



Material mit Tücken

Aufgeschraubte Fenster aus Plexiglas sind eine günstige Lösung. Leider halten sie nicht ewig. Damit die neuen möglichst lange dicht halten und einen klaren Durchblick ohne Schäden gewährleisten, sind viele Faktoren zu beachten. Jan Kuffel hat einem Profi bei der Plexiglasverarbeitung über die Schulter geschaut.

Ein Großteil der in den siebziger bis frühen neunziger Jahren gebauten Serienyachten hat ein verbindendes Stilmittel – aufgeschraubte und oft getönte Scheiben aus Kunststoffmaterial.

Diese Bauart hatte zunächst viele Vorteile: das Material war günstig, ließ sich gut an Rumpf oder Aufbau anpassen, einfach bearbeiten und schnell montieren, was sich zu einer großen Kostenersparnis im Vergleich zu den früher und auch später wieder verwendeten Scheiben in Metallrahmen addierte. Darüber hinaus war das Kunststoffmaterial sehr bruchfest, es ließen sich so große

Fensterflächen realisieren, ohne Schäden durch Seeschlag befürchten zu müssen. Die Kehrseite der Medaille liegt allerdings in der Lebensdauer einer solchen Konstruktion.

Wer aufmerksam durch einen Yacht-hafen läuft und sich die Fenster älterer Serienschiffe anschaut, sieht oft wiederkehrend das gleiche Bild – notdürftig mit Tape gedichtete Kunststoff-Fenster und -Luken, milchige und gerissene Scheiben, dicke Würste aus Dichtmaterial, die über die undichten Fugen gezogen wurden. In der Summe sind aufgeschraubte Fenster die größte und häufigste Fehlerquelle für Leckagen.

Weiterhin sind es oft diese Fenster, die eine Yacht vor der Zeit „alt“ aussehen lassen.

Lufteinschlüsse zwischen Dichtung und Scheibe, in denen oft grünes Moos entsteht, Risse an Schrauben sowie eine durch lange UV-Einwirkung getrübt Komplettstruktur, die sich in vielen kleinen Rissen äußert und das Material zunehmend weniger transparent macht, lassen sich auch durch noch so viel Putz- und Pflegeaufwand nicht kaschieren und trüben die Optik einer Yacht nachhaltig.

Als einzige Lösung bleibt hier der Austausch der kompletten Fenster.



Klassisches Schadensbild. Der Kleber hat sich großflächig von der Scheibe gelöst, lange Risse deuten auf Fehler schon bei der Bearbeitung hin.



Senkkopfschrauben leiten nicht nur große Kräfte punktuell in das Material ein, sie nehmen der Scheibe auch die Möglichkeit zur Ausdehnung.

Damit diese möglichst lange wie neu aussehen und vor allem dicht halten, gilt es zunächst, herauszufinden, welche Fehler zum vorzeitigen Altern der ursprünglichen Fenster geführt haben.

Laut Anno Rodenkirchen, der seit vielen Jahren professionell Plexiglas verarbeitet und seit geraumer Zeit unter der Bezeichnung „Marinacryl Schiffsfenster“ anbietet, ist es oft die Summe unterschiedlicher Faktoren, die die Lebensdauer neuer Bootsfenster beeinflusst. Und die sollte ein Yachteigner kennen.

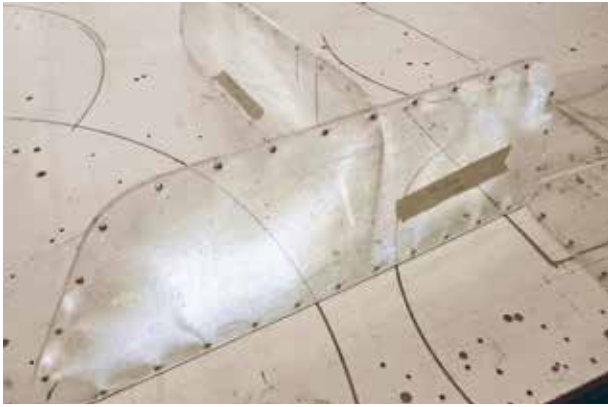
Das richtige Material

Hierbei kommt es zunächst auf die richtige Materialwahl an. Das gebräuchlichste Material zur Herstellung von Bootsscheiben ist Acrylglas (Polymethylmethacrylat), das unter den Handelsnamen Plexiglas oder Resartglas vertrieben wird. Es ist ein thermoplastischer Kunststoff, lässt sich also unter Wärmeeinwirkung bei circa 130 bis 150 Grad Celsius verformen. Es verfügt über eine gute Kratzfestigkeit, die zwar unter der von Mineralglas, aber deutlich

