

Holzerstörende Pilze und Insekten in der St. Katharinen-Kirche

Tobias Huckfeldt, Mathias Rehbein, Uwe Noldt und Matthias Wieck

Thema: „Fäulepilze und ihr Zusammenleben mit dem Gescheckten Nagekäfer“



Abb. 1: Ev.-Luth. St. Katharinen-Kirche in Probsteierhagen mit ihrem eindrucksvollen Holzschindeldach; Zustand: 2014; verschiedene historische Bauabschnitte sind am Mauerwerk abzulesen: der Feldstein-Mittelteil stammt aus dem 13. Jahrhundert und zeigt den Beginn der Kirche, der nordöstliche Grabkapellen-Anbau stammt aus der Zeit um 1710 und die barocke Turmanlage mit Zwiebel und hohem Spitzhelm wurde um das Jahr 1787 fertig gestellt; die Orgel (Abb. 38) wurde 1788 wiedereingebaut (Eckbild: Wetterfahne); vgl. Abb. 79.

Impressum/Anschrift/Kontakt/Probeneinsendungen:

Institut für Holzqualität und Holzschäden IF-Holz – Dr. Rehbein und Dr. Huckfeldt GbR

Essener Straße 4, D2; 22419 Hamburg

Dr. Tobias Huckfeldt, Dr. Mathias Rehbein

Tel: 040 / 49200989 // Fax: 040 / 49200992

E-Mail: huckfeldt@ifholz.de, rehbein@ifholz.de, info@ifholz.de; Netz: www.ifholz.de // www.hausschwamminfo.de

Probeneinsendungen

Für die Einsendung von Proben beachten Sie bitte unser Merkblatt zur Probennahme (Download unter www.ifholz.de, klicken Sie auf unser Downloadcenter).

Das Kleingedruckte

Der vorliegende Artikel wurde mit viel Sorgfalt erstellt. Die Autoren können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Textes keine Haftung übernehmen. Für die Normen-Anwendung ist die Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum maßgeblich. Wir freuen uns, Ihre Meinung über diesen Artikel zu erfahren. Teilen Sie uns gern Ihre Anregungen mit: huckfeldt@ifholz.de.

Einführung

Viele Arbeiten beschäftigen sich mit holzzerstörenden Pilzen oder mit holzzerstörenden Insekten in Gebäuden, d. h. Wissenschaftler bearbeiten i.d.R. entweder holzzerstörende Pilze oder Insekten; fachübergreifende Arbeiten sind selten. Kaum ein Artikel gibt z. B. Auskunft darüber, ob die Art des holzzerstörenden Pilzes einen Einfluss auf das Auswahlverhalten des Gescheckten Nagekäfers bei der Eiablage hat. Eine solche Ausnahme wird hier als interdisziplinäre Arbeit vorgelegt: Wir haben alle vom IF-Holz erhobenen Daten ausgewertet und nach Parallelbefällen von holzzerstörenden Pilzen im Zusammenhang mit dem Gescheckten Nagekäfer untersucht, zudem haben wir Daten aus einem langjährigen Monitoring in der Ev.-Luth. St. Katharinen-Kirche zusammengestellt; auch hier haben wir Pilze und Insekten erfassen können. Erstaunliches ergab sich: Alte Vorurteile bröckeln, andere werden bestätigt. In jedem Fall zeigt sich, wie schnell wir Menschen verallgemeinern, ohne über eine gesicherte Wissensbasis zu verfügen. Beantworten Sie sich doch einmal im Stillen folgende Frage: Mit welchem holzzerstörenden Pilz ist der Gescheckte Nagekäfer am häufigsten im Gebäude verbunden?

Am Ende stellen wir eine Idee für eine substanzschonende Bekämpfungsmethode vor; dies legen wir am Beispiel der Ev.-Luth. St. Katharinen-Kirche in Probsteierhagen (Schleswig-Holstein) dar (Abb. 1).

Über einen Zeitraum von rund zehn Jahren wurden in der Kirche Daten zu Fäule-Schäden gesammelt und über fünf Jahre auch Daten zu den Schäden durch holzzerstörende Insekten. Die wissenschaftlichen Untersuchungen hierzu sind noch nicht abgeschlossen. Vorstellen möchten wir zuerst die Protagonisten.

Gescheckter Nagekäfer und seine Verwandten

Der Gescheckte Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*¹) hat viele Namen, so Bunter Nagekäfer, Bunter oder Scheckiger Pochkäfer, aber auch Totenuhr (Abb. 1 und Abb. 2). Er ist ein wichtiger Verursacher von Fraß-Schäden an verbautem Eichenholz (MALENKOVIC, 1907; ECKSTEIN, 1916); viel ist über die Biologie bekannt, wenig jedoch über die mit ihm vergesellschafteten Fäulepilze. Die Frage, ob gesundes Eichenkernholz angegriffen werden kann, ist nicht unumstritten (KÖNIG, 1957; KEMPE, 1999; GROSSER, 2016).

VITÉ (1952; Übersicht 1) hat ein Klassifizierungs-System für holzzerstörende Forstinsekten entwickelt, nach dem der Gescheckte Nagekäfer zu den Feuchtholzinsekten² gehört. Diese Einschätzung teilen SUTTER (1997) und NOLDT (2017). GROSSER³ (2016) hingegen stellt den Gescheckten Nagekäfer zu den Trockenholzinsekten und RÜPKE (2019) zu den Faulholzinsekten. Schon die kurze Aufzählung zeigt eine Unsicherheit bei Fachleuten.

Nach VITÉ sind Trockenholzinsekten solche, die festes (also nicht faules) und trockenes Holz anzugreifen vermögen, Beispiele sind der Gewöhnliche Nagekäfer/Möbelkäfer (*Anobium punctatum*) und der Braune Splintholzkäfer (*Lyctus brunneus*); Tab. 8). Feuchtholzinsekten hingegen sind solche, die nur in faulem Holz vorkommen, wie z. B. der Schwammholznagekäfer (*Priobium carpini*). Hingegen gehören die holzzerstörenden Rüsselkäfer zu den Faulholzinsekten.

Der Gescheckte Nagekäfer gehört zur Familie der Poch- oder Klopfkäfer (Ptinidae, früher Anobiidae), zu denen auch der Gewöhnliche Nagekäfer und der Gekämmte Nagekäfer (*Ptilinus pectinicornis*) sowie die pilzabhängigen Nagekäfer (Trotzkopf: *Hadrobregmus pertinax* und Schwammholznagekäfer) gezählt werden (NOLDT, 2017). In Gebäuden tritt nur eine Art dieser Gattung auf - weltweit sind 14 *Xestobium*-Arten bekannt, in Europa neun (zwei Arten davon jedoch nur auf den Kanarischen Inseln) und drei, ggf. vier Arten wurden bisher in Deutschland nachgewiesen (FREUDE et al., 1969, ANONYMUS, 2019).



Abb. 2: Der Gescheckte Nagekäfer ist ein kompakter Käfer mit feiner, „bunter“ bzw. scheckiger Behaarung. Der Kopf ist, typisch für Klopfkäfer-Arten, nach unten gerichtet und wird vom Halsschild fast überdeckt (also unter dem Halsschild eingezogen); Eckbild: Bein-Teil mit Schenkel, Schiene und Tarsen.



Abb. 3: *Xestobium rufovillosum*: Zwei Käfer aus einer Klebefalle: Die Behaarung des Gescheckten Nagekäfers dünnt mit der Zeit oft etwas aus; der Halsschild ist markant geformt, ein „Feuerwehr-Helm“ fehlt jedoch; Maßstab mit Millimetern.

Der Gescheckte Nagekäfer kommt in vielen europäischen Ländern und Nordamerika vor, fehlt aber in einigen südlichen Teilen von Europa wie z. B. Malta und Spanien, zudem auch in Nordirland und Island (FREUDE et al., 1969; PASQUAL et al., 2019; ANONYMUS, 2019). In der Natur wird das tote Holz von Laubbäumen befallen, besonders Eichen und Weiden; lebendes Holz wird nicht angegriffen. Entsprechend bekannt ist er aus Gebieten, in denen traditionell Eiche im Holzbau eingesetzt wird; er gilt als Kulturfolger (NOLDT,

¹ Details zu den Autoren der lateinischen Namen finden sich im Anhang (Tab. 9).

² Warum VITÉ (1952) einerseits den Gescheckten Nagekäfer zu den Trockenholzinsekten (S. 44) stellt, andererseits aber direkt die Abhängigkeit vom faulen Holz beschreibt (S. 44) und somit einen Widerspruch zu seiner „Übersicht 1“ auf Seite 21 (Trockenholzinsekten – Zustand des Holzes: fest und trocken) kategorisiert, muss ungeklärt bleiben.

³ Die Einteilung wird jedoch aufgrund einer Normdiskussion um die DIN 68800-4 kontrovers geführt; zumindest werden für die Entwicklung des Gescheckten Nagekäfers deutlich höhere Holzfeuchten benötigt als bei klassischen Trockenholzinsekten wie z. B. dem Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus* (L.)), den Splintholzkäfern und dem Gewöhnlichen Nagekäfer (vgl. NOLDT, 2014, 2017; GROSSER, 2016).

2005). Der Name „Totenuhr“ leitet sich von den gut hörbaren Klopfgeräuschen der erwachsenen Käfer ab. Früher glaubte man, dass das Klopfen im Zimmer eines Sterbenden dessen baldigen Tod ankündige. Die Käfer schlagen in kurzer Folge ihre Stirn auf die entsprechende Oberfläche und machen dann eine Pause, um anschließend erneut zu klopfen (FINDLAY, 1967; WYATT/BIRCH 2001). CYMOREK (1984) wies sieben bis zehn Schläge je Serie nach, wobei die ersten drei bis vier Schläge deutlich schwächer ausfielen. Dieses deutlich vernehmbare Klopfen dient der Verständigung während der Paarungszeit (HICKIN, 1963; BIRCH/KEENLYSIDE, 1991; WHITE et al., 1993; GOULSON et al., 1994; NOLDT, 2014). Es verhilft den Käfern zu einer gewissen Bekanntheit auch über Fachkreise hinaus und wird beispielsweise auch von TWAIN (1876) im „Tom Sawyer“ und von POE (1843) erwähnt. Geklopft wird von beiden Geschlechtern in der Paarungszeit, jedoch vermehrt und eingeleitet vom Männchen (CYMOREK, 1984).

Befallen werden Hölzer vom Keller bis zum Dach: Dachbalken, Fachwerk, Fenster, Möbel (selten) oder Kircheninventar. Besonders gefährdet sind, vermutlich aufgrund erhöhter Holzfeuchte, Schwellen (FINDLAY, 1967; WEIDNER, 1993; KLOPFER, 2007). Dabei bevorzugt das Weibchen zur Eiablage mit Fäulepilzen besiedeltes Holz in Gebäuden mit erhöhter Holzfeuchte, meist sind dies Gebäude ohne Zentralheizung. In der Folge entwickeln sich die Larven und zerstören das Holz, bevorzugt Eichenholz, besonders das Splintholz, zudem z. B. auch Birke, Erle, Esche, Pappel, Ulme, aber auch Nadelhölzer (Abb. 4), diese oft, wenn sie in Eichenholznähe verbaut sind (Abb. 5; BRAVERY et al., 2003; FINDLAY, 1967; LANGENDORF, 1988).



Abb. 4: Typisches Fraßbild des Gescheckten Nagekäfers an Eichen-Splintholz: Das Splintholz wurde massiv zerstört, der Kernholzanteil wurde weniger befallen. Fäule-Schäden sind durch Moderfäulepilze und Kellerschwamm im Randbereich vorhanden; Eckbild: Splint.

Abb. 5: Fraßbild des Gescheckten Nagekäfers an z. T. braunfaulem Kiefernholz-Balken: Vom Splintholz ist kaum etwas erhalten, so stark wurde es zerstört. Das Kernholz wurde an diesem Beispiel nur schwach an den Stellen zerstört, an denen zuvor eine Fäule vorlag; Eckbild: Detail der Fraßgänge im Splintholz.

Hausfäule- und Moderfäulepilz-Schäden als Nahrungsbasis für *Xestobium*-Befall

Für diesen Artikel wurden zwei Bereiche untersucht: A) holzerstörende Pilze und Insekten in der Kirche Probsteierhagen (Abb. 1) und B) Pilzassoziationen mit dem Gescheckten Nagekäfer im Probenmaterial des IF-Holz. In der Kirche in Probsteierhagen ergaben sich folgende Befallsbilder: Nachgewiesen wurden zahlreiche Pilzarten, die oft zusammen mit dem Gescheckten Nagekäfer auftraten (Tab. 1). An faulen Balkenköpfen aus Kiefern- oder Eichenholz mit *Xestobium*-Befall stellt sich oft ein Befalls-Gradient ein: Dieser Befall ist außen an den faulen Bereichen am stärksten, wird nach innen immer schwächer und endet schließlich. Ein zweiter, oft halbkreisförmiger Befallsherd ergibt sich z. T. in alten faulen Holzschwellen, oft mit Beteiligung von Moderfäulepilzen (Abb. 6, Abb. 20). Dabei bleiben die Ober- und Seitenflächen dem Augenschein nach ohne Schaden, abgesehen von Ausschupflöchern. Nur die Auflagerfläche weist massive Schäden auf. Einige Schadstellen blieben rätselhaft (Abb. 17 und Abb. 18), viele andere sind typisch (u. a. Abb. 4, Abb. 20, Abb. 24 und Abb. 26). Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass einige der untersuchten Hölzer aus dem 14. Jahrhundert stammen, da lässt sich nicht jeder Fäuleschaden mit dem dazugehörigen Feuchteeintrag rekonstruieren. So ergeben sich z. B. bei Hölzern in gleicher Lage völlig verschiedene Schadbilder: 1. Schwacher Insektenschaden mit unklarem Pilzschaden (Abb. 8); 2. Massiver Insektenschaden mit klarem Pilzschaden (Abb. 9) und 3. Schwacher Insektenschaden mit zumindest oberflächlich deutlichem Pilzschaden (Abb. 11). Innenfäulen werden weiter unten beschrieben.

Allgemein zeigt das benagte, faule Holz oft unregelmäßige, dicht beieinanderliegende Gänge von 0,2 bis 3 mm Durchmesser (Abb. 24 und Abb. 70). Im Gegensatz dazu traten die Larven-Fraßgänge im gesunden Holz meist nur zerstreut auf und das Bohrmehl war oft festgedrückt (Abb. 7). Die Fraßschäden finden sich i. d. R. im Frühholz⁴, aber das Spätholz wird durchbrochen. Die Larven verursachen keinen Platzfraß, da sie sich vorwärts wie rückwärts in den Fraßgängen bewegen. Weiche Holzteile werden bevorzugt gefressen, so dass ein schwammiges Gebilde entsteht (Abb. 24). Die Ausschupflöcher sind rund bis etwas oval, 2 bis 3,2 mm im Durchmesser und haben meist einen „fast“ glatten Rand (Abb. 58 und Abb. 70, Eckbild). Ein Doppelbefall mit Rüsselkäfer oder Gewöhnlichem Nagekäfer kommt vor (Abb. 10). Dabei konnten wir in der Kirche einen Befallsgradienten an einigen Sparren mit faulen Fußbereichen zeigen: hohe Aktivität des Gescheckten Nagekäfers im faulen Bereich, die zum gesunden Holz hin abnimmt, und einen gegenteiligen Schadensgradienten durch den Gemeinen Nagekäfer: Der Hauptschaden liegt hier im gesunden Nadelholz (Abb. 10).

⁴ Bei einem Moderfäulepilz-Befall wird hingegen das Spätholz vermehrt angegriffen.

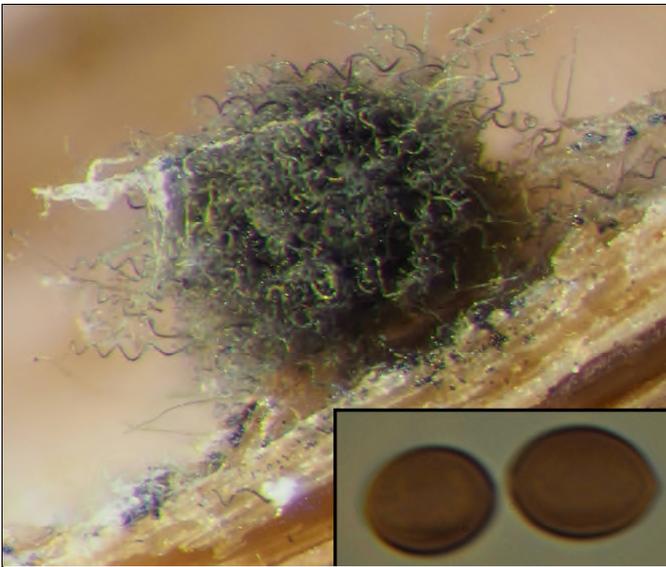


Abb. 6: Moderfäulepilz: Detail eines kleinen, fast schwarzen Fruchtkörpers von *Chaetomium* sp. (Ascomycetes) mit feinen korzenzieherähnlich gedrehten Haaren; Fruchtkörperdurchmesser ca. 1 mm; Eckbild: braune, dickwandige Ascosporen; 9-10 µm lang.

Abb. 7: Aufgespaltenes Eichenkernholz mit breiten Fraßgängen älterer Larven des Gescheckten Nagekäfers; das Bohrmehl liegt fest gestopft in den Gängen mit Abdrücken der diskusförmigen Kotpartikel; Eckbild: Detail; Maßstäbe in Millimetern.



Abb. 8: Alte Dachstuhl-Strebe: altes Eichenholz mit Bearbeitungsspuren durch ein Breitbeil (bisher nicht bewittert); fast ohne Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer; ein Befall ist von außen kaum sichtbar und das Holz nagelfest; Eckbild: Übersicht, Dachstuhl vor der Sanierung.

Die Auswertung der über zweihundert Einsendungen ergab: In Gebäuden wird der Gescheckte Nagekäfer am häufigsten von Moderfäulepilzen begleitet, gefolgt vom Braunen Kellerschwamm und dem Ausgebreiteten Hausporling (Tab. 2, Abb. 20). Bemerkenswert war zudem die große Zahl an pilzlichen Doppelbefällen im Zusammenhang mit dem Gescheckten Nagekäfer; die häufigste Kombination war die mit Moderfäulepilzen. In den Fraßgängen wurden nur gelegentlich Mycelien von Fäulepilzen nachgewiesen (Abb. 13) – meist fressen die Larven im Holz, wenn die Pilze inaktiv oder abgestorben sind (hier besteht aber noch Forschungsbedarf). Zuweilen traten Fälle auf, in denen Fraßgänge von Fäulepilzen erneut besiedelt wurden. Dies ist nur gut an Proben belegbar, bei denen verschiedene Fäuletypen aufeinander folgen, so z. B. wenn nach einem insektenbefallenen Braunfäule- ein Weißfäule-Schaden folgt oder wenn das Genagel von Mycel durchwachsen wird.



