



Schichtdienst

Die Sandwich-Bauweise ist fast so alt wie der GfK-Bootsbau selbst, heute werden fast alle Serienyachten und auch die meisten Einzelbauten aus Gewichts- und Festigkeitsgründen in diesem Verfahren produziert. Besonders Balsaholz war und ist als Kernmaterial aufgrund vieler Vorzüge sehr beliebt, führt aber mit fortschreitendem Alter einer Yacht oft zu Problemen. Jan Kuffel beschreibt die Kernsanierung eines 25 Jahre alten Regattaschiffes.

Ich wollte ein Boot kaufen und bekam säckeweise Torf!“ Dieser Ausspruch eines frustrierten Gebrauchtbootkäufers mag zwar übertrieben klingen, beschreibt aber genau das, was mit alten Konstruktionen aus Balsa-Sandwichmaterial in Extremfällen passieren kann. Grundsätzlich sind Sandwich-Konstruktionen im Bootsbau eine wirklich feine Sache. Gerade für Schiffe aus Verbundmaterialien wie GfK lassen sich enorme Gewichtseinsparungen und gute Festigkeitswerte erzielen. Lamine aus Glas oder anderen Fasern können für sich selbst betrachtet zwar schon hohe Kräfte aufnehmen, da sie aber in der Regel relativ dünn ausgeführt werden, weisen sie nur geringe Beulsteifigkeit auf. Hier kann man durch ein System aus Versteifungen wie Decksbalken und Stringer ausreichend Stabilität erzielen, dies bedeutet aber einen hohen

Konstruktions- und Arbeitsaufwand und macht den Gesamtverbund sehr schwer. Einen Sandwichaufbau kann man hingegen wesentlich einfacher realisieren und er wird bei gleicher oder besserer Steifigkeit je nach gewähltem Kernmaterial um ein vielfaches leichter ausfallen. Hierbei besteht die Sandwichkonstruktion aus einer oberen und unteren Laminat-Deckschicht, das Kernmaterial dazwischen fungiert prinzipiell als Abstandhalter, und dies sehr effektiv, denn die Steifigkeit eines Bauteils steigt im Quadrat zu seiner Stärke (in diesem Fall Dicke) an. In einer Sandwichkonstruktion erhöht der Kern über die Wandstärke die Steifigkeit und wirkt dabei wie der Steg in einem Doppel-T-Träger. In letzterem nehmen der Ober- und Unterzug die Zug- und Druckbelastungen auf, auf den Steg hingegen wirken lediglich Scherkräfte, dementsprechend leicht

kann er ausgeführt werden.

Ein gutes Kernmaterial zeichnet sich also dadurch aus, dass es die oben beschriebenen Scher- und Schubkräfte gut aufnehmen kann. Weiterhin sollte es ein gewisses Mindestmaß an Druckfestigkeit aufweisen, damit die unter Drucklast stehende Deckschicht nicht in Richtung des Kerns einknicken und brechen kann.

Für den Einsatz im Bootsbau ergeben sich aber noch andere Anforderungen. Zum einen muss das Material mit den in Laminaten verwendeten Harzen kompatibel sein und eine gute Klebeanbindung ermöglichen. Darüber hinaus sind gute Isolationseigenschaften in Bezug auf Temperaturen und Schalldämmung wünschenswert.



Sandwichkonstruktion mit Schaumkern. Wichtig ist eine gute Klebeanbindung zwischen dem Kern und den Deckschichten.



PVC-Schäume werden in vielen Ausführungen und Stärken angeboten, sie müssen auf den jeweiligen Verwendungszweck abgestimmt sein.

Kernmaterialien

Aufgrund der genannten Anforderungen haben sich im Bootsbau drei Hauptgruppen an Kernmaterialien durchgesetzt. So sind mittlerweile geschlossenzellige PVC-Schäume die bevorzugte Wahl vieler Serienwerften. Sie bestehen aus einem Gemisch aus Polyvinylchlorid (PVC) und Polyurethan (PU). Sie weisen gute dynamische und statische Festigkeit auf und sind sehr resistent gegen Wasseraufnahme. Darüber hinaus ermöglichen sie eine gute Verankerung der Deckschichtlamine. Allerdings

muss man hier zwischen zwei Arten von Materialien unterscheiden – vernetzten und unvernetzten (linearen) PVC-Schäumen. Unvernetzte Schäume wie etwa Airex sind zäher und flexibler als vernetzte, können aber nicht mit Polyesterharzen verarbeitet werden, da sie von den Styrolen im Harz angegriffen werden. Hier kommt nur ein Laminat mit Epoxidharzen in Frage. Vernetzte Schäume hingegen sind bei gleichem Raumgewicht wesentlich härter und temperaturbeständiger, erzeugen also eine steifere Sandwichstruktur bei einem gegebenen Gesamtgewicht. Im Handel werden solche vernetzten

Schäume unter anderem unter den Markennamen Herex, Divinycell, Klegecell oder Termanto geführt. Je nach Anwendungszweck und daraus resultierender erforderlicher Stabilität werden PVC-Schäume in unterschiedlichen Dichten angeboten. Je höher die Dichte, desto größer ist die Belastbarkeit und leider auch das Gewicht des Materials. Gängige Größen bewegen sich hier zwischen 40 Kilogramm pro Kubikmeter und 200 Kilogramm pro Kubikmeter. Das Plattenmaterial wird in Materialstärken zwischen 5 und 50 Millimetern geliefert.



Balsaholz als Sandwich-Kern ist noch heute bei vielen Werften populär, es verfügt über gute mechanische Eigenschaften und Isolationswerte. Problematisch ist die Empfindlichkeit, wenn Feuchtigkeit eindringt.

Honigwaben

Noch leichter und steifer können Sandwichkonstruktionen ausfallen, wenn als Kern sogenanntes „Honexcomb“-Material wie zum Beispiel Nomex zum Einsatz kommt. Es besteht aus einer sechs- oder achteckigen Wabenstruktur aus Aramid (Kevlar)-Papier, die mit Phenolharzen beschichtet ist. Dieses Material kam Anfang der achtziger Jahre für den Bau von High-Tech-Regattayachten in Mode und war Anfangs mit vielen Problemen verbunden. Aufgrund der geringen Klebeflächen zwischen den Decklaminaten und der Zellwandung kam es besonders in Extremregatten wie dem Whitbread-Race zu vielen Rumpfschäden durch Delamination, so brachen zum Beispiel auf den Maxiyachten DRUM und COTE D'OR durch extreme Stampfbewegungen

Vorarbeiten

Abb. 1: Vor dem Bearbeiten des Decks müssen alle Beschläge demontiert werden, bei vielen Serienschiffen mit Innenschale kommt man allerdings nur schwer von unten an die Muttern heran.

Abb. 2: Geschädigte Bereiche werden mit der Trennscheibe aufgeschnitten, hierbei sollte man zunächst mit kleinen Flächen beginnen.

Abb. 3: Wenn sich das Decklaminat so einfach abziehen lässt, besteht keinerlei Verbund mehr zwischen Kern und Deckschichten.

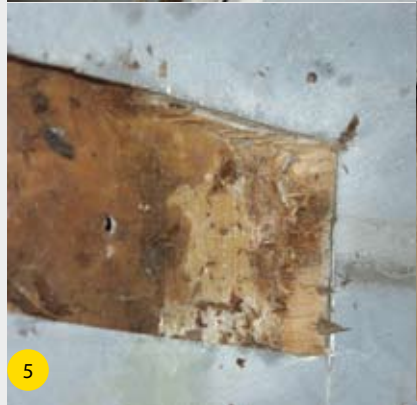
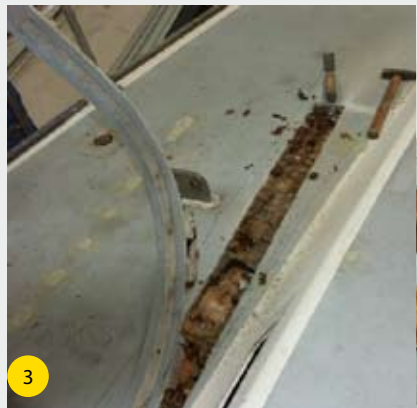
Abb. 4: Hier liegen die Balsa-Klötzchen nur noch lose auf dem unteren Laminat und sind komplett nass.

Abb. 5: Anschließend wird die Reparaturstelle vergrößert, bis man in gesunde Bereiche kommt.

Abb. 6: Die Reparaturstellen und das untere Laminat müssen gut abtrocknen, bis der Neuaufbau beginnen kann.

Abb. 7: Die vorbereitete Reparaturstelle. Nun müssen noch die Laminatkanten angeschrägt werden, um später das neue Decklaminat aufbringen zu können.

Abb. 8: Vor dem Laminieren müssen alle alten Farbschichten sowie das Gelcoat abgeschliffen werden, nur dann kann sich der neue Laminataufbau richtig verankern.





Offene Schnittkanten zum Sandwichkern dürfen nie unversiegelt bleiben, hier wird unweigerlich Feuchtigkeit in das Balsaholzziehen, was den Klebeverbund zerstört und einen zunächst unsichtbaren Verrottungsprozess in Gang setzt.

große Bereiche der Bugsektionen. Diese Kinderkrankheiten sind aber mittlerweile durch in ihrer Klebekraft wesentlich verbesserte Harze und weiterentwickelte Bauverfahren wie das Tempern kompletter Rümpfe und Decks weitestgehend behoben und Honigwaben stellen mittlerweile den Standard im gewichtsoptimierten Regattayachtbau.

Der Dauerbrenner: Balsaholz

Das klassische Kernmaterial für Sandwichkonstruktionen ist hingegen ein Naturprodukt, nämlich Balsaholz. Im Grunde genommen könnte man Holz als „natürlichen Wabenkern“ bezeichnen, denn es

weist, wenn auch mikroskopisch klein, eine ähnliche Struktur auf wie die Honeycomb-Kerne, auch ihre mechanischen Eigenschaften sind durchaus vergleichbar. Seine positiven Eigenschaften wie geringes Gewicht, hohe Druck- und Scherfestigkeit sowie gute Isolationswirkung haben diesen Werkstoff schon lange im Leichtbau etabliert. Eine der frühesten Anwendungen als Sandwich-Kernmaterial findet sich im Bau von Flugbooten in den vierziger Jahren, hier wurde Balsaholz mit Aluminiumblech als Deckschicht versehen für die Konstruktion der Schwimmer eingesetzt, da diese beim Starten und Landen enormen Belastungen ausgesetzt waren und dennoch so



Das Einbauöffnung für das Vorluk war zwar mit einer Laminatkante versehen, dennoch hatte der Kern auch hier über die Verschraubung Wasser gezogen und war stellenweise gar nicht mehr vorhanden.

leicht wie möglich ausgeführt werden mussten. Im GfK-Bootsbau kommt es seit den sechziger Jahren zur Anwendung, zunächst nur in Decks, später auch in Rümpfen und im Innenausbau. Obwohl mittlerweile mit den oben beschriebenen noch leichtere Sandwich-Kernmaterialien zur Verfügung stehen, setzen heute noch viele Werften aufgrund seiner recht einfachen Verarbeitung aufgrund der genannten guten Eigenschaften auf den Einsatz von Balsaholz. Gebräuchlich ist Balsahirnholz als Plattenware von 3 bis 50 Millimeter Stärke oder in Würfelform, die durch einen Netzrücken gebunden wird.

Der große Nachteil von Balsaholz als Kernmaterial bildet auch das eigentliche Thema dieses Artikels, die Anfälligkeit dieses Materials für Schäden durch Feuchtigkeit. Wie jedes organische Material unterliegt auch Balsaholz einem natürlichen Verfall, durch den Kontakt mit Wasser wird ein Verrottungsprozess in Gang gesetzt, der im kompletten Zerfall des Zellverbunds mündet. Im Fall von Sandwichkonstruktionen beginnen die Probleme allerdings schon früher, denn durch die eingedrungene Feuchtigkeit wird zunächst der Klebeverbund zwischen Kern und Deckschichten zerstört, das Bauteil verliert sukzessive seine Beulsteifigkeit und eingeleitete Kräfte schädigen den Verbund weiter. Die Lösung des Problems ist theoretisch recht simpel, in der Praxis des Yachtbaus aber nur unter einem gewissen Aufwand zu erreichen – es darf schlicht keine Feuchtigkeit in den Sandwich-Verbund eindringen.

So muss zunächst sichergestellt sein, dass durch den Laminatverbund der Deckschichten keine Feuchtigkeit in die Struktur diffundieren kann. Wie schon durch die Probleme der Osmose beziehungsweise der dadurch hervorgerufenen Hydrolyse bekannt, bieten reine Polyesterlamine mit einem entsprechenden Gelcoat hier keinen ausreichenden Schutz, doch gerade aus diesem Material sind die meisten älteren GfK-Schiffe gebaut. Weiterhin ist es wichtig, dass alle Durchbrüche in der Sandwichstruktur, also alle Bohrungen für Beschläge, Montagelöcher für Stützen und ähnliches zum Sandwichkern nachhaltig versie-



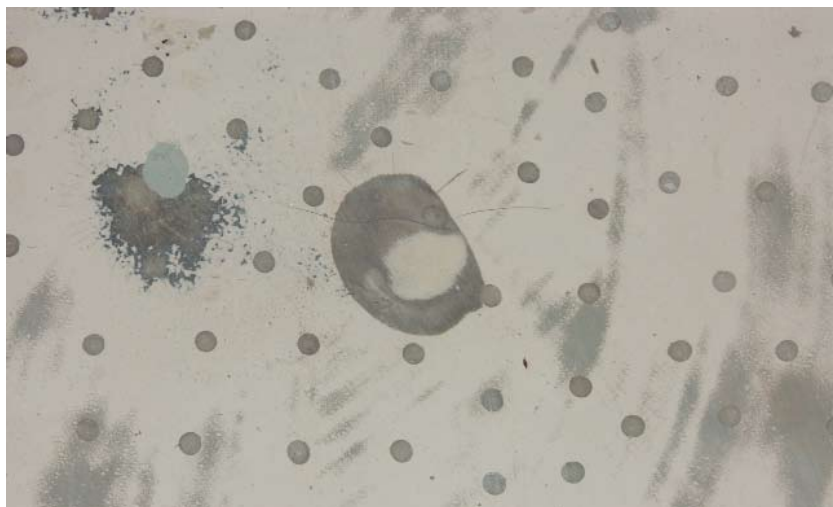
Eine Stelle von vielen, der Deckstützen für den Dieseltank. Auch hier mußte großflächig saniert werden.

gelt werden, ein simples Abdichten von Löchern mit dauerelastischer Dichtmasse reicht hier bei weitem nicht aus. Weiterhin sind leichte Sandwich-Kerne in der Regel nicht in der Lage, hohe Punktbelastungen, beispielsweise durch Beschläge wie Winschen und Schotschienen, die großen Kräften ausgesetzt sind, aufzunehmen, hier müssen an den entsprechenden Stellen große Inlays aus druckstabilem Material wie Hartholz oder Metall vorgesehen werden (siehe auch Palstek 6-06). Das tückische an Wasserschäden in Balsa-Sandwichkonstruktionen ist es, dass Leckagen an Beschlägen zunächst nicht bemerkt werden, da das Wasser in vielen Fällen nicht unter Deck läuft, sondern zunächst vom Kern aufgesaugt wird. Dass

hier etwas im wahrsten Sinne faul ist, wird dann meist erst sichtbar, wenn die Sandwich-Struktur spürbar nachgibt und/oder sich erste Risse im Gelcoat zeigen. Für eine rechtzeitige Reparatur ist es dann aber in der Regel schon zu spät, denn ist der Kern erst einmal feucht, bekommt man das Wasser nicht mehr heraus und der Schaden breitet sich weiter aus, wenn nicht aufwendig saniert wird.

Versäumnisse beim Bau

Gerade viele ältere GFK-Yachten mit Balsa-Sandwichdecks und -rümpfen zeigen heute Schäden, die schon durch Versäumnisse während des Baus durch mangelnde Erfahrung oder Kostendruck hervorgerufen



Nachdem Abschleifen fandensich unzählige Zeugen früherer Reparaturversuch in Form mit Harz verfüllter Bohrlöcher. Das Injizieren von Harz stellt aber keine ausreichende Baufestigkeit mehr her.



Frost beschleunigt die Zerstörung einer feuchten Sandwichkonstruktion durch hohen Druck, der die Schichten auseinandersprengt.

wurden. Das Deck unseres Beispielschiffes, einer amerikanischen J-41 des Herstellers J-Boats, weist nahezu alle Fehler auf, die man als Werft in dieser Hinsicht machen kann. Das Boot ist ein ehemaliger IOR-Eintonner und wurde zwischen 1983 und 1985 in Kleinserie nur für Regattazwecke komplett in Balsa-Sandwich gebaut. Solche Konstruktionen sind heute für ernsthafte Regatten aufgrund geänderter Vermessungsformeln kaum noch geeignet und lassen sich auch nur unter großem Aufwand für Fahrtzwecke umgestalten, dementsprechend günstig werden sie gehandelt. Dieses spezielle Exemplar stand darüber hinaus bereits mehrere Jahre ungenutzt und ungeschützt an Land, war in einem erbärmlichen

Zustand und nur noch als Projekt zu betrachten. Schon bei der ersten Inspektion stellte sich heraus, dass die Rumpfstruktur im Wesentlichen intakt und der Balsa-Kern trocken war. Anders sah die Lage an Deck aus, es präsentierte sich über große Bereiche von Rissen durchzogen und feucht, hier zeichnete sich erheblicher Sanierungsbedarf ab.

Trockener Hallenplatz

Für die anstehenden Arbeiten wurde das Schiff in eine trockene und gut belüftete Halle überführt, wo zunächst alle Decksbeschläge demontiert wurden. Bereits hier zeigte sich, wo die Gründe für den aktuellen Zustand des Decks verborgen waren. So stellte sich heraus, dass



Mandarf nicht mit zu grobem Gerät zu Werke gehen, um auch nach dem Schleifen noch eine möglichst plane Oberfläche zu haben. Exzenterschleifer haben sich hier bewährt.

alle Beschläge durch die Sandwich-Struktur gebolzt und lediglich mit Silikon gedichtet waren, eine Maßnahme, die längerfristig keine dichte Verbindung erzeugen konnte. Auch große Ausschnitte im Deck für die Mastdurchführung wiesen keinerlei Versiegelung der Schnittkanten auf. Anschließend wurde an allen offensichtlich schadhafte Decksbereichen mit einem Winkelschleifer und Diamantscheibe das Decklaminat aufgeschnitten. Hierbei galt es allerdings, eine gewisse Vorsicht walten zu lassen, denn zum einen sollte das untere Laminat möglichst unbeschädigt erhalten bleiben, um später eine Grundlage für den Neuaufbau zu haben, zum zweiten durfte das Deck nicht durch zu große Ausschnitte seine Festigkeit verlieren und womöglich durchhängen. Dies war wichtig, da unter Deck fast keine Einbauten für eine zusätzliche Aussteifung der Deckstruktur sorgten, große ebene Flächen bezogen ihre Steifigkeit nur aus dem ohnehin schon stark geschädigten Sandwichverbund. Nachdem die Schadenstellen freigelegt waren, stellte sich ein weiterer Aha-Effekt ein. Offensichtlich lag ein großer Teil des Problems in den Inlays verborgen, die die Kräfte von Winschen, Schienen und Stopperrn aufnehmen sollten – es gab nämlich keine. Die Werft hatte sich offensichtlich ganz auf die Druckfestigkeit des Balsaholz-Kerns verlassen und alle, auch hochbelastete, Beschläge einfach durch den Kern geschraubt. Dies führte nicht nur zu ständigen Leckagen, sondern auch zu einer permanenten Überbelastung der kompletten Struktur, was sich in unzähligen Rissen an Deck äußerte. Hier hatte die amerikanische Werft offensichtlich erheblich gepfuscht, allerdings kann man zu einer zumindest geringfügigen Ehrenrettung der amerikanischen Bootsbauer anführen, dass gerade Rennyachten nicht für langjährigen treuen Einsatz konzipiert werden, sondern eher für ein kurzes, aber möglichst erfolgreiches Leben auf der Regattabahn. Auch mit einem fünfundsiebenzig Jahre alten Rennwagen wird sicherlich niemand zum 24-Stunden-Rennen antreten, ohne ihn vorher von Grund auf überholt zu haben. Unter diesen Voraussetzungen war es hingegen eher ein Wunder,

■ Die die einzelnen Sanierungsschritte

Abb. 1: Mit angedicktem Epoxidharz werden zunächst die Kanten verfüllt und ein Spachtelbett angelegt.

Abb. 2: Die Kanten des neuen Kerns werden ebenfalls dick eingestrichen.

Abb. 3: Das neue Kernmaterial wird in das Spachtelbett gedrückt, bis es nahezu bündig mit der Oberfläche abschließt.

Abb. 4: Anschließend werden die Fugen mit angedicktem Harz verspachtelt und glattgezogen.

Abb. 5: Vor dem Anrühren des Harzes werden die Faserplatten zugeschnitten, hierfür sollte man speziell geschliffene Scheren für Hochlastfasern verwenden.

Abb. 6: Die Kanten des zu laminierenden Bereichs wurden zunächst abgeklebt, um einen sauberen Abschluss zu erreichen.

Abb. 7: Nachdem der Untergrund eingeharzt ist, werden die Faserplatten trocken aufgelegt. So wird zunächst überschüssiges Harz vom Untergrund aufgesaugt.

Abb. 8: Anschließend wird mit der Schaumrolle solange Harz eingerollt, bis das Glas gleichmäßig getränkt und transparent ist.



dass nicht bereits Winschen oder Schienen komplett aus dem Deck gerissen worden waren.

Kernsanierung

Um das Deck wieder in einen stabilen und ansehnlichen Zustand zu versetzen, musste also von Grund auf saniert werden. Dies beinhaltete den Austausch des Sandwich-Kerns an allen geschädigten Stellen, das Einbetten geeigneter Inlays an besonders belasteten Stellen, sowie einen komplett neuen Laminatüberzug, um die zerrissene Oberfläche zu reparieren.

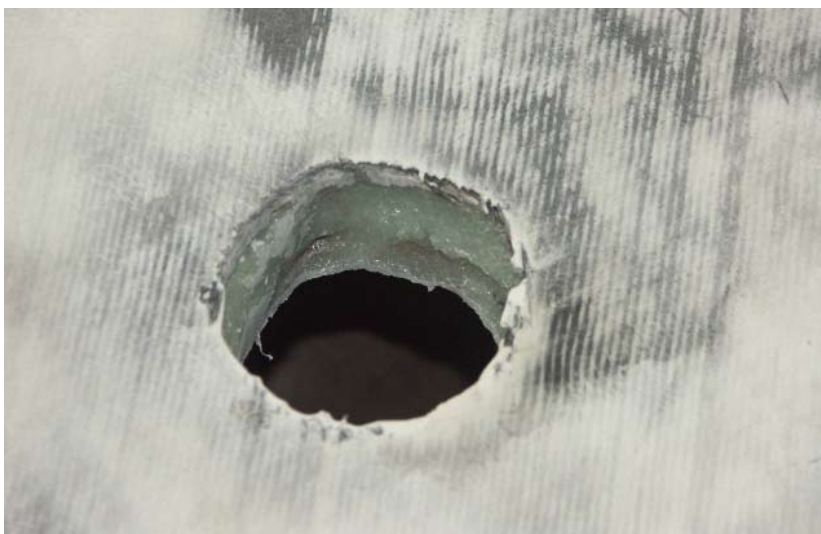
Nachdem alle geschädigten und feuchten Bereiche geöffnet waren, wurden die Reste des alten Balsaholzkerns entfernt, was sich recht mühelos gestaltete, da sie keinerlei Verbund mehr mit dem Untergrund aufwiesen. Hierbei war es oft erforderlich, die aufgeschnittenen Stellen sukzessive zu vergrößern, um sich so vorsichtig an die gesunde Struktur heranzutasten. Gesund bedeutet hier, dass der Kern noch trocken und fest mit dem Ober- und Unterlaminat verbunden war. Mit einem Winkelschleifer und Lamellenscheibe wurden als Abschluss alle Kanten des Decklaminats großflächig angeschrägt, da hier später mehrere Lagen Glas aufgebracht werden sollten, um die ursprüngliche Schichtstärke wieder herzustellen.

Anschließend erfolgte die eigentliche Knochenarbeit. Da das komplette Deck einschließlich Aufbau und

Cockpitwanne neu überlaminiert werden sollte, mussten zunächst sämtliche Schichten alter Decksfarbe sowie des ursprünglichen Gelcoats entfernt werden, was tagelange mühevoller Schleiferei bedeutete. Besonders das Gelcoat erwies sich als extrem hart, was eigentlich den Einsatz von grobem Gerät erfordert hätte. Leider erzeugt man aber zum Beispiel mit einem Bandschleifer sehr leicht eine sehr unebene Oberfläche, was sich durch Spachteln nur sehr schwierig korrigieren lässt. Im vorliegenden Fall kamen Exzentrerschleifer zum Einsatz, die zwar weniger Abtrag aufweisen, dafür aber ein wesentlich glatteres Schleifergebnis erzeugen.

Der Wiederaufbau

Als neues Kernmaterial sollte in jedem Fall PVC-Schaum zum Einsatz kommen, um ein Durchfeuchten der Deckstruktur von vornherein auszuschließen. Für die erforderlichen Qualitäten ließ man sich von den Kompositexperten der Firma CTM (www.ctmat.de) beraten, die aufgrund der Bootsdaten die erforderlichen Festigkeitswerte ermittelten. So kam für die niedriger Belasteten Decksbereiche ein relativ leichter Corecell-Schaum zum Einsatz, als Inlays wurde das gleiche Material mit wesentlich höherer Dichte verwendet, der speziell für punkartige Belastungen ausgelegt ist. Letzteres hatte den Vorteil, dass sich die Inlays aus Schaum wesentlich



Alle Schnittkanten wurden mit angedicktem Epoxidharz verfüllt, um das erneute Eindringen von Feuchtigkeit auszuschließen. Zuvor sollten die Öffnungen von unten zugeklebt werden.



Bei umfangreichen Schleifarbeiten ist eine effiziente Staubabsaugung unverzichtbar.

leichter bearbeiten lassen als solche aus Hartholz oder Aluminium, obendrein sparen sie so obendrein Gewicht. Als Reparatur- und Laminierharz kam das System E28L der Firma HP Textiles (hp-textiles.com) zum Einsatz, ein Epoxid-System, das sich durch eine sehr hohe Klebkraft, gute Tränkung der Fasern beim Laminieren sowie angemessene Verarbeitungszeiten auszeichnet. Darüber hinaus ist zum Verarbeiten nur eine Minimaltemperatur von 15 Grad Celsius nötig, andere Harze liegen oft bei mindestens 18 oder sogar 20 Grad Celsius. Da die Halle, in der das Boot stand, nicht beheizt war, ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Das Zuschneiden und Einpassen der neuen Kernteile gestaltete sich erwartungsgemäß unproblematisch, mit einer Handsäge und einem Cutter lässt sich das Material mühelos in die passende Form bringen. Anschließend wurde eine entsprechende und gut zu verarbeitende Menge Harz angerührt (zum Abwiegen der richtigen Mischungskomponenten eignet sich am besten eine digitale Haushaltswaage) und mit Baumwollfasern angedickt, bis sich eine „nutella-artige Konsistenz“ ergab. Das angedickte Harz wurde anschließend satt in die Reparaturstellen gespachtelt, wobei auch die Ränder großzügig verfüllt wurden. Zum Abschluss wurde der Schaum in dieses Spachtelbett gedrückt und die Ränder glattgezogen.

Nach dem Aushärten der Reparaturstellen wurden diese ebenfalls



Die Löcher für die Beschläge wurden mit einigen Millimetern Übermaß gebohrt und anschließend mit nicht angedicktem Harz verfüllt. Anschließend wurde mit korrektem Schraubenmaß erneut gebohrt.

mit angedicktem Epoxidharz glattgespachtelt, ebenso alle Schraubenlöcher, die im Deck vorhanden waren. Letzteres verhindert, dass beim späteren Auflaminieren des Decks Harz ins Schiff tropft oder im Sandwichkern verschwindet und trockene Stellen im Laminat hinterlässt. Zuvor sollte man allerdings alle Schraubenlöcher, die zur Montage der Beschläge wieder verwendet werden sollen, von unten markieren, um sie später wiederzufinden.

Neues Laminat

Für den neuen Laminataufbau des Decks kamen unterschiedliche Glasgewebe zum Einsatz. Für die Reparaturstellen wurden zunächst mehrere Schichten Glasroving zu 400 Gramm pro Quadratmeter aufgebracht, bis die originale Schichtstärke des Decks wieder erreicht war. Anschließend wurde der zuvor am stärksten geschädigte Bereich der Schotsschienen zusätzlich mit einer 40 Zentimeter breiten Bahn bidiagonalen Carbongewebes zu 540 Gramm pro Quadratmeter verstärkt. Dieses Material bietet den Vorteil enormer Stabilität, ohne dabei große Schichtdicken aufbauen zu müssen. Durch die bidiagonale Anordnung der Carbonfasern werden obendrein durch den Schotzug schräg eingeleitete Kräfte gut aufgenommen. Die Verarbeitung von Kohlefasern gestaltet sich allerdings etwas schwieriger als die von Glas. Während letzteres

bei der vollständigen Tränkung mit Harz transparent wird und man eventuelle Luftpockets im Laminat gut erkennen kann, ist bei dem schwarzen Fasermaterial nicht sofort sichtbar, ob man sauber gearbeitet hat. Ideal ist es, wenn ein Vakuum erzeugen kann, um die perfekte Sättigung zu erreichen. Hierzu wird der laminierte Bereich vor Aushärten mit einer Kunststoffolie abgedeckt und diese auf dem Untergrund luftdicht mit Tape befestigt. Durch eine freigelassene Öffnung wird der Schlauch eines Staubsaugers gesteckt und ebenfalls mit Klebeband fixiert, ein ausrangiertes Haushaltsmodell genügt hierzu voll und ganz, einige Anbieter von Kompositmaterial führen aber

auch spezielle Vakuumpumpen, die man leihen kann. Durch das Ziehen eines Vakuums erreicht man einen gleichmäßigen Druck von maximal einer Atmosphäre. Dies reicht in der Regel aus, um Luftpockets und überschüssiges Harz aus dem Laminat zu ziehen.

Die letzte Schicht

Um alle verbliebenen Risse zu überspannen und wieder eine einheitliche Oberfläche zu schaffen, erfolgte als letzter Laminiergang der Überzug des kompletten Decks, des Aufbaus sowie des Cockpits mit einer 105 Gramm pro Quadratmeter starken Glasmatte in sogenannter Körperbindung. Dieses Material hat den Vorzug, dass es sich gut um Rundungen drapieren lässt und eine sehr glatte Laminatoberfläche erzeugt. Es hat sich bewährt, zunächst alle Glas- und Carbon-elemente an Deck zuzuschneiden und anzupassen. Hierzu eignen sich keine normalen Haushaltsscheren, da sie durch die harte Oberfläche der Fasern in kürzester Zeit stumpf werden und obendrein nicht über den richtigen Schliff für das Material verfügen. Im vorliegenden Fall wurden Spezialscheren der Firma Bessey (www.bessey.de) verwendet, die es für unterschiedliche Faserarten gibt. Nachdem die Laminierarbeiten abgeschlossen waren, wurde in mehreren Arbeitsgängen gespachtelt und immer wieder geschliffen, um vor der abschließenden Lackierung eine plane Oberfläche zu erhalten.



Das Spachteln aller Oberflächen erfolgte ebenfalls mit Laminierharz, es wurde mit Microballoons angedickt und ergab so eine feine und gut schleifbare Oberfläche.



Vor dem Aufbringen des Endanstriches wurden alle flächen geprimert, um Haftungsprobleme zwischen den Epoxyd-Oberflächen und dem Lack aus zu schließen. Eine vorherige gründliche Reinigung ist natürlich obligatorisch.

Im Anschluss folgte eine sorgfältige Grundierung des Decks als Vorbereitung für den Endanstrich.



Das Endergebnis kann sich durchaus sehen lassen, auch wenn der Arbeitsaufwand hoch war. Eine solche Sanierung läßt sich bei guter Planung auch von Amateuren bewerkstelligen.