

## **ARBEITSHILFEN DER RESTAURIERUNGSWERKSTÄTTEN**

Informationsblatt 6

### **Die wichtigsten Methoden zur giftfreien Bekämpfung von tierischen Holzschädlingen**

Stand: 03.12.2010

Die zunehmende Problematik der holzerstörenden Insekten in Denkmälern sowie in Kunst und Kulturgut macht es unerlässlich, alternative Bekämpfungsmethoden zu modifizieren und weiterzuentwickeln. Gerade die Forderungen nach giftfreien und umweltfreundlichen Systemen, sowie die strengen Regeln der Gefahrstoffverordnung (§16 GefStoffV, Herstellungs- und Verwendungsbeschränkung, Abs. 3.3), machen es nötig, schon bekannte Verfahren anzupassen und auszubauen.

Immer wieder werden Kunstwerke von Schadinsekten massiv befallen und gar bis zum Totalverlust zerstört. Insekten, wie etwa der gescheckte Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum* [de Geer]) oder auch der braune Splintholzkäfer (*Lyctus brunneus* [Steph.]), verursachen in zunehmendem Maße erhebliche Schäden an Gebäuden, Kunstgut oder ethnologischen Objekten, aber auch in Plattenmaterialien (z.B. Tischlerplatten, furniert) und ähnlichen Werkstoffen. Transportkisten und Elemente moderner Möbel aus Plattenwerkstoffen können in einem extrem hohen Maß durch Splintholzkäfer befallen sein, was den Schluss zulässt, dass das Holz der verwendeten Plattenmaterialien schon bei der Verarbeitung durch die Käfer kontaminiert war. Es ist somit ein handfester Bedarf an zeitsparenden, kostengünstigen und ungefährlichen Methoden der Bekämpfung gegeben.

Die Regelungen zu thermischen Verfahren sowie Begasungssystemen finden sich in der DIN 68800, Teil 4, Holzschutz im Hochbau – Bekämpfungsmaßnahmen. Hier werden vier Verfahren zur giftfreien Sanierung von Holzschädlingen befallener Objekte vorgestellt:

- 1. Feuchtegeregelter Warmluftverfahren**
- 2. Mikrowellen**
- 3. Inert-Begasung mit Kohlendioxid**
- 4. Inert-Begasung mit Stickstoff**

#### **1. Feuchtegeregelter Warmluftverfahren (Thermo Lignum®)**

Der Einsatz von warmer Luft wurde schon in der Vergangenheit bei der Bekämpfung von Holzschädlingen im Bereich von Dachstühlen genutzt. Die Behandlung von Kunst- und Kulturgütern erforderte eine Anpassung dieses Verfahrens. Um Schäden an Objekten zu vermeiden, muss verhindert werden, dass die warme Luft den Ob-

jekten Feuchtigkeit entzieht. Spezielle Mess- und Regeltechnik gewährleistet eine objektgerechte Erwärmung und Befeuchtung der Raumluft mit konstanten Feuchtwerten in den Objekten nach dem „Keylwerth-Diagramm“, welches Kennlinien und Werte zur Bestimmung einer gleich bleibenden Objektfeuchte bei steigender Temperatur vorgibt. Durch die Erwärmung der Raumluft und damit verzögert auch aller Objekte, die sich in der erwärmten Luft befinden, auf 55°C, für 1 h gehalten, wird ein künstliches Fieber bei allen Insekten und Entwicklungsstadien erzeugt. Die hierdurch erwirkte Denaturierung des Eiweißes tötet alle Insekten sicher ab. Zudem ist es nötig, eine möglichst geringe Differenz zwischen Raum- und Objekttemperatur zu erreichen. Diverse Messfühler und ein Kerntemperaturfühler im Objekt sowie ein angeschlossener Prozessor mit hinterlegten Daten nach dem Keylwerth-Diagramm gewährleisten eine präzise Einhaltung dieser Vorgaben. Bei durchschnittlichen Holzquerschnitten wird eine Prozessdauer von circa 3-4 Tagen erreicht. Diese Bedingungen gelten für stationäre Kammern.

Jedoch wird dieses Verfahren inzwischen auch für ganze Gebäude und größere Einzelobjekte (Altäre, Dachstühle), die sich innerhalb von Zelten befinden, angewendet. Die benötigten großvolumigen Zelte werden aus verschweißten Folienbahnen hergestellt. Trotz der nach wie vor verwendeten Gasbrenner bei der Gebäudesanierung können durch spezielle Anpassungen Schäden an Gebäuden und Ausstattung vermieden werden. Dazu gehören eine ausgeklügelte Mess- und Regeltechnik, die eine Absenkung der Temperatur auf circa 70°C ermöglicht. Eine angepasste Wärmeleitung im Gebäude und ein modifiziertes Befeuchtungssystem helfen Schäden am Objekt zu minimieren. Zudem konnte durch ein Umluftsystem am Heizaggregat eine weitere Absenkung der Energiekosten erreicht werden.

## **2. Mikrowellen**

Die Behandlung von durch Insekten geschädigtem Holz erfordert im Grunde die gleiche Mikrowellentechnik, wie wir sie von unserer Küchenmikrowelle kennen. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die zur Bekämpfung von Insekten zum Einsatz kommenden Geräte ein offenes System darstellen. Eine Erwärmung des Objektes erfolgt entsprechend der Wellenform. Beim Eintritt in das Objekt ist die Phasenlage der Wellen maßgeblich für den Punkt der Erwärmung. Liegt zum Beispiel das Maximum der eintretenden Welle an der Holzoberfläche, so wird es hier auch am wärmsten. Eine lineare Erwärmung ist also nicht möglich, so dass unterschiedlich warme Bereiche durch die Wärmeleitung im Holz ausgeglichen werden müssen. Je weiter ein Punkt von der Mikrowelle entfernt ist (Abnahme der Feldstärke), desto weniger warm wird es.

Um eine Abtötung der Insekten, durch eine Temperatur von 55°C für mindestens 1 h gehalten, zu erreichen, kann es nötig sein, ein Objekt von zwei Seiten zu beheizen. Zudem muss die Temperatur mit Messfühlern an den Stellen kontrolliert werden, an denen eine kritische Temperatur zu erwarten ist.

Durch die hohen Temperaturen kann es zum Austritt von Harzen oder auch zur Kondensation an Holzgegenständen kommen. Sorgfalt und fachgerechter Einsatz verhindern eine zu starke Überhitzung. In der Regel stellen Metallbeschläge, Schrauben und Nägel bei Beachtung der technischen Regeln kein Problem dar. Dennoch kann es auch, wie bei der heimischen Mikrowelle, zu hot spots kommen, die durch eine Modifizierung der Geräte minimiert werden können. Mithilfe von Schlitzantennen wird die Leistung in der Fläche reduziert und das Problem der hot

spots begrenzt. Hornantennen dagegen fokussieren die Leistung des Generators. Weitere Modifizierungen der Geräte, wie abgeschrägte Kanten oder feststellbare seitliche Reflektoren verbessern deutlich den Wirkungsgrad.

### **3. Inert-Begasung mit Kohlendioxid**

Inerte Gase sind Gase, die chemisch nicht oder nur in ganz geringem Maße reagieren. Kohlendioxid, ein farbloses und weitgehend geruchs- und geschmacksneutrales Gas, ist zu circa 0,03 Vol.-% in unserer Atemluft enthalten. Diese geringen Konzentrationen sind notwendig für unseren Atemkreislauf. Bei hohen Konzentrationen kann Kohlendioxid die Gesundheit schädigen oder auch zum Tod führen. Das Gas Kohlendioxid ist schwerer als Luft und kann sich am Boden sammeln. Kohlendioxid ist jedoch kein Gefahrstoff im Sinne der Gefahrstoffverordnung. Allerdings ist ein nicht zu vernachlässigender Nachteil die Reaktion von Kohlendioxid mit Wasser zu Kohlensäure, die gegebenenfalls Überzugsmaterialien, Pigmente oder Bindemittel schädigen kann. Dies hat zur Folge, dass nicht alle Objekte für eine Begasung mit reinem Kohlendioxid geeignet sind.

Zur Bekämpfung der Insekten wird das Kohlendioxid in einer Konzentration von über 60 Vol.-% in Räume, Zelte (gasdicht) oder Kammern eingeleitet. Durch den Einsatz von Folien können Objekte unterschiedlichster Größe, auch innerhalb von Gebäuden wie z.B. Kirchen, sowie ganze Gebäudeteile umbaut (eingehaust) werden. Bei diesem Vorgang muss die Temperatur sowie die Luft- und Materialfeuchte der zu behandelnden Objekte kontrolliert und gesteuert werden. Eine erhöhte Temperatur führt zu verstärkter Aktivität und erhöhtem Sauerstoffbedarf der Insekten und somit auch zu einer intensiven Aufnahme des Kohlendioxids. Dies wiederum hat zur Folge, dass sich der Behandlungszeitraum verkürzt. Es ist mit einer Behandlungsdauer von 4-6 Wochen zu rechnen.

Um Schäden an den Objekten zu vermeiden, d. h. ein Quellen oder Schwinden von z.B. Holzobjekten, ist eine spezielle Mess- und Regeltechnik erforderlich, die zudem die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre misst. Die relative Luftfeuchte sollte so bemessen sein, dass das Objekt keine Feuchtigkeit an die Atmosphäre abgibt oder aus dieser aufnimmt. Erwärmung und Befeuchtung sollten ohne größere Spitzen der Objekt- und Luftfeuchte nach oben wie unten erfolgen.

Unterschiedliche Insektenarten, wie auch die unterschiedlichen Stadien einer Insektenart (Käfer, Larve, Puppe und Ei), weisen eine unterschiedliche Resistenz gegenüber einer sauerstoffarmen Atmosphäre auf. Hierauf muss die Begasungsdauer abgestimmt werden.

### **4. Inert-Begasung mit Stickstoff**

Stickstoff, ein geruch-, geschmack- und farbloses Gas, ist zu ca. 80% in unserer Atemluft vorhanden und nicht brennbar. Stickstoff verhält sich zu den Stoffen der Objekte (z.B. Pigmente, Bindemittel oder Metalle) völlig neutral, es finden aufgrund der Reaktionsarmut keine chemischen Reaktionen statt.

Die holzerstörenden Insekten werden dank der Verdrängung des Sauerstoffs durch den Stickstoff in der Atmosphäre des Begasungszeltes oder der Begasungskammer sowie im Objekt selbst regelrecht erstickt. Hierzu muss das Gas in das zu behandelnde Objekt diffundieren, um den vorhandenen und an die Oberflächen angelager-

ten Sauerstoff nahezu vollständig zu verdrängen. Erreicht wird dies durch eine Spülung der Kammer bzw. des Zeltens mit reinem Stickstoff. Wirksam wird diese Maßnahme nur durch einen Restsauerstoffgehalt von unter 1 Vol.-%. Dies wird durch spezielle, extrem gasdichte Spezialfolien erreicht. Um die Behandlung in einem angemessenen Zeitraum durchzuführen, ist es nötig, die Umgebungstemperatur bei mindestens 20°C zu halten. Gleichzeitig sollte die Objektfeuchte entsprechend der Lagerung und Deponierung gehalten werden. Eine Temperierung und Befeuchtung der Atmosphäre ist also zwingend erforderlich, um Schäden an den Objekten zu vermeiden und zudem eine schnelle Abtötung der Insekten zu erreichen. Eine spezielle Mess- und Regeltechnik gewährleistet die Überwachung der geforderten Werte für Temperatur, relative Luftfeuchte und Gaskonzentration in der Atmosphäre. Dennoch ist mit einer Behandlungsdauer von circa 8-10 Wochen zu rechnen. Bei kleinen Kammer- oder Zeltvolumen ist es möglich, den Stickstoff aus der Raumluft mit Hilfe von „Stickstoffgeneratoren“ zu gewinnen. Dabei wird der Sauerstoff mittels spezieller Apparaturen absorbiert und der verbleibende Stickstoff in die Kammern oder Zelte eingeleitet.

#### **Literatur:**

Petra Ertelt: Untersuchungen über kontrollierte Wärmebehandlung bei schädlingsbefallenem Holz. Diplomarbeit FH Rosenheim, Fachbereich Holztechnik, 1993.

Noldt, Uwe / Michels, Hubertus (Hrsg.): Holzschädlinge im Fokus – Alternative Maßnahmen zur Erhaltung historischer Gebäude. Beiträge der internationalen Tagung im LWL-Freilichtmuseum Detmold/Westfälisches Landesmuseum für Volkskunde, 28.-30. Juni 2006 in Detmold (= Schriften des LWL-Freilichtmuseums Detmold 27). Detmold 2007.

Darin vor allem:

Fritz Kohler: Mikrowellen zur Holzinsektenbekämpfung – Anwendungen im WFM Detmold, S. 115-123.

Uwe Noldt und Alexander Niederfelner: Anwendung der stationären Thermokammer und Erfolgskontrolle, S. 125-136.

Bernhard Schachenhofer: Optimierung des feuchte-geregelten Warmluftverfahrens – Anwendung im Westfälischen Freilichtmuseum Detmold, S. 105-113.

Heinrich Piening: Modifizierte Inertatmosphären in der Schädlingsbekämpfung – oder: Im Zweifel für's Objekt. In: Dem „Zahn der Zeit“ entrissen! Neue Forschungen und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung im Museum (= Rheinisches Archiv- und Museumsamt, Publikationen der Abteilung Museumsberatung 2). Köln 1997, S. 98-107.

Werner v. Schorlemer  
02234 9854-327

Werner.Schorlemer@lvr.de