Abb. 9: Alte Dachstuhl-Strebe: derzeit nicht bewittert, trocken und vierseitig umlüftet (der Rand weist eine typische Alterung durch eine Bewitterung auf – oben links); Eichenholz mit starken Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer, die Spanne der Schäden ist groß; vgl. Abb. 8; Fäulschäden von außen wenig sichtbar; das Holz ist nicht mehr nagelfest; Eckbild: Ausschlupfloch; Maßstab in Millimetern.



Abb. 10: Doppelbefall: Insekten und Pilz; Übergang zwischen den Schäden durch Gescheckten und Gemeinen Nagekäfer, also zwischen Trockenholz- und Feuchtholzinsekten. Status in der Kirche: Gemeiner Nagekäfer abgestorben; Gescheckter Nagekäfer: lebend.



Abb. 11: Altes Querholz des Dachstuhls: derzeit nicht bewittert, trocken und vierseitig umlüftet; Eichenholz mit oberflächlichem Würfelfbruch durch Moderfäulepilze, aber nur wenige Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer.



Abb. 12: Fruchtkörper des Ausbreiteten Hausporlings mit Insektenausschlupf-Löchern von *Xestobium rufovillosum*; die Löcher sind wieder zugewachsen; Maßstab mit Milli- und Zentimetern.

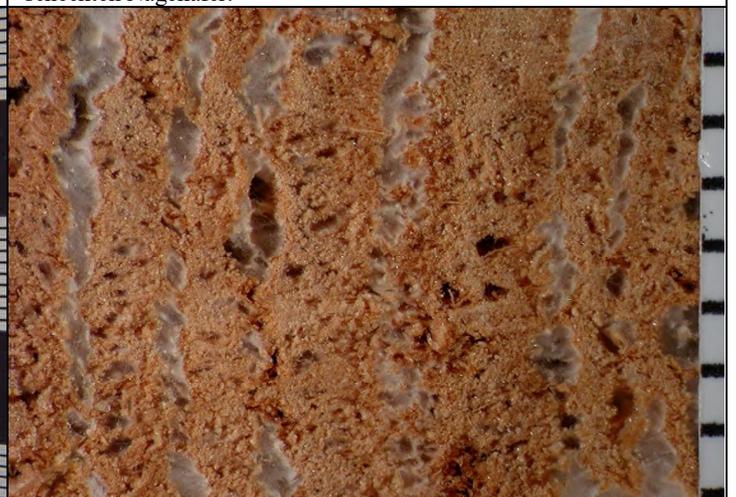


Abb. 13: Feines, weißes Mycel des Ausbreiteten Hausporlings (*Donkioportia expansa*) in einem Nadelholzbauteil mit Befall durch den Gescheckten Nagekäfer; Maßstab mit Millimetern.

Tab. 1: Pilzliche Schäden der letzten Dekade in der Kirche (Auswahl)

Fäuletyp Art: deutscher (lateinischer) Name	Fundort	Fundzeit
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Braunfäuletramete (<i>Antrodia</i> sp.)	Hauptschiff, über Apsis und Altarraum; Sparren: S18, N17	11.06.2008
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Gelbe Braunfäuletramete (<i>Antrodia xantha</i>)	Seitenflügel, Deckenbalken und Fußbodenbrett	19.04.2010
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Gelbe Braunfäuletramete (<i>Antrodia xantha</i>)	Seitenflügel, Deckenbalken	19.04.2010
Moderfäulepilze (zudem gibt es unzählige Verdachtsfälle ¹)	Dachgeschoss über Seitenflügel/Giebelseite, Deckenbalken und Folie von Glaswolle	04.05.2010
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Gelbe Braunfäuletramete (<i>Antrodia xantha</i>)	Gebäudeteil: Ein-/Ausgang zur Fürstenloge	01.06.2010
Braunfäule-Erreger: Brauner Kellerschwamm (<i>Coniophora puteana</i>)	Seitenflügel, Deckenbalken unter Emporen-Geländer, linke Seite des Balkens	29.12.2010
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Gelbe Braunfäuletramete (<i>Antrodia xantha</i>)	Deckenbalken unter Emporen-Geländer, rechte Balkenseite	29.12.2010
Braunfäule-Erreger: Brauner Kellerschwamm (<i>Coniophora puteana</i>)	Stirnbrett Giebel, Ostseite	03.08.2011
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Braunfäuletramete (<i>Antrodia</i> sp.)	Fensterrahmen, Durchfeuchtung vom Mauerwerk	20.04.2012
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme: Gelbe Braunfäuletramete (<i>Antrodia xantha</i>)	nördlicher Dachfuß an der Traufe: End-Teile des Mauerbalkens (Schwelle), die in der turmseitigen Wand liegen.	30.10.2014
Braunfäule-Erreger: Gruppe Weiße Porenschwämme (<i>Antrodia</i> sp.) und Weißfäule: Hinweise auf Ausgebreiteten Hausporling (<i>Donkioporia expansa</i>)	Übergang Schiff zum Seitenflügel, Südwest-Ecke: Schwelle unterhalb der Kehle	17.11.2014
Braunfäule-Erreger: Echter Hausschwamm ¹ (<i>Serpula lacrymans</i>)	nördlicher, turmseitiger Dachfuß an der Traufe: End-Teile des Gesims-Balkens	24.11.2014
Braunfäule-Erreger: Kellerschwamm (<i>Coniophora</i> sp.) und Moderfäulepilze	nördlicher Kirchendachfuß an der Traufe: äußere Schwelle im mittleren Bereich	19.01.2015
Moderfäulepilze (schwach)	Sparren S10, ca. 1,5 m unterhalb des Firstes	19.01.2015
Braunfäule-Erreger: Echter Hausschwamm ² (<i>Serpula lacrymans</i>)	Nordseite; Sparren-Fuß 9; Balken	12.09.2017

¹ In der Kirche wurden bisher besonders die auffälligen Pilzschäden mit Mycel-/Fruchtkörper-Entwicklung untersucht; Untersuchungen der kleineren Schadensbereiche in den historischen Hölzern stehen noch aus. ² Die Schäden durch den Echten Hausschwamm waren jeweils kleinräumig und wurden auch nur kleinräumig bekämpft.

Die bekannteste Verbindung vom Gescheckten Nagekäfer in Gebäuden ist die mit dem Ausgebreiteten Hausporling (Abb. 12 und Abb. 15), hier wird eine Übertragung des Ausgebreiteten Hausporlings durch das Insekt seit langem diskutiert (FISHER, 1940; CARTWRIGHT/FINDLAY, 1958, BRAVERY et al., 2003). In den Focus ist der Ausgebreitete Hausporling erst seit etwa dreißig Jahren getreten, als erkannt wurde, dass er ein wichtiger Fäulepilz in Gebäuden ist. Seinen Schwerpunkt hat der Pilz im Fachwerk, in Kirchen mit Eichenholz und unter Bädern und Küchen mit Leckagen im Altbau; er dürfte der dritt- oder vierthäufigste Hausfäulepilz in Mitteleuropa sein und scheint sich weiter auszubreiten. Der Ausgebreitete Hausporling ist gut an eine Übertragung durch Insekten angepasst: Er bildet in seinem Mycel an der Oberfläche (Abb. 13), in den Holzzellen und in den Insektengängen häufig dickwandige Konidien (Abb. 14), die auch Trocken-Perioden und Hitze überstehen können. Diese mikroskopisch kleinen Klone des Pilzes werden von möglicherweise den Insekten getragen. Die Verbreitung mit Konidien teilt er mit den Moderfäulepilzen, die mit ihren Nebenfruchtformen zur Konidienbildung neigen, aber auch der Kellerschwamm ist hierzu in der Lage (COCKCROFT, 1979).



Abb. 14: Ausgebreiteter Hausporling: mikroskopisch kleine, dickwandige Konidiospore (Klon) aus dem Oberflächenmycel (gefärbt); dass es sich bei der Konidie nicht um eine Schimmelpilzart handelt, kann an der deutlichen Schnalle der Trägerhyphen erkannt werden.



Abb. 15: Feines, weißes Mycel des Ausgebreiteten Hausporlings (*Donkioporia expansa*) in einem Holzbauteil; die eiweißreichen Mycelien bilden die Grundlage für ein schnelleres Wachstum des Gescheckten Nagekäfers; oft finden sich Konidien (Abb. 14); Maßstab mit Millimetern.

Tab. 2: Gescheckter Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*) als Begleiter von holzerstörenden Pilzen (am IF-Holz wurden 250 Fäulepilz-Schadbilder ausgewertet; pilzliche Doppelbefälle waren häufig).

Pilzart/Gruppe	%	Pilzart/Gruppe	%
Moderfäulepilze (Ascomyceten)	39,2	Gelber Porenschwamm/Braunfäuletramete (<i>Antrodia xantha</i>)	1,2
Brauner Kellerschwamm (<i>Coniophora puteana</i>)	19,6	Rindenpilz (<i>Hyphodontia/Hyphoderma</i> spp. u.a.)	1,2
Ausgebreiter Hausporling (<i>Donkioporia expansa</i>)	13,2	Harz-Rindenpilz (<i>Resinicium bicolor</i>)	1,2
Braunfäuletrameten/Porenschwämme (<i>Antrodia</i> spp.)	4,8	Marmorierter Kellerschwamm (<i>Coniophora marmorata</i>)	0,4
Saftporlinge (<i>Oligoporus</i> spp.)	2,8	Eichen-Krustenhaut (<i>Crustoderma dryinum</i>)	0,4
Bakterien (typische Bakterienfäule-Abbaubilder)	2,4	Eichenwirrling (<i>Daedalea quercina</i>)	0,4
Stachelsporling (<i>Trechispora</i> spp.)	2,4	Zystidenrindenpilz (<i>Phanerochaete</i> spp.)	0,4
Braunfäule-Erreger (an final zerstörtem Holz)	2,0	Großporiger Feuerschwamm (<i>Phellinus contiguus</i>)	0,4
Echter Hausschwamm (<i>Serpula lacrymans</i>)	1,6	Ockerfarbener Sternsetenpilz (<i>Asterostroma cervicolor</i>)	0,4
Tintling (<i>Coprinus</i> spp.)	1,6	Tramete (<i>Trametes</i> spp.)	0,4
Weißfäule-Erreger (an final zerstörtem Holz)	1,7	Wilder Hausschwamm (<i>Serpula himantioides</i>)	0,4
		Ohne erkennbaren Fäuleschaden an der Probe* ¹	2,0

*¹ Bei einer Vergleichs-Auswertung am IF-Holz von Schäden mit Beteiligung von Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus*) ergab sich bei rund 50 % der Proben kein relevanter Fäulepilz-Schäden; hinzukommt, dass viele der Fäulepilz-Schäden am Holz mit Hausbockkäfer-Schaden erkennbar sekundäre Schäden waren, also Fäulepilze, die den Insektenschaden überwachsen hatten (= *Hylotrupes*-Vorschaden); diese Fälle waren bei den *Xestobium*-Schäden selten. Im Gegensatz hierzu wurden Rüsselkäfer-Schäden nie im gesunden Holz nachgewiesen.

Insektenschäden sind i.d.R. gut zu erkennen, genau wie Fäulepilze mit ausgeprägten Mycelien (Abb. 19); anders ist die Situation bei Fäuleschäden durch Moderfäulepilze, die kaum Mycelien bilden. Sie können im frühen bis mittleren Abbaugrad nur mikroskopisch sicher erkannt werden (Abb. 24, Eckbild). Hieraus ergeben sich Fehlinterpretationen über die Abhängigkeiten des Gescheckten Nagekäfers von Fäulepilzen. Einfacher erkennbar sind die Kombinationen von Geschecktem Nagekäfer mit Echtem Hausschwamm (Abb. 19), Braunem Kellerschwamm oder Ausgebreitetem Hausporling. Der Ausgebreitete Hausporling baut Holz in frühen Phasen der Fäule-Entwicklung oft ungleichmäßig stark ab, so dass fast gesundes neben zerstörtem Holz liegt; im Falle eines Befalls mit Geschecktem Nagekäfer werden nur die faulen, weichen Bereiche gefressen, es verbleiben das gesunde Holz. So entsteht leicht der Eindruck, gesundes Holz werde angegriffen, wenn die Larven alles faule Holz ausgefressen haben.

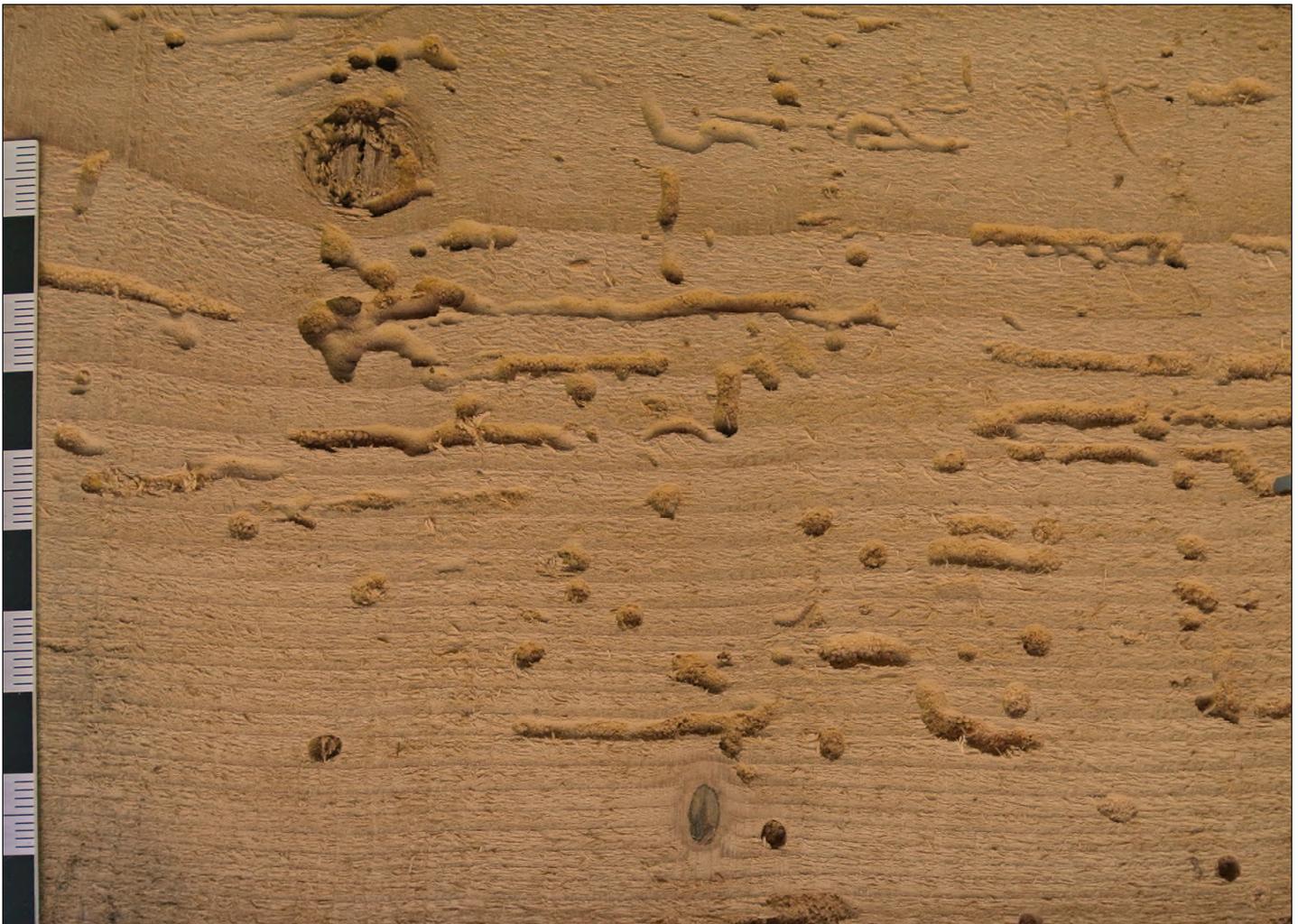


Abb. 16: Nadelholz: Schadbild des Gescheckten Nagekäfers mit wenig Bohrmehl in den Gängen; das dem Augenschein nach gesunde wirkende Holz weist eine initiale Weißfäule auf und ist mit Ausgebreitetem Hausporling (*Donkioporia expansa*) befallen.



Abb. 17: Treppenaufgang mit einer Stufe aus Nadelholz, die einen Schaden durch den Gescheckten Nagekäfer aufweist. Eckbild: Detail der Ausschluflöcher.



Abb. 18: Ausschluflöcher des Gewöhnlichen Nagekäfers (kleine Löcher) und des Gescheckten Nagekäfers (große Löcher) nebeneinander. Nur der Gescheckte Nagekäfer ist bei Eichenholz auf einen Pilzbefall angewiesen, zumindest als junge Larve. Ob das auch für das gezeigte Nadelholz gilt, ist unklar.



Abb. 19: Balkenkopf Nr. 9: Befall mit Echem Hausschwamm mit sehr wenig Befall des Gescheckten Nagekäfers. Entfernung zum Moderfäule-Schaden von Abb. 20: wenige Meter; Eckbild: Mycel-Detail.



Abb. 20: Nadelholz-Schwelle: Befall mit Moderfäule und Geschecktem Nagekäfer. Entfernung zum Hausschwammschaden: wenige Meter; Eckbild: Umgebung.

Beim Kellerschwammbefall werden oft braune Holzverfärbungen sichtbar. Insgesamt ist der Gescheckte Nagekäfer nicht wählerisch, er kann in Kombination mit zahlreichen Pilzpartnern auftreten, egal ob Braun-, Moder- oder Weißfäule-Erreger. Auch bei den pilzlichen Doppelbefällen im Zusammenhang mit Geschecktem Nagekäfer waren meist Moderfäulepilze beteiligt. Dabei waren Moderfäulepilze oft als Randschäden zu finden, tiefer im Holz waren es Braun- und Weißfäule-Erreger. Es traten aber auch gemischte Doppelbefälle auf: Die häufigste Kombination waren Moderfäulepilze zusammen mit dem Kellerschwamm.

Auffällig bei unseren Untersuchungen waren einige verdeckte Fäule-Bereiche mit Gelbem Porenschwamm/ Braunfäuletramate bzw. Echem Hausschwamm (Abb. 19 und Abb. 21), die trotz räumlicher Nähe zu einem Lebendbefall mit dem Gescheckten Nagekäfer keine Larvengänge enthielten, abgesehen von alten Gängen im Splintholz. Hier vermuten wir, dass die Innenfäule für die legebereiten Weibchen nicht auffindbar bzw. erreichbar war. Die kleinen Larven gelangen nicht ins faule Holz, weil die äußeren intakten Holzschichten zu fest sind.



