



LERNFELD 7:

DATUM 26.08.16

Auswahl von Rumpfkonstruktionen

Das Baumaterial

Vollholz war das klassische Bootsbaumaterial. Es vereint Festigkeit mit langer Lebensdauer und guten Verarbeitungsmöglichkeiten. Außerdem ist es von Natur aus schwimmfähig, weil sein spezifisches Gewicht geringer ist als das des Wassers. Eine sorgfältig gebaute Vollholzyacht hat eine Lebensdauer von mindestens 40 Jahren. Holz besitzt ein gefälliges Aussehen und gute Isoliereigenschaften, hat aber auch Nachteile. Es arbeitet unter der Einwirkung von Trockenheit und Feuchtigkeit, was zu einem undichten Schiff führen kann. Außerdem ist es gegen Fäulnis anfällig. Yachtneubauten werden nicht mehr aus Vollholz gefertigt.

Sperrholz, kochfest verleimt, ist eine Alternative. Es besteht aus Holzplatten, die aus einer ungeraden Anzahl von Furnieren verleimt werden. Diese Platten können kaum noch schrumpfen, schwellen oder sich verziehen. Eine sorgfältig gebaute Sperrholzbootshaut bleibt immer dicht.

Stahl ist etwa zehnmal so schwer wie Teak oder Eiche. Da seine Festigkeit aber wesentlich größer ist, kann die Außenhaut viel dünner sein als bei einem Holzboot; doch sind dem natürlicherweise Grenzen gesetzt, sodass kleinere Yachten aus Stahl verhältnismäßig schwer werden. Ein Stahlschiff ist unbedingt dicht; doch isoliert Stahl wenig und neigt zu Kondenswasserbildung im Inneren des Bootes als Folge von Temperaturunterschieden. Stahl ist rostanfällig und gefährdet durch galvanische Korrosion.

Aluminium verbindet mit den Vorteilen der Stahlbauweise große Leichtigkeit. Reinalu-



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE 1

minium ist allerdings ein zu weiches Metall, deshalb handelt es sich im Bootsbau immer um eine Aluminiumlegierung mit Magnesiumgehalt. Da Aluminium in der galvanischen Reihe der Metalle sehr weit unten liegt, neigt es bei unsachgemäßer Bauweise und/oder Behandlung in starkem Maße zu galvanischer Korrosion. Das Material ist beliebt bei Langfahrtseglern.

Ferrozement, besser bekannt als Stahlbeton, ergibt verhältnismäßig schwere, aber auch sehr feste und unempfindliche Rümpfe. Er würde sich theoretisch ausgezeichnet als Baumaterial für Langfahrtyachten eignen. Dennoch sind Boote aus Ferrozement Exoten geblieben.

Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK):

Kunststoff ist das hauptsächlich verwendete Bootsbaumaterial. Die Kunstharze allein besitzen nur eine geringe Festigkeit. Erst die Verbindung mit der Glas- oder einer anderen Faser zu einem **Laminat** ergibt ein für den Bootsbau geeignetes Material. Die Harze sind: **ungesättigtes Polyester (UP)**, **Vinylester** und **Epoxid (EP)**.

Epoxid hat mit Abstand die besten mechanischen Eigenschaften, ist aber auch am teuersten und lässt sich zudem schwieriger verarbeiten. Deshalb werden im Yachtbau überwiegend Polyester und Vinylester verwendet.

Drei Arten von Glasfasern kommen für die Armierung des Harzes infrage: E-, R- und S-Glas. Die Mehrheit aller Bootsrümpfe ist mit E-Glas verstärkt. R- und S-Glas sind – neben anderen positiven Eigenschaften – zwar leichter, fester und stärker, jedoch auch erheblich teurer. Deshalb werden sie allenfalls als Verstärkung in extrem belasteten Bereichen eingesetzt, im Übrigen aber nur für Rennyachten.

Glasseidenmatten überwiegen im Lami-

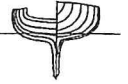
nataufbau. Sie bestehen aus gehäckselten, regellos geschichteten und mit einem styrol-löslichen Binder verklebten Glasfasern. Mit Matten allein erreicht man jedoch relativ geringe Glasgehalte und damit geringere Festigkeit, denn je höher der Glasanteil, desto besser ist das Laminat.

