



# Diagnose ...

... Osmose? Für viele Eigner von GfK-Yachten ist das Auskranken im Herbst ein banger Moment. Zeigen sich verräterische Blasen auf der Oberfläche des Unterwasserschiffes? Ist die Yacht von der gefürchteten „Blasenkrankheit“ betroffen und wie schlimm ist dann der anzunehmende Schaden? Diese und viele weitere Fragen zum Thema hat Jan Kuffel mit den Experten von Peter Wrede Yacht Refit diskutiert und beschreibt im ersten Teil der Osmose-Serie unterschiedliche Methoden der Diagnostik.



Foto: Peter Wrede Yachtreff

**E**ine GfK-Yacht ist günstig zu produzieren braucht kaum Pflege und hält ewig - von dieser noch bis in die siebziger Jahre hinein gängigen Auffassung über aus Glasfasern und Harz gebaute Boote trifft aus heutiger Sicht eigentlich nur der erste Punkt zu, alles andere ist mit deutlichen „abers“ und „wenns“ behaftet. Speziell die berühmt-berüchtigte Osmose lieferte bald als „GfK-Pest“ Schlagzeilen und sorgt bis heute für Kummerfalten auf den Stirnen von Bootverkäufern und -käufern oder schlicht Eignern. Was sich dahinter verbirgt, ist ein chemischer Prozess, von dem alle aus Polyester gebauten Yachten mehr



Foto: Imke Feddersen

**Auch heute noch werden die meisten GfK-Rümpfe von Hand laminiert. Bei der erzielbaren Qualität spielt dann der Faktor Mensch eine wichtige Rolle, zum Beispiel beim Verdichten des Laminats.**

oder weniger betroffen sind. Dies liegt bereits im Komposit-Material GfK begründet, die äußere Gelcoat-Schutzschicht besteht wie das darunter liegende Laminat bei fast allen Serienyachten aus Polyesterharz und ist als solche nicht wasserdampfdicht. Als Folge nimmt jeder GfK-Rumpf während der Zeit im Wasser Feuchtigkeit auf, die zu einem gewissen Teil

während des Aufenthalts an Land wieder abgegeben wird. Bis zu diesem Punkt liegt also ein materialspezifischer Vorgang vor, der völlig normal ist. Spannend wird es allerdings bei der Frage, was zwischen Harz und der eingedrungenen Feuchtigkeit im Anschluß passiert und wie es dabei zu der gefürchteten Blasenbildung kommen kann. Hierzu ist ein kleiner



Foto: Imke Feddersen

**Ein GfK-Laminat besteht aus einer Matrix aus Harz und Verstärkungsfasern, es kommen Matten und Rovings zum Einsatz. Das Verhältnis von Harz zu Glas bestimmt die Festigkeit.**



Foto: Peter Wrede Yachtreif

**Im Gegenlicht lassen sich stark ausgeprägte Osmoseblasen hier gut erkennen, viele alte Lagen Antifouling können dies allerdings deutlich erschweren. Sichere Auskunft über mögliche Osmose gewährt nur ein freier Blick aufs Gelcoat.**

Ausflug in die Geschichte des GfK-Serienbootsbaus sinnvoll.

### Handarbeit

Von Beginn in den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts bis heute ist auch im Großserienbau die Fertigung eines GfK-Rumpfes hauptsächlich Handarbeit. Hierzu wird zunächst die äußere Schutzschicht beziehungsweise das Gelcoat in die Negativform eingespritzt oder eingerollt, im Anschluss werden Schicht auf Schicht die Glasfasermatten oder Rovings eingelegt und mit Laminierharz getränkt. Hierbei kommt es zunächst auf die richtige Platzierung der Glasfasermatten an, sie sollten möglichst gerade liegen, dürften nicht knittern und müssen sich definiert überlappen. Anschließend wird mit speziellen Rollen und Walzen das Harz in die Glasverstärkung eingearbeitet. Die Güte des Laminats wird dabei durch eine möglichst starke Komprimierung bestimmt, um Luft einschüsse und Reaktionsgase aus dem Verbund zu drücken. All dies muss in einem definierten Zeitrahmen passieren, denn die Topfzeit eines Zweikomponenten-Polyesterharzes beträgt nach dem Anmischen nur zirka 25 bis 35 Minuten. Anschließend verändert sich seine Konsis-

tenz, es wird dickflüssiger und härtet schließlich unter der Abgabe großer Reaktionswärme schnell weiter.

Um dieser Zeitproblematik zu begegnen haben sich mittlerweile

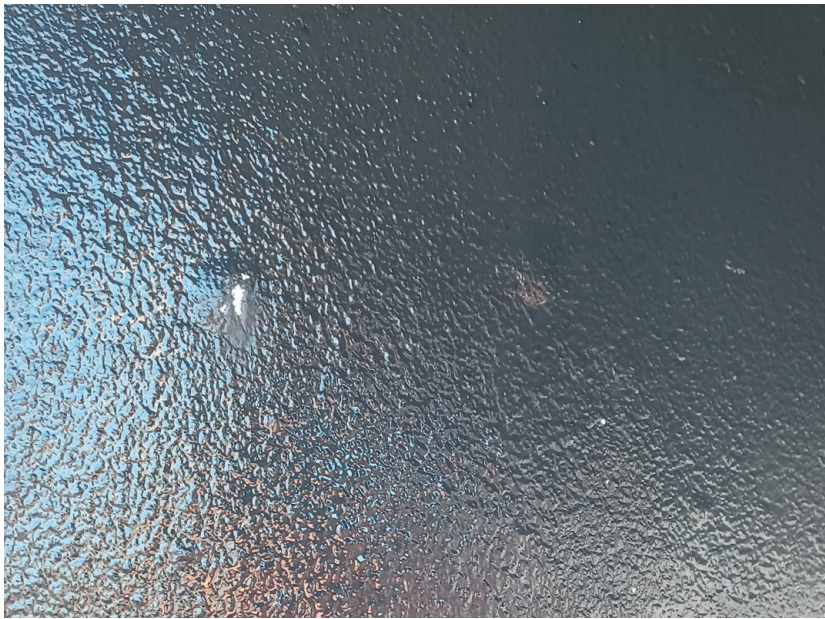
Laminiermaschinen durchgesetzt, bei denen Harz und der Härter in einer Lanze vermischt und direkt auf eine am Ende befestigte Laminierrolle gespritzt werden. So gelangt immer frisch angemischtes Harz in die Form, das allerdings auch vom Augenblick des Einbringens an zu härten beginnt. Es kommt also weiterhin auf ein gutes Timing beim Laminieren des Rumpfes an, um alle Laminatschichten wirklich homogen zu verbinden, wobei homogen hier eigentlich kein korrekter Begriff ist. Vielmehr entsteht eine Matrix aus Fasern und Harz, deren Güte durch den Anteil beider Komponenten sowie durch die vollständige Tränkung der Fasern mit Harz definiert wird.

Das dies nur unterschiedlich gut gelingt und es im Prinzip keine zwei identischen Rumpfe aus ein und derselben Bauform gibt, liegt hier also zunächst am Faktor Mensch beziehungsweise der Sorgfalt, mit der diese Arbeiten vorgenommen werden. Doch auch in einem mit größter Akribie ausgeführten Handlaminat lassen sich kleinere Luft einschlüsse



Foto: Peter Wrede Yachtreif

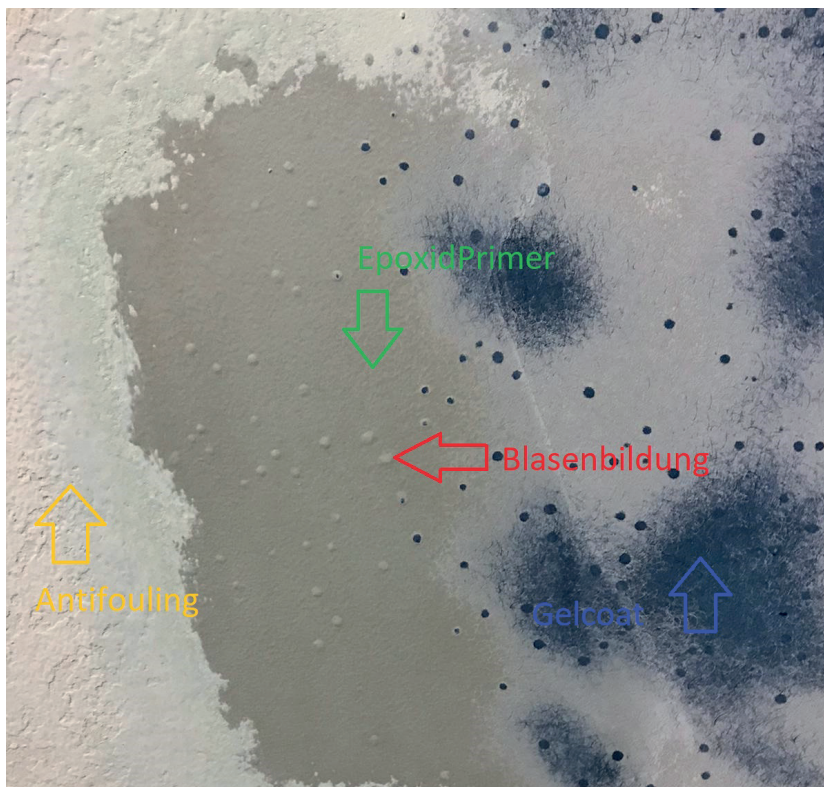
**Tritt aus einer geöffneten Blase eine stark riechende Säure aus, ist unter dem Gelcoat der Osmoseprozess aktiv. Nun gilt es, den Umfang des Schadens zu bestimmen.**



Direkt nach dem Auskranen lassen sich potenzielle Blasen auf dem noch nassen Antifouling am besten Erkennen, steht die Yacht schon länger an Land sind sie möglicherweise ausgetrocknet.

nicht vermeiden. Um dem zu begegnen, wurden in jüngerer Zeit verschiedene Vakuum- Infusions- oder Injektionsverfahren entwickelt, die durch eine gleichmäßig hohe Verdichtung komprimiertere und fes-

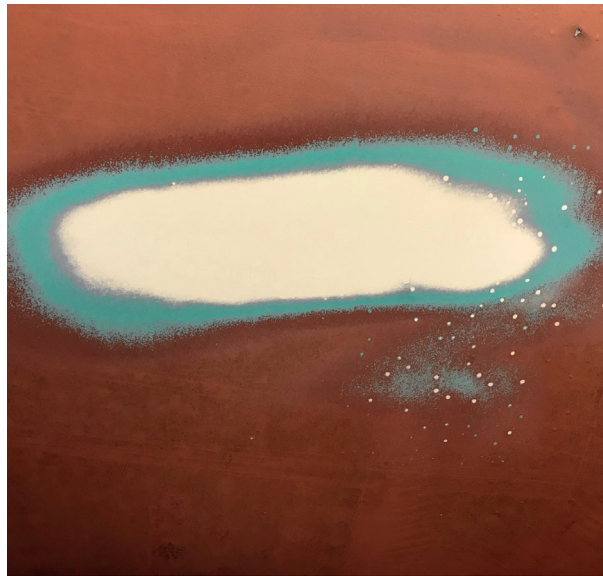
tere Lamine erlauben, diese Techniken sind aber mit einem hohen Kosten- und Entwicklungsaufwand verbunden. Als Konsequenz setzen viele Serienwerften bis heute auf das Handauflegeverfahren. Im Hinblick



Durch eine Wischprobe mit einem Lösemittel wie Aceton werden die weichen Antifoulinglagen über den erhabenen Blasen zuerst abgetragen und diese werden gut erkennbar.



Ähnlich gut funktioniert eine Schleifprobe mit 120er Körnung, die erhabenen Blasen werden geköpft und sind so markiert.



Fotos: Peter Wiede Yachtreif

Hier ist zu erkennen, dass die Blasen das weiß des Antifoulings zeigen und nicht etwa zwischen den Coatingschichten entstanden sind.

auf später eventuell auftretende Osmoseschäden sind die oben genannten Einschlüsse im Laminat ein erster „Krankheitserreger“, der bereits beim Bau einer GfK-Yacht zwangsläufig in ihre DNS eingebracht wird.

### Harz ist nicht gleich Harz

Der zweite wichtige Bestandteil eines GfK-Laminats ist natürlich das verwendete Harz beziehungsweise seine Güte. Welches zur Anwendung kommt, hat gerade im Serienbau nicht nur mit seiner Eignung zu tun, sondern natürlich auch mit den Kosten. Zu Beginn der GfK-Bauweise ging es zunächst darum, möglichst viele Boote in kurzer Zeit zu einem attraktiven Preise zu produzieren, über die Lebensdauer einer solchen Yacht machten sich die Hersteller damals vermutlich keine speziellen Gedanken. Auch das Phänomen der Osmose war zu jener Zeit noch relativ unbekannt. So kamen zunächst natürlich möglichst billige Polyesterharze zum Einsatz, diese dafür in entsprechend dick aufgebauten Laminaten, um auf die nötigen Festigkeiten zu kommen. Auf den Gedanken, das auch die Harzqualität für eine gute Osmoseresistenz verantwortlich ist,

kamen die Hersteller erst später, und bis heute ist es für einen Eigner oder Bootskäufer ohne eine gute chemische Vorbildung nahezu unmöglich, die Qualität der Laminierharze einzuschätzen, aus denen seine Yacht besteht. So waren die Harze, die im letz-

ten Jahrhundert zum Einsatz kamen, hauptsächlich ortophthalsäuregebunden, später kamen zur Verbesserung der Osmoseresistenz Isophthalsäureharze dazu. Als Qualitätsmerkmal reicht diese Unterscheidung jedoch nicht aus, denn auch hier finden sich



Foto: Peter Wiede Yachtreif

Strategisch verteilt wird die Oberfläche des Unterwasserschiffes an verschiedenen Stellen überprüft, auch Kiel und Ruder sowie das Laminat in der Nähe der Bockstützen sind kritische Bereiche.

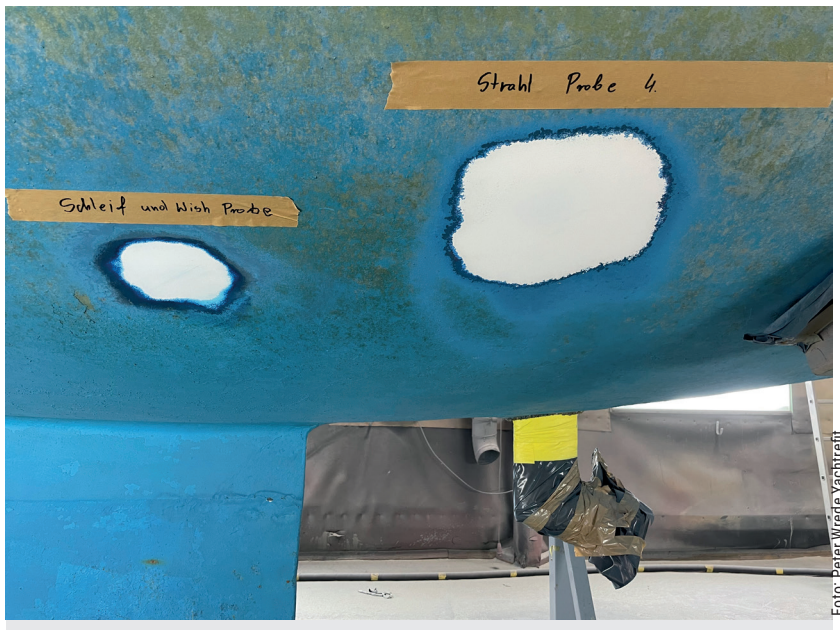


Foto: Peter Wrede Yachtreit

**Diese Probestellen weisen keine Blasen und somit keinen Befund auf. In einem Fachbetrieb kommen zunächst verschiedene optische Verfahren zum Einsatz, um den nötigen Aufwand möglichst genau einschätzen zu können.**

große Qualitätsunterschiede. So gibt es durchaus gute Ortophtalsäureharze, die eine höhere Qualität aufweisen als schlechte Isophtalsäureharze. Im Harz liegt also oft der zweite „Krankheitserreger“ in der DNS einer GFK-Yacht.

Auch hier ist die Entwicklung natürlich nicht stehengeblieben und heute kommen vielfach Vinylester- und Epoxydharze im Serienbau zum Einsatz, da sie als Dampfsperre wirken können und einen effektiveren Schutz gegen Osmosebefall bieten.

Zusammengefasst ist eine glatt und eben erscheinende GFK-Außenhaut eben nicht homogen, sondern kann in ihrer Qualität sehr unterschiedlich ausfallen. Das erklärt auch das Phänomen, das Yachten, die in ihrer Bauweise auf den ersten Blick kaum Unterschiede aufweisen, auch bei gleichem Baujahr und gleichen äußeren Bedingungen ein unterschiedliches Osmoseverhalten entwickeln können.

### Der Krankheitsverlauf

Trifft die in den GfK-Rumpf eingedrungene Feuchtigkeit nun auf ein minderwertiges oder osmoseanfälligeres Harz, beginnt dieses, sich lang-

sam zu zersetzen. Dabei bildet sich eine Säure, deren Dichte verhindert, dass sie während der Landliegezeit durch das Gelcoat wieder abgegeben werden kann und sich in den oben beschriebenen baubedingten Hohlräumen zwischen Laminat und Gel-

coat sammelt. Diese Säure hat eine höhere Konzentration als das umgebende Wasser und setzt so einen osmotischen Prozess in Gang. Als Osmose wird generell ein Vorgang bezeichnet, bei dem sich ein Lösungsmittel, hier das Wasser, nur in eine Richtung durch eine Membran bewegt, die Membran ist im Falle einer GFK-Yacht das Gelcoat. Grund dafür ist ein Konzentrationsunterschied zwischen den zwei Flüssigkeiten, die von der Membran getrennt werden, das Bestreben der Teilchen, den Konzentrationsunterschied auszugleichen, wird als osmotischer Druck bezeichnet. Dieser Zersetzungprozess verläuft zunächst ohne von außen sichtbare Anzeichen im Inneren des Laminats sowie zwischen Laminat und Gelcoat, bis der Druck in den Hohlräumen so weit angestiegen ist, dass sich das Gelcoat als Blase nach außen wölbt. Wird diese Blase geöffnet, tritt als sicheres Zeichen für einen schädigenden Osmosebefall die säurehaltige Flüssigkeit aus. Dies klingt zunächst nur nach einem Schönheitsfehler, das zersetzte Laminat besteht an dieser Stelle aber nur noch aus trockenen Glasfasern ohne Verbund. Inwieweit sich dies auf die

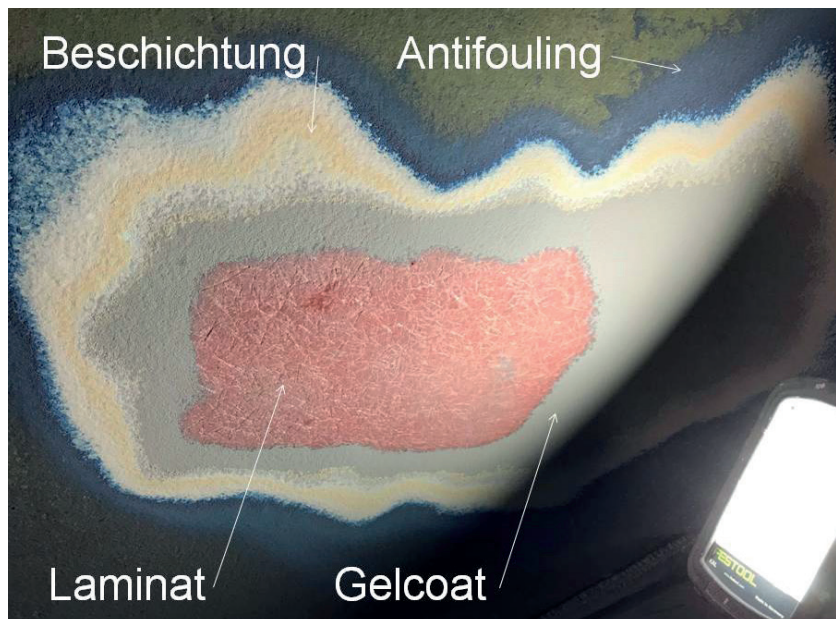
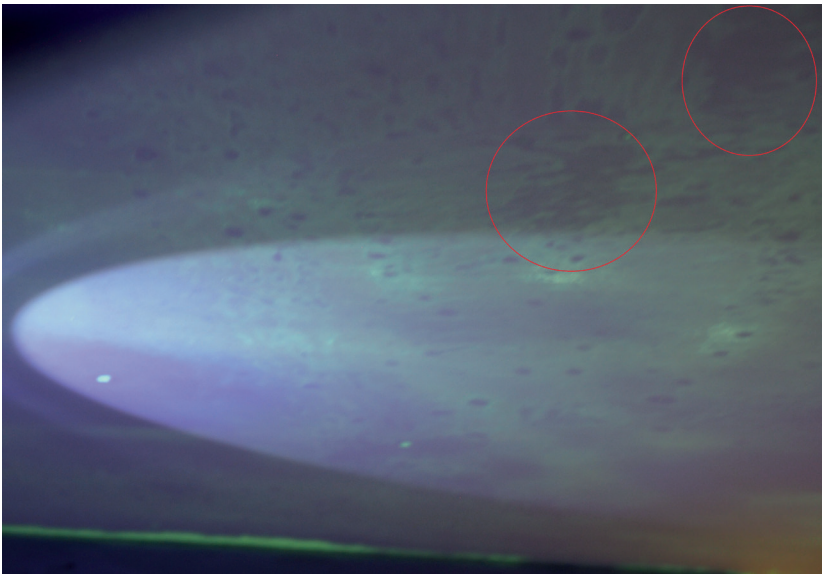
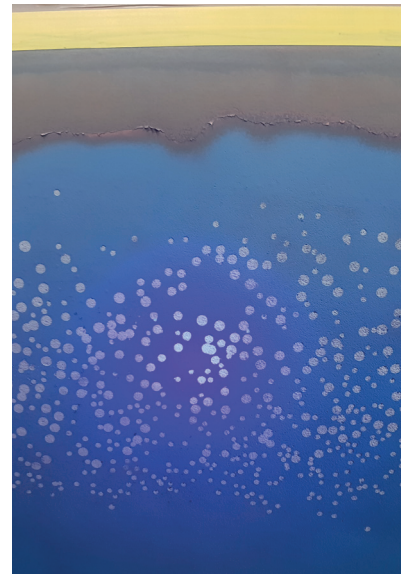


Foto: Peter Wrede Yachtreit

**Der übliche Aufbau eines Unterwasserschiffes besteht von außen nach innen üblicherweise aus diversen Schichten Antifouling, mehreren Primerlagen, dem Gelcoat und zum Abschluss dem Laminat.**



Durch UV-Licht lässt sich der Einfluß der Säure im Inneren auf das Gelcoat sichtbar machen. Um dieses sehr frühe Stadium zu erkennen (rot eingekreist), bedarf es allerdings eines erfahrenen Auges.



Fotos: Peter Wrede Yachtreif

Hier ist die Säurebelastung schon besser zu erkennen, es haben sich aber noch keine Blasen gebildet.

strukturelle Festigkeit des Rumpfes auswirkt, hängt natürlich in erster Linie von der Größe und Tiefe des befallenen Bereichs ab.

Besagte Blasen sind die einzige Möglichkeit, eine Osmoseschädigung des Rumpfes zu erkennen, Feuchtigkeitsmessungen sind hierfür ungeeignet, da wie oben beschrieben jeder GFK-Rumpf Wasser aufnimmt. Auch eine professionelle Osmose-Prüfung hat daher zum Ziel, das Gelcoat des Unterwasserschiffes auf Blasenbildung zu prüfen.

