (E) Spiralbohrer, großer Satz; (F) elektrische Stichsäge; (G) Ahle; (H) Ziehklängen-Hobel; (I) Lot; (J) Schrupphobel; (K) Schlichthobel; (L) Raspelhobel; (M) Stecheisen, gekröpft; (N) Stecheisen-Sortiment; (O) Feilen- u. Raspelsortiment; (P) Winkelmesser; (Q) Taster; (R) Zirkel; (S) Abziehstein.

Anhang D

Weitere Fachliteratur

Bingham, Bruce. *THE SAILOR'S SKETCHBOOK*. Camden, ME: Seven Seas, 1983.

Butler, Paul and Marya. *FINE YACHT FINISHES FOR WOOD AND FIBERGLASS BOATS*. Camden, ME: International Marine Publishing Co., 1987.

Chapelle, Howard L. *BOATBUILDING*. New York: W. W. Norton & Co., 1969.

Duffett, John. *BOAT OWNER'S GUIDE TO MODERN MAINTENANCE*. New York: W. W. Norton & Co., 1985.

Editors of *WoodenBoat* Magazine. *WOODEN BOAT: AN APPRECIATION OF THE CRAFT*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co., 1982.

THE GOUGEON BROTHERS ON BOAT CONSTRUCTION. Bay City, MI: Gougeon Brothers, Inc., 1985.

Deutsche Ausgabe: MODERNER HOLZBOOTSBAU

McIntosh, David C. "Bud". *HOW TO BUILD A WOODEN BOAT*. Brooklin, ME: WoodenBoat Publications, Inc., 1987.

Monk, Edwin. *MODERN BOAT BUILDING*. New York: Charles Scribner's Sons, 1973.

Skoog, Jim. *CRUISING IN COMFORT*. Camden: International Marine Publishing Co., 1986.

Spurr, Daniel. *SPURR'S BOAT BOOK: UPGRADING THE CRUISING SAILBOAT*. Camden, ME: Seven Seas, 1990.

Steward, Robert M. *BOATBUILDING MANUAL*. Camden, Me: International Marine Publishing Co., 1980.

Temple, Mark O. *THE COMPLETE STEP-BY-STEP BOAT REPAIR & RESTORATION HANDBOOK*. Blue Ridge Summit, PA: TAB Books Inc., 1981.

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

Praktische Hinweise zum Reparieren von Kunststoffbooten

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

Übersetzung vom Englischen ins Deutsche:

M.u.H. von der Linden GmbH
Postfach 100543, D-46463 Wesel
Tel. +49-(0)281-33830 0, Fax 33830 30
Internet: www.vonderlinden.de
email: service@vonderlinden.de

ISBN Nr. 3-926308-04-4

**WEST
SYSTEM**



Published by

Gougeon Brothers, Inc.
P.O. Box X908
Bay City, MI 48707 USA

Wessex Resins and Adhesives Limited stellt in Lizenz von
Gougeon Brothers Inc., WEST SYSTEM Produkte her
und vermarktet sie in Europa.

M.u.H. von der Linden GmbH, D-46483 Wesel ist
Importeur und Distributor für WEST SYSTEM in den
deutschsprachigen Ländern sowie für
anwendungstechnische Fragen zuständig.