Rovinggewebe, verflochtene Glasseidenstränge, ermöglichen Lamine mit weniger Harzanteil, was zu höheren Festigkeitswerten des Bootskörpers führt. Rovinggewebe liefern zudem eine bidirektionale oder eine unidirektionale Belastungsrichtung. Dadurch lassen sich die stärkeren Fasern auf die vorausberechneten Lasten im Rumpf und Deck ausrichten. Häufig besteht ein Laminat aus Matten und Gewebe.

Prepregs sind vom Hersteller bereits mit Harz und Härter vorimprägnierte Gewebe. Der Harzgehalt kann niedrig gehalten und genau definiert werden, aber zur Verarbeitung sind hohe Temperaturen und enorme Pressdrücke erforderlich.

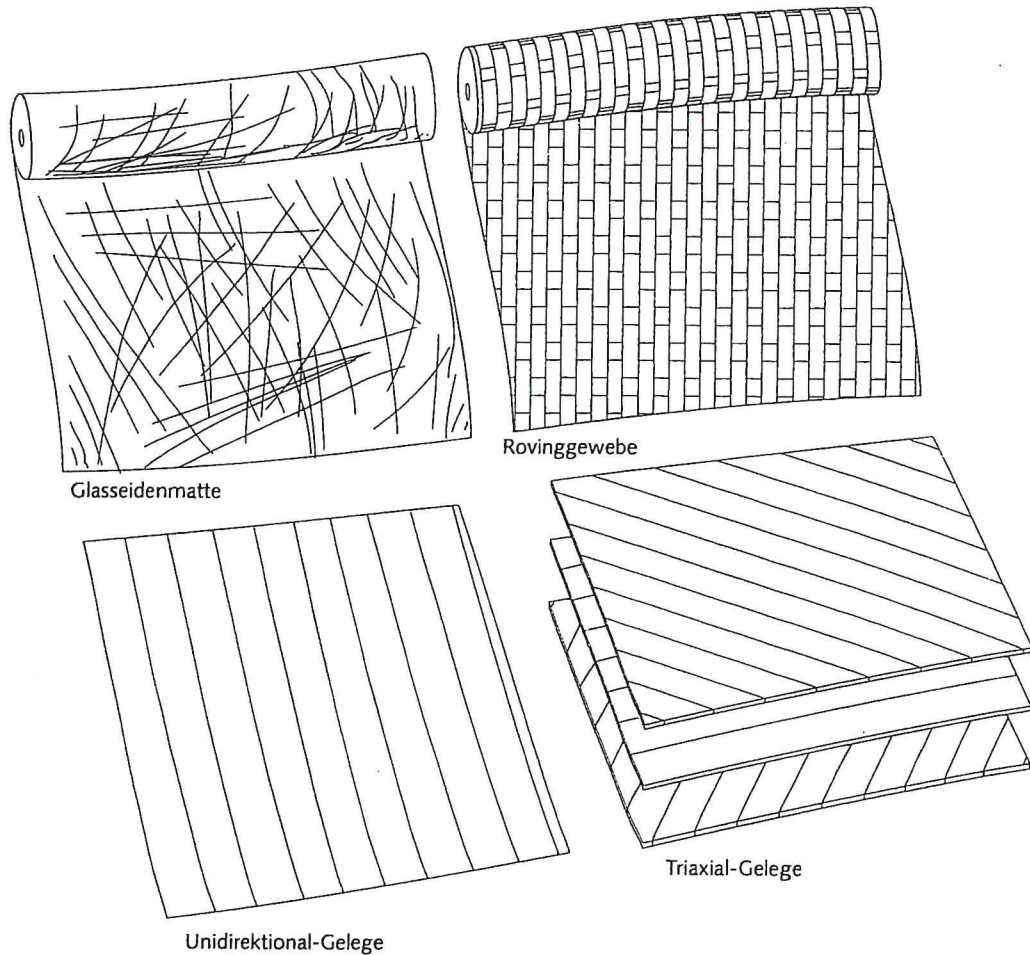
Kohlefasern (Kohlenstofffasern, Carbonfasern, C-Fasern) haben eine weitaus höhere Festigkeit als Glasfasern und sind widerstandsfähiger gegen Ermüdung. Nur die Punktbelastbarkeit ist gering. Deshalb werden C-Fasern oft mit besser punktbelastbaren Materialien wie Kevlar und Glas kombiniert. Es gibt sie als Rovings, Gewebe, Gelege und Prepregs, die mit Epoxidharz zu Laminaten verarbeitet werden. Abkürzung: CFK oder KFK. Hauptsächlich finden sie Verwendung für Ruder, Masten und Spinnakerbäume. Die Verarbeitung ist schwierig, die Kosten sind hoch. Dennoch ist CFK für den Bau von Regatta- und Megayachten nicht wegzudenken.