über anderen Kunststoffen liegt. Es lässt sich relativ einfach bearbeiten wie sägen, bohren und polieren, weiterhin ist das Material beständig gegen viele Chemikalien, allerdings nicht gegen alle Lösungsmittel. Doch Plexiglas ist nicht gleich Plexiglas, es stehen zwei Qualitäten zur Wahl, der Unterschied liegt in der Herstellung. Das so genannte XT-Plexiglas wird als heißer Kunststoff durch Schleudern in Form gebracht, die höhere GS-Qualität entsteht durch Gießen zwischen zwei glatten Formteilen. Ein weiterer Kunststoff, der für Fenster oft Verwendung findet, ist Polycarbonat (PC). Unter den Markennamen Makrolon oder Lexan im Handel, besitzt es eine bei Weitem höhere Schlagfestigkeit als Acrylglas, daher wird es auch oft für Schutzverblendungen und Autoscheinwerfer eingesetzt. Jede der beschriebenen Materialarten hat spezifische Eigenschaften, die es für den Einsatz an Bord mehr oder weniger geeignet machen. Plexiglas weist eine hohe UV-Beständigkeit auf, ist gegen viele Chemikalien resistent und kratzunempfindlicher als Makrolon. Allerdings weist die günstigere XT-Qualität eine wesentlich geringere Lösungsmittelresistenz als die höherwertige GS-Qualität auf. Der Kontakt mit lösungsmittelhaltigen Substanzen, wie viele Reiniger oder beispielsweise Benzin, lässt die Vernetzung der Makromoleküle ►



Neue Plexiglasfenster verjüngen eine Yacht nicht nur optisch, bei richtiger Materialwahl und Verarbeitung können sie auch über viele Jahre dicht halten.



Folgen des Alters und falscher Pflege. Werden Plexiglas-scheiben mit falschen Reinigern behandelt, bilden sich in seiner Struktur feine Risse, die das Glas eintrüben.



Plexiglas ist in vielen Farben erhältlich, eine dunkle Tönung kann nicht nur optisch interessant sein, sie schützt auch die Verklebung besser vor schädlicher UV-Strahlung.

quellen, Spannungen im Material sind die Folge. Anno Rodenkirchen macht dies an einem Reststück aus XT-Plexiglas deutlich. Es wird leicht gebogen und mit Verdünnung bestrichen. Nach einigen Sekunden beginnt das Material zu knacken, um nur wenig später mit lautem Knall zu zerspringen. Der gleiche Versuch mit GS-Plexiglas zeigt auch nach längerer Einwirkzeit keine Veränderung des Materials. Die GS-Qualität hat aber eine andere Eigenart, die besonders bei der späteren Montage der Scheiben zu beachten ist. Da dieses Material in Formen gegossen ist, kommen spezielle, meist silikonhaltige Trennwachse zum Einsatz, um

die Scheibe aus den Formen lösen zu können. Reste hiervon verbleiben auf der Scheibe und müssen vor der Montage gründlich entfernt werden, um eine dauerhafte Verklebung zu gewährleisten. Blicke noch das Makrolon als Alternative. Es ist sehr schlagzäh, aber kratzempfindlich. Ein größerer Nachteil ist allerdings seine Anfälligkeit gegen UV-Strahlung. Um dem zu begegnen, wird schon bei der Herstellung ein spezieller UV-Schutz auf den Flächen aufgetragen. Wird dieser im Bordgebrauch beschädigt, treten schnell Trübungen im Material auf. Ein Problem, das man auch von Autoscheinwerfern aus diesem Material kennt. Werden sie

mit zu scharfen Reinigern behandelt oder gar aufpoliert, trüben sie im Anschluss nur um so schneller wieder ein, da die aufgebrachte Schutzschicht wegpoliert wurde. Ein weiteres Problem sind die bei der Montage als aufgeschraubte Aufbauscheiben ungeschützten Kanten, die ebenfalls schnell UV-Schäden hervorrufen können. Um dem vorzubeugen, sollten Makrolonscheiben also immer in einem Rahmen montiert werden.