### DIY-Diagnosemöglichkeiten

Ob eine Yacht zumindest in Teilbereichen des Unterwasserschiffes Osmoseschäden aufweist, lässt sich auch in Eigenregie mit relativ einfachen Mitteln überprüfen. Auch hier wird nach Blasenbildung gefahndet, der beste Zeitpunkt ist im Herbst direkt nach dem Auskranken. Steht die Yacht hingegen schon länger an Land, bekommt die in den Blasen enthaltene Flüssigkeit Gelegenheit abzutrocknen, so dass auch beim Öffnen keine Säure mehr austritt. Dennoch sind die zersetzenden Bestandteile weiterhin in den Hohlräumen vorhanden und setzen ihr Werk beim nächsten Wasserkontakt fort. Zunächst wird

das Unterwasserschiff nach dem Auskranken von Bewuchs und anderen Verunreinigungen befreit, bevor es an die Inspektion der noch nassen Oberfläche geht. Hierbei wird nach einem Blickwinkel gesucht, in dem das Sonnenlicht wie Streiflicht parallel zum Rumpf verläuft. Wölbungen nach außen werfen Schatten und Bla-

sen werden sichtbar. Alternativ lässt sich das Unterwasserschiff mit einer starken Lampe parallel zur Fläche ableuchten, auch hier zeichnen sich Blasen durch Schattenbildung ab. Gibt es nun erste Befunde, ist dies zwar ein Indiz, aber noch kein Beweis für Osmosebildung, denn Blasen können ihren Ursprung auch in

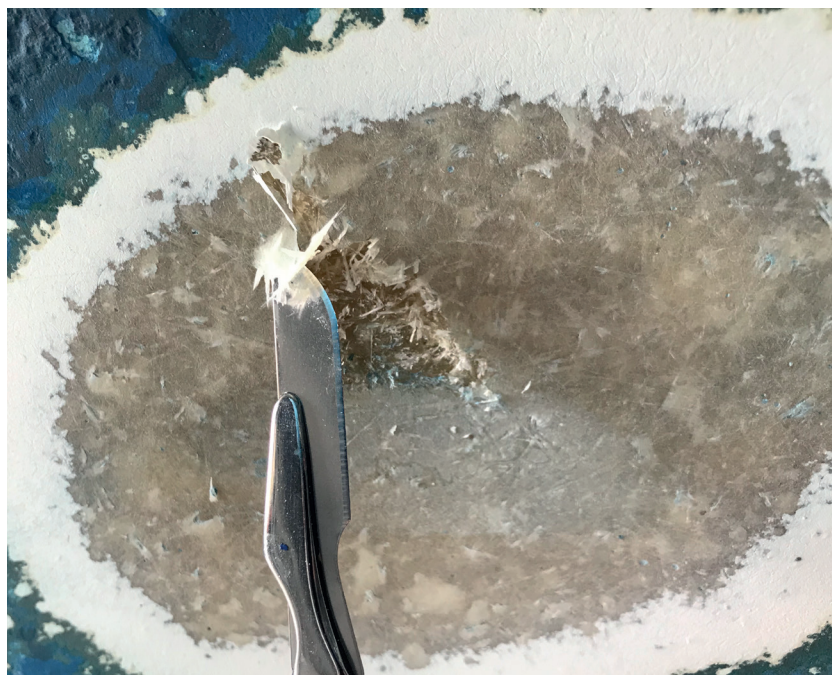
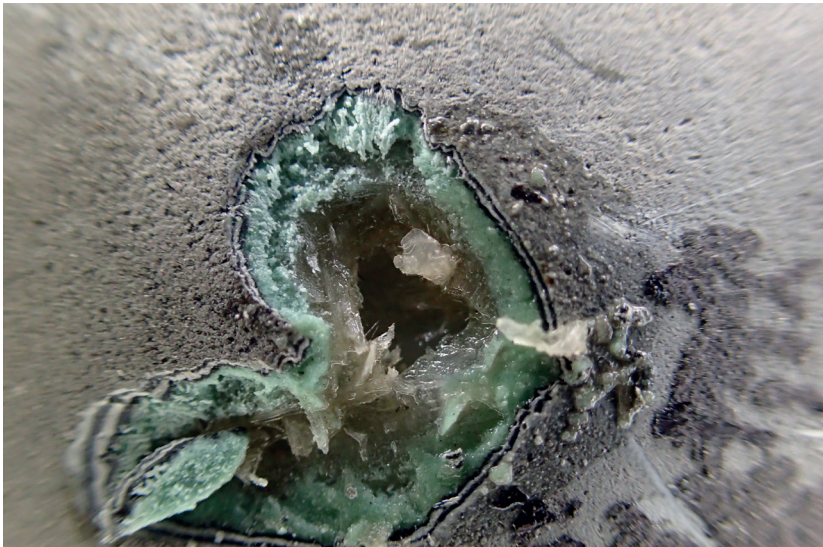
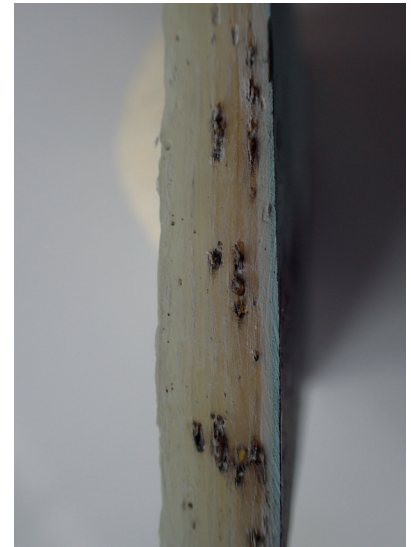


Foto: Jan Kuffel

Nach Abtrag aller Coatingschichten sowie des Gelcoats sind die trockenen Glasfasern gut auszumachen, die Tiefe und Größe dieser Nester bestimmt den Sanierungsaufwand.