Aramidfasern, besser bekannt unter dem Produktnamen **Kevlar** des Chemiekonzerns DuPont, weisen von allen gebräuchlichen Fasern die höchste spezifische Bruchfestig-



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE **2**



keit auf. In Verarbeitung speziell mit Epoxid ergeben sich extrem schlagfeste und leichte Laminats, vornehmlich für Verstärkungen in hoch belasteten Bereichen eingesetzt. Kevlar wird für Rennyachten verwendet.

Hybridgewebe sind Kombinationen von verschiedenen – meist zwei – Faserarten, etwa Carbon und Aramid. Dadurch versucht man, die jeweils positiven Eigenschaften zu optimieren. Beispielsweise die hohe Steifigkeit und Druckfestigkeit von Carbon mit der Schlagfestigkeit von Aramid.

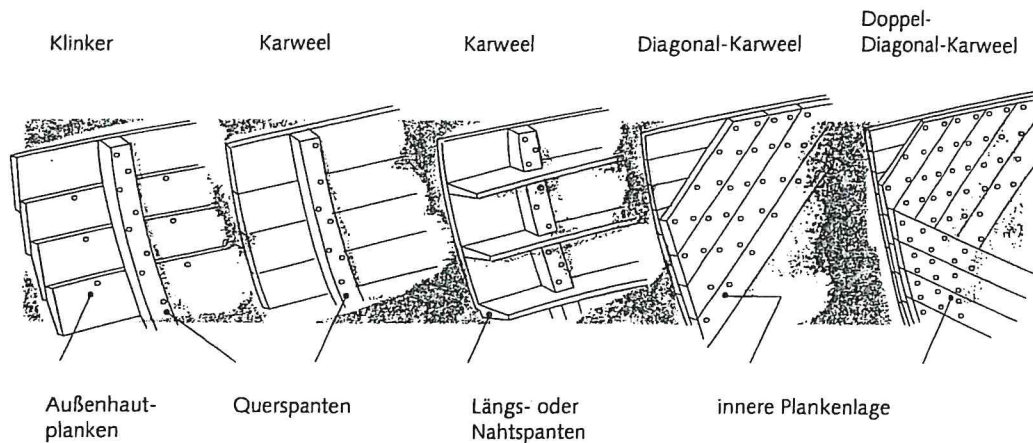
Sandwich bezeichnet einen Laminataufbau, der aus einer äußeren und einer inneren Laminatschicht und einem dazwischenliegenden Sandwichkern besteht. Der Kern kann aus Balsaholz, Schaum oder Wabenstrukturen bestehen, die Laminatschichten aus verschiedenen Glasfasern, Kevlar oder CFK. Der Kern dient nur als Distanzhalter und verdickt den Laminataufbau, ohne ihn deutlich schwerer werden zu lassen. Das dickere Material lässt die Steifigkeit des Laminats sprunghaft ansteigen.



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE **4**

Bepankung von Vollholzbooten



ten werden nun innerhalb der Sentenlatten an den Mallen in ihre Form gebogen. Für Sperrholzboote verwendet man lamellierte Spanten. Sie bestehen aus mehreren miteinander verleimten Holzschichten.

Bodenwrangen dienen der Aussteifung des Schiffsbodens. Sie verbinden Spant und Genspant miteinander und mit dem Kiel.

Die **Stringer** sind Längsverbindungen, die vom Vorsteven bis zum Heck durchlaufen und von innen mit jedem Spant verbunden werden.

Der **Balkweger** verbindet auf jeder Seite in der Längsrichtung die oberen Spantenden. Er dient zugleich als Auflage für die Decksbalken. Sie bilden die Querverbindung und Aussteifung der Spantenden.

Die **Decksbalken** verhindern, dass sich die Spantköpfe unter dem Druck der Außenhaut nach innen zusammenpressen, und tragen das Deck. Sie werden allerdings von Kajütaufbauten, Luken und Cockpit unterbrochen und müssen deshalb an diesen Stellen von **Schlingen**, längs verlaufenden Bauteilen, abgefangen werden.

Auf dem so entstandenen Gerippe wird nun die Außenhaut und das Deck angebracht.