Gegossenes Plexiglas

Aufgrund der oben genannten Eigenschaften bevorzugen viele Profis GS-Plexiglas für die Verwendung



Viele Anwendungen an Bord

Bild 1: Besonders in den siebziger und achtziger Jahren wurden viele Serienyachten mit aufgeschraubten Fenstern aus Plexiglas ausgerüstet. Extreme Formen wie hier verursachen oft Probleme. Bild 2: Das Material ist äußerst stabil und kann daher für viele An-

wendungen eingesetzt werden, hier auf einem Glasbodenkatamaran. Bild 3: Auch dieses Schiebeluk wurde getempert, um die nötige Krümmung zu erzielen. Wichtig ist anschließend ein sehr langsames Abkühlen.

an Bord. Allerdings ist auch dieses Material nicht völlig problemlos und sowohl bei der Herstellung wie bei der Verarbeitung und späteren Pflege müssen gewisse Anforderungen beachtet werden. So reagiert Plexiglas allergisch auf jede abrupte Behandlung, sei es zu rasches Abkühlen nach dem Verformen, zu hohe Hitzeeinwirkung beim Zuschneiden und Bohren oder punktuelle Belastung durch die Verschraubung. Jede ungleichmäßige Kraft- oder Hitzeeinwirkung hat irgendwann das gleiche Resultat – Risse.

Das Material muss nach dem Verformen langsam abkühlen, anderenfalls entsteht eine hohe Eigenspannung in der Scheibe, die zwar optisch nicht erkennbar ist, über kurz oder lang zu Schäden führen wird.

Um dies zu vermeiden, kann die im Material vorliegende Spannung durch gleichmäßiges Erhitzen, Tempern genannt, abgebaut werden. Dazu werden die Scheiben in speziellen Temperöfen je nach Stärke zwischen 30 Minuten und mehreren Stunden bei 80 bis 90 Grad Celsius erwärmt und anschließend langsam abgekühlt, als Faustformel gilt hier 10 bis 15 Grad pro Stunde

Das gleiche Verfahren kommt zur Anwendung, wenn Plexiglasscheiben in engeren Radien gebogen werden sollen. Generell lassen sich Scheiben aus Plexiglas relativ einfach an die Aufbaugeometrie anpassen, und es sind auch enge Biegeradien möglich, ohne dass sie zu Bruch gehen. Allerdings ist das Erfolgserlebnis recht trügerisch, auch wenn die Scheibe nach der Montage in gebogenem Zustand noch heil ist, denn auch das Biegen sorgt für erhebliche Spannungen im Material, die Spätfolgen sind wieder einmal plötzlich auftretende Risse.

Ideal wäre es, wenn die Scheiben lediglich auf ebenen Flächen montiert würden, allerdings gibt es kaum eine Decks- und Aufbauform, die dies gestattet. Aufgrund von Erfahrungswerten arbeiten Fachbetriebe hier mit einer Faustformel, die den engsten Biegeradius bestimmt, in dem das Plexiglas kalt gebogen werden kann, ohne später Spannungsrisse befürchten zu müssen. ►



Besser Navigieren

Hier geht es nicht darum, die vermeintliche Kunst der Navigation neu zu erfinden, sondern Sportbootskippern einen praxisorientierten Leitfaden an die Hand zu geben, um künftig selbst sicherer, versierter und damit auch besser navigieren zu können.

Der Autor und erfahrene Yachtskipper, Ausbilder sowie PALSTEK-Experte Sven M. Rutter behandelt sein Fachgebiet in allen Facetten: von der klassischen Navigation mit Kursdreieck und Zirkel über GPS, Kartenplotter und Radaranlage bis zu AIS & Co. – ob auf kleinen Küstentouren oder großen Hochseetörns.

Inklusive komplettem Navigations-Prüfungsstoff für:

Sportbootführerschein See (SBF), Sportküstenschifferschein (SKS) und Sportseeschifferschein (SSS)

340 Seiten, gebunden, komplett vierfarbig, ISBN 978-3-931617-38-7, 36 Euro, zzgl. 2 Euro Porto

Palstek Verlag
Eppendorfer Weg 56 a | 20259 Hamburg
Tel. 040 - 40 19 63 40
Fax 040 - 40 19 63 41
E-Mail: ahoi@palstek.de
www.palstek.de



Schon dieser einfache Versuch in der Werkstatt verdeutlicht den Unterschied zwischen XT- und GS-Qualität: Ein Streifen XT-Plexiglas wird leicht gebogen und mit Verdünnung bestrichen.



Nach Sekunden zeigen sich unter hörbarem Knacken unzählige Risse an den Kanten, wenig später bricht der Plexistreifen mit lautem Knall. Der gleiche Versuch mit GS-Plexiglas zeigte keine Reaktion.

„Kalt“ ist hier übrigens ein relativer Begriff, denn mit abnehmender Temperatur wird auch Plexiglas zunehmend spröde, unter 5 Grad Celsius sollte es weder gebogen noch sonst wie bearbeitet oder montiert werden.

Die Schlüsselworte für das erfolgreiche Biegen von Plexiglas sind „gleichmäßig“ und „langsam“. Natürlich lässt sich eine solche Scheibe auch mit dem Heißluftföhn bis auf die zum Biegen nötige Temperatur erwärmen, allerdings hätte dies Verfahren leider eher einen negativen Effekt, denn es ließe sich kein gleichmäßiges Erwärmen und langsames Abkühlen der ganzen Scheibe erzielen, was wiederum die Eigenspannung des Materials erhöht. Das Resultat – siehe oben.

In Form gebracht

Als nächstes steht die weitere Verarbeitung des Acrylglases an, und auch

hier lauern viele Fußangeln, die sich entscheidend auf die Lebensdauer der neuen Fenster auswirken können. Um Beschädigungen der Scheibenoberfläche zu verhindern, sollte die vom Hersteller aufgebraute Schutzfolie erst nach der Bearbeitung der Scheibe oder idealerweise erst nach der Montage an Bord entfernt werden.

Das größte Fehlerpotenzial schlummert hier in einem grundsätzlichen Vorteil des Materials – seiner trügerisch einfachen Bearbeitung. So lassen sich Scheiben aus Acrylglas schon mit einer normalen Heimwerkerausrüstung relativ einfach zuschneiden, bohren und schleifen. Zum Aussägen reicht eine normale Stichsäge mit abschaltbarem Pendelhub und Drehzahlregulierung aus, mit einer Bandsäge funktioniert es noch einfacher, Voraussetzung ist jeweils eine nur leicht geschränkte Zahnung des Blattes sowie eine



Nach der Herstellung wird beidseitig eine Schutzfolie angebracht, die auch die Qualitätskennzeichnung trägt, in diesem Fall GS. Die Folien sollten erst nach Abschluss der Bearbeitung abgezogen werden.

niedrige Schnittgeschwindigkeit. Ersteres verhindert ein Ausreißen der Ränder, letzteres eine zu große Hitzeentwicklung. Um gerade Kanten zu erzeugen, gibt es im Allgemeinen zwei Wege: Entweder man

Faustformel

Die gängige Faustformel lautet $R_{min} > 330 \times \text{Plattenstärke}$. Der minimale Biegeradius muss also größer ausfallen als die 330-fache Scheibenstärke.

Bei einer 10 Millimeter dicken Scheibe wäre dieser Grenzwert also 3.300 Millimeter. Der tatsächlich benötigte Biegeradius wird über eine Näherungsformel ermittelt: $R = h / 2 + s^2 / 8 \times h$, wobei „R“ den Radius beschreibt, „h“ die Höhe des Kreisabschnittes und „s“ die Länge der Scheibe.

Fällt der Biegeradius signifikant kleiner aus, muss die Scheibe getempert werden, um sie ohne Spätfolgen biegen zu können. Hier kommt wiederum ein Temperofen zum Einsatz, in dem das Material auf 130 Grad Celsius gleichmäßig erwärmt wird. Dies markiert den Punkt, an dem Plexiglas thermisch verformbar wird. Anschließend muss die Scheibe langsam über einen längeren Zeitraum abkühlen. Nach diesem Verfahren sind auch sehr enge Biegeradien möglich, ohne dass das Material beschädigt wird.

arbeitet bereits beim Aussägen mit einer Anschlägschiene, oder es wird zunächst mit Übermaß geschnitten und die Scheibe anschließend auf Maß geschliffen oder gefräst. Auch das Bohren gelingt mit normalen Spiralbohrern, bessere Resultate erzielen hier allerdings spezielle Kunststoffspiralbohrer, die durch geringeren Drall, größere Spannuten und einen Spitzenwinkel von 60 bis 90 Grad ein Ausbrechen der Ränder des Bohrloches verhindern. Diese Ränder werden nach dem Bohren mit einem Senker leicht angefast, auch dies vermindert die Gefahr der Rissbildung. Als letzter Arbeitsgang werden die Kanten nachgearbeitet, um eine möglichst glatte Oberfläche zu erhalten. Dies hat nicht nur optische Gründe, Riefen und sonstige Sägespuren können die Ursache für späteren Kerbbruch sein. Hierzu eignen sich Feilen oder ein Elektrohobel, gängiges Schleifgerät ist gefährlich, denn beim Schleifen entsteht auf jeden Fall Wärme, die zu Rissen führen kann. Schleifen von Hand mit Nasspapier ist sicherer, es verhindert weitestgehend die Entstehung von Wärme. Wie man sieht, lassen sich also auch mit Heimwerkerkenntnissen und -gerät im heimischen Keller aus Plexiglasplatten neue Scheiben fertigen, die bei angemessener Sorgfalt auch durchaus makellos aussehen können. Dennoch ist die Chance groß, dass man versteckte Schäden in die Scheibe „eingebaut“ hat, denn auch hier sorgt jede Wärmeleitung, die sich auch bei perfekten Werkzeugen und einer sorgfältigen Arbeit kaum ausschließen lässt, für Materialspannungen in der Scheibe, die als unsichtbare Zeitbomben wirken und sich irgendwann als Risse zeigen werden. Hierfür reicht es schon aus, wenn kurzzeitig mit zu starkem Vorschub gesägt oder mit falscher Drehzahl gebohrt wurde, sobald sich das Material an einer Stelle erhitzt, ist der Schaden prinzipiell schon entstanden, Acrylglas hat in dieser Hinsicht quasi ein Elefantengedächtnis. Da ergibt sich die Frage, ob es nicht sinnvoller ist, sich die Scheiben zu überschaubaren Mehrkosten bei einem Plexiglas ►

**Gori
propeller**



BukhBremen GmbH
Tel.: 04 21 - 53 50 70 · www.gori-propeller.dk

**Bootsscheiben
aus Plexiglas
und Makrolon**



MarinaAcryl

info@marinacryl.de
www.marinacryl.de
02234 - 929642

Anno Radenkirchen
Kunststoffdesign
Plexiglas & Modellbau

Jika

JAN

SEGEL



JAN-SEGEL GmbH - FON 04367-99770 www.jansegel.de
SIEGER 2010-z.B.: SY Adamas-1.Ostseecup 1.Lancia-Cup

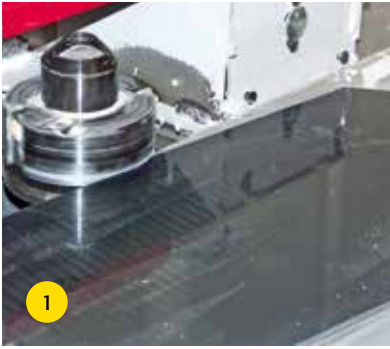


Bild 1: In Fachbetrieben werden Plexiglasscheiben grundsätzlich in Form gefräst. Spezielle Fräsköpfe sorgen für eine niedrige Temperatur während der Verarbeitung, um Materialspannungen zu vermeiden.

Bild 2: Wenn vorhanden, lassen sich die alten Scheiben als Frässhablone verwenden. Wichtig ist, das Werkstück ohne Druck und mit der richtigen Geschwindigkeit zu führen.

Bild 3: Auch das Bohren erfolgt stationär, anschließend werden die Ränder der Bohrlöcher mit einem Senker leicht gebrochen.

Bild 4: Einbau eines Klappfensters in eine Plexischeibe.

Bild 5 und 6: In die alte Scheibe wird zunächst eine Schablone für das Klappfenster gefräst, die als Führung für den Ausschnitt in der neuen Scheibe dient. Der Kleberand wird mit Sika-Aktivator von Trennmittel-Rückständen befreit und anschließend geprimert.

Bild 7: Das neue Fenster wird auf der Plexischeibe lediglich verklebt.

Bild 8: Die Fuge wird direkt nach dem Einsetzen des Fensters glattgestrichen und die Klebereste werden entfernt.

verarbeitenden Betrieb fertigen zu lassen, um etwaige Fehler auszuschließen.

Wie arbeiten die Profis?

In Fachbetrieben gibt es andere Verfahren, die das oben beschriebene Risiko bei der Verarbeitung ausschließen sollen. So werden die Plexiglasplatten hier zwar auch mit einer Band- oder Kreissäge grob zugeschnitten, auf Maß gebracht wird das Material im Anschluss allerdings nur durch Fräsen mit speziellen Fräsköpfen, die den Span schnell abführen und so ein Erhitzen des Werkstoffes zu einem großen Teil verhindern. Weiterhin sorgen sie für eine riefenfreie Kantenoberfläche, ein mechanisches Nachbearbeiten oder Polieren, was ebenfalls für ein Erhitzen des Materials sorgen würde, ist so nicht erforderlich, Anno Rodenkirchen rät sogar ausdrücklich davon ab. Wünscht ein Kunde dennoch polierte Kanten, weil sie im direkten Sichtbereich liegen, muss die Scheibe nach der Bearbeitung unbedingt getempert werden, um die entstandenen Materialspannungen wieder auszugleichen. Auch hier werden Fräskanten und Bohrlöcher angefast, um ein Ausreißen zu verhindern. Lässt sich die Wärmeentwicklung bei der Bearbeitung aufgrund großer Plattenstärken dennoch nicht verhindern, wird jeder Arbeitsschritt mit Pressluft oder Flüssigkeit gekühlt und auch diese Scheiben werden zum Schluss getempert, um jedes Risiko auszuschließen. Weiterhin wird jede Platte vor der Bearbeitung auf eventuelle Oberflächenschäden wie Kratzer untersucht, da Acrylglas zum Kerbbruch neigt und jede Unregelmäßigkeit wiederum zur Rissbildung oder Brüchen führen kann. Aufgrund seiner jahrelangen Erfahrung ist der Profi mittlerweile äußerst sensibel im Umgang mit Acrylglas, was so weit geht, dass er nur spezielle, lösungsmittelfreie Stifte zum Anzeichnen verwendet. Acrylglas neigt zu Kerbbruch. Besitzt eine Scheibe Oberflächenanomalien wie Kratzer oder Krater, so wird sie unter Spannung, an diesen Stellen brechen. Spannungen können durch

