

# Schäden durch Fäulepilze am Beispiel von Fachwerkschäden

Tobias Huckfeldt

## Kurzfassung

Nach Arten gegliedert werden charakteristische Pilz-Schäden an Fachwerk gezeigt und die Unterschiede ihrer Lebensräume und Fähigkeiten kurz beschrieben. Bei allen Beispielen wird die Bedeutung eines zweckdienlichen Feuchtigkeitsschutzes deutlich. Gezeigt werden Probleme an Fachwerk-Schwellen, Innendämmung und Ausfachungen. Es ergeben sich substanzschonende Hinweise für die Sanierung. Grundlage für die Auswahl der beschriebenen Pilze ist die Auswertung von 477 Pilzdiagnosen aus dem Fachwerkbau. Die am häufigsten auftretenden Hausfäulepilze sind der Braune Kellerschwamm (*Coniophora puteana*), die Weißen Porenschwämme (*Antrodia* und *Oligoporus* spp.), der Echte Hausschwamm (*Serpula lacrymans*) und der Marmorierte Kellerschwamm (*C. marmorata*) sowie Moderfäulepilze und der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*). Daneben werden Besonderheiten von interessanten pilzlichen Schadensverursachern dargestellt, die den Schluss zulassen, dass die DIN 68800-4 mit ihrer Gliederung in nur zwei Pilz-Erreger-Klassen im Fachwerkbau zu kurz greift.

## 1 Einleitung

Der Wunsch, unser Kulturerbe zu bewahren, macht es nötig sich mit Fäule- und Moderfäulepilzen im Fachwerk zu beschäftigen. Es lohnt sich das Zeugnis handwerklichen Könnens der Zimmerleute zu achten, denn es beweist durchdachte, durchkonstruierte Gefüge und ein Gespür für einen sparsamen Umgang mit dem Werkstoff Holz (Abb. 1).

Durch die Kenntnis der pilzlichen Schädlinge und Ihre Biologie ist es leichter einen effektiven Schutz des Holzes umzusetzen und die Ursache von Schäden zu verstehen. Wo dieses fehlt, kommt es zu interessanten Lösungen (Abb. 2 und Abb. 3).



Abb. 1: Norddeutsches Fachwerkhaus von 1618 im Alten Land an der Elbe; Ausfachungen aus Ziegelsteinen; auskragende Geschosse schützen die unterliegenden.



Abb. 2: Verlust der Schwelle aufgrund von Fäuleschäden und Ersatz aus Stein und Bohlen.



Abb. 3: Verlust der Schwelle aufgrund von Fäuleschäden und Ersatz aus Beton.

## 2 Gliederung der Fäulepilze nach Konstruktion und Bewitterung

An Konstruktionshölzern aus Fachwerkgebäuden wurden bisher 23 Braun-, 26 Weißfäule-Pilzarten und Moderfäulepilze nachgewiesen. Diese drei Gruppen gliedern die Fäulepilze nach ihrem Fäuletyp (Abb. 4 bis Abb. 7 und Tab. 1).

Pilz-Gruppe	Häufigkeit [%]	Fäuletyp
Kellerschwämme	16,8	B
Porenschwämme	16,4	B
Moderfäulepilze	14,7	M
Ausgebreiteter Hausporling	13,6	W
Echter Hausschwamm	13,4 <sup>1</sup>	B
Wilder Hausschwamm	2,3 <sup>1</sup>	B
Fältlingshäute	1,5 <sup>1</sup>	B
Rinden- und Schichtpilze	6,5	W
Tintlinge und Becherlinge	6,1	unklar
andere Weißfäule-Porlinge	2,3	W
Sternsetenpilze	1,9	W
Blättlinge	1,9	B
Gallertränen	0,8	B
Lamellenpilze Weißfäule	0,6	W
Muschelkrempling	0,6	B
andere Braunfäulepilze	0,6	B

B = Braun-, M = Moder-, W = Weißfäule

Tab. 1: Häufigkeit von Fäulepilzen / Gruppen an Fachwerk in Deutschland<sup>2</sup> (Stand: 04.10.2016<sup>3</sup>).