Es gibt zwei Hauptarten der Bepankung: **Karweel** und **Klinker**. Die Kanten karweeler Planken stoßen so gegeneinander, dass die Außenhaut eine glatte Fläche ergibt. Geklinkerte Planken überlappen dachziegelartig. Die Planken werden mit Kupfernieten oder durch kupferne Schraubnägeln mit den Spanten verbunden. Bei Sperrholzbooten besteht die Außenhaut aus größeren Platten, die man außerdem unter Pressdruck mit den Spanten verleimt. Die Decksplanken mittschiffs bezeichnet man als **Fisch** oder **Fischung**, die beiden äußeren Planken, die den **Schergang** bedecken, als **Schandeck** oder **Schandeckel**.

Das Deck muss arbeiten können, also elastisch sein. Deshalb dürfen die Decksplanken nicht fest zusammengestoßen werden. Damit sie trotzdem dicht sind, kalfatert man die Nähte mit elastisch bleibender synthetischer Dichtungsmasse.

Der Innenausbau erfolgt entsprechend dem Einrichtungsplan.

Die **Bilge**, der unten spitz zulaufende Teil des Rumpfes, wird durch einen Fußboden abgedeckt. Oft dient die Bilge zur Aufnahme des Frischwasser- oder Treibstofftanks.



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE **5**.....

Auf modernen U-spantigen Kunststoffyachten ist sie allerdings dafür zu flach.

Die Seitenwände werden auf größeren Yachten mit einer luftdurchlässigen Plankenlage, der **Wegerung**, verkleidet.

Als **Vor-** oder **Achterpiek** bezeichnet man abgeschlossene Stauräume im Vor- und Achterschiff.

Sperrholzschalenbau

Die Längsspannt-Diagonal-Bauweise

Sie kommt der Vollholzbauweise am nächsten. Über Mallen werden massive Längsspanntleisten gebogen. Dieser Längsspannten-Unterbau bildet die Form, auf die Furniere von etwa 2 bis 3,5 mm Stärke oder wasserbeständiges Sperrholz aufgeplankt werden. Man beginnt auf halber Länge in einem Winkel von 45° und verlegt die zweite Lage in einem Winkel von etwa 90° zur ersten. Erforderlich sind mindestens drei Lagen.

Die äußere Decklage plankt man, aus ästhetischen Gründen, meist parallel zur Wasserlinie. Nach einer anderen Methode verlegt man die drei Lagen, nur um eine halbe Furnierbreite versetzt, in der gleichen Diagonalrichtung. Befestigt und verbunden werden die Lagen an den Längsspannten und untereinander mit Niroklammern (getackert) und mit Epoxidharz.

Die Formverleimung

Um den Furnieren die gewünschte Form geben zu können, braucht man ein festes Blockmodell (Positivmodell), über dem sie verleimt werden. Erforderlich für eine steife Außenhaut sind mindestens fünf Lagen Furniere. Um den nötigen Anpress- und Leimdruck zu erzeugen, gibt es verschiedene Verfahren. Zunächst das Nageln (Tackern): Die untere (innere) Furnierschicht

wird mit Kupferkrampen auf den Block genagelt. Sobald der Leim ausgehärtet ist, zieht man die Krampen heraus, und die nächste Furnierschicht kann auf die untere getackert werden. Den erforderlichen Druck erreicht man durch aufgelegte Sandsäcke oder Kissenpolster, die durch Streben und Keile angepresst werden.

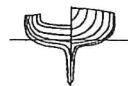
Das **Vakuumverfahren** ist das heute gebräuchlichste: Die Form wird mit einem übergestülpten Gummisack oder einer entsprechenden Folie luftdicht abgeschlossen und mit einer Vakuumpumpe ein Unterdruck erzeugt. Allerdings muss dieser Vorgang bei jeder neuen Furnierlage wiederholt werden.

Ein anderes Verfahren arbeitet mit Gummi- oder Stahlbändern. Hierfür ist jedoch eine Negativschale notwendig, die über die Furniere auf den Block gestülpt wird und den gleichmäßigen Anpressdruck erzeugt.

Bei dem **Drucksackverfahren** schließlich wird Luft, Dampf- oder Wasserdruck angewandt. Das den Druck erzeugende Medium wirkt hinter einer Gummwand in einer halbzyklindrischen Druckkammer aus Stahlblech. Es gibt aber auch vollkommen geschlossene zylindrische Druckformen. In sie wird der Block mit den von einer eng anschließenden Gummimatte angepressten Furnieren auf einem Wagen hineingefahren.

Kunststoffbau

Nahezu alle Serienyachten aus GFK und sehr aufwendige Regattayachten werden in einer Hohlform, der Negativform oder Matritze, gebaut, das heißt von außen nach innen. Einzelkonstruktionen hingegen baut man meistens über einen Kern, die Positivform: Der Rumpf wird über einem Spant-



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE 6

skelett auflaminiert. Er entsteht von innen nach außen.

Überwiegend arbeitet man mit einteiligen Rumpfformen, gelegentlich mit zweiteiligen. In jeder Form entsteht dann eine Bootshälfte, die beide später in der Mittschiffsebene zur Rumpfschale verbunden werden. Deck und Aufbauten bilden eine gesonderte Form. Die Verbindung mit der Rumpfschale bleibt an vielen Kunststoffyachten ein Schwachpunkt. Oft werden in einer zusätzlichen Form auch noch die Einbauten wie Bodengruppe, Kojen, Schränke und WC-Raum in einem Stück hergestellt und später mit der Rumpfschale verklebt.

Die **Sandwich-Bauweise** ergibt, bei großer Steifheit des Bootskörpers beziehungsweise Decks, ein nur geringes Gewicht und gute Isolation. Zwischen zwei Deckschichten wird ein leichter Kern aus Balsaholz, PVC-Hartschaum oder, vermehrt im Regattaboatsbau, aus Waben aus Aramid-Vlies oder Carbon eingeschlossen.

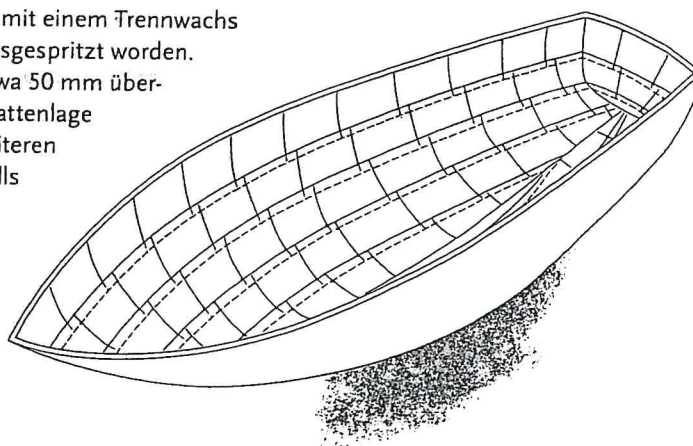
Bau in der Negativform

Um überhaupt eine Negativform zu erhalten, ist zunächst ein Positivmodell des

künftigen Bootsrumpfes zu fertigen. Über diesem Kern – meist aus Holz – wird die Negativform aus GFK aufgebaut und nach dem Aushärten außen verstärkt. Ein solcher Aufwand rentiert sich nur beim Serienbau, für den diese Form mehrere hundert Mal verwendet werden kann, oder für Regattayachten, weil Spachtel und somit Gewicht gespart werden kann.

Für den Bau wird die Form zunächst mit einem Trennmittel präpariert, um später das Entformen zu ermöglichen. Dann trägt man mit Lammfellwalze, Spritzpistole oder per Roboter das **Gelcoat** auf, die äußere Deckschicht aus Harz. Sie enthält Farbpigmente und bildet die künftige Außenhaut des Bootes. Sobald sie ausgehärtet ist, kommt darauf eine Harzschicht, in die man die erste der zuvor zugeschnittenen Glas-eineinlagen einbettet, möglichst ein Vlies, das verhindert, dass Fasern der weiteren, stärkeren Armierung in die Gelcoat-schicht eindringen. So wird eine Lage nach der anderen eingebracht und mit Harz durchtränkt, bis das Laminat die erforderliche Wandstärke erreicht. An Stellen besonderer Beanspruchung werden zusätzliche Lagen

Die Negativform ist mit einem Trennwachs und dem Gelcoat ausgespritzt worden. Darauf ist jeweils etwa 50 mm überlappend die erste Mattenlage eingebracht. Alle weiteren Lagen folgen ebenfalls wechselnd überlappend.





Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE **7**.....

einlamiert. Zum vollständigen Aushärten empfiehlt sich das sogenannte Tempern bei Temperaturen zwischen 50 °C und 60 °C. Anschließend wird der Rumpf entformt und an den Rändern überstehendes Laminat abgefräst.