Biegen der Scheibe entlang der Bootsform entstehen oder durch Vibrationen des Motors. Es gilt also, die Oberfläche der Scheibe möglichst unversehrt zu lassen. Ebenso wie bei Karosseriearbeiten an Fahrzeugen, darf daher nur dann eine Reißnadel zum Anzeichnen verwendet werden, wenn die Markierung durch die Bearbeitung wieder entfernt wird. Das Gleiche ist bei Körnungen zu beachten. Nur wenn die Körnung durch die Bohrung wieder verschwindet, kann sie keine Spätfolgen auslösen. Zum Anzeichnen sollten daher auf Kunstglas nur Filzstifte verwendet werden.

Das Finale – die Montage

Für ein langes Leben der neuen Fenster ist auch die korrekte Montage an Bord ein entscheidender Faktor mit großem Fehlerpotenzial. Die Befestigung der Scheibe am Rumpf oder dem Aufbau muss natürlich stabil und wasserdicht sein, oben-drein muss sie aber so erfolgen, dass keine Punktbelastungen in das Acrylglas eingeleitet werden. Obwohl sich Plexiglas gut mit speziellen Klebern verbinden lässt, ist eine solch starre Verbindung an Bord nicht geeignet, da die Klebefuge die unterschiedlichen Dehn- und Schrumpfbewegungen von GFK und Scheibenmaterial ausgleichen muss, es kommen also flexible Kleber zum Einsatz.

Ein zentrales Thema bei der Montage wird also bereits ersichtlich, die Scheibe muss die Möglichkeit haben, zu „arbeiten“. Acrylglasseiben haben ebenso wie Makrolon die Eigenschaft, sich beim Erwärmen in der Sonne wesentlich stärker auszudehnen als Mineralglas, je nach Länge der Scheibe kann sie sich also unter Sonneneinwirkung um mehrere Millimeter ausdehnen, womit man bei der Montage der Scheibe rechnen muss.

Dies gilt natürlich besonders für Fenster, die in einem Rezzess bündig mit der Aufbau- oder Rumpfoberfläche montiert sind, hier wird mit einer bis zu zehn Millimeter breiten umlaufenden Fuge gerechnet, aber ebenso für aufgeschraubte Fen-



Sprach- und Datenverbindungen weltweit mit Iridium oder Inmarsat Satellitentelefonen



expeditionstechnik.de

WELTWEITE MOBILE SATELLITENKOMMUNIKATION

Expeditionstechnik Därr GmbH

Tel: +49 (0)8065 9065695

Reparatur-Verkauf-Service



VOGT
Boote Motore Zubehör

An der B201, 24376 Kappeln
Tel. 04642-4617

oder

Brauereiweg 16, 24939 Flensburg
Tel. 0461-1682746

www.vogt-kappeln.de

Einbaumotore
aller Hersteller

YANMAR

VOLVO PENTA

nannidiesel **vetus**

Accusysteme
Trans
Watt

Accusysteme Transwatt GmbH
Coesterweg 41 - 59494 Soest - 02921 9669 0

**Hochleistungsbatterien
für Ihre Strom-
versorgung mit 70%
weniger Gewicht !**



www.transwatt.de

info@transwatt.de

Batterie-Controller



- Totale Batterie-Überwachung,
- mit Alarm bei Unterspannung,
- Datenausgang für PC,
- als Einbau- oder Aufbaugerät lieferbar.

- Arbeitet mit hochgenauen Sensoren, d. h. eine Trennung der Kabel ist für die Installation nicht erforderlich.
- Shunt's werden nicht mehr benötigt.

Weiter im Liefer-Programm: Batterie-Ladegeräte, Spannungswandler, Barographen und so weiter!

Ausführliche Infos:
www.h-tiemann.de

Telefon: 040 - 720 41 98

Mail: Herbert.Tiemann@t-online.de



Neben den Klebeflächen der Scheibe muss auch der Untergrund, also der Aufbau oder der Rumpf, entsprechend vorbereitet werden. Auch hier wird gereinigt, gründlich entfettet und angeschliffen.

ster. Dort ist es in erster Linie die Verschraubung, die die Scheibe in ihrer Längenveränderung behindern kann, was bedeutet, die Scheibe muss zwar fest, aber dennoch elastisch montiert sein.

Dies erreicht man durch zweierlei: Zum einen durch den Durchmesser der Bohrlöcher, der zwei bis drei Millimeter größer ausfallen sollte als die Stärke der verwendeten Schrauben. Weiterhin durch die Art der verwendeten Schrauben. Kommen hier eingelassene Senkkopfschrauben zum Einsatz, halten sie

die Scheibe unverrückbar in ihrer Position, dies nimmt nicht nur jeden Bewegungsspielraum, sondern leitet darüber hinaus große Kräfte keilförmig in den Bereich um das Schraubenloch ein. Spannungsrisse sind vorprogrammiert.

Deutlich besser geeignet sind Flachkopfschrauben, die, eventuell noch durch eine Unterlegscheibe ergänzt, den nötigen Anpressdruck großflächiger in die Scheibe einleiten. Generell wird eine ausreichende Kompensation der Längenveränderung unter Sonneneinfluss mit

zunehmender Länge der Scheibe immer schwieriger. Der Kleber kann der Wärmedehnung einer Scheibe jenseits der 150 Zentimeter nicht mehr folgen. Er löst sich ab oder reißt. Hier bietet es sich an, die Scheibe zu teilen und mit einer Dehnfuge zu montieren.

Richtig verkleben

Im Grunde sollte die eben beschriebene Verschraubung nur einen Zweck erfüllen: die Scheibe so lange in der richtigen Position zu fixieren, bis der Kleber abgebunden hat, denn letztendlich hat er die Funktion, das Plexiglas mit dem Aufbau sicher zu verbinden und abzudichten.

Viele Werften verzichten auf eine Verschraubung der Scheiben, sie werden ausschließlich geklebt. Hierzu ist aber eine aufwändige Hilfskonstruktion notwendig, die die Scheibe über einen relativ langen Zeitraum sicher positioniert, was sich nicht bei allen Decks- und Aufbaugesammetrien mit vertretbarem Aufwand realisieren lässt.

Für beide Montagearten ist es aber unerlässlich, zunächst die Voraussetzungen für eine optimale Klebeverbindung zwischen Scheibe und Aufbau zu sorgen. Alle Klebereiche müssen sauber, fettfrei und tragfähig sein, was sich an den Gelcoatflächen noch relativ einfach realisieren lässt.

Hierzu wird der Klebereich zunächst von allen Dichtmittelrückständen befreit, anschließend sorgfältig



Distanzstücke aus demselben Material wie der verwendete Kleber sorgen für eine gleichbleibende Stärke der Klebefuge. Hierzu lässt man eine „Wurst“ Kleber aushärten und schneidet sie in gleichmäßige Scheiben.



Die Distanzstücke werden entweder wie hier auf den Aufbau geklebt oder ausgebohrt und wie Unterlegscheiben auf die Schrauben gesteckt. Dies ist bei gebogenen Scheiben besonders wichtig.



Fest, aber nicht zu fest. Die Schrauben werden wechselweise nur so stark angezogen, dass sich überall eine gleichmäßige Klebefuge ergibt. Mehr Druck verformt nur das Material und drückt den Kleber heraus.

tig entfettet und leicht angeschliffen. Um die gleichen Voraussetzungen auf der Plexiglasscheibe zu erreichen, muss man ungleich vorsichtiger zu Werke gehen. Wie erwähnt, weisen die Oberflächen von gegossenem Acrylglas in der Regel Rückstände von Trennmitteln, meist Silikone, auf. Das Problem liegt nun darin, diese komplett zu beseitigen, da Plexiglas empfindlich auf Lösungsmittel reagiert, wie sie auch in Silikonentfernern enthalten sind. Anno Rodenkirchen hat hier gute Erfahrungen mit dem Aktivator von Sikaflex gemacht, der zwar auch Lösungsmittel enthält, sich aber dennoch als kompatibel mit GS-Plexiglas erwiesen hat. Dennoch werden lediglich die Klebeflächen der Scheibe mit dem Aktivator behandelt, auf der übrigen Scheibe verbleibt die Schutzfolie.


Die Schritte: Die Scheiben werden von innen angezeichnet, an der Markierung die Schutzfolie vorsichtig eingeschnitten und entfernt, dann die Klebefläche angeschliffen, der Schleifstaub entfernt und mit Aktivator gereinigt. Der Aktivator muss mindestens 10 Minuten ablüften, nach 2 Stunden wird die Klebefläche mit Sikaflex-Primer 209 N eingestrichen. Er dient als Haftvermittler und gibt später zusätzlichen UV-Schutz für den Kleber, in diesem Fall Sikaflex 295 UV.

Für die Montage ist es wichtig, dass zwischen Scheibe und Aufbau eine gleichmäßige und ausreichend starke Klebefuge entsteht. Würde eine Scheibe plan, also ohne Biegung, aufgeschraubt, ließe sich dies noch bei einiger Sorgfalt über ein gleichmäßiges und nicht zu festes Anziehen der Schrauben realisieren, da aber die meisten Bootsfenster mit einer zumindest geringen Wölbung montiert werden, funktioniert dieses Verfahren nicht. Sobald man die Enden der Scheibe über den Schraubenzug biegt, steigt der Druck in der Mitte der Scheibe stärker an und presst den Kleber aus der Fuge, so dass hier die nötige Fugenstärke nicht mehr gegeben ist. Um dies zu verhindern, müssen zwischen Scheibe und Aufbau Platzhalter vorhanden sein, die die Fugenbreite

genau definieren, so dass man die Schrauben ausreichend anziehen kann, ohne die Stärke der Klebnaht zu verändern.

Die beste Lösung hierfür sind Distanzplättchen aus dem Material der Klebmasse. Sie lassen sich einfach herstellen, indem man eine Raupe Klebmasse auf ein Brett drückt und aushärten lässt. Anschließend lässt sie sich mit einem scharfen Messer in Scheiben schneiden, deren Dicke die spätere Fugenstärke definiert, circa fünf Millimeter sind hier ein guter Richtwert.

Um sie zu platzieren, gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder man klebt sie mit wiederum derselben Klebmasse auf den Aufbau, oder man bohrt in die Distanzstücke ein zum Schraubendurchmesser passendes Loch und schiebt sie wie eine Unterlegscheibe über die Montageschrauben, nachdem diese durch die Scheibe gesteckt sind. Im nächsten Schritt wird nun der Kleber in ausreichender Menge auf die Klebefläche der Scheibe aufgetragen und verschlichtet, so dass keine Luft einschlüsse verbleiben. Zum Abschluss wird die Scheibe aufgesetzt und über die Schrauben fixiert. Diese dürfen aber nur „handwarm“ und wechselseitig angezogen werden, bis die Scheibe mit gleichbleibendem, durch die Distanzhalter definiertem Abstand zum Untergrund positioniert ist. Keinesfalls darf sich die Scheibe um die Schrauben herum einbeulen. Die Verschraubung dient nur dem Positionieren der Scheibe bis zum Abbinden des Klebers, dieser muss letztendlich die Verbindung zu Aufbau oder Rumpf herstellen. Austretende Klebmasse sollte sofort entfernt werden, hierbei dürfen keine lösungsmittelhaltigen Reiniger verwendet werden.

Als Abschluss lässt sich bei Scheiben mit nicht polierten Kanten noch eine umlaufende, V-förmige Fuge aus Klebmasse anbringen, die die Sichtkante und den Übergang zwischen Scheibe und Aufbau abdeckt. Diese hat den Vorteil, dass auf der Oberkante der Scheibe kein Wasser stehen bleiben kann, das irgendwann eventuell doch den Weg in die Yacht finden könnte. 

TRIMAX®

Das ideale glasfaserverstärkte
Kunststoff-Baumaterial
für den Landschafts-,
Garten- und Wasserbau
und vieles mehr



TRIMAX als Bootsstegebelag



Terrassen aus TRIMAX



TRIMAX als Uferbefestigung



Bootsstegebelag aus TRIMAX



Bootsstegebelag aus TRIMAX

TRIMAX ist:

- bauaufsichtlich zugelassen vom DIBT
- ein glasfaserverstärktes Kunststoff-Produkt mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften
- die Alternative für imprägnierte und Tropenhölzer
- wie Holz verarbeitbar
- garantiert umweltverträglich
- verrottungsfest und rutschfest



TEPRO Kunststoff-Recycling GmbH & Co. KG
Industriestraße 17 • 29389 Bad Bodenteich
Tel.: (0 58 24) 96 36 24 • Fax: (0 58 24) 96 36 23
info@tepro.de • www.tepro.de