Eine Osmoseblase unter dem Mikroskop, dder Schaden hat sich durch mehrere Laminatschichten ausgebreitet.



Fotos: Peter Wrede Yachtreift

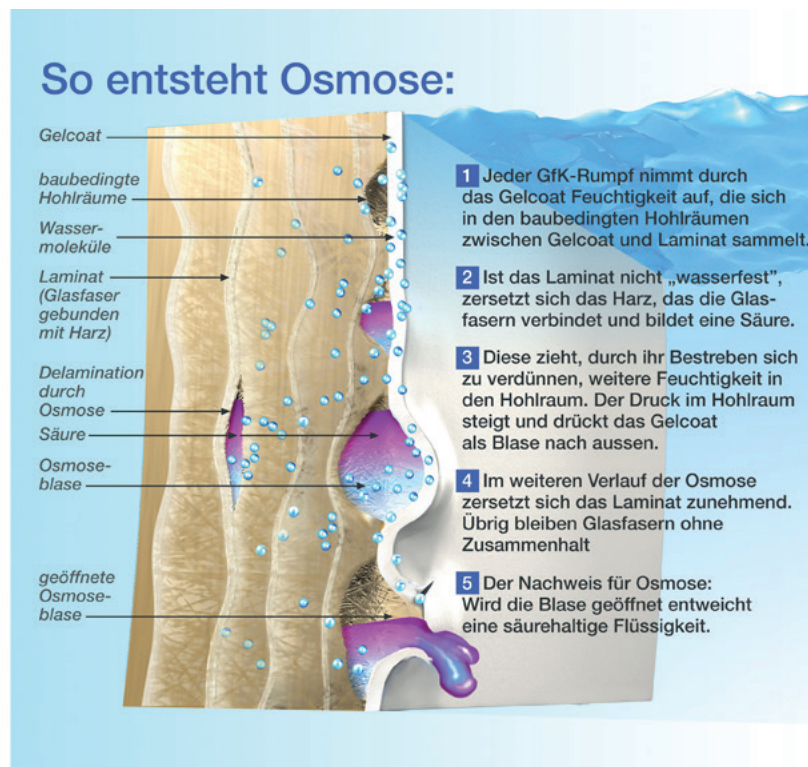
Durch Osmose geschädigtes Laminat im Querschnitt. Auch hier wird deutlich, wie tief die Schäden reichen können.

den aufgetragenen Antifouling- und Primerschichten haben. Schlechte Haftung durch unsachgemäße Vorarbeiten bei der Applikation oder mangelnde Kompatibilität sind hier häufige Ursachen. Um zu belastbaren Befunden zu kommen, muss der Blase buchstäblich auf den Grund gegangen werden. Hierzu bietet sich zunächst der so genannte Schleif-Test.

Dabei wird mit 120er Schleifpapier der Bereich der Blasen bis auf das Gelcoat heruntergeschliffen. Da die Blasen von der Oberfläche erhaben sind, werden sie zuerst geköpft und zeichnen sich deutlich vom Untergrund ab. Ähnlich funktioniert eine Wischprobe mit beispielsweise Aceton. Hierbei wird das einkomponentige Antifouling gelöst und entfernt,

der lösemittelfeste Untergrund, egal ob Primer oder Gelcoat, tritt auf der erhabenen Blase zuerst zutage und diese wird sichtbar.

Wirklichen Aufschluß darüber, was im Inneren der Außenhaut vor sich geht, gibt allerdings erst das Öffnen von zuvor lokalisierten Blasen mit einer spitzen Klinge. Zeigt sich unter der Blase lediglich eine weitere Farb-



Grafik: Ole Pfeiler



Die Oberfläche eines von Osmose befallenen Unterwasserschiffes nach dem kompletten Strahlen, die tiefen Nester wurden ausgebohrt.

schicht oder intaktes Gelcoat, liegt zumindest an dieser Stelle kein Osmosebefall bevor. Wird allerdings das Laminat als trockene Fasern sichtbar und es tritt Säure aus, liegt mit Sicherheit an dieser Stelle des Rumpfes eine Osmoseschädigung vor. Hierbei ist übrigens die eigene Nase ein sehr gutes Analyseinstrument, denn die austretende Säure erinnert in ihrem starken Geruch an Essig.

Auch hier gibt es natürlich Sonderfälle. So kommt es in seltenen Fällen vor, dass die Blase zwar bis auf das Laminat reicht, dies sich aber völlig intakt zeigt, also keine einzelnen trockenen Fasern zu erkennen sind. In diesem Fall wurde beim Bau der Yacht kein ausreichender Verbund zwischen Gelcoat und Laminat erzielt, was aber bei großflächigem Auftreten einen ähnlichen Sanierungsaufwand und -ablauf erfordert wie eine Osmosesanierung. Häufig sind bei neueren Yachten so genannte Barriercoats zwischen Gelcoat und Laminat die Ursache.

### Professionelle Prüfung

Auch ein Fachbetrieb wird zunächst eine visuelle Prüfung zur Osmosefrüherkennung durchführen, allerdings stehen hier andere technische Möglichkeiten zur Verfügung. Eine

relativ neue Methode ist dabei die Untersuchung des freigelegten Gelcoats mit einer starken UV-Lichtquelle. Hierzu wird zunächst eine zirka DIN-A4-große Fläche mit 180er Körnung bis auf das Gelcoat fein verschliffen, was für einen ersten Eindruck ausreicht. Für ein aussagekräftiges Gesamtbild des Zustands ist es allerdings sinnvoll, die komplette Fläche des Unterwasserschiffes unter die Lupe zu nehmen und es zuvor von allen Beschichtungen bis auf das Gelcoat zu befreien.

Anschließend werden im Licht der UV-Prüflampe die Säureeinwirkungen auf das Gelcoat als dunkle Flecken sichtbar, bevor sie durch Blasenbildung erkennbar wären. Im Tageslicht würde die Fläche makellos wirken. Mit dieser Methode lassen sich die Anfänge der Osmose also deutlich früher erkennen.

Um wirklich gesicherte Erkenntnisse über den Zustand des Unterwasserschiffverbundes zu erhalten, führen Fachbetriebe dann häufig noch eine Strahlprobe durch. Dabei wird an mehreren Prüfstellen die Rumpfschicht freigelegt, eventuell vorhandene Osmose-Nester und trockene Stellen im Laminat, in denen sich solche bilden können, treten so zutage. Hierbei werden auch an bootsbau-relevanten Stellen wie etwa Kiel und



Fotos: Peter Wrede Yachtreift

Nach dem Strahlen tritt die restliche Säure aus, sie muss vor dem Neuaufbau sorgfältig entfernt werden.

Ruder Proben vorgenommen.

### Interpretation

Wird nach den oben beschriebenen Verfahren tatsächlich ein Osmosebefall festgestellt, folgt zumindest für den Eigner vermutlich der schwerste Teil der Prozedur, nämlich die Antwort zu finden, was jetzt zu tun ist. Dies hängt, auch bei einem eindeutigen technischen Befund, zunächst von den Plänen des Eigners und dem Wert der Yacht ab. Ein Osmoseschaden ist nicht statisch, sondern er wird sich im Laufe der Jahre ausbreiten und die Substanz der Yacht sukzessive beeinträchtigen. Dies passiert aber nicht von einer Saison auf die andere, und einige kleine Osmosebläschen am Unterwasserschiff bedeuten noch keinen Weltuntergang.

Wer eine mehrere Jahrzehnte alte Yacht besitzt, die nur einen geringen Befall aufweist, hat eine realistische Chance, dass die Osmose sehr langsam voranschreitet und er auch ohne umfangreiche Sanierung noch einige Jahre Freude an seinem Schiff haben kann. Dies trifft vor allem für sehr alte Boote zu, die ohnehin kaum noch einen realen Restwert besitzen. Anders sieht es hingegen aus, wenn der Plan besteht, das Boot in nicht allzu ferner Zukunft zu verkaufen.



Foto: Jan Kuffel

spezialistischer Gutachter die richtige Adresse.

## Der Experte

Florian Brix ist Bootsbaumeister und bei Peter Wrede Yachtrefits für den Bereich Refit und Sanierung zuständig., er verfügt über viele Jahre professioneller Erfahrung mit dem Themenkomplex Osmose.

In den dann anstehenden Verhandlungen wird Osmose oder deren Prophylaxe immer ein Thema sein, dass sich drastisch auf den zu erzielenden Preis auswirkt. Ein Verkäufer, der den Zustand seiner Yacht mit einer erfolgten Osmosesanierung oder Prophylaxe durch einen Fachbetrieb mit entsprechender Garantie nachweisen kann, hat deutlich bessere Chancen, den gewünschten Preis zu erzielen. Ist der Zustand des Unterwasserschiffes indessen unklar, sind Bootskäufer indessen gut beraten, wenn sie den Preis dafür direkt von der Verhandlungsbasis abziehen. Ein guter Osmoseschutz wirkt sich also direkt auf die Wertentwicklung einer GFK-Yacht aus. Doch auch ohne Verkaufabsicht ist es ratsam, sich kritisch mit dem Thema auseinanderzusetzen. Auch wenn die Yacht alt ist und vielleicht keinen großen Geldwert mehr besitzt, sollte ihre Substanz geschützt werden, um sie sicher nutzen zu können, und das noch über viele Jahre. Ob dies auch ohne umfangreiche Sanierung möglich ist, lässt sich ohne Spezialkenntnisse kaum einschätzen. Hierbei sollte neben dem Wert der Yacht auch die zukünftige Nutzung in die Überlegungen einbezogen werden. Wird das Boot weiterhin nur über den Sommer für Wochenenden oder einen Urlaub ge-