- 1 Die Gruppe „Hausschwamm“ umfasste früher Echten und Wilden Hausschwamm sowie die Fältlingshäute. Ursache waren die Unkenntnis der unterschiedlichen Biologie und fehlende diagnostische Möglichkeiten.
- 2 Aufgrund der regional unterschiedlichen verwendeten Bauhölzer weicht die Häufigkeit der Fäulepilze in einzelnen Bundesländern oft voneinander ab.
- 3 Statistiken sind naturgemäß schwierig; als Fachlabor bekommen wir ggf. keinen repräsentativen Querschnitt derjenigen Fäulepilze eingesendet, die Fachwerk zerstören, weil Sachverständige eindeutige Befälle nicht einsenden – dies ist möglich. Dennoch ergibt sich ein Bild, welche Pilz/Pilzgruppen im Fachwerk vorkommen.

Der wichtigste und bekannteste Basidiomycet der Weißfäule-Gruppe ist der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa* – Abb. 30 bis Abb. 35). Bei der Gruppe der Braunfäule-Erreger sind es der Echte und Wilde Hausschwamm (*Serpula lacrymans* – Abb. 19 bis Abb. 28 und *S. himantioides*), die Kellerschwämme (*Coniophora* spp. – Abb. 11 bis Abb. 15), die Blättlinge (*Gloeophyllum* spp.), die Artengruppe der Weißen Porenschwämme (*Antrodia* und *Oligoporus* spp. – Abb. 16 bis Abb. 18) sowie der Muschel-Krempling (*Paxillus panuoides*) – vergleiche auch Tab. 1. In England ist auch der Eichenwirrling (*Daedalea quercina*) ein wichtiger Schadpilz an Eichenfachwerk (CARTWRIGHT / FINDLAY, 1958); in Deutschland tritt er an Fachwerk kaum in Erscheinung.

ARNOLD (2015) betont zusätzlich das Vorkommen von Gallertränen (*Dacrymyces* spp.) und Tintlingen (*Coprinus* spp., als Indikatorpilze – siehe Punkt 5) sowie Moderfäulepilzen an Sicht-Fachwerk. Moderfäulepilze und Gallertränen finden sich oft an der Holzoberfläche; da die Gallertränen keine Mycelien bilden und ihre Fruchtkörper nur klein und kurzlebig sind, werden sie oft übersehen. Zur Unterscheidung von Moder- und Braunfäulepilzen bedarf es der mikroskopischen Analyse (Abb. 39 und Abb. 41), da beide Fäuletypen einen Würfelbruch verursachen, der dem Augenschein nach oft nicht zu unterscheiden ist (Abb. 4 und Abb. 6).

Eine weitere Gliederungsmöglichkeit ergibt sich aus der Häufigkeit und der Gefährlichkeit für ein Gebäude. Hier werden fünf Gruppen unterschieden:

1. Echter Hausschwamm als einziger Pilz in dieser Gruppe: Vereinfacht machen sechs Fähigkeiten diesen Pilzen zu etwas besonderem:
  - a) anorganische Materialien zu durchwachsen (übertroffen nur von Tintlingen und Kellerschwamm);
  - b) Holz deutlich unter Fasersättigung von einer Feuchte-Quelle aus zu bewachsen (übertroffen nur vom Kellerschwamm);
  - c) dichtes Oberflächenmycel zu bilden, um die Austrocknung des befallenen Holzes zu verlangsamen (übertroffen nur vom Ausgebreiteten Hausporling);
  - d) in trockenem Holz zu überdauern („Trockenstarre“ (übertroffen von z. B. Blättlingen und Porenschwämmen);
  - e) Auswuchs aus dem Mauerwerk (unübertroffen) und
  - f) Echte Strangbildung mit der Fähigkeit zum Stofftransport (hierzu sind viele Fäule- aber auch Mykorrhizapilze fähig).
 Die Sanierung ist z. B. im WTA-Merkblatt „Echter Hausschwamm“ beschrieben. **Hinweis:** Andere Fäulepilze sind bei einzelnen Fähigkeiten besser, aber der Echte Hausschwamm beherrscht alle Fähigkeit zumindest gut, die anderen haben immer eine Schwäche.
2. Hausfäulepilze, die Mauerwerk durchwachsen und Braunfäule verursachen, wie Keller- und Weißer Porenschwamm, ergeben eine zweite Gruppe.
3. Hausfäulepilze, die Mauerwerk nicht durchwachsen, wie Ausgebreitete Hausporling, Blättlinge und Muschel-Krempling.
4. Moderfäulepilze und andere Holz nur langsam zerstörende Fäulepilze, wie Rinden- und Schichtpilze (Sanierung: Nur die geschädigten Holzbereiche sollten entfernt werden, die Fäule bleibt auf nasse Bereiche beschränkt).
5. Schleim-, Bläue- und Schimmelpilze ohne die Fähigkeit Holz substanziiell anzugreifen (Sanierung nach Ausschluss von Fäulepilzen nach hygienischen und ästhetischen Belangen).



Abb. 4: Riegelschaden: Braunfäule mit Würfelbruch, verursacht durch den Braunen Kellerschwamm (*Coniophora puteana*).



Abb. 5: Pfosten-Reste: Weißfäule mit faserigem Bruchbild, verursacht durch den Ausgebreiteten Hausporling (*Donkioporia expansa*); Maßstab mit Millimetern.



Abb. 6: Moderfäule mit Würfelbruch, der sich kaum von einer Braunfäule unterscheidet; Maßstab mit Millimetern.



Abb. 7: Massive Moderfäule im Querschnitt: Frühholzanteile sind als Lamellen stehen geblieben, der Spätholzanteil ist zerstört.

Auch diese Gliederung ist oft zu vereinfachend, da sich in älteren Fachwerkgebäuden oft Doppel- und Mehrfachbefälle zeigen, deren zeitliche Abfolge i.d.R. unklar ist (Abb. 36 und Abb. 47). Weitere Schwierigkeiten ergeben sich bei Uralttschäden, die nicht eindeutig oder nur teilweise bestimmt werden können: Da die DIN 86800-4 vorschreibt, einen unbekanntem Befall wie Echten Hausschwamm zu behandeln, ergibt sich ein Erhaltungsproblem. Dabei zeichnen sich Mehrfachbefälle an Fachwerkgebäuden oft dadurch aus, dass ein aktueller Schaden z. B. durch den Ausgebreiteten Hausporling vorliegt, der einen älteren z. B. Braunfäuleschaden überwächst. Der Ausgebreitete Hausporling überwächst häufig Bereiche mit alten Braunfäuleschäden. Der aktuelle Schaden ist dann z. T. schon vor Ort anzusprechen, oder aber erst im Labor, wenn nur wenig Mycel vorliegt (Abb. 36 und Abb. 37). Der Braunfäuleschaden entzieht sich aber oft gänzlich einer Bestimmung und keinerlei Mycelien/Stränge von diesem Pilz sind mehr nachweisbar. Ausgebreiteter Hausporling und zuvor auch Bakterien, Milben und Schimmelpilze haben den Braunfäulepilz restlos getilgt; im Holz sind dann nur Hyphen des Weißfäulepilzes nachweisbar (Abb. 9). Nur die Braunfäule bleibt zwischen den weißen Mycelien des Ausgebreiteten Hausporlings nachweisbar. Hier sollte der Sachverständige vor Ort eine zielgerichtete Lösung finden, die auch die Belange des Denkmalschutzes umfasst.



Abb. 8: Negativbeispiel: Zu knappe Reparatur am Ständer; der Ausgebreitete Hausporling war noch hinter der gesund erscheinenden Schnittkante vorhanