

# Konzept zur Reparatur der SY ARTEMIS

In diesem Papier sind die Analysen und Vorschläge zusammengefasst, die zwei Experten im Auftrag der Stiftung Hamburg Maritim ausgearbeitet haben:

- Detlev Löll, Bootsbaumeister / Sachverständigen- und Ingenieurbüro, Peenemünde
- Dr. André Peylo / Holzlabor – lavTOX, Lauenburg

## Allgemeine Zustandsbeschreibung

Der Schiffskörper der SY ARTEMIS ist von Pilz, einem Spalt-Sporling, befallen. Auch ein Kellerschwamm wurde nachgewiesen, beides sind aggressive Holzschädlinge. Der genaue Umfang des Befalls ist noch nicht bekannt, dieser wird erst im Zuge der Demontage der Bauteile zu erkennen sein.

Sicher ist derzeit, dass der überwiegende Teil der Rumpf-Beplankung befallen ist. Weiter ist Pilzbefall in den aus Kambala lamellierten Spanten und an den neu auf lamellierten Teilen der gewachsenen Eichenspannten zu beobachten. Teilweise wurde Pilzbefall auch in einzelnen Eichenspannten und in den Zwischenräumen der Eichen-Spantpaare beobachtet.

Einzelne Myzelien wurden auf Teilen des Innenausbau bzw. der unterstützenden Hilfskonstruktionen vorgefunden.

## Befall und Ausbreitung

Der Befall erfolgte entweder durch Einbau von bereits befallenen Hölzern oder durch Ausbreitung von Sporen über die Luft.

Fast jede Frischholzoberfläche ist mit verschiedenen Pilzen besetzt, die sich über die Luft ausbreiten wie Bakterien. Zu einem Pilzbefall kommt es erst, wenn geeignete Wuchsbedingungen vorhanden sind.

Die Wachstumsgeschwindigkeit des Pilzes ist stark abhängig von der befallenen Holzart (Hölzer sind unterschiedlich pilzresistent) und den weiter unten erläuterten Umweltfaktoren.

Festzustellen ist, dass der einmal in die hölzerne Schiffsstruktur eingedrungene Pilz nie vollständig entfernt werden kann, es sei denn durch vollständige Entfernung aller direkt befallenen und der jeweils direkt angrenzenden Bauteile, oder durch radikalen Einsatz von Chemie. Letzteres würde jedoch den Innenraum praktisch unbewohnbar machen.

Das Wachstum des Pilzes kann jedoch verlangsamt werden, der Wiederbefall kann durch geeignete Maßnahmen stark verzögert oder auch ganz verhindert werden.

Hierzu ist es wichtig, die Lebens- und Ausbreitungsbedingungen des Pilzes zu kennen:

- Möglichst gleichbleibende hohe Feuchtigkeit,
- Geringe Luftbewegung, aber ausreichend Sauerstoff,
- Höhere Temperaturen begünstigen bis zu einem bestimmten Level das Wachstum.
- Nährstoffe wie feuchter Sägestaub, Hobelspäne, Verunreinigungen der Holzoberflächen durch Staub und Schmutz und
- feine organische Stoffe wie Hanffasern („Kalfat“) begünstigen die Ausbreitung.

Bei der ARTEMIS erfolgte die schnelle Ausbreitung offenbar über die aus Hanf bestehende Kalfaterung in den Nähten und Stößen. In den ungeschützten Kontaktflächen zwischen Spanten und Planken hat sich, wenn diese Flächen feucht waren, der Pilz ausgebreitet und ist in die aus Khaya bestehenden Planken eingedrungen und hat diese zerstört. Die massiven Eichenspanen zeigen kaum Befall, ebenso der aus Eiche bestehende Kiel und die Steven. Starken Befall zeigen alle Kambala-Oberflächen; aus diesem Holz sind lamellierte S-Spanen gebaut worden. Auch wurden untermaßige Eichenspanen mit Kambala auflamelliert, diese aufgeleimten Hölzer sind durchweg zerstört.

#### **Bekämpfungsmaßnahmen:**

Dieser Arbeitsplan soll Hilfen zur Entfernung und Bekämpfung des Pilzbefalls geben.

Die befallenen Planken müssen vollständig entfernt werden, sinnvollerweise auch die jeweils nächste Planke.