Abb. 21: Querschnitt eines alten, schwach gelblichen und ausgebleichten Fruchtkörpers des Gelben Porenschwammes.



Abb. 22: Dem ersten Augenschein nach gesundes Eichenkernholz mit Trockenrissen aus einem Kirchturm in Süddeutschland: Kleinstäumiger Kombinationsbefall in den eingeschlossenen Holzrissen und in den ersten 25 Jahrringen.

Abb. 23: Detail von Abb. 22: Fäule und Insektenbefall in den eingeschlossenen Holzrissen/-spalten: Jüngere Larven des Gescheckten Nagekäfers fressen in den stärker mit Moderfäulepilzen und Bakterien befallenen Bereichen; Millimeter-Skala; Eckbild: junge Larve, ca. 4 mm lang.

Fäulepilze im Zusammenspiel mit dem Gescheckten Nagekäfer

Der Gescheckte Nagekäfer befallt oft Eichenholz mit Fäuleschaden, besonders alte Hölzer sind gefährdet (FINDLAY, 1967). Aber auch fäulegeschädigtes Nadelholz wird besiedelt und zerstört (Abb. 17 und Abb. 18; BECKER, 1950; WEIDNER, 1993).

RIDOUT (2000) unterscheidet dabei zwei Schadensarten: 1. Splintholz-Befall (Abb. 4, Abb. 24 und Abb. 27) und 2. Kernholz-Befall (Abb. 28). Bisher fehlen jedoch eindeutige Befunde, dass der Gescheckte Nagekäfer völlig intaktes Eichen-Kernholz auf Dauer besiedeln kann: Befälle in scheinbar nagelfestem Holz wiesen bei genauerer Laboruntersuchung zumindest eine initiale Fäule auf (siehe auch Fisher, 1941), ggf. auch „nur“ eine Moderfäule (Abb. 24 und Abb. 22). Häufig und typisch aber sind massive und schnell fortschreitende Fraßschäden an deutlich pilzbefallenem Holz (Abb. 46). Die Insekten-Schäden sind oft scharf begrenzt und enden zusammen mit dem Fäule-Schaden (Abb. 20 und Abb. 28). Zu diesem Schluss kommen auch BLETCHLY (1965) und RIDOUT (2000). Auch GROSSER (1985) notiert: „Junge Larven sind dagegen nicht kräftig genug, in normales, gesundes Holz einzudringen.“

HICKIN (1964) schreibt, dass der Gescheckte Nagekäfer Laubhölzer befallt und dort anzutreffen ist, wo Pilzbefall vorliegt oder stattfindet. Klarer formuliert es CYMOREK (1984): „Ein Pilzbefall ist für das Eindringen der auffällig kleinen, zarten Eilarven erforderlich und fördert die Larvenentwicklung sehr“. Aber werden gesunde Holzteile im Randbereich fauler Bereiche angegriffen, wurden im Labor bisher nur größere Larven nachgewiesen (Abb. 22). Dies stellt auch CYMOREK (1984) fest. In unscheinbaren Fäule-Nestern im ansonsten gesunden Holz liegend wurden dagegen bisher nur schwach entwickelte, kleine Larven nachgewiesen (Abb. 23). Offen bleibt dabei die weiter zu untersuchende Frage, ob sich diese Larven vollständig entwickeln können. FISHER (1941) wies bereits einen Zusammenhang zwischen dem Holzabbaugrad und der Larvenentwicklungszeit nach: Je stärker der pilzliche Holzabbau, desto schneller war die Larvenentwicklung. Bei einem Abbaugrad von 18 % Masseverlust durch den Ausgebreiteten Hausporling (*Donkioporia expansa*) ergaben sich im Laborversuch rund 50 Monate Entwicklungszeit (von der Ei-Larve bis zum Vollinsekt), bei 73 % Masseverlust hingegen nur 12 Monate. Splintholzanteile werden bevorzugt angegriffen (Abb. 4 und Abb. 24; LANGENDORF, 1988; UNGER, 1990). Hierauf weist auch RIDOUT (2000) hin und begründet dies mit dem höheren Nährstoffgehalt des Splintholzes. Faule Kernhölzer werden vergleichbar stark wie Splinthölzer angegriffen.



Abb. 24: Eiche: Schadbild des Gescheckten Nagekäfers ohne Bohrmehl in den Gängen; Splintholz (rechts) wird bevorzugt befallen; an diesem Beispiel wurde der gesunde Kernholzanteil nicht befallen. Das Splintholz ist charakteristisch schwammartig zerstört, dabei werden in diesem Beispiel besonders die Spätholzanteile zerstört, da sie von Moderfäulepilzen besiedelt waren (Eckbild: polarisationsmikroskopische Aufnahme, ca. 1000-fach).

Es findet eine selektive Zerstörung statt (Abb. 5). Diese konnten wir in eigenen Untersuchungen ebenfalls feststellen. Auch Früh- und Spätholz werden in unterschiedlichem Maß zerstört, das weichere Frühholz stärker (VITÉ, 1952). Es ergibt sich ein schwammähnliches Befallsbild, bei dem die Spätholz- oder Frühholz-Lamellen stehen bleiben (Abb. 48 und Abb. 24). Zudem gibt HICKIN (1963) an, dass zumindest gesundes Weidenholz angegriffen werden kann, wenn auch nur sehr langsam. Dabei war die Larven-Etablierung selten und die meisten Ei-Larven starben. Nach rund 9 Jahren Entwicklung fanden sich Larven von nur 3 mm Länge (HICKIN, 1963). Zu einer anderen Einschätzung kommt KÖNIG (1957): „Die Art ist aber nicht auf pilzbefallenes Holz angewiesen; vielmehr kann die Entwicklung auch in gesundem Holz erfolgen“. Andere Autoren geben an, dass zumindest die Ei-Larven pilzbefallenes Holz benötigen und sich erst ältere Larven im gesunden Holz entwickeln können (z. B. VITÉ, 1952; SUTTER, 1997). Zumindest bevorzugten die Weibchen für die Ei-Abgabe im Wahlversuch altes Eichenholz bzw. faules Holz (BELMAIN et al., 1998; HAUSTEIN et al., 2010).

Unseres Erachtens zerstört der Gescheckte Nagekäfer gesundes Holz ggf. kleinräumig (Abb. 22), aber immer ausgehend von faulem Holz. Im Splintholz mag dies anders sein (Abb. 24). Maßgeblich für eine erfolgreiche Entwicklung scheinen auch die mechanischen Eigenschaften des Holzes zu sein: Gesundes, trockenes Eichenholz ist für die Larven zu fest, als dass es durch die Mandibeln zernagt werden kann. Wenn die Hölzer jedoch nass sind, vermindern sich die mechanischen Eigenschaften (KOLLMANN, 1951).

Die Käfer sind „ortstreu“ und verbleiben über viele Generationen hinweg im gleichen Holz bis zu dessen vollständiger Zerstörung (KEMPE, 2009). Dies haben sie mit den Rüsselkäfern gemein, die ebenfalls ortstreu sind. Das Bohrmehl des Gescheckten Nagekäfers besteht aus meist holzfarbenem, auch nachgedunkeltem Genagsel und meist ebensolchen diskus- oder linsenförmigen Kotpartikeln (Abb. 29 und Abb. 57). Finden sich helle Kotpartikel im ansonsten dunklen Bohrmehl, so liegt noch Lebendbefall vor; sind alle Bohrmehl-Teilchen dunkel, so ist dieser Schluss nur aus zusätzlichen Befalls-Charakteristika zu ziehen (NOLDT, 2014). Die Partikelgröße ist je nach Alter der Käfer-Larven etwas unterschiedlich (Abb. 67; HICKIN, 1963). Wie bei vielen anderen holzerstörenden Insekten bleibt eine dünne Holzschicht an den Außenseiten eines befallenen Holzteils intakt; diese Schicht ist oft sehr dünn (Abb. 29).

Verwechslungen

Die Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer können bei flüchtiger Betrachtung mit denen von einigen Bienen- bzw. Wespenarten (*Crabro/Megachile* spp.) verwechselt werden, unter Umständen auch mit Holzschäden, die durch die Larven des Weichen Nagekäfers (*Ernobius mollis*) oder von Speckkäfern (*Dermestes* spp.) verursacht worden sind. Fraßschäden durch den Weichen Nagekäfer können durch die Rindenteile im Bohrmehl abgegrenzt werden. Die Speckkäfer-Schäden bleiben i. d. R. oberflächlich.



Abb. 25: Prädatör des Gescheckten Nagekäfers: Blauer Fellkäfer (*Korynetes caeruleus*) aus einer Klebefalle; ca. 5 mm lang. Typisch ist das metallisch glänzende Blau.



Abb. 26: Typischer Kombinationsschaden an einem Streichbalken aus Eiche: Weißfäule-Schaden auf der Wandseite mit Ausschlußflöchern des Gescheckten Nagekäfers.

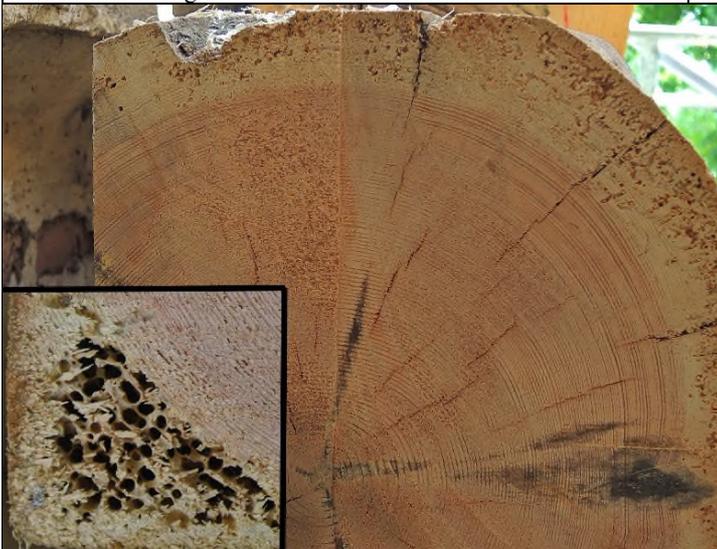


Abb. 27: Nadelholzbalken mit Moderfäule im Splintholz: Nur dieser Teil wurde vom Gescheckten Nagekäfer besiedelt. Eckbild: Detail vom Splint-Kernholz-Übergang; außen verbleibt eine intakte Holzschicht; Kernholz intakt.



Abb. 28: Nadelholzbalken mit Braunfäule im Splint- und im Kernholz: Nur die faulen Teile wurden vom Gescheckten Nagekäfer besiedelt.



Abb. 29: Bohrmehl des Gescheckten Nagekäfers: Kotpartikel sind typisch diskus- oder linsenförmig; oberhalb des Bohrganges liegt eine sehr dünne Holzschicht, die intakt ist; Maßstab mit Millimetern.

Abb. 30: Stränge und Mycel des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans*): Wachstum, verborgen unter Wärmedämmplatten und am angrenzenden Mauerwerk (nicht aus Probsteierhagen).



Abb. 31: Historischer Dachstuhl vor der Renovierung (2014). Das alte Tragwerk reicht statisch nicht mehr aus (das Dach senkte sich).

Das Kirchengebäude – St. Katharinen-Kirche in Probsteierhagen bei Kiel

Die Kirche wurde urkundlich erstmals 1259 als einfache Feldsteinkirche erwähnt, Teile der Außenmauern stammen aus dieser Zeit. Im 17. Jahrhundert fanden Erweiterungen statt und am Ende des 18. Jahrhunderts entstand das heutige spätbarocke Erscheinungsbild mit dem Turmneubau von 1788 (Abb. 1 und Abb. 79). Die ältesten Holzteile stammen nach dendrochronologischen Untersuchungen aus dem 13. Jahrhundert (Abb. 31 und Abb. 37). Einzigartig ist der Kirchenbau aufgrund seines Holzschindeldaches (Abb. 32). Die Kirche liegt in der Dorfmitte etwas erhöht in der Nähe des Flüsschens Hagener Au; unweit des Dorfes liegt der Passader See. Das Innere der Kirche wird von beeindruckenden Ausstattungsmerkmalen geprägt, so z. B. ein Altar von 1710 (Abb. 40), Figuren (Abb. 35), Kanzel und Orgel (Abb. 38). Die Originalität zeigt sich in kleinen Details, wie z. B. zahlreichen alten Glasscheiben (Abb. 36) und einem historischen Glockenstuhl (Abb. 77). Zur Situation in der Kirche: Einige der hölzernen Ausstattungsstücke weisen einen Alt-schaden durch den Gemeinen Nagekäfer auf. Ein erneuter Befall wurde bisher nicht nachgewiesen. Die angebaute Gruft weist einen aktiven Befall mit Geschecktem Nagekäfer auf (Abb. 39); ob die Särge auch Fäuleschäden haben, konnte noch nicht geprüft werden.

Die Holzschindeln zeigten nur sehr vereinzelt Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer; der Hauptschaden, der eine Neueindeckung nötig machte, wurde durch Moderfäulepilze verursacht (Abb. 33 und Abb. 34).



Abb. 32: Historisches Kirchendach mit Holzschindel-Eindeckung aus Eiche vor der Renovierung (2016) - das Dach senkte sich; Alter der Holzschindeln: rechte Seite ca. 16 Jahre (Süden); linke Seite rund 60 Jahre alt; beide Seiten sind erneuerungsbedürftig.



Abb. 33: Gespaltene Eichenholzschindeln, ca. 16 Jahre alt; Südseite (2016), eine Folienlage unter den Schindeln hat zusammen mit einer unzureichenden Unterlüftung zu der schnellen Alterung geführt.



Abb. 34: Eichenholzschindeln, ca. 60 Jahre alt; Nordseite (2016); der Grünton wird von Luftalgen verursacht.



Abb. 35: Ausstattungsstücke, die schon vor 1695 in der Kirche standen; zwei Heilige: links eine unzureichend erforschte Figur, bei der es sich vielleicht um Moses mit den Tafeln der zehn Gebote handelt, und rechts vermutlich der Evangelist Lukas, da ihm ein Stier zu Füßen liegt. Die Holztafeln im Hintergrund zeigen auf der Rückseite wahrscheinlich Schäden.



Abb. 36: Historische Glasscheibe mit einer großen, eingeschlossenen Blase und herstellungsbedingt mit Ziehstreifen. Ein solcher Ziehstreifen verläuft auch durch die Blase. Bei der Glas-Herstellung entsteht immer auch CO₂, welches solche Blasen verursachen kann; heute werden derartige „Mängel“ nicht mehr beobachtet.

Auch an zahlreichen Sparren zeigten sich ein Lebendbefall bzw. Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer und z. T. Altschäden⁵ durch den Gewöhnlichen Nagekäfer (*Anobium punctatum*). Fraß-Schäden wurden in allen Ebenen der Sparrenlage vorgefunden und der Lebendbefall in einigen Teilen durch Abklebungen nachgewiesen (Abb. 70 und Abb. 66). Soweit es sich feststellen ließ, wurde der Splintholz-Anteil an nahezu allen Bauteilen aus Eiche durch den Gescheckten Nagekäfer zerstört (Abb. 4, Abb. 24), Kernhölzer⁶ nur im Zusammenhang mit Fäule-Schäden (Tab. 1; Abb. 5). Im Laufe der Untersuchungen wurden an vielen Sparrenfüßen und den Balkenauflagern, aber auch an den Sparren selbst zahlreiche holzerstörende Pilze nachgewiesen (Tab. 1), oft jedoch nur noch das Fäulebild mit Würfelbruch von Braun- und Moderfäulepilzen und ohne Mycelien. Diese Schäden wurden dann, wenn möglich, im Innenraum als pilzliche Altschäden klassifiziert (Abb. 45).

Auffällig waren viele „neuere“ Schäden durch die Gelbe Braunfäuletramete (*Antrodia xantha*) an Deckenbalken und Sparrenfüßen (Abb. 44; die Art gehört zur „Gruppe der Weißen Porenschwämme“). Eine Erklärung, warum diese wärmeliebende Art so weit im Norden vorkommt, haben wir nicht gefunden; Untersuchungen am IF-Holz deuten darauf hin, dass auch diese Art – wie der Ausgebreitete Hausporling – im Begriff ist, sich weiter auszubreiten. Mag sein, dass auch hierfür der Klimawandel verantwortlich ist, beweisen indes können wir dies nicht, da Vergleichsdaten fehlen. Frühere Autoren haben die Gruppe der Weißen Porenschwämme (*Antrodia/Oligoporus*) kaum differenziert (vgl. z. B. SCHULTZE-DEWITZ, 1985, THEDEN, 1952), so dass unbekannt ist, welcher Porenschwamm früher in Norddeutschland häufig in Gebäuden vorkam; zumindest bei KRIEGLSTEINER (1991) ist die Gelbe Braunfäuletramete im Freiland noch selten.



Abb. 37: Historisches Kreuz mit verschiedenen Schädigungen: Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer und oberflächliche Moderfäulepilz-Schäden.

⁵ Die DIN 68800-4 trennt zwischen Schaden und Befall; Lebendbefall bezeichnet dabei einen lebenden Besatz mit Insekten-Larven im Holz, der Altschaden hingegen bezeichnet nur die bei erloschenem Lebendbefall vorgefundenen Fraßgänge, Ausschlußflöcher und Bohrmehl der holzerstörenden Insekten in und am Holz. Bei Pilzen gibt es diese Unterscheidung nicht.

⁶ Hinweis: Es wurden nicht alle Bauteile mit Insekten-Schaden auf Fäule-Schaden untersucht, aber die Bauteile, die untersucht wurden, zeigten Pilzbefall.



Abb. 38: Orgel, erbaut 1715 von Heinz Wiese aus Kiel und im Rahmen der Kirchenschiff-Verlängerung/Turmbaus 1785 ausgebaut, repariert und 1788 wieder eingebaut.

Abb. 39: Gruft auf der Nordseite; Holzsarg mit aktivem Befall durch den Gescheckten Nagekäfer; Eckbild: Ausschlupflöcher; das Bohrmehl ist frisch.



Abb. 40: Der spätbarocke Altar im Chorraum wurde 1695 von Theodor Allers gefertigt. Die Stuckaturen stammen wahrscheinlich von Joseph Moggia und wurden um 1710 geschaffen; Eckbild: Altschäden durch den Gewöhnlichen Nagekäfer (*Anobium punctatum*) am Altar (Rückseite); die großen Löcher dienten wahrscheinlich einer Bohrlochdränung).

Abb. 41: Empore, erbaut wahrscheinlich im Rahmen der Kirchenschiff-Verlängerung 1785, ggf. auch älter mit mutmaßlich faul verbaute Holz (Altschaden⁷; keine Maßnahme nötig, wenn die Statik ausreicht); Eckbild: Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*) am Fuß der Konstruktion (Überwachung empfohlen).

Hintergrund: Es besteht von Seiten der Denkmalpflege der Wunsch, die Hölzer aus dem 13. Jahrhundert zu erhalten. Bei der Betrachtung der Pilzschäden gab es vier Gruppen:

- A) Typische Fäuleschäden an den Streichbalken (Abb. 26), Sparrenfüßen (Abb. 19), Schwellen (Abb. 20) und Balkenköpfen (Abb. 44), die saniert werden müssen⁸, da es einen erneuten Wassereintrag über die Zeit immer wieder geben wird.
- B) Fäuleschäden an vierseitig luftumspülten Balken im Dachstuhl-Innenraum ohne eine erkennbare Feuchtequelle.
- C) Fäuleschäden an Bauteilen, die faul eingebaut oder faul wiedereingebaut wurden (historische Doppel- oder Mehrfachnutzungen; Abb. 41, Abb. 42 und Abb. 43) und
- D) Fäuleschäden unterhalb von neuen Holzbauteilen, ohne Schäden an den neuen Bauteilen (typische Überbaus Spuren⁹).

Insgesamt war auffällig, dass sich viele, aber „nur“ kleinere Fäule-Schäden, auch mit Echem Hauschwamm¹⁰ (*Serpula lacrymans*) entwickelt hatten (Abb. 19), es jedoch keinen zusammenhängenden Großschaden gab, wie er für einen Befall mit Haus- oder Kellerschwamm (*Coniophora* sp.) oft typisch ist. Diese Großschäden treten auch in Kirchen auf, z. B. als massiver Mycel- und Strangbewuchs des Mauerwerks über eine Fassadenseite hinweg. Bei diesem Schadenstyp tritt der Echte Hausschwamm überproportional häufig auf (Abb. 30). Derartige Mycelien- und Strang-Durchwucherungen wurden bisher in Probsteierhagen nicht nachgewiesen. In Probsteierhagen standen dem Gescheckten Nagekäfer in vielen Teilen des Dachstuhls pilzbefallene Hölzer für seine Larven zu Verfügung. Durch Laboranalysen von zahlreichen anderen Objekten konnte die Vielfalt der Pilze, die die Käfer-Larven mit dem Holz als

⁷ Das Kirchenschiff wurde 1785 verlängert und die Orgel ausgebaut; dabei wurde auch die Amphore abgebaut und wird hiernach wieder aufgebaut worden sein. Möglicherweise hatten die Bauteile vor 1785 Wandkontakt oder wurden im Freien gelagert, so dass es zu dem Fäuleschaden kam.

⁸ Viele Schadbereich sind in der Kirche schon saniert.

⁹ Diese Gruppe wird hier nicht weiter gezeigt, kann aber bei HUCKFELDT/SCHMIDT (2015) in den Prinzipien nachgelesen werden.

¹⁰ Hier zeigt sich, dass der Echte Hausschwamm in seinem Wachstum nur dem Feuchtgradienten folgen kann (COGGINS, 1991).

Nahrung annehmen, nachgewiesen werden (Tab. 2). In Probsteierhagen sind viele Schäden unscheinbar und nicht alle fäulegeschädigten Hölzer wurden von Käfern besiedelt (Abb. 2 und Abb. 3).

Folgende Insektenschäden durch Gescheckten Nagekäfer wurden nachgewiesen: Im Firstbereich wurde kein Insekten-Lebendbefall nachgewiesen (aber durchaus Insekten-Altschäden), und ein geringerer Lebendbefall zeigte sich auf der Südseite und an den inneren Streben. Hier wurde nur im Kontaktbereich zu den Sparren Lebendbefall nachgewiesen, dies obwohl sich gerade in den historischen Hölzern zumindest an der Oberfläche zahlreiche Fäulepilz nachweisen lassen (Abb. 45). Diese Fäule-Stellen zeigen an, dass es in der Vergangenheit längere Phasen mit Undichtigkeiten der Dachhaut gab. Diese sind behoben worden und hiernach trockneten die Fäulepilze ein, ohne weitere Schäden zu verursachen. Die Fäule-Schäden in Form eines feinen Würfelbruchs an der Oberfläche bleiben sichtbar – oft „nur“ durch Moderfäulepilze (Abb. 45) verursacht. Diese Fäuleschäden gehören zur Befallsgruppe A). Diese Beobachtung deckt sich mit den Laboruntersuchungen am IF-Holz von vielen Gebäude-Materialeinsendungen (Tab. 2) der Vergangenheit, die zeigen, dass Moderfäulepilze die häufigsten Begleiter des Gescheckten Nagekäfers sind (Abb. 24). Welcher Fäulepilz dem Gescheckten Nagekäfer förderlich ist oder welcher nur eine Begleiterscheinung darstellt, ist aktueller Forschungsgegenstand. Moderfäulepilze benötigen vergleichsweise lange Zeiträume, in denen Holz nass ist, um Holz substanziell zu schädigen (HUCKFELDT/MELCHER, 2007). Nach Erfahrungen am IF-Holz benötigen Moderfäulepilze Holzfeuchten ab 50 %, so dass es zeitweise sehr feucht gewesen sein muss.



Abb. 42: Alte Schalungsbretter (Nordseite), von innen gesehen (die Bretter liegen im Dunkeln), mutmaßlich mit Moderfäulepilzen, aber ohne Befall durch Gescheckten Nagekäfer. Das mittlere Brett weist einen Besatz mit Flechten auf, das untere Brett einen Brandschaden.



Abb. 43: Detail aus Abb. 42, mittleres Brett mit altem Flechtenbewuchs; Flechten wachsen nur im Licht. Als die Flechten wuchsen, war dieses Brett folglich im Freien verbaut. Die Flechten sind nicht verschimmelt, folglich wurde dieses Brett bei der letzten Eindeckung vor ca. 60 Jahren oder früher faul eingebaut.



Abb. 44: Massive Innenfäule an einem Nadelholz-Balkenkopf durch den Gelben Porenschwamm/Braunfäuletramete (*Antrodia xantha*). Weißes Mycel durchzieht das Holz; der Würfelbruch ist auffällig groß und ohne Insekten-Schaden; Bildstreifen: Befallsverlauf unten: am Sparren unten nur Pilzbefall mit hellen Strängen, oben auch Ausschlußpflöcher.



Abb. 45: Zugstrebe aus Eiche des historischen Dachstuhls mit einer oberflächlichen Fäule (mutmaßlich Moderfäule) aus einer Zeit mit massiven Dachschäden, zudem Schäden durch Gescheckten und Gewöhnlichen Nagekäfer (*Anobium punctatum*); Eckbild: fast rundes Ausschlußpfloch; Maßstab mit Millimetern.



Abb. 46: Dach-Sanierung: Typische verdeckte Schadbilder mit Insekten- und Fäule-Schaden an Balkenköpfen und Sparrenfüßen (Nr. 2-5) auf der Nordseite (rund die Hälfte der Balkenköpfe zeigten massive Schäden), nur wenige Balkenköpfe waren vollständig intakt; so z. B. der Sparrenfuß Nr. 1. Die verdeckten Fäule-Nester wurden erst mit der Dachöffnung sichtbar. Es ist unklar, wie weit sich die Larven in ihrer bisweilen über zehn Jahre dauernden Entwicklung die Sparren entlang hoch fressen können. Fäule-Schäden: Kellerschwamm, Moderfäulepilze mit Beteiligung des Gelben Porenschwammes/Braunfäuletramete (*Antrodia xantha* (Fr.: Fr.) Ryv.); Eckbild: Larve aus dem Holz.

Andere Fäule-Schäden waren deutlich massiver, so typische Braunfäule an Balkenköpfen und Sparrenfüßen; diese wurden saniert (Abb. 46). Einer dieser Schäden wies eine untypische Innenfäule mit dem Echten Hausschwamm auf, dessen Befall sich auf den Balkenkopf beschränkte und erst nach der Öffnung des Daches sichtbar wurde (Abb. 19) Andere Fäuleschäden zeichneten sich durch die Abwesenheit von Insekten-Schäden aus (Abb. 44). Wahrscheinlich war dies so, weil für eine Insekten-Besiedlung eine zu schnell fortschreitende Fäule oder eine nicht erreichbare Innenfäule vorlagen. Primäre Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer an völlig zerstörtem und braunfaulem Holz wurden in Probsteierhagen nicht sicher beobachtet. Hingegen wurden initiale Altschäden an völlig gesundem Nadelholz vom Gewöhnlichen Nagekäfer nachgewiesen. In der Kirche wurde in der Vergangenheit mit DDT¹¹, PCP¹² und Bor/Borate als Holzschutzmittelwirkstoffen gearbeitet (Abb. 47). Der Befall mit dem Gewöhnlichen Nagekäfer (*Anobium punctatum*) wurde so getilgt¹³, der Lebendbefall durch den Gescheckten Nagekäfer jedoch nicht, bzw. nicht in allen Teilen (oder aber es liegt ein Neubefall vor). Es ist gesichert, dass der Lebendbefall mit Geschecktem Nagekäfer schon vor 1955 in der Kirche vorhanden war, da an zumindest zwei Stellen offene Fraßgänge zutage treten (Abb. 48 und Abb. 49). Die Holzanschnitte wurden spätestens 1955¹⁴ mit dem Wiedereinbau der großen Glocke ausgeführt, die nach dem Krieg in die Kirche zurück verbracht wurde.

Hintergrund: Zur Anlage der Fraßgänge benötigen Larven des Gescheckten Nagekäfers Seitenwände, um sich mit ihren Dornen Halt geben zu können (Abb. 59).

Die Larven können keine Rinnen auf der Oberfläche fressen, sie würden abrutschen. Larven die aus dem Holz fallen, finden gewöhnlich nicht zurück ins Holz. Die geschlechtsreifen Käfer (Imagines) des Gescheckten Nagekäfers sind innerhalb eines Gebäudes oft auffällig unterschiedlich groß (Abb. 72).



Abb. 47: Alte Dachkarten: Verwendet wurden 1964 Combi Basileum und 1985 Basileum Holzworm BV; in einigen Bereichen der Kirche wurden 850 mg/kg Pentachlorphenol und 11 mg/kg Lindan gemessen.

Info-Box: Die Gefährlichkeit des Echten Hausschwammes beruht darauf, dass er als einziger Fäulepilz alle Fähigkeiten zum Besiedeln eines Gebäudes beherrscht. Die vier wichtigsten sind: 1. anorganische Materialien zu durchwachsen (versteckte Lebensweise); 2. Holz unter Fasersättigung zu bewachsen; 3. dichtes Oberflächenmycel zu bilden, das die Abtrocknung vermindert und 4. in trockenem Holz zu überdauern, das heißt, in der sogenannten „Trockenstarre“ zu überleben. Bei der Betrachtung einzelner Fähigkeiten sind dagegen andere Pilze deutlich „leistungsstärker“ (HUCKFELDT / SCHMIDT, 2006). Einige dieser Fähigkeiten kommen erst zur vollen Entfaltung, wenn sich der Befall etabliert hat.

¹¹ Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT): Ein seit Anfang der 1940er-Jahre eingesetztes Kontakt- und Fraßgift (Insektizid) mit breiter Wirkung und langer Persistenz. Herstellung und das Inverkehrbringen sind in der Bundesrepublik Deutschland seit dem 1. Juli 1977 verboten. Grund: Anreicherung in der Nahrungskette und kanzerogene Wirkung im Tierversuch (WHO-Einstufung (2015): „wahrscheinlich krebserregend bei Menschen“ (Gruppe 2A). In den Tropen wird DDT vergleichsweise schnell abgebaut, in den gemäßigten Zonen langsam und an den Polen sehr langsam.

¹² Pentachlorphenol: Fungizid und Insektizid mit breiter Wirkung und sehr langer Persistenz. Seit 1989 sind die Herstellung und das Inverkehrbringen in der Bundesrepublik Deutschland verboten (Pentachlorphenol-Verbotsverordnung auf der Basis des Chemikaliengesetzes); Grund: starke Anreicherung in der Nahrungskette. Zur Verminderung der Umweltbelastung und der dort arbeitenden Menschen wurde der Dachstuhl gereinigt.

¹³ Seit fünf Jahren wurde in den Klebefallen und den Abklebungen kein Hinweis auf einen Befall mit Gewöhnlichem Nagekäfer gefunden.

¹⁴ Die Glocke von 1750 wurde im Ersten Weltkrieg 1918 beschlagnahmt und kam unbeschädigt zurück. Im Zweiten Weltkrieg wurde sie dann wieder beschlagnahmt, beschädigt und nach dem Krieg in Hamburg wiedergefunden (Glockenfriedhof). Im Jahr 1953 konnte die Glocke mit einer neuen Schweiß-Technik repariert werden, wurde verliehen und erst 1955 wieder aufgehängt (Quelle: Schautafel an der Glocke).



Abb. 48: Angeschnittene Fraßgänge belegen die Anwesenheit eines Schadens durch den Geseckten Nagekäfer vor 1955 (Detail aus Abb. 77). In diesem Jahre wurden die Glocken nach dem Krieg wieder aufgehängt. Die Fraßgänge folgen den Jahrringen und sind meist im Frühholz; und verstärkt im Splintholz (rechts).

Abb. 49: Am Glockenturm wurden Hölzer gekürzt, bzw. angeschnitten um die großen Glocken in den Turm zu bringen. Die so sichtbar gewordenen Fraßgänge belegen wieder die Anwesenheit eines Schadens durch den Geseckten Nagekäfer vor 1955. Die Fraßgänge folgen den Jahrringen.

Das Vollinsekt des Geseckten Nagekäfers

Der Geseckte Nagekäfer ist die größte heimische Nagekäferart mit dem typischen nach unten gebogenen, dunkelbraunen bis braunschwarzen Kopf (Abb. 2) und dem Halsschild ohne Mittelhöcker (Abb. 3 und Abb. 52; NOLDT, 2005). An seiner scheckigen, gelbbraunen Behaarung ist er gut zu erkennen (Abb. 2; HOFFMANN, 1883). Bei älteren Käfern dünnt die Behaarung zuweilen aus (Abb. 3; HICKIN, 1963). Der übrige Käfer und die Unterseite sind einfach fein behaart (Abb. 54). Die Flügeldecken des Geseckten Nagekäfers sind im Gegensatz zu vielen anderen Klopfkäfer-Arten weniger deutlich punktiert. Die Käfer sind etwas gestreckt und haben eine kompakte Gestalt. Sie sind hell- bis dunkelbraun und (4,5) 5 bis 7 (-9) mm lang, ca. 2 mm hoch, 2 bis 2,5 mm breit und ohne Aushöhlung zwischen dem mittleren Beinpaar (HICKIN, 1963). Die Weibchen sind an dem Legeapparat erkennbar und i. d. R. größer als die Männchen (Abb. 72). Die fadenförmigen Fühler sind elfgliedrig, wobei die drei letzten Segmente etwas vergrößert sind (Abb. 53). Lebende Käfer sind meist von März bis Juli in Gebäuden außerhalb des befallenen Holzes zu finden; zuweilen werden auch noch später männliche Käfer nachgewiesen. In der Regel schlüpfen die Jungkäfer im Herbst aus ihren Puppenhüllen aus und verbleiben über den Winter ohne voll entwickelte Geschlechtsorgane verborgen im Holz. Zu Frühjahrsbeginn mit Ausschluß der voll entwickelten Männchen folgen später die noch nicht vollständig entwickelten Weibchen. Dieses Verlassen des Holzkörpers erfolgt durch die frisch genagten oder erneut genutzten alten Ausschlußflöcher (HICKIN, 1975, FINDLAY, 1967; RIDOUT, 2000; Abb. 70). Die Entwicklung und ihr Erscheinen ist von der Temperatur abhängig. In einem warmen Frühling lassen sie sich früher finden als in einem kalten. Die Weibchen sterben kurz nach der Eiablage, daher finden sich viele tote Tiere im Bereich befallener Balken, auch noch Jahre später (Abb. 63). Anders als andere Insekten scheinen sie nicht vom Licht angezogen zu werden. BELMAIN et al. (2000) stellten Unterschiede im Verhalten von jungen zu älteren Käfern sowie Männchen und Weibchen fest. Die meisten Käfer wurden in Probsteierhagen auf schwarzen Klebefallen in dunklen¹⁵ Gebäudebereichen unterhalb von geschädigten Bauteilen gefangen. Wie viele große Käfer ist der Geseckte Nagekäfer eher flugfaul, obwohl er gut fliegen kann (siehe unten). Bei Temperaturen von ca. 22 °C im Labor konnten vereinzelt kurze Flüge von mehreren Metern beobachtet werden. Einige Funde in Klebefallen aus Probsteierhagen bestätigen diese Beobachtungen (Abb. 72).



Abb. 50: Dünne Eichenplatte mit Moderfäulepilz-Befall und Schaden durch den Geseckten Nagekäfer (nicht aus Probsteierhagen).

¹⁵ An anderen Orten, wie Freilichtmuseen hingegen ergaben sich gute Fangergebnisse mit Lichtfallen, die z. T. auch einfache Baulampen mit herkömmlichen Klebepappen kombinierten (Eigenkonstruktion; NOLDT, 2007).



Abb. 51: Gescheckten Nagekäfer im Profil; die Antennen setzen etwas seitlich vor den Augen an (Antenne z. T. abgebrochen).

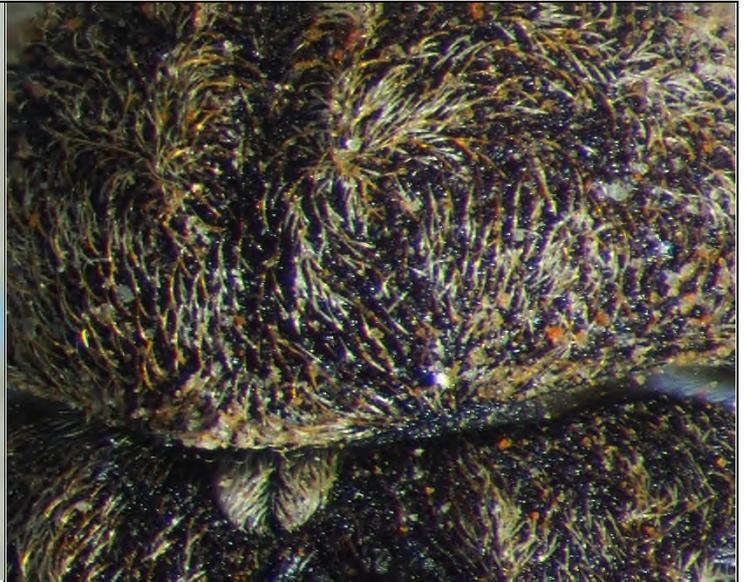


Abb. 52: Gescheckter Nagekäfer: Detail des Halsschildes mit Übergang zu den Flügeldecken und deutlich abgesetzten hellen Schildchen.



Abb. 54: Bauchansicht des Gescheckten Nagekäfers: Braune, einfach braun behaarte Unterseite.

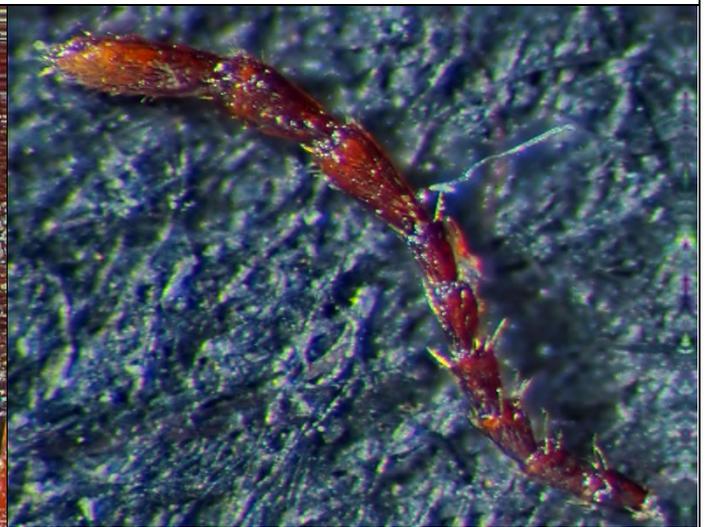


Abb. 53: Gescheckter Nagekäfer: Antenne; die drei letzten Segmente der Fühler sind verlängert und etwas verbreitert. Alle Segmente sind fein behaart.

Gescheckter Nagekäfer und seine Entwicklung

In den weißen bis milchigen Eiern entwickeln sich bei günstigen Temperaturen die Ei-Larven (Abb. 56). Die jungen Larven sind ca. 0,6 mm lang und suchen nach dem Schlüpfen eine Einbohr-Möglichkeit (RIDOUT, 2000). Dabei sind die Larven zumindest unter Laborbedingungen in der Lage, 16 bis 20 Tage ohne geeignetes Substrat zu überleben. Bevorzugt kriechen sie in die großen Holzgefäße des Laubfrühholzes. Die Larven sind weiß mit Creme-Ton, bauchseitig gekrümmt und haben feine, schwarze Borstenreihen (Dörnchen) auf Brust- und Hinterleibs-Segmenten (Abb. 59). Die Kopfkapsel ist schmaler als der Larvenkörper und stärker sklerotisiert (braun). Die sechs Beine sind kurz und oft kaum zu sehen. Haben die Larven eine Länge von ca. 11 mm erreicht (ältestes Stadium), verpuppen sie sich (Abb. 72). Nach HAUSTEIN et al. (2006) scheint der Gescheckte Nagekäfer keine bedeutenden Schwankungen im Käferausschlupf zu zeigen. In der Studie wurden 29 Gebäude mittels Monitoring untersucht.

Nach HAUSTEIN et al. (2010) soll eine Population des Gescheckten Nagekäfers langsam absterben, wenn die Holzfeuchte dauerhaft auf Werte unterhalb von 12 u_m% abgesenkt wird. In zentralgeheizten Gebäuden ergibt sich oft eine Holzfeuchte von 6 bis 11 u_m%, die für eine Entwicklung zu niedrig ist. KLOPFER (2007) gibt als Mindestholzfeuchtigkeit 14 % an, RÜPKE (2019) 16 % und LANGENDORF (1988) betont ein höheres Feuchtebedürfnis als bei anderen Nagekäfer-Arten. Daher ist die Holzfeuchte-Reduzierung die wichtigste Maßnahme bei einem Lebendbefall (BRAVERY et al., 2003). Der Feuchtebedarf der Eier für das Schlüpfen ist in Tab. 3 wiedergegeben. Die Larven schlüpfen nicht bei 10 °C innerhalb von acht Wochen, jedoch wenn sie hiernach auf 20 °C gebracht werden (Daten aus HICKIN, 1963, bzw. FISHER 1938). In der Regel werden Käferweibchen ihre Eier bei Legedruck (nahe ihres Lebensendes) an jeden halbwegs geeigneten Platz legen, z. B. im Freiland und Gebäuden auch an gesundes Holz oder im Laborversuch zwischen die Falten eines zusammengeknüllten Papiers. Bevorzugt werden Spalten, Risse oder ähnlich geschützte Orte.



Abb. 55: Ausgeworfenes Bohrmehl vom Gescheckten Nagekäfer; hochwahrscheinlich durch einen Prädator wie den Blauen Fellkäfer (*Korynetes caeruleus*). Prädatoren fressen lebende wie auch tote Larven bzw. Käfer im Holz, so dass ihr Auftreten nicht zwingend ein Beweis für einen Lebendbefall ist.



Abb. 56: Gelege des Gescheckten Nagekäfers an einem roten Tuch (Bei Legedruck sind die Weibchen nicht mehr wählerisch). An den erkennbaren Dellen nagen sich die Larven aus den Eiern. Länge jeweils ca. 0,6 mm, elliptisch und weiß bis cremefarben.

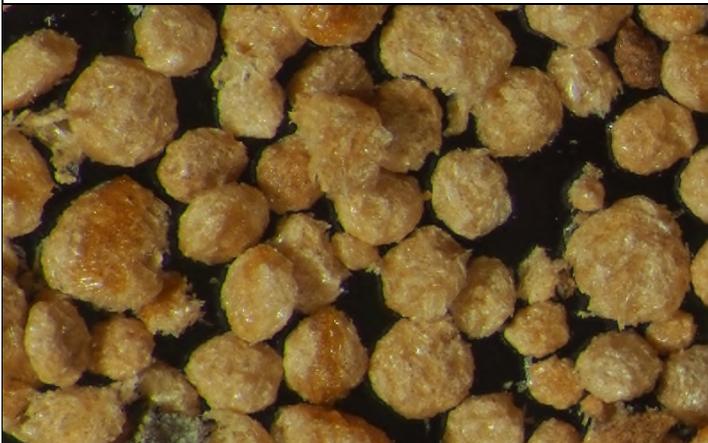


Abb. 57: Diskusförmige Partikel von vom Gescheckten Nagekäfer von unterschiedlicher Größe.



Abb. 58: Ausschlupfloch im Fruchtkörper vom Ausgebreiteten Hausporling (*Donkioporia expansa*).



Abb. 59: Gebogene, elfenbeinfarbene Larve des Gescheckten Nagekäfers (*Xestobium rufovillosum*) mit feinen Reihen von Dörnchen an den Ringwülsten (Eckbild oben). Die Kopfkapsel mit den braunen Mandibeln hebt sich etwas gelblich ab; mit Hilfe der Ringwülste kann sich die Larve vor und zurück bewegen; sichtbar sind auch die feinen goldenen Haare und die kurzen ebenfalls fein behaarten Beine; Maßstab mit Millimetern (links); Eckbild unten: kleine, fein behaarte Beine.

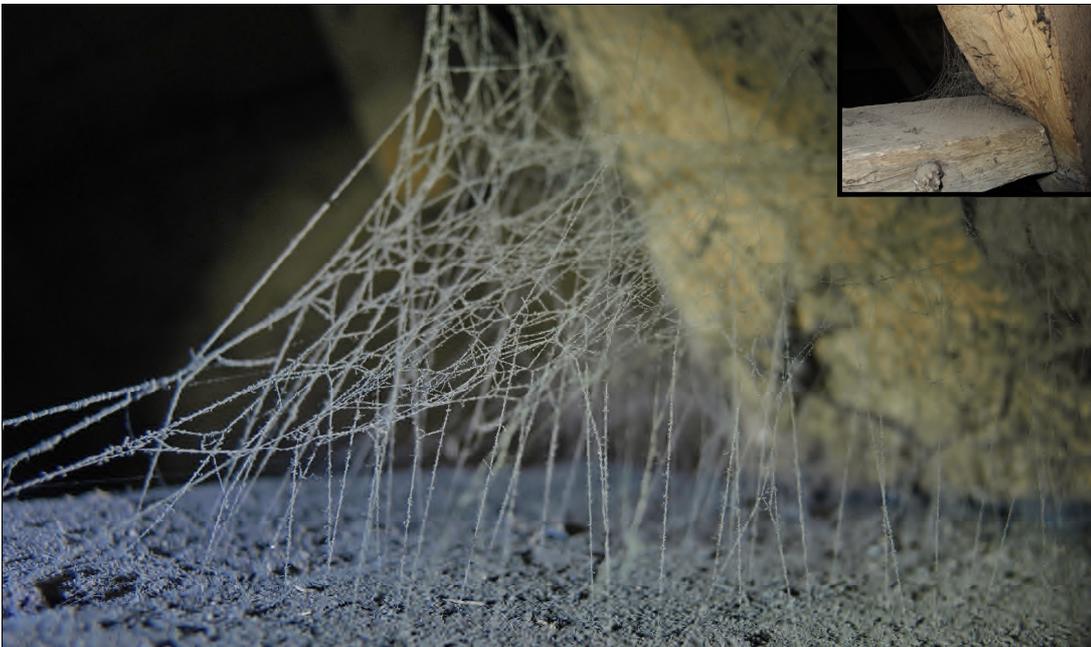


Abb. 60: Spinnen sind Feinde des Gescheckten Nagekäfers; Eckbild: Übersicht mit Sparren und Querstrebe.



Abb. 61: Ein typischer, für das Monitoring ausgewählter Balkenkopf. Es liegen zahlreiche Ausschlupflöcher des Gescheckten Nagekäfers vor; ihre Anzahl ist an der Wand am größten und nimmt mit der Entfernung zur Wand ab; in gleicher Weise nimmt der Fäuleschaden ab; Eckbild: markierte Ausschlupflöcher.

men, verlassen die räuberischen Larven auch das Holz. Dabei zerwühlen sie das ausgeworfene Bohrmehl auf prägnante Weise (Abb. 55). Typische Feinde des Gescheckten Nagekäfers sind der Hausbuntkäfer (*Opilo domesticus*) und der Blaue Fellkäfer (*Korynetes caeruleus*; Abb. 25). Ihre länglichen Larven jagen die Larven des Gescheckten Nagekäfers und anderer Nagekäfer im Holz, während die adulten Tiere über die ausgeschlüpften holzzerstörenden Nagekäfer herfallen und sie fressen (BECKER, 1953; NOLDT, 2007). Neben dem Blauen Fellkäfer wurden in Probsteierhagen nur noch Spinnen als Prädatoren nachgewiesen (Abb. 60).

Die Larven leben im Holz meist drei bis sechs Jahre (seltener bis zu 15 Jahre; NOLDT, 2014); HICKIN (1964) gibt vier bis fünf Jahre an und HAUSTEIN et al. (2010) bestimmten die Larvenentwicklungs-Dauer im Labor mit ein bis dreizehn Jahren. Unter optimalen Bedingungen ist ein voller Lebenszyklus unter Laborbedingungen auch in einem Jahr möglich (FINDLAY, 1967). Die Entwicklungszeit ist abhängig von abiotischen Umweltbedingungen und dem Nährstoffgehalt des Holzes. Die Käfer schlüpfen im Herbst aus den Puppen und verweilen bis zu nächsten Jahr unter einer dünnen Holzschicht. Hier überwintern sie (FINDLAY, 1967). Anschließend leben sie bis zu 10 Wochen außerhalb des Holzes (HICKIN, 1963) und bewegen sich ab 14 °C fort, jedoch nur langsam. Die Aktivität ist bei 17 bis 20 °C deutlich größer (Daten aus HICKIN, 1963).

Bohrmehl wird nicht nur durch die Larven selbst aus den Fraßgängen hinausbefördert, sondern kann auch durch Erschütterungen oder Bewegung von kleinen Wirbeltieren oder anderen Insekten herausrieseln. Wenn Bohrmehl aufgefunden wird, so ist dieses zumeist von natürlichen Feinden (Prädatoren), aus den Fraßgängen gewählt worden. Prädatoren sind oft Vollinsekten oder auch Insektenlarven. Auf der Jagd schieben sie das Bohrmehl aus dem Holz, so dass sich kleine Häufchen bilden (Abb. 55). Um von einer Larve eines holzzerstörenden Insekts zur anderen zu kommen,

Tab. 3: Reifezeit der Eier des Gescheckten Nagekäfers (*Xestobium rufovillosum*) bei verschiedenen relativen Luftfeuchten in Tagen, im Laborversuch* (Daten von FISHER, nach HICKIN, 1963).

theoretische Holzfeuchte (LOHMANN, 1998)	relative Luftfeuchte	15 °C	20 °C	25 °C
ca. 8 %	41 %	49,7 Tage	23,6 Tage	15,3 Tage
ca. 9 %	53 %	41,3 Tage	21,3 Tage	15,7 Tage
ca. 15-16 %	75 %	45,6 Tage	20,0 Tage	14,2 Tage
ca. 19 %	86 %	-	20,7 Tage	15,7 Tage
ca. 24-25 %	95 %	44,9 Tage	21,1 Tage	12,5 Tage

* Die Daten können nicht eins zu eins auf Gebäude übertragen werden.

Klassische Insekten-Bekämpfung nach Norm und Holzschutz

Die Sanierung von tierischen Schäden ist i. d. R. nach DIN 68800-4 zu planen und auszuführen. Bei der DIN-Sanierung wird zwischen Insekten-Schaden (Altschaden ohne lebende Larven) und Insekten-Befall (Lebendbefall) unterschieden. Bei der Bekämpfung von Lebendbefall muss die Wertigkeit der Schutzziele geachtet werden. Es gilt (absteigend):

1. Gefahr für Menschen,
2. Umweltschutz (z. B. Fledermaus- und Vogelschutz),
3. Denkmalschutz (Details in den entsprechenden Gesetzen).

In der Kirche in Probsteierhagen wurden Fledermäuse (Braunes Langohr – *Plecotus auritus*) im Glockenstuhl gefunden. Alle Fledermausarten sind in Deutschland gesetzlich geschützt (vgl. Bundesartenschutzgesetz). Auf ihre Kinder-Stuben, Winterruhe- oder Schlafplätze ist bei den Baumaßnahmen achtzugeben. Bei der als nächstes anliegenden Turmsanierung in Probsteierhagen muss auf die Tiere Rücksicht genommen werden. Nur ein Lebendbefall muss i. d. R. bekämpft werden. Die Holzschäden bei Altschäden sind hingegen „nur“ statisch zu überprüfen; ggf. muss die Konstruktion ertüchtigt werden. Bewegliche Objekte können auch in Thermokammern behandelt werden (NOLDT/NIEDERFEILNER, 2007). Auch eine Inertgas-Behandlung ist denkbar. Nach RIDOUT (2000) wird gesundes Splintholz angegriffen und zerstört, daher ist es zu vermeiden. Deshalb müssen neu verbaute Hölzer im Befallsbereich frei von Splintholz sein (Null-Prozent). Auch RIDOUT (2001) fordert die Minimierung von Splintholz und weist zudem auf verminderte Dauerhaftigkeit von juvenilem Eichenholz hin (= herzfrees Holz). Vor dem Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln mit schneller¹⁶ Wirksamkeit sollte eine Testfläche von einem Sachverständigen angelegt werden, um zu prüfen, ob das jeweilige Mittel in der jeweiligen Konzentration und im gewählten Umfeld wirksam ist, da es für den Gescheckten Nagekäfer in der Entwicklung von Holzschutzmitteln keine Prüfverfahren gibt und die Larven vergleichsweise widerstandsfähig gegenüber vielen Holzschutzmitteln sind. In der Kirche in Probsteierhagen wurden Messwerte von bis zu 850 mg/kg Pentachlorphenol und 11 mg/kg Lindan am umliegenden Holz ermittelt, ohne dass der Lebendbefall mit dem Gescheckten Nagekäfer erloschen wäre.

Der im selben Holz befindliche Schaden durch den Gewöhnlichen Nagekäfer (*Anobium punctatum*) war im Gegensatz zum *Xestobium*-Befall erloschen. Hölzer, die mit gut ins Holz penetrierenden Wirkstoffen, aber mit verzögerter Wirkung im Tränkverfahren mit Packern geschützt wurden (Bohrpräparate), zeigen noch nach sieben Jahren einen nachgewiesenen *Xestobium*-Befall (Abb. 62). Lebende Larven wurden direkt neben den Packern nachgewiesen. Die Querschnitte der Schutzmitteleindringung wurden ermittelt, siehe Abb. 64 und Abb. 65. Der Hintergrund hierzu ist, dass der Gescheckte Nagekäfer kein Norm-Prüfinsekt für die Holzschutzmittel-Hersteller ist. Das Phänomen, dass klassische Holzschutzmittel nicht zufriedenstellend wirken, beschreibt auch COLEMAN (2001). Er berichtet zudem, dass auch Begasungen fehlschlagen können und es nur zu einer Käfer-Reduktion kommt. Neben chemischen können auch thermische Verfahren angewendet werden. Das Heißluftverfahren gegen den Gescheckten Nagekäfer ist erprobt (FLÜGGE, 1938; SCHACHENHOFER, 2006). Dabei muss bedacht werden, dass die Larven anders als die Splintholz- oder Hausbockkäfer-Larven sehr tief im Holz fressen können, auch isoliert als einzelne Tiere und dass es sich um vergleichsweise große Larven handelt, also anders als beim Gewöhnlichen Nagekäfer. Weiterhin bieten alle thermischen Verfahren sowie die Begasung keinen präventiven Schutz; ein Neubefall ist bei fehlendem Schutz möglich; hierauf weist schon FLÜGGE (1938) hin.

Nachweis von Schäden und Lebendbefall

Die Schadenszuordnung erfolgt durch den Nachweis der linsenförmigen Kotpartikel (Abb. 57 und Abb. 67) sowie der charakteristischen schwammartigen Zerstörung des Holzes (Abb. 24 und Abb. 27), der Aktivitätsnachweis durch den Nachweis von Larven oder Käfern im Gebäude, z. B. durch ein Monitoring. Die Farbe des Bohrmehls alleine ist kein sicherer Nachweis für einen Lebendbefall (s. o.). Auch Käferfunde können älter sein (Abb. 63).

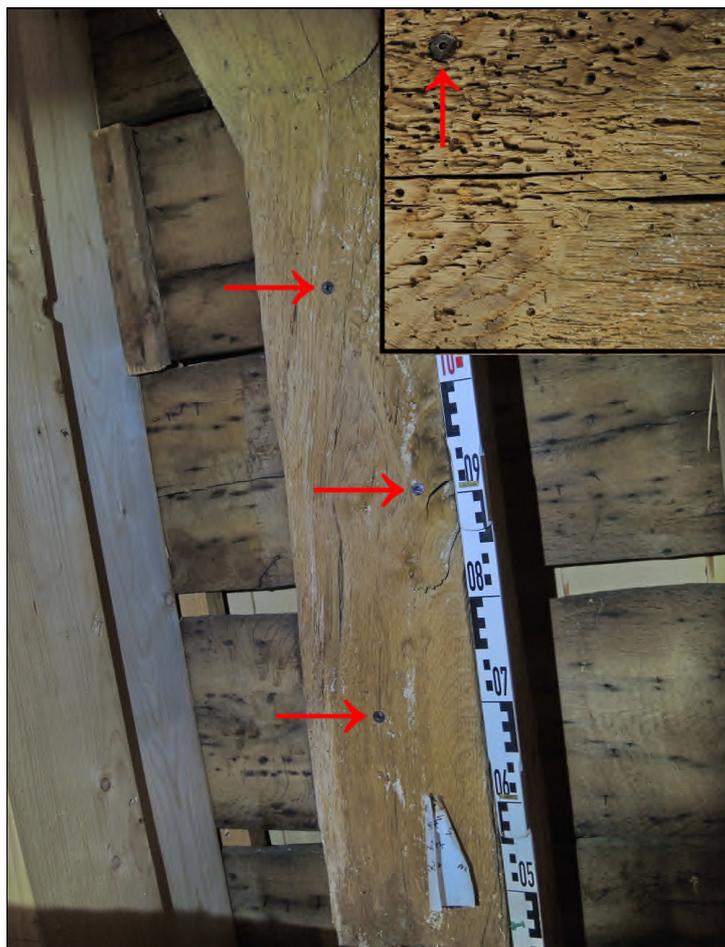


Abb. 62: Holzschutz am Eichensparren: Der Abstand der Packer (↑) ist mit 20 cm etwas zu groß (10 cm wären besser gewesen); die Menge des vergällten Holzes zu klein; Maßstab mit Dezimetern; Eckbild: Anschnitt mit mehr Fraßgängen als man bei der Oberfläche erwartet hätte.



Abb. 63: Zusammengefugte Reste eines Auflagerfeldes; Käfer und Käferteile isoliert und etwas gereinigt, die Verstaubungen zeigen an, dass es sich um ältere Käferreste des Gescheckten Nagekäfers handelt; Maßstab mit Millimetern.

¹⁶ Bei Wirkstoffen mit verzögerter Wirkung würde diese Vorgehensweise zu lange dauern.

Vitalitätsnachweis mit Monitoring

Das Monitoring in Deutschland gründet sich u.a. auf die Publikationen von BERG/LAAR (2005), NOLDT (2003), NOLDT/MICHEL (2007) und RIDOUT (2000). Gut anwenden lassen sich mit Küken-Zaundraht abgedeckte¹⁷ Klebefallen, mit Aurum-Leim bestrichen, sowie einfache Abklebungen mit Packpapier, die mit Stärkekleber (Tylose-Leim) an den Hölzern befestigt werden. In Sonderfällen können Spezialpapiere zum Einsatz kommen, wenn ein Befallsverdacht an Kunstwerken im öffentlichen Bereich der Kirche besteht: Ein Beispiel sind Teebeutelpapiere und PET-Folie (WAENTIG/KRUPA, 2007). Die Klebefallen werden jedes Jahr neu ausgelegt. Im Labor erfolgt die Auswertung unter Auflichtmikroskop und Lupe; arretierte Käfer werden gezählt und bestimmt (Tab. 7).

Für die Abklebungen markante Bereich ausgesucht (Abb. 61), aber auch Kontrollflächen, mit wenig zu erwartenden Ausschluß. Die Abklebungen werden vor Ort untersucht, die Ausschlußflöcher mit farbigen Klebepunkten markiert und können so viele Jahre im Einsatz bleiben (Abb. 66 und Abb. 70). Die wenig aufwendigen Abklebungen können genutzt werden, um Befallsschwerpunkte von holzerstörenden Insekten einzugrenzen, Klebefallen dienen der Erfassung des Artenspektrums. Bei den Klebefallen erwiesen sich schwarze Pappen als Träger für den Leim gegenüber weißen als besser geeignet. Die Lage war entscheidend für den Erfolg. Schon bei Abweichungen von 1 bis 2 Meter zur einen oder anderen Seite ergaben sich deutliche Unterschiede in den Fangzahlen. Beste Ergebnisse ergaben sich direkt unter befallenen Bauteilen. In dem untersuchten Gebäude erwiesen sich die Käfer als bewegungsfaul. Nicht bewährt haben sich Insektenleimringe, wie sie im Obstanbau verwendet werden. An ihnen wurden kaum Käfer gefangen (Abb. 72). Der Gescheckte Nagekäfer scheint hiernach kaum an den Sparren entlang zu klettern.

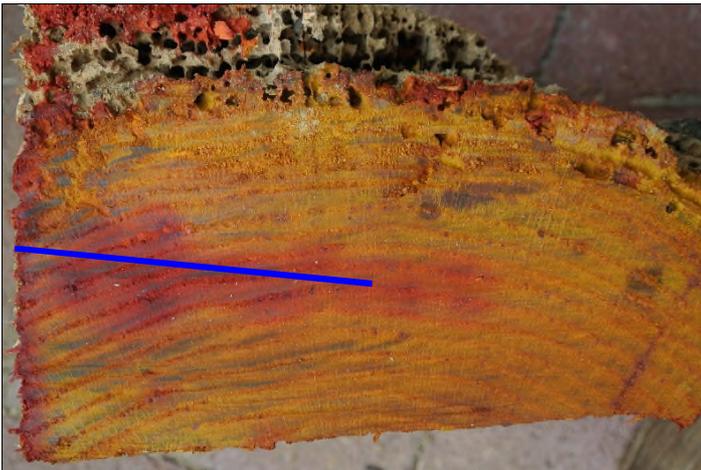


Abb. 64: Nachweis der Borverteilung mit Kurkuma-Indikator¹⁸: Lage des Bohrkanals (blaue Linie, Entfernung zum Bohrkanal axial ca. 3,5 cm). Satt rot = Bornachweis, orange = kein Nachweis. Unterseitig lag Schalung an; dort wurde wenig bis kein Bor nachgewiesen. Die anderen Seiten weisen einen Randschutz mit Bor auf, dieser ist unterschiedlich tief.

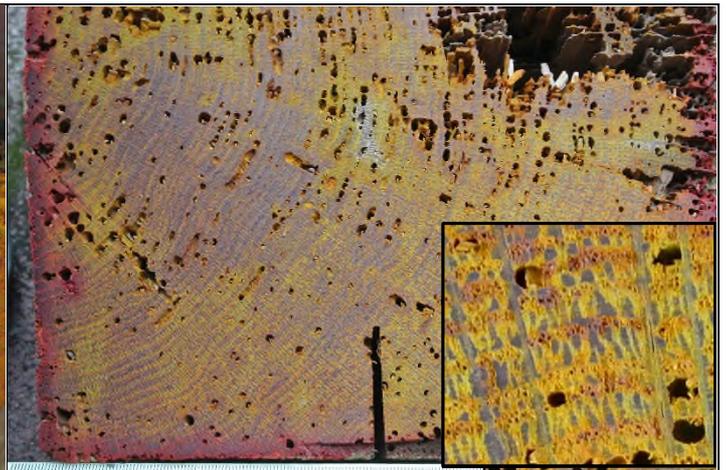


Abb. 65: Nachweis der Borverteilung mit Kurkuma-Indikator; an den Außenseiten ergibt sich eine ca. 0,5 cm tiefe Imprägnierung; an Stellen mit Fraßschäden auch mehr; abseits der Bohrkanäle ist das Eindringvermögen geringer; jedoch ist in Bereichen mit vielen Fraßgängen eine bessere Durchdringung zu erkennen; Eckbild: Durch die Fraßgängen werden die Gefäße zugänglich/ imprägniert; Faseranteile jedoch kaum.



Abb. 66: Käfer schaut aus einem Balken hervor. Der Balken ist für ein Monitoring abgeklebt, der Käfer hat sich durch das Papier gefressen. Eckbild: Käfer auf einer Klebefalle.

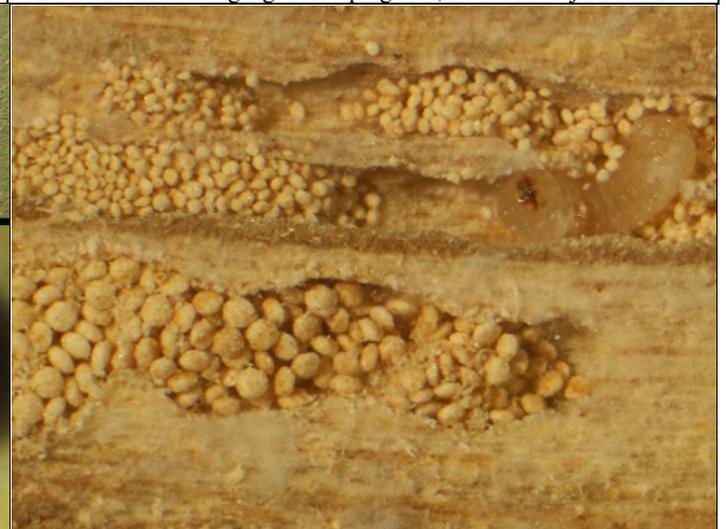


Abb. 67: Kotpartikel des Gescheckten Nagekäfers und Larve unter Glas: Unterschiedlich große diskus- bzw. linsenförmige Kotpartikel aus einem Fraßgang; Maßstab: Kotpartikel ca. 0,1 bis 2,5 mm groß.

¹⁷ Die Abdeckung erfolgte, damit sich nicht Vögel und Kleinsäuger in den Fallen verkleben und elendig sterben. Sie kann auch mit stabilen, feinstmaschigen Plastiknetzen erfolgen.

¹⁸ Die Nachweisgrenze des Kurkuma-Indikators liegt bei 3 kg Bor je m³ Holz. Methodenbeschreibung und chemischer Hintergrund siehe THE-
DEN/KOTTLORS (1965)

Ergebnisse des Monitorings

Das Monitoring ergab, dass die Intensität des Befalls durch den Gescheckten Nagekäfer von Bauteil zu Bauteil sehr unterschiedlich sein kann. Sogar an einem einzigen Bauteil kann sich der Lebendbefall von einem auf den anderen laufenden Meter Balken ändern. Bauteile mit und ohne Lebendbefall liegen nebeneinander. Im Kirchenschiff wurden vier Höhenbereiche auf der Nordseite untersucht: Im First konnte trotz Ausschlußflöchern kein Lebendbefall nachgewiesen werden. Hier war es mutmaßlich zu warm. Auf halber Länge der Sparren, ca. 4 bis 5 m hoch über den Deckenbalken ergab sich ein schwacher Lebendbefall an fast allen für das Monitoring ausgesuchten Sparren. An diesen Bauteilen konnte – dem Augenschein nach – kein direkter Fäule-Schaden nachgewiesen werden. Hier besteht noch Forschungsbedarf! Der untere Abschnitt wurde in zwei Zonen geteilt: 0 bis 1,5 m und 1,5 bis 3 m hoch. Der Bereich bis 3 m zeigte kaum Lebendbefall, hingegen der Bereich bis 1,5 m einen zwar niedrigen, aber den größten Lebendbefall im Schiff. An den Sparrenfüßen und Balkenköpfen wurden die massivsten Fäule-Schäden nachgewiesen (Abb. 46 und Abb. 19). Dabei korrespondieren die an den Sparrenfüßen nachgewiesenen Fäuleschäden mit den Ausschluß-Nachweisen der Abklebungen. Die Sparrenfüße 4, 8 und 11 zeigten neue Ausschlußflöcher in den Abklebungen und Fäule, nicht aber die Sparrenfüße 6 und 7 (Tab. 4). Dies sind Indizien dafür, dass der Gescheckte Nagekäfer nur faules Eichenkernholz



Abb. 68: Der historische Dachstuhl im Firstbereich nach der Sanierung; ein zweiter Dachstuhl wurde in den ersten eingefügt; alte Balken blieben erhalten; Vordergrund: Balken mit erloschenem Befall durch den Gewöhnlichen Nagekäfer (*Anobium punctatum*); befallen sind die Splintholzbereiche.



Abb. 69: Detail eines historischen Sparrens im Dachstuhl mit ungewöhnlichem Wuchsbild des Holzes – eine Maserknolle wurde am Balken verarbeitet; Eckbild: Einbausituation im Gebäude.

angreifen kann. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen scheint der Gescheckte Nagekäfer völlig zerstörte Hölzer zu meiden, Schäden durch ihn fanden sich in der initialen bis mittleren Abbauphase (Vermorschungsphase). Rüsselkäfer¹⁹ finden sich oft im final zerstörten Holz. Hier sind weitere Laboruntersuchungen nötig, da die Befallsreihenfolge nicht immer geklärt werden kann. Im Kirchenraum wurden bislang nur wenige lebende Tiere mit den Klebefallen nachgewiesen und auch einfache Monitoring-Verfahren mittels Vergleichsfotos zeigten bislang keinen Ausschluß (Abb. 74).

¹⁹ Die im Holz lebenden Rüsselkäfer gehören nach der Einteilung von VITÉ (1952) zu den Faulholzinsekten (tertiäre Insekten).

Der Nachteil des Vergleichsfotos ist, dass eine doppelte Nutzung von Ausschlußflöchern nicht erfasst werden kann (Abb. 70).

Daneben wurde in der angebauten Grabkapelle im Erdgeschoss ein Befallsschwerpunkt nachgewiesen. An einem Sarg zeigte sich ein massiver Lebendbefall durch den Gescheckten Nagekäfer (Tab. 7). Trotzdem fanden sich im benachbarten Kirchenraum kaum Käfer in den Klebefallen (ca. 10 und 20 m entfernt und durch eine Tür mit breitem Bodenspalt getrennt). Dies ist ein Hinweis auf die Ortstreue des Gescheckten Nagekäfers.

Im angrenzenden, zur Sanierung anstehende Turm liegt eine andere Situation vor: Hier liegen Bauteile mit massivem Lebendbefall und Bauteile mit schwachem oder ohne Befall nebeneinander (Abb. 73). Die Befallsorte sind z. T. typisch, also Streichbalken mit Fäule-Schäden an der Wandseite und dazu passendem dichten Besatz mit Larven des Gescheckten Nagekäfers (Abb. 26). Es liegen aber auch drei abweichende Befallsorte im Turm vor. Hinweis: Normalerweise werden vierseitig luftumspülte Bauteile in einem geschlossenen, trockenen Gebäude nicht vom Gescheckten Nagekäfer befallen. Hier gab es Ausnahmen, denn: Einige Balken, die vierseitig luftumspült sind und keine sichtbaren Feuchteschäden haben, aber doch einen deutlichen bis massiven Lebendbefall mit Geschecktem Nagekäfer aufweisen, bleiben rätselhaft (Abb. 70). Jedoch zeigt sich häufig, dass in Jahrhunderte alten Gebäuden immer wieder an Stellen Wasser eindringt, an denen kaum damit zu rechnen ist (Abb. 75) und sich so an ungewöhnlichen Bauteilen teilweise zumindest eine schwache bis massive Innenfäule verbirgt. Zudem ist die Luftfeuchte und damit die korrespondierende Holzfeuchte im Kirchturm höher als im Kirchenschiff, da es hier vermehrt an Durchlüftung mangelt²⁰. Solche Mängel sollen in einem nächsten Bauabschnitt beseitigt werden. Hier besteht noch Forschungsbedarf.



Abb. 70: Lebendbefall mit Geschecktem Nagekäfer: Insekten-Abklebungen des Monitorings an einem historischen Glockenstuhl mit viel Befall. Eckbild: Bei den Kontrollen werden Ausschlußflöcher geschlossen, aber zuweilen vom nächsten Käfer wieder durchfressen (doppelt genutztes Ausschlußloch).



Abb. 71: Ausbeute einer Klebefläche; Käfer etwas ungleichmäßig groß (Geschlechterdimorphismus). Neben den Gescheckten Nagekäfern wurde ein Blauer Fellkäfer gefangen, in anderen Jahren bis zu sechs Tiere.



Abb. 72: Ausbeute einer Klebefläche; die Käfer sind ungleichmäßig groß; unteres Bild: einer der wenigen gefangenen Käfer an den Leimringfallen; es wirkt, als sei der Käfer dagegen gefallen, ggf. gesprungen.

²⁰ Damit ergeben sich Bedingungen, wie sie für unbeheizte Gebäude in Freilichtmuseen oder Mühlen typisch sind. Freistehende Bauteile aus Eichenkernholz wurden z. B. in den Freilichtmuseen Detmold und Molfsee (bei Kiel) befallen.



Abb. 73: Monitoring-Bereich: Turm, Anschluss an die Zwiebel; vor dem Bekleben; Eckbild: Abklebung; es wurden bewusst Bauteile mit Ausschluflöchern gewählt; Nachteil: die Daten können nicht 1 zu 1 auf das Bauwerk übertragen werden.

Abb. 74: Die einfachste Art des Monitorings: Vergleich zweier Aufnahmen und Feststellung, ob neue Löcher hinzugekommen sind; Bild rechts März 2015, links April 2018; Nachteil: doppelt genutzte Ausschluflöcher werden nicht erfasst (Abb. 70).

Alternative Möglichkeit zur Bekämpfung

Es besteht die Hoffnung, dass der Insektenbefall durch die konsequente Minimierung von pilzbefallenen Bauteilen bzw. gezielte Behandlung einzelner kulturhistorisch wertvoller Hölzer mit Lebendbefall zurückgedrängt wird, auch wenn die Holzfeuchte nicht unter 14% gesenkt werden kann. Hier muss entschieden werden, ob ein schwacher Insektenbefall an einzelnen Balken in Kauf genommen oder ob eine Null-Larven-Strategie angesetzt wird. Dabei ist wichtig zu wissen, dass einige Balken auch keinen sichtbaren Befall zeigen, hier stehen noch Untersuchungen aus. Bei dem kulturhistorisch wertvollen Glockenstuhl (Abb. 77) besteht die Möglichkeit einer Heißluft-, feuchte-regulierten Warmluft-, Mikrowellen- und/oder Heizdeckenbehandlung oder einer längerfristig durchgeführten Trocknung.