Das **Handauflegeverfahren**, auch Kontaktmethode genannt, ist die gebräuchlichste

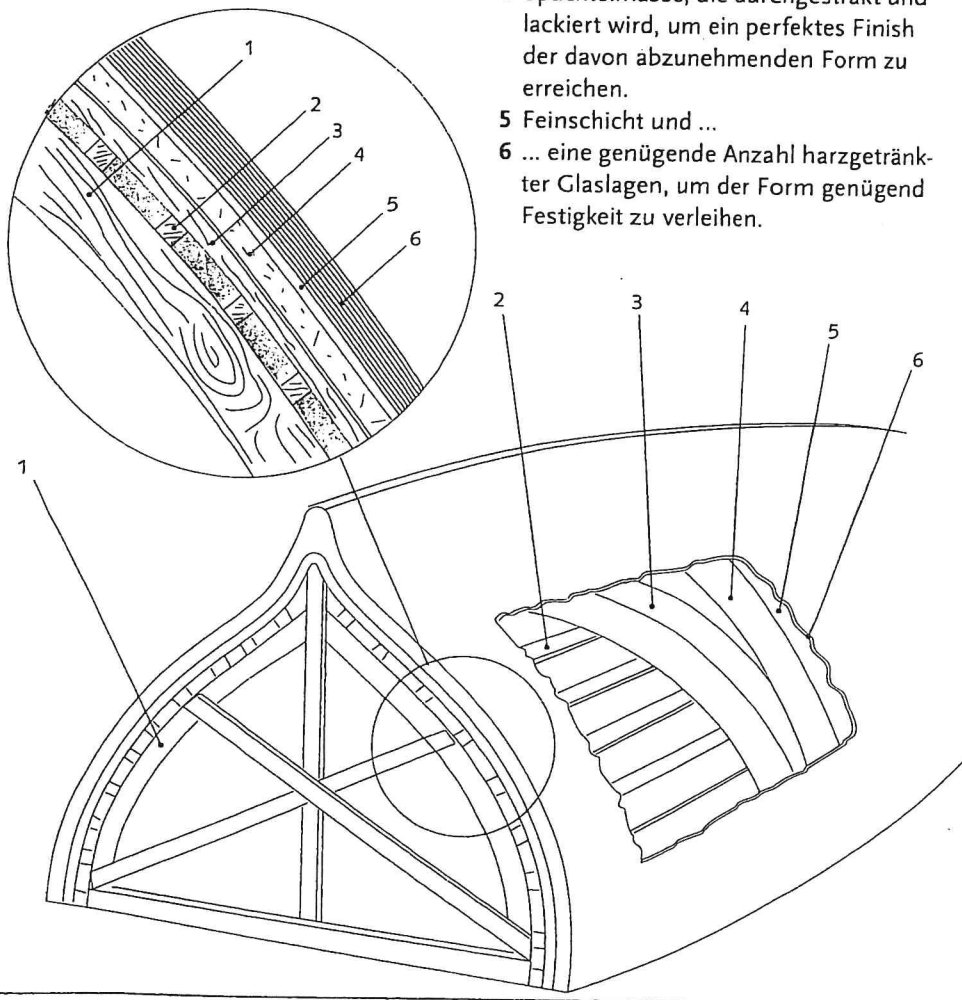
Methode. Die Faserverstärkungen werden von Hand in das Harz eingebettet.

Beim **Faser-Harz-Spritzverfahren** ist die Harzspritzanlage mit einem Schneidwerk kombiniert, das die von Spulen zugeführten Rovingstränge zu Glasseidenstapeln verschiedener Länge schneidet. Sie werden gleichzeitig mit dem Harz unter hohem

Kern und Form

- 1 Hilfsrahmen.
- 2 Hilfsleisten, rechtwinklig darauf angebracht.

- 3 Dünne Leisten, diagonal darauf befestigt, um die Rumpfkontur herzustellen.
- 4 Spachtelmasse, die durchgestrakt und lackiert wird, um ein perfektes Finish der davon abzunehmenden Form zu erreichen.
- 5 Feinschicht und ...
- 6 ... eine genügende Anzahl harzgetränkter Glaslagen, um der Form genügend Festigkeit zu verleihen.





Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE8.....

Druck in die Form gespritzt. Ein rationelleres Verfahren, das jedoch bei unsorgfältiger Arbeit leicht unterschiedlich dicke Außenhautstärken ergeben kann.

Beim **Depotverfahren** wird zwischen zwei Formschalen Polyurethanschaum unter hohem Druck „eingeschossen“, der mit der Depotmatte, einer sogenannten Dorix-Matte, eine feste Verbindung eingeht. Dieses Verfahren gibt sehr leichte, aber dennoch widerstandsfähige und verwindungssteife Rümpfe. Es ist jedoch so aufwendig, dass es sich nur bei Großserien rentiert und deshalb kaum praktiziert wird.

Weitere Verfahren sind das **Pressverfahren**, das **Vakuumverfahren**, das **Vakuum-Injektionsverfahren** und das **Rotations-Guss-Verfahren**. Verschiedene Vakuumverfahren haben längst Einzug auch in den Serienbau gehalten. Das Rotationsverfahren wird zunehmend im Jollenbau eingesetzt.

Bauvorschriften

In den Ländern der Europäischen Union (EU) gelten einheitliche Bauvorschriften für nicht kommerziell genutzte Boote mit einer Rumpflänge zwischen 2,50 und 24,00 m. Darunter fallen nahezu alle Jollen und Yachten. Sie müssen das CE-Zeichen (Conformité Européenne) tragen, das zusammen mit einem Zertifikat garantiert, dass sie den EU-Normen entsprechen. Diese unterteilen die Bootsgrößen von 2,50 bis 12,00 m und von 12,00 bis 24,00 m. Die wiederum sind eingeteilt in folgende Entwurfskategorien:

- A – Hochsee
- B – Außerhalb von Küstengewässern
- C – Küstennahe Gewässer
- D – Geschützte Gewässer

Eine der verschiedenen Zertifizierungsstellen ist der Germanische Lloyd in Hamburg.



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE 9

Sandwich-Laminate

Im Prinzip gibt es drei gute Gründe, die für eine Sandwich-Bauweise sprechen:

- Die Konstruktion ist relativ leicht. Allerdings darf die Außenhaut nicht allzu dünn werden um Beschädigungen durch Anlegemanöver, Stranden und Slippen auszuschließen. Die Gewichtsvorteile sind daher erst für Yachten über 30 Fuß (9m) offensichtlich.
- Sandwich Konstruktionen können ohne Verstärkungen auskommen, die gesamte Rumpfkonstruktion ist praktisch selbsttragend. In diesem Fall sind allerdings die Boote kürzer als 25 Fuß (7,5 m) benachteiligt. Um den Rumpf für diese Größe selbsttragend zu bauen, sind sehr hohe Anforderungen an Kern- und Deckschichtmaterial des Sandwiches gestellt.
- Die entsprechende Bauweise erlaubt die Fertigung eines Prototypen ohne jegliche Bauform. Wir beschäftigen uns später noch eingehender mit diesem Punkt.

Der große Vorteil einer Sandwich-Konstruktion im Vergleich zur Vollaminatbauweise besteht in einer sehr viel höheren Festigkeit und Steife, ohne das entsprechende Strukturgewicht zu erhöhen. Dies wird in Abbildung 11.28 deutlich. Bei gleicher Deckschichtstärke und doppelter Gesamtdicke der Platte beträgt die Steifigkeit ein Sieb-

faches des Ausgangswerts. Verdoppelt man die Stärke der Platte weiter, ist die Steifigkeit sogar um den Faktor 37 angehoben während die Festigkeit um die Faktoren 3,25 bzw. 9,25 ansteigt. Das Gewicht bleibt dabei nahezu gleich, wenn als Kernmaterial Wabe eingesetzt wird. Bei Schaum oder Balsaholz als Kern wäre die Gewichtszunahme etwas größer ausgefallen.

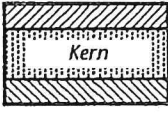
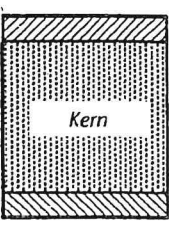
			
Relative Steifigkeit	100	700	3700
Relative Festigkeit	100	350	925
Relatives Gewicht	100	103	106

Abb. 11.28

Festigkeit und Steifigkeit eines Sandwichs im Vergleich zum Vollaminat

Kernmaterial waben



Lernfeld 7: Auswahl von Rumpfkonstruktionen

SEITE 10

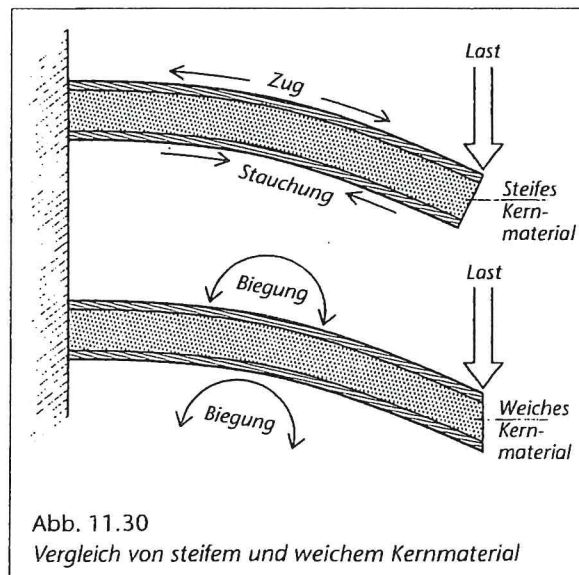
Indem das Laminat in innere und äußere Deckschicht geteilt und mit einem leichten Kernmaterial auf Distanz gehalten wird, kann die Gesamtstrukturstärke anwachsen, ohne das Gewicht übermäßig zu beeinflussen.

Die Deckschichten nehmen die Zug- und Druckspannungen des Sandwichs auf. Die lokale Biegefestigkeit der Deckschichten ist so klein, daß sie in der Praxis vernachlässigt werden kann. Demnach können Lamine Verwendung finden, die speziell für Druck- und/oder Zugbelastungen ausgelegt sind. Die Deckschichten sind natürlich auch durch punktuelle Kräfte belastet, gerade im Bereich von Beschlägen. In deren Umgebung sollten die Lamine dann auf die entsprechenden Scherkräfte hin konzipiert sein, um an dieser Stelle nicht ein Loch in die Platte zu reißen.

Das Kernmaterial hat einige wichtige Aufgaben zu erfüllen. Es muß steif genug sein um bei Belastung der Platte die Deckschichten in konstanter Entfernung voneinander zu halten. Auch unter Scherlast muß es so steif sein, daß sich die Deck-

schichten nicht gegeneinander verschieben. Die Scherfestigkeit des Kernmaterials zwingt die Deckschichten zu kooperieren. Bei schwachem Kernmaterial verhalten sich die Decklamine dagegen wie einzelne Träger mit geringer Eigensteifigkeit. Der Sandwich-Effekt geht verloren und die Platte kollabiert (Abbildung 11.30). Die Klebefläche zwischen Decklaminaten und Kernmaterial entscheidet über die Scherfestigkeit des Sandwiches. Es ist allerdings schwierig, diese Eigenschaften mit Zahlen zu belegen. Die Verklebung sollte auf jeden Fall die gleiche Scherfestigkeit wie das Kernmaterial haben.

Diese Beschreibung des Sandwich-Prinzips zeigt, daß die Struktur nur als Ganzes effektiv sein kann. Dennoch sollte man darauf hinweisen, daß an das Kernmaterial die komplexesten Anforderungen gestellt sind: Festigkeit in verschiedene Richtungen bei gleichzeitig niedriger Dichte, Knickwiderstand, Isolierung, Resistenz gegen Wasseraufnahme, Ermüdungserscheinungen und Alterung des Materials etc.



AUFBAU VON RÜMPFEN

1. Vollholz

2. Sperrholz

3. Stahl

2. Alu

Kunststoffe

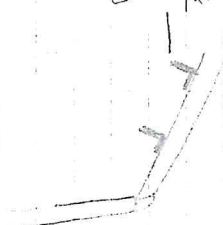
1. Volllaminat

2. Sandwichlaminat

STAHL UND ALU

→ Bsp 10x50 schwerer wie Eiche oder Tanne

- Stahl :
 - hohes Gewicht
 - korrosionsanfällig
 - schlechte Isolierung
 - Kondenswasser
 - Temperaturunterschied
 - Rostauffällig
 - Rostauffällig
 - + hohe Festigkeit
 - + hohe Dichtigkeit
 - + leicht zu verarbeiten
 - + günstig
 - + einfache Reparatur
-
- Alu :
 - Korrosionsanfällig bei unsachgemäßer Behandlung/Bauweise
 - hoher Preis
 - Wärmebrücke
 - schwer/aufwändig zu beschichten
 - + leicht
 - + hohe Festigkeit
 - + hoher Wasserdurchlässigkeit
 - + rostet nicht
 - + leicht zu verarbeiten
 - + einfache Reparatur
-
- Aluminium-Legierung mit Magnesiumgehalt.
-
- Alu



→ Nähte nicht sichtbar wenn verschliffen