Die befallenen aufgeleimten Kambala-Lamellen auf den Eichen-Spanen müssen vollständig entfernt werden (Dechseln, Elektrohobel, Fräse). Über den optisch feststellbar Befall hinaus sollte jeweils noch 1-2 cm abgetragen werden.

Jeder einzelne Spant muss auf Befall kontrolliert werden. Stark befallene Spanten sollten demontiert und ersetzt werden. Schwach befallene Spanten (im Eichenholz wächst der Pilz sehr langsam) sollten mechanisch gereinigt werden, befallene Stellen ausgeschält und dann durch Einbringung von Borsalzen (in Form von Lösung oder Salzstiften) neutralisiert werden. Die Behandlung mit Borsalzen sollte nach Vorschrift des Herstellers erfolgen.

Die Bodenwrangen zeigen kaum Befall, müssen aber eingehend kontrolliert werden. Ebenso Decksbalken und Knie, Schandeck und Stringer.

Eine gute Kontrollmethode ist die regelmäßige Feuchtigkeitsmessung in etwa halber Tiefe der Bauteile, mit isolierten Nadeln, immer an den gleichen Stellen.

Die Ergebnisse werden in einer Tabelle aufgetragen und mit der Luftfeuchtigkeit abgeglichen. Bei einem gut durchlüfteten gesunden Spantgerüst sollte die anfangs relativ hohe Feuchtigkeit, von kleineren Luftfeuchtigkeits-bedingten Schwankung abgesehen, kontinuierlich absinken.

Pilzbefallene Hölzer bleiben im Feuchtigkeitsgehalt auf hohem Niveau und nehmen bei geringen Luftfeuchtigkeitserhöhungen deutlich an Feuchte zu.

### **Reparaturmaßnahmen:**

Die so behandelten Spanten sollten neu mit pilzresistenten Hölzern, z.B. Afzelia, Iroko oder Eiche auflamelliert werden. Die Verwendung von Leimen auf Epoxid-Harz-Basis erschwert die Ausbreitung des Pilzes.

Diese Maßnahmen allein bieten keine Gewähr, dass sich der Pilz bei günstigen Umgebungsbedingungen nicht erneut ausbreitet. Entscheidend für den Erfolg der Sanierung wird es sein, das Schiff von innen dauerhaft so trocken zu bekommen, dass dem Pilz die Ausbreitungsbedingungen fehlen. Dies muss bei der Wahl der zukünftigen Außenhaut-Bepankung und deren Abdichtung oberste Priorität haben.

Für den Ersatz der Außenhaut sind mehrere Möglichkeiten denkbar:

- Neuaufbau der Außenhaut in traditioneller Form, karweel geplankt aus kammergetrockneten resistenten Hölzern, unter Aufbringung einer Bleimennige-Sperrschicht zu den Spanten, Planken vor der Montage einzeln mit Bleimennige beschichtet. Nach der Kalfaterung sollte die Verkittung mit Mennigekitt erfolgen.
- Neuaufbau der Außenhaut in moderner Form, hier wäre die Doppelkarweel-Bauweise zu empfehlen, wobei Planken von halber Stärke untereinander mit Epoxid-Harz verleimt werden.
- Noch fester wird eine mit Epoxid-Harz verleimte Diagonal-Karweel Außenhaut, ggf. mit einer Glasgewebebeschichtung.

Bei beiden modernen Methoden sollten beide Lagen mit den Spanten verschraubt werden. Die Schrauben sollten mit Epoxid-Harz eingesetzt, die Spant-Außenflächen mit Blei-Mennige, Bleiweiß oder Borsalz-Paste beschichtet werden. Die neuen Planken müssen vor Montage mit Epoxid-Harz beschichtet werden, um den Feuchtigkeitsgehalt konstant zu halten.

Die konventionelle Vollholz-Bepankung bietet keine Gewähr gegen kleinere Leckagen, die bei größeren Holzschiffen normal sind, insbesondere im Seegang. Dies war bei der ARTEMIS auch vorher schon der Fall, obwohl der Schiffskörper nach der Restaurierung praktisch neu war, und hat die schnelle Ausbreitung des Pilzes erst möglich gemacht.

Nur mit einer verleimten Außenhaut ist eine Dichtigkeit verlässlich herstellbar, am besten mit zusätzlicher Glasgewebebeschichtung. Die Epoxidharz-Schichten innerhalb der verleimten Außenhaut bilden zugleich regelrechte Sperrschichten gegen erneute Myzelienausbreitung.

Favorisiert wird gegenwärtig die komplette Erneuerung der Bepankung in Doppelkarweel-Bauweise aus Afzelia.

### **Vorbeugende Maßnahmen nach Abschluss der Reparaturarbeiten:**

Das "Aussalzen" von Schiffen, also Einbringen von größeren Mengen Steinsalz in den Spantzwischenräumen ist hilfreich, ebenso das längerfristige Liegen des Schiffes im Meerwasser und natürlich der Einsatz im Meerwasser. Es wird dringend empfohlen, das Schiff nach Abschluss der Reparaturen von einem Seehafen aus einzusetzen und nicht dauerhaft in Harburg zu lagern.

Die Herabsetzung der Temperatur oder stark schwankende Temperaturen an Bord verlangsamen das Wachstum. Die Bordheizung sollte nicht im konstanten Dauerbetrieb eingesetzt werden.

Dauernde Lüftung, um die Luftfeuchtigkeit zu senken, ist sehr hilfreich. Hier ist es wichtig, die Belüftung in die Bilge zu bringen und unter Deck zu entlüften, die Luft zur Belüftung muss vom freien Deck kommen, die Entlüftung muss an Deck geführt werden. Eine pure Umwälzung ist kontraproduktiv. Gute Erfahrungen wurden außerdem mit Luftentfeuchtern gemacht.

Die Bilgen zwischen den Bodenwrangen sollten so untereinander verbunden werden, dass eingedrungenes Wasser zuverlässig zur Pumpenbilge geführt wird. Dies kann durch Einbringen von Zement geschehen. Zement ist stark alkalisch und stoppt zuverlässig Pilzwachstum.

Sperrschichten aus Bleimennige (nicht die heute erhältliche, sondern echte, die aus dem giftigen Bleioxid mit Leinöl verrührt besteht), zwischen Spanten und Planken aufgebracht, verhindern Befall und Ausbreitung zuverlässig.

Die Beschichtung der Spanten und Planken mit Bleimennige ist ebenfalls sehr geeignet, einen erneuten Befall zu verhindern, ist aber bei späteren Wartungs- und Reparaturarbeiten problematisch, da Bleioxid, in den Körper eingebracht, giftig ist. Alternativ kann Borsalz in pastenförmiger Konsistenz eingesetzt werden.

Die Kombination der o.a. Maßnahmen sollten den erneuten Befall verhindern.

Die häufige Besichtigung des Schiffskörpers ist ebenso wie der ständige Einsatz des Schiffes eine gute Präventionsmaßnahme.

### **Maschinenraum**

Bei der Rekonstruktion des Schiffes wurde versucht, mittschiffs in der Bilge einen „gasdichten“ Maschinenraum zu erzeugen. Dies hat mit zu der schnellen Ausbreitung beigetragen. Es sollte geprüft werden, ob nicht die separate Einhausung der Hauptmaschine mit getrennter Luftführung zum Oberdeck möglich ist. Die Form der Abdichtung gegen den hölzernen Rumpf sollte kritisch überdacht werden.

### **Sicherheitshinweise**

Holzerstörende Pilze sind nicht als gesundheitsgefährlich eingestuft, besondere Sicherheitsmaßnahmen zum Personenschutz sind nicht erforderlich. Bei Demontage sollten die üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen getroffen werden, wie Sicherheitsschuhe, anliegende Kleidung, Schutzhelm, ggf. Handschuhe.

Wenn auch eine „Ansteckung“ kaum wahrscheinlich ist, sollten Mitarbeiter mit verstaubter Kleidung oder ungereinigten Werkzeugen jedoch keinesfalls auf andere Schiffe gehen!

Borsalze: Borsalz wird nur in Verbindung mit Feuchtigkeit aktiv und entwickelt keine Gase. Die Aufnahme in den Körper ist gesundheitsschädlich, intensiver Hautkontakt ist zu vermeiden (ggf. Gummihandschuhe verwenden).

*Stiftung Hamburg Maritim  
12. Mai 2009*