Unserer Ansicht nach ergibt sich durch die Entfernung von faulem Holz die Chance, einen Lebendbefall zurückzudrängen. Verpflichtend ist dann aber eine ausreichende Wartung und Pflege des Gebäudes über Jahre hinweg. Denn gerade im gesunden Holz scheinen die Larven nach den Daten von FISHER (in HICKIN, 1963) lange zu fressen, ohne dass sie stark wachsen. Idealerweise sterben sie langfristig ab, dies soll weiter untersucht werden.

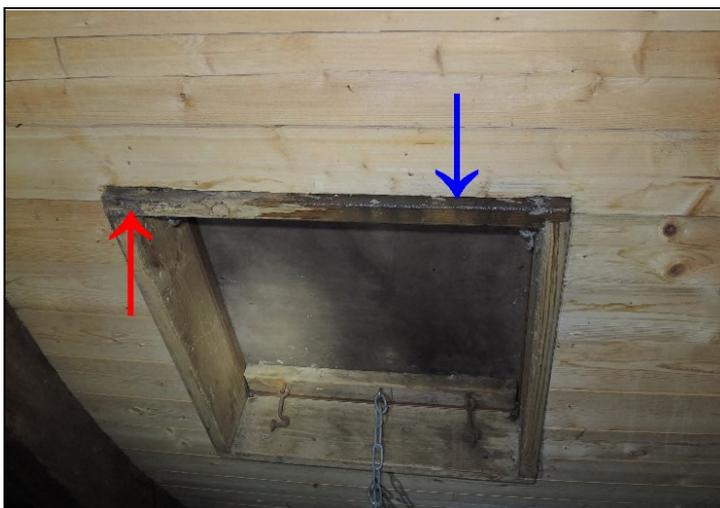


Abb. 75: Ungewöhnlicher Wassereintritt: Das Wasser tritt bei ungünstiger Windrichtung an den Schalungskanten am Lukenkasten auf der Innenseite aus (blauer Pfeil), wobei die Schalung kaum Wasserflecken zeigt. Die Hölzer des Lukenkastens zeigen oben schon kleine Fäule-Schäden (roter Pfeil).



Abb. 76: Norddeutsche Kirche bei Hamburg: Sofortiger Neubefall nach einer Sanierung aufgrund einer mangelhaft angebrachten Folienebene, die Niederschlagswasser an den Balken führte. Es entstand ein lokaler Schaden durch einen Braunfäule-Erreger. Der neue Deckenbalken war chemisch geschützt.

Tab. 4: Ablebungen: Ausschluflloch-Zahl des Gescheckten Nagekäfers (Turm-Nordseite)

Kontroll-Termine	2015	15.04.16	21.05.16	29.06.16	22.04.17	05.07.17	26.04.18	04.07.18	28.03.19	22.05.19	23.06.19
Turm 1, Anschluss; Zwiebel	6	0	1	2	4	1	5	0	3	0	2
Turm 2, Bodenbalken (Folie)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm 3; Strebe; Zwiebel, Mitte		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm 4; Bodenbalken; Zwiebel		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm 5; Deckenbalken; Zwiebel, oben		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm, Luftmaschine 1, Süd, Schiffseite		2	1	0	1	0	5	0	1	0	0
Turm, Luftmaschine 1, Süd, Turmseite				2	1	0	3	0	1	2	0
Turm, Luftmaschine 2, Süd, Streichb.		13	10	1	15	7	22	0	3	15	0
Turm, Luftmaschine 3, West, Streichb.					0	0	0	3	0	3	0
Turm, Balken in Balgen-Anlage der Orgel							6	1	1	4	0
Turm, GT1 Glockenstuhl, Nord, Mitte		12	21	0	26	4	16	3	2	15	0
Turm, GT2 Glockenstuhl,			1	0	1	0	0	0	0	0	0
Turm, GT3 Glockenstuhl			2	1	1	1	2	0	1	1	0
Turm, GT4 Glockenstuhl,					0	0	5	1	0	2	0
Turm, GT5 Glockenstuhl; Boden, Mitte					0	1	3	0	1	2	0
Anzahl Ausschluflöcher	6	27	36	6	49	14	67	8	13	44	2
Ausschluflöcher je Jahr	6			69		63		75			59

Tab. 5: Ablebungen: Ausschluflloch-Zahl des Gescheckten Nagekäfers (Schiff)

Kontroll-Termine	2015	15.04.16	21.05.16	29.06.16	22.04.17	05.07.17	26.04.18	04.07.18	28.03.19	22.05.19	23.06.19
10 Z - Zange		0	0	0	0	4	1	0	0	1	0
N4 unten		0	0	1	1	5	2	6	0	0	0
N6 unten m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N7 unten m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N8 unten	2	0	3	0	3	2	0	0	0	0	1
N11 unten	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
N11 unten m		0	6	0	1	1	1	1	0	1	0
N12 unten	1	0	2	0	0	0	0	0	3	2	0
N12 unten m		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N3 Mitte		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N8 Mitte	1	0	2	0	3	1	4	1	0	0	0
N10 Mitte		0	0	0	2	0	2	0	0	1	0
N11 Mitte	2	0	3	0	1	0	5	0	0	1	0
N12 Mitte		0	2	0	1	0	2	0	0	2	0
N8 oben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N11 oben	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summen im Schiff	8	0	18	1	12	13	19	8	3	8	1
Ausschluflöcher je Jahr	8			19		25		27			12

Tab. 6: Ablebungen: Ausschluflloch-Zahlen des Gescheckten Nagekäfers (Turm); Befall auf mittlerem Niveau vor umfangreichen Reparaturen und Reduktion des faulen Holzes

Kontroll-Termine	2015	04.16	05.16	06.16	04.17	07.17	04.18	07.18	03.19	05.19	06.19
Turm 1, Anschluss	6	0	1	2	4	1	5	0	3	0	2
Turm 2, Bodenbalken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm 3; Strebe		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm 4; Bodenbalken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turm 5; Deckenbalken		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Süd T St. 1A Schiffseite (Luftmaschine)		2	1	0	1	0	5	0	1	0	0
Süd T St. 1B Turmseite (Luftmaschine)				2	1	0	3	0	1	2	0
Süd T St. 2 (Luftmaschine)		13	10	1	15	7	22	0	3	15	0
West T St 3 (Luftmaschine)					0	0	0	3	0	3	0
L1 Nord (Luftmaschine)							6	1	1	4	0
GT1 Glockenstuhl		12	21	0	26	4	16	3	2	15	0
GT2 Glockenstuhl			1	0	1	0	0	0	0	0	0
GT3 Glockenstuhl			2	1	1	1	2	0	1	1	0
GT4 Glockenstuhl					0	0	5	1	0	2	0
GT5 Glockenstuhl					0	1	3	0	1	2	0
Summen im Turm	6	27	36	6	49	14	67	8	13	44	2
Ausschluflöcher je Jahr	6			69		63		75			59

Zum Vergleich: Ausschluflloch-Zahlen eines Befalls auf niedrigem Niveau nach umfangreichen Reparaturen und Reduktion des faulen Holzes

Summen im Schiff (Norden)	8	0	18	1	12	13	19	8	3	8	1
Ausschluflöcher je Jahr	8			19		25		27			12

Tab. 7: Klebefallen in der Kirche: Anzahl der Gescheckten Nagekäfer					
Aufbau	15.02.2015	16.03.2016	15.02.2017	07.03.2018	20.02.2019
Abbau und Auswertung	01.07.2015	29.06.2016	05.07.2017	03.07.2018	22.05.2019
Gruft unter einem Sarg			55		27
unter Kanzel, weiß	2	0	nw		
unter Kanzel		2	1	1	0
vor Winterkirche (unter Putzschaden)	2	0	1	0	0
Turmaufgang unter Treppe				8	4
Turmaufgang oben, weiß	6	17	13	9	11
Turmaufgang unten, weiß	5	6	2	4	2
Raum bei Laugenmaschine		27	14	37	21
in der Lungenmaschine (Nordost)				9	6
Glockenraum 1 (Ost)		1	13	4	7
Glockenraum 2 (West)				23	11
Orgelmpore, weiß	0	nw			
Fenster Altar-Raum, weiß	0	nw			
Summen	14	53	99	95	62
Jahr	2015	2016	2017	2018	2019
Summe gesamt (mit Gruft)			99		62
Summe gesamt (ohne Gruft)	14	53	44	95	35

Klassifizierung des Gescheckten Nagekäfers (*Xestobium rufovillosum*)

Für die Regel-Sanierung ist die Einordnung des Gescheckten Nagekäfers in einer der Befallsklassifizierungen i. d. R. unerheblich, da sich die Sanierung nach dem begleitenden Fäulepilz richtet (GRABMANN et al., 2017). Deshalb ist die Diskussion zu diesem Thema zuweilen ein wenig übertrieben. FLOHR (2018) beschreibt Schäden durch den Gescheckten Nagekäfer im Doppelbefall mit Ausgebreittem Hausporling, Kellerschwamm oder Hausschwamm. Dabei richtet sich die Sanierung (DIN 68800-4) nach den zu beseitigenden Pilzschäden und den nötigen Sicherheitsabständen. Bei einer fachgerechten Sanierung dürfen braun- oder weißfaule Bauteile nicht belassen werden. Dann kann sich auch kein Gescheckter Nagekäfer ansiedeln. Dabei ist es unerheblich, wie alt der Pilzschaden ist, da die Norm zur Sanierung von Fäuleschäden hier nicht unterscheidet.

Tab. 8: Übersicht der Insekten-Einteilung nach ökologischen und holzspezifischen Kriterien – verändert nach VITÉ (1952) und ergänzt mit Beispielen

Ökologische Gruppe	Befallsobjekt und Beziehung	Holzzustand (bei Insektenbefall)	Beispiele*
Frischholzinsekten	A gesunder lebender Baum	technisch und physiologisch unverändert	Fichtenböcke, Ambrosia-Insekten (holzbrütende Borkenkäfer, Kernholz- und Werftkäfer), Holzwespen*
	B kränkelder Baum oder frisch gefälltes Stammholz, Klawerholz	Holz mechanisch und chemisch unverändert	Holzwespen*, Scheibenbockkäfer und Weicher Nagekäfer
Trockenholzinsekten	C trocknendes oder trockenes, (teil- und) unberindetes Holz	Holz fest, wenig frisch bis trocken	Hausbockkäfer, Gewöhnlicher Nagekäfer und Gekämmter Nagekäfer
	D trockenes Bauholz, Parkett, Paneele etc.	Holz fest und trocken, ohne Fäule	Holzbohrkäfer inkl. Splintholzkäfer
Feuchtholzinsekten	E beginnende Fäulnis bis faules Holz	Holz faul, trocken (über 14 %) oder feucht	Rothalsbock, Gescheckter Nagekäfer
	F feuchtes Holz, fortgeschrittene Fäulnis bis faules Holz	Holz weniger fest, feucht	Trotzkopf, Schwammholznagekäfer und Werftbohrkäfer*
Faulholzinsekten	G faulendes Holz	Holz in Zersetzung feucht bis nass, Rinde abfallend	Rüsselkäfer*, Werftbohrkäfer*
	H vermoderndes Holz	Holzsubstanz zerfallend, nass	Rüsselkäfer*, Hirschkäfer, Schröter

* Die Zuordnung ist nicht starr, es gibt Arten, die sich in zwei Gruppen einordnen lassen; so kommt es auch vor, dass Hausbockkäfer und Gewöhnlicher Nagekäfer zuweilen an moderfaulem Holz auftreten.

Wenn hingegen im Denkmal abweichend von der Norm saniert werden soll, kann die Holzfeuchte unter 14 % gesenkt werden. Dabei kann ein Monitoring das Absterben des Lebendbefalls mit dem Gescheckten Nagekäfer überwachen. Im Gegensatz hierzu ist dies bei Lebendbefall von Trockenholzinsekten wie Hausbockkäfer und Gewöhnlichem Nagekäfer schwerlich möglich, da deren Larven auch bei diesen niedrigen Holzfeuchten noch aktiv sind.

Daher ist die Klassifizierung des Gescheckten Nagekäfers als Trockenholzinsekt kaum hilfreich. Die Klassifizierungen in „Trocken-

Hinweis-Box: Kommt es aber nach einer Reparatur zum Sanierungs-/Wartungsstau, kann ein vorerst weit zurückgedrängter Insektenschaden durch den Gescheckten Nagekäfer leicht wieder an Dynamik zunehmen, wenn es zu einem erneuten Fäuleschaden kommt. Denn anders als Insekten-Nachkommen sind Pilzsporen überall verbreitet und greifen feuchte Hölzer umgehend an, wenn das Holz nicht geschützt ist.

holzinsekt“ sollte Insekten vorbehalten bleiben, die gesundes, trockenes Holz angreifen können, wie z. B. Hausbockkäfer und Parkettkäfer (*Lyctus linearis* (Goeze)). Denn gesundes und trockenes Eichenkernholz kann der Gescheckte Nagekäfer primär nicht angreifen; uns ist derzeit kein belegter Befall bekannt.

Wir schlagen daher eine modifizierte Klassifizierung für den Gescheckten Nagekäfer in Anlehnung an VITÉ (1952) und NOLDT (2017) vor. Da er von Fäulepilzen abhängig ist, aber noch vergleichsweise trockene Hölzer angreifen kann, wäre einer Teilung der Feuchtholzinsekten in zwei Untergruppierung angemessen (Tab. 8). Begründung: Der Gescheckte Nagekäfer befällt i. d. R. Holz in der initialen bis mittleren Abbauphase (= es verbleibt oft ein fester, kaum zwischen den Fingern zerreibbarer Rest). Hingegen befallen Trotzkopf und Schwammholznagekäfer Holz in der mittleren bis finalen Abbauphase (= es verbleibt i. d. R. nur eine staubende, pulverige Masse, die sich leicht zwischen den Fingern zerreiben lässt).

Zusammenfassung

Bei den Fäuleschäden war auffällig, dass sich zwar viele, dafür aber kleinere Fäuleschäden in der Kirche entwickelten. Es hat sich jedoch kein zusammenhängender Großschaden entwickelt, wie er für einen Befall mit dem Echten Hausschwamm oder den Kellerschwämmen oft typisch ist.

Die untersuchten faulen Sparrenfüße, Schwelle und Balkenköpfe zeigten Ausschlupflöcher des Gescheckten Nagekäfers, die Sparrenfüße ohne Fäule dagegen nicht. Es wurden keine Hinweise gefunden, dass der Gescheckte Nagekäfer einen Neubefall an gesundem Eichenkernholz²¹ verursachen kann: Zumindest am Befallsbeginn ist faules Holz für die Etablierung der Eilarve nötig. Daher sollte der Begriff Trockenholzinsekt vermieden werden, da er suggeriert, dass völlig gesundes Bauholz vom Gescheckten Nagekäfer angegriffen werden kann²². Die größten Zerstörungen durch den Gescheckten Nagekäfer mit vielen lebenden Larven wurden im faulen Holz und den angrenzenden zumindest initial faulen Bereichen nachgewiesen. Vom faulen Holz ausgehend ist dann die Ausbreitung von älteren Larven in festere Bereiche möglich. Diese zeigten oft einen z. T. unscheinbaren Befall mit Moderfäulepilzen oder weisen eine erhöhte Holzfeuchtigkeit auf. Die Larven in den festeren Bereichen waren 4 bis 11 mm lang (Eilarven sind ca. 0,6 mm lang). Die Holzfeuchte in der untersuchten Kirche lag im Mittel zwischen 17 bis 19 % (aus Luftfeuchtedaten abgeleitet). Faules Holz war, soweit feststellbar, immer auch in der Nähe. In Bereichen mit Innenfäule und mutmaßlich schneller Pilzentwicklung wurden Hölzer auch ohne Insekten-Schäden festgestellt, obwohl es in der Nähe frischen Käfer-Ausschlupf gab. Gelber Porenschwamm/Braunfäuletrameeten und Echter Hausschwamm waren die Pilzarten, die sich schnell ohne einhergehenden Befall von Insekten entwickelten. Die entsprechenden Bauteile wiesen ggf. nur am faulen Randbereich mit Fäule-Altschäden Insekten-Schäden in Form von Fraßgängen des Gescheckten Nagekäfers auf. Daraus folgt, dass Splintholz in Bau-Denkmälern vermieden werden muss.

Zumindest ein Balken zeigte trotz fehlender äußerer Fäule-Merkmale einen massiven Insekten-Schaden durch den Gescheckten Nagekäfer. Hier fehlen noch Untersuchungen.

Da sich die Klassifizierung des Gescheckten Nagekäfers von VITÉ (1952) nicht richtig mit dem von Trotzkopf und dem Schwammholznagekäfer in Übereinstimmung bringen lässt, schlagen wir eine Untergruppierung der Feuchtholzinsekten vor (Tab. 8).

Tab. 9: Namen der im Text erwähnte Organismen			
deutscher Pilzname	latein	deutscher Tiername	latein
Weißer Porenschwamm: Gelber Braunfäuletrameete	<i>Antrodia xantha</i> (Fr.: Fr.) Ryv.	Gewöhnlicher Nagekäfer oder Möbelkäfer	<i>Anobium punctatum</i> De Geer
Ockerfarbener Sternsetenpilz	<i>Asterostroma cervicolor</i> Berk.; M.A. Curtis) Massee	Weicher Nagekäfers	<i>Ernobius mollis</i> L.
Marmorierter Kellerschwamm	<i>Coniophora marmorata</i> Desm.	Trotzkopf	<i>Hadrobregmus pertinax</i> L.
Brauner Kellerschwamm	<i>Coniophora puteana</i> (Schum.: Fr.) P. Karst.	Blauer Fellkäfer	<i>Korynetes caeruleus</i> De Geer
Eichen-Krustenhaut	<i>Crustoderma dryinum</i> (Berk. & M.A. Curtis) Parm.	Brauner Splintholzkäfer	<i>Lyctus brunneus</i> Stephens
Eichenwirrling	<i>Daedalea quercina</i> (L.: Fr.) Fr.	Hausbunkkäfer	<i>Opilo domesticus</i> Sturm
Ausgebreiteter Hausporling	<i>Donkioporia expansa</i> (Desm.) Kot. & Pouz.	Braunes Langohr	<i>Plecotus auritus</i> L.
Großporiger Feuerschwamm	<i>Phellinus contiguus</i> (Pers.: Fr.) Pat.	Schwammholznagekäfer	<i>Priobium carpini</i> Herbst
Harz-Rindenpilz	<i>Resinicium bicolor</i> (Alb. & Schwein.: Fr.) Parm.	Gekämmter Nagekäfer	<i>Ptilinus pectinicornis</i> L.
Wilder Hausschwamm	<i>Serpula himantoides</i> (Fr.: Fr.) P. Karst.	Schröter	
Echter Hausschwamm	<i>Serpula lacrymans</i> (Wulf.: Fr.) Schroeter	Rothalsbock oder Roter Halsbock	<i>Stictoleptura</i> [<i>Leptura</i>] <i>rubra</i> L.
		Gescheckter oder Bunter Nagekäfer	<i>Xestobium rufovillosum</i> L.

²¹ Ältere Splinthölzer waren in St. Katharinen-Kirche, soweit untersucht, zerstört (Abb. 4 und Abb. 24).

²² NOLDT (2014, 2017) legt bei seiner nach VITÉ (1952) veränderten Einordnung der Art/Klassifizierung die Biologie aus Sicht der legebereiten Weibchen zu Grunde, nicht aber die Holzfeuchte, bei der Larven zu beiden Extremen hin nach späterer Abtrocknung bzw. nachträglicher Befechung noch leben oder ggf. kurzzeitig überleben können.



Abb. 77: Historischer Glockenstuhl mit Lebendbefall durch Gescheckten Nagekäfer an einigen Balken. Für die große Glocke wurde ca. 1955 am Glockenstuhl Aussparungen vorgenommen, hier wurden Fraßgänge angeschnitten (Pfeil); am Glockenstuhl sind zahlreiche Umformungen sichtbar, die in den Jahrhunderten nötig wurden; zuletzt wurden neue Joche eingefügt; Blick nach Norden.

Dank:

Herzlich danken möchten wir auch der Kirchengemeinde Probsteierhagen mit Pastor Thoböll und dem Landesamt der Nordkirche, die das Monitoring finanziert haben.

Für viele besondere Befalls-Exponate und Informationen danken wir herzlich Frau Pia Haun (Trier) und den Herren Ulrich Arnold (Castrop-Rauxel), Sven Golling (Brühl), Andreas Hagedorn (Sulzburg), Martin Kottmeier (Hamburg), Sven Krüger (Niedernhausen), Ulf Moderer (Salzhäusen), Eberhard Muny (Kornwestheim), Robert Ott (Gammertingen), Lutz Parisek (Walsdorf), Klaus Renhak (Benshausen), Frank Rinn (Heidelberg), Markus Thinius (Krefeld), Uli Thümmel (Hünfeld-Mackenzell), Dr. Bernd Wischer (Warmstroth). Für die Einschätzung des Bildes mit der Glasblase danken wir Herrn Ekkehard Wagner (Allersberg). Für die Durchsicht des Manuskripts danken wir Prof. Olaf Schmidt und Sylvia Huckfeldt.

Die Reihe derjenigen, die uns geholfen haben, ist lang, so dass wir nicht alle nennen können. Viele haben uns dankenswerterweise Material oder Bilder aus Gebäuden mit kombiniertem Befall gesendet.



Abb. 78: Gebrochener Zapfen in einem Kreuz im Kirchen-Dachstuhl; durch den neu implementierten Dachstuhl im alten Dachstuhl konnten auch diese Teile erhalten werden



Abb. 79: Ev.-Luth. St. Katharinen-Kirche in Probsteierhagen mit ihrem neuen Holzschindeldach; Zustand: 2019 (Eckbild: 2012): Der Dachfirst ist wieder gerade. Die Kirche ist ein Baudenkmal und wurde 1259 erstmals urkundlich erwähnt und der heiligen Katharina geweiht. Die ursprüngliche Kirche war ein Feldsteinbau, dessen Mauern z. T. heute noch von außen an der Nord- und Ostwand zu sehen sind. Das heutige Antlitz entstand in den Jahren 1785 bis 1788 durch den Landesbaumeister Johann Adam Richter: Das Kirchenschiff wurde verlängert und der Bau des Turmes veranlasst.

Literatur/Quellen:

Die Angaben zur Kirche stammen von Herrn Pastor Thoböll oder von der Vereins-Website: „Verein für den Erhalt der St. Katharinen-Kirche zu Probsteierhagen e.V.“ (<http://www.probsteierhagen-foerderverein-kirche.de/>).

- Anonymus (2019) (Abruf: 18.09.2019) <https://www.gbif.org/species/1095664>
- Berg, M.; Laar von, C. (2005) Holzerstörende Insekten auf dem Vormarsch? Insekten-Monitoring in Mecklenburg-Vorpommern. Vortrag zur 33. Fachtagung Holzschutz, Rostock, am 28. Oktober 2005, 5 S.
- Becker, G. (1953) Räuber und Parasiten holzerstörender Insekten in Gebäuden. Verhandlungen der Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie e. V. auf der zwölften Mitgliederversammlung, S. 76-87
- Belmain, S. R.; Blaney W. M.; Simmonds, M. S. J. (1998) Host selection behaviour of deathwatch beetle, *Xestobium rufovillosum*: Oviposition preference choice assays testing old vs new oak timber, *Quercus* sp. In: Entomologia Experimentalis et Applicata 89, S. 193-199
- Belmain, S. R.; Simmonds, Monique S. J.; Blaney, Walter M. (2000) Behavioral Responses of Adult Deathwatch Beetles, *Xestobium rufovillosum* de Geer (Coleoptera: Anobiidae), to Light and Dark. In: Journal of Insect Behavior 13 (1), S. 15-26
- Birch, M. C.; Keenlyside, J. J. (1991) Tapping behaviour is a rhythmic communication in the death-watch beetle, *Xestobium rufovillosum* (Coleoptera: Anobiidae). Journal of Insect Behaviour 4 (2), S. 257-263.
- Bletchly, J. D. (1965) Aspects of the habits and nutrition of the Anobiidae with special reference to *Anobium punctatum*. Mat. Org., Beiheft 1, S. 371-381
- Bravery, A. F.; Berry, R. W.; Carey, J. K.; Cooper, D. E. (2003) Recognising wood rot and insect damage in buildings. BRE Bookshop, Garston Watford, 126 S.; S. 72
- Cartwright, K. St. G.; Findlay, W. P. K. (1958) Decay of timber and its prevention. 2. Auf., His Majesty's Stationery Office, London, 332 S.
- Cockcroft, R. (1979) Some wood-destroying basidiomycetes. Volume 1 of a collection of monographs. Verlag International research group on wood preservation (IRG/WP), Papua New Guinea, 186 S.
- Coleman, G. R. (2001) The chemical control of the deathwatch beetle. In: Ridout, B. Timber: The EC woodcare project. English Heritage Research Transactions 4; S. 51-53
- Coggins, C. R. (1991) Growth characteristics in a building. In: Jennings, D. H.; Bravery, A. F. (Hrsg.) *Serpula lacrymans*: Fundamental biology and control strategies. Wiley Editorial Offices, Chichester, S. 81-93
- Cymorek, S. (1984) Schadinsekten in Kunstwerken und Antiquitäten aus Holz in Europa. In Cymorek, S.; Ehrentreich, W.; Metzner, W. (Hrsg.) Holzschutz – Forschung und Praxis, Symposium 1982, Kommissionsverlag DRW-Verlag Weinbrenner-KG, Leinfelden-Echterdingen, S. 37-56
- DIN 68800 (2011-2012) Holzschutz – Teil 1 bis 4. Beuth, Berlin.
- Eckstein, K. (1916) Zerstörung des Holzes durch Holzschädlinge - Tiere. In: Troschel, Ernst (Hrsg.) Handbuch der Holzkonserverung, J. Springer, Berlin, S. 147-207
- Findlay, W. P. K. (1967) Timber Pest and Diseases. Pergamon Press, Oxford, 280 S; S. 94
- Fisher, R. C. (1938) Studies Of The Biology Of The Death-Watch Beetle, *Xestobium rufovillosum* De G. II. The habits of the adult with special reference to the factors affecting oviposition. Ann Applied Biology 25 (1), S. 155-180

Holzerstörende Pilzen und Insekten in der St. Katharinen-Kirche – IF-Holz, Hamburg

- Fisher, R. C. (1940) Studies of the biology of the death-watch beetle, *Xestobium rufovillosum* De G. III. Ann Applied Biology 27, S. S. 545-557
- Fisher, R. C. (1941) Studies of the biology of the death-watch beetle, *Xestobium rufovillosum* De G. IV. The effect of type and extent of fungal decay in timber upon the rate of development of the insect. Ann Applied Biology 28 (3), S. 244-260
- Flügge, R. (1938) Die gesamte Schutzbehandlung des Bauholzes. Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle, 119 S.
- Freude, H.; Harde, K. W.; Lohse, G. A. (1969) Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 8. Goecke & Evers, Krefeld, 388 S.
- Goulson, D.; Birch, Martin C.; Wyatt, T. D. (1994) Mate location in the deathwatch beetle, *Xestobium rufovillosum* De Geer (Anobiidae): orientation to substrate vibrations. In: Animal behaviour 47, S. 899-907
- Graßmann, P.; Grosser, D.; Remes, F.; Elsholz, H.-P.; Fischer, J.; Flohr, E.; Hausteine, H.; Huckfeldt, T.; Klopfer, R.; Omankowsky, W.; Noldt, U.; Petzoldt, S.; Quitt, H.; Reidenstein, H.; Reißner, P.; Sallmann, U.; Schlüter, U.; Schumann, U.; Urban, H.; Wegner, R. (2017) Handbuch zur Sachkundeausbildung Holzschutz am Bau. Fragen und Antworten. Hrsg.: Ausbildungsbeirat bekämpfender Holzschutz am Bau, Köln, 6. Auflage.
- Grosser, D. (1985) Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholz-Schädlinge. DRW, Leinfelden-Echterdingen, 159 S.; S. 104
- Grosser, D. (2016) Der Gescheckte Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*) – ein Trockenholzinsekt oder ein Feuchtholzinsekt? Schützen und Erhalten 4.2016, S. 10-12
- Hausteine, T.; Hausteine, V. H.; Laar, C. v.; Noldt, U. (2010) Holzerstörende Nagekäfer (Coleoptera, Anobiidae). Ein Beitrag zur Lebensweise und Bestimmung von drei einheimischen Nagekäferarten: Gewöhnlicher Nagekäfer, Gescheckter Nagekäfer, Gekämmter Nagekäfer. In: Venzmer, H. (Hrsg.) Europäischer Sanierungskalender 2010. Bauwerksdiagnostik und Sanierung, Beuth Verlag GmbH, Berlin Wien Zürich, S. 109-119
- Hausteine, T.; Hausteine, V. H. (2015) Holzschädigende Insekten und Meeresorganismen. In: Scheiding et al. (Hrsg.) Holzschutz. C. Hanser, München, S. 109-164
- Hickin, N. E. (1963) The insect factor in wood decay. Hutchinson, London, 336 S.
- Hickin, N. E. (1964) Household insect pests. An outline of the identification, biology and control of the common insect pests found in the home - The Rentokil Library. Hutchinson & Co., London, 172 S.; S. 79
- Hoffmann, E. (1883) Der Käfersammler. Verlag der Hoffmannschen Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 135 S. + 20 Tafeln, 89 S.
- Huckfeldt, T.; Melcher, E. (2007) Moderfäulepilze. In: Venzmer H. (Hrsg.) Europäischer Sanierungskalender 2008, Beuth, Berlin, S. 233-250
- Kempe, K. (1999) Dokumentation Holzschädlinge. Holzerstörende Pilze und Insekten an Bauholz. Bauwesen, Berlin, 168 S.
- Klopfer, R. (2007) Entscheidungsfindung für Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Bunten Nagekäfer – Chorgestühl „Cusanusstift“, Bernkastel-Kues. In: Noldt, U.; Michels, H. (Hrsg.) Internationale Tagung „Holzschädlinge im Fokus – Alternative Maßnahmen zur Erhaltung historischer Gebäude“ 28.-30. Juni 2006 Westfälisches Freilichtmuseum Detmold – Landesmuseum für Volkskunde, Detmold, Merkur-Verlag 2007, S. 91-98
- Kollmann, F. (1951) Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Band 1: Anatomie, Pathologie, Chemie, Physik. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1050 S.
- König, E. (1957) Tierische und pflanzliche Holzschädlinge. Erkennen, Lebensgewohnheiten und Schädlichkeit holzerstörender Insekten und Pilze, Schutz und Bekämpfung. Holz-Zbl.-Verlag, Stuttgart, 330 S.
- Krieglsteiner, G. J. (1991) Verbreitungsatlas der Großpilze Deutschlands (West). Ulmer, Stuttgart, 1016 S.
- Langendorf, G. (1988) Holzschutz: Ein Handbuch für Baufachleute. VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 272 S.; S. 116
- Malenkovic, B. (1907) Die Holzkonservierung im Hochbaue mit besonderer Rücksichtnahme auf die Bekämpfung des Hausschwammes. A. Hartleben, Wien & Leipzig. 2. Aufl., 301 S.
- Noldt, U. (2003) Beispiele und Anforderungen zum Monitoring von Schadinsekten. In: Vorträge der 23. Holzschutz-Tagung. Hrsg: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. (DGfH), Augsburg, März 2003, S. 71-81
- Noldt, U. (2005) Insekten. In: Müller, J. (Hrsg.) Holzschutz im Hochbau, Grundlagen – Holzschädlinge – Vorbeugung – Bekämpfung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S. 73-100
- Noldt, U. (2006) Schäden durch Insekten. In: Huckfeldt, T.; Wenk, H.-J. (Hrsg.) Holzfenster. Rudolf Müller Verlag, Köln, S. 208-245
- Noldt, U. (2007) Monitoring von holzerstörenden Insekten – Anforderungen und Ergebnisse. In: Noldt, U.; Michels, H. (Hrsg.) (2007) Holzschädlinge im Fokus, Alternative Maßnahmen zur Erhaltung historischer Gebäude. Schriften des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe - Freilichtmuseum Detmold. Merkur Verlag, S. 41-57
- Noldt, U. (2014) Insekten. In: Binker G.; Brückner, G.; Flohr, E.; Huckfeldt, T.; Noldt, U.; Parisek, L.; Rehbein, M.; Wegner, R. (2014) Praxis-Handbuch Holzschutz. Rudolf Müller Verlag, Köln, S. 112-153
- Noldt, U. (2017) Holzschäden durch Insekten (2017) Holzschäden durch Insekten. In: Graßmann, Peter et. al. (Hrsg.) Handbuch zur Sachkundeausbildung Holzschutz am Bau. Fragen und Antworten. Hrsg.: Ausbildungsbeirat Holzschutz am Bau, Köln, 6. Auflage, S. 2.19- 2.37
- Noldt, U.; Niederfeilner, Alexander (2007) Anwendung der stationären Thermokammer und Erfolgskontrolle. In: Noldt, U.; Michels, H. (Hrsg.) Internationale Tagung „Holzschädlinge im Fokus“ Westfälisches Freilichtmuseum Detmold – Landesmuseum für Volkskunde, Detmold, Merkur-Verlag 2007, S. 125-136
- Pasqual, C. et al. (2019) Fauna Europaea: <https://fauna-eu.org> (Abruf am 05.09.2019), Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung.
- Poe, E. A. (1834) The Tell-Tale Heart. The Pioneer, Vol. I, No. I, Drew and Scammell, Philadelphia.
- Ridout, B. (2000) Timber decay in buildings. The conservation approach to treatment. E & FN Spon, London, 232 S.
- Ridout, B. V. (2001) The population dynamics of the deathwatch beetles. In: Ridout, B. Timber: The EC woodcare project. English Heritage Research Transactions 4; S. 24-39
- Rüpke, H.-J. (2019, Abruf: 24.09.2019) Bunter oder Gescheckter Nagekäfer, *Xestobium rufovillosum*. https://www.holzfragen.de/seiten/Xestobium_rufovillosum.
- Schachenhofer, B. (2006) Optimierung des feuchte-geregelteten Warmluftverfahrens – Anwendung im Westfälischen Freilichtmuseum Detmold. In: Noldt, U.; Michels, H. (Hrsg.) Internationale Tagung „Holzschädlinge im Fokus – Alternative Maßnahmen zur Erhaltung historischer Gebäude“ 28.-30. Juni 2006 Westfälisches Freilichtmuseum Detmold – Landesmuseum für Volkskunde, Detmold, Merkur-Verlag 2007, S. 105-113
- Schultze-Dewitz, G. (1985) Weitere Holz-Schadensfeststellungen an der Altbausubstanz. Bauzeitung: Zeitschrift für Architekten und Ingenieure 39 (3), S. 139
- Sutter, H.-P. (1997) Holzschädlinge an Kulturgütern erkennen und bekämpfen. 3. Auflage, P. Haupt, Bern, 164 S.
- Theden, G. (1952) Erfahrungen über holzerstörende Pilze in Berlin. Zeitschrift für. Schädlingsbekämpfung, 44, S. 77-80
- Theden, G.; Kottlors, C. (1965) Verfahren zum Sichtbarmachen von Holzschutzmitteln im Holz. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) 52, S. 1-88
- Twain, M. (1876) The Adventures of Tom Sawyer. American Publishing Company.
- Unger, A. (1990) Holzkonservierung, Schutz und Festigung von Holzobjekten. 2. Auflage, Callwey, München, 220 S.
- Vité, J. P. (1952) Die holzerstörenden Insekten Mitteleuropa. Textband. Musterschmidt Wissenschaftlicher Verlag, Göttingen, 155 S.
- Waentig, F.; Krupa, A. (2007) Monitoring von Holzschädlingen als Teil der Restauratorenausbildung – St. Mariae Geburt in Kempen. In: Noldt, U.; Michels, H. (Hrsg.) Internationale Tagung „Holzschädlinge im Fokus – Alternative Maßnahmen zur Erhaltung historischer Gebäude“ 28.-30. Juni 2006 Westfälisches Freilichtmuseum Detmold – Landesmuseum für Volkskunde, Detmold, Merkur-Verlag 2007, S. 61-71
- Weidner, H. (1994) Bestimmungstabellen der Vorratsschädlinge und des Hausungeziefers Mitteleuropas. G. Fischer, Stuttgart, 328 S.
- White, P. R.; Birch, M. C.; Church, S.; Jay, C.; Rowe, E.; Keenlyside, J. J. (1993) Intraspecific variability in the tapping behaviour of the death-watch beetle, *Xestobium rufovillosum* (Coleoptera: Anobiidae). Journal of Insect Behaviour 6 (5), S. 549-562
- Wyatt, T.; Birch, M. (2001) Finding a mate – Tapping behaviour and deathwatch beetles communication, mate location and mate choice. In: Ridout, B. Timber: The EC woodcare project. English Heritage Research Transactions 4; S. 15-23

Bildrechte: Die Abb. 56 und Abb. 67 stammen von Matthias Wieck, die anderen von Tobias Huckfeldt.

Hinweis: Nicht alle Bilder stammen aus der St. Katharinen-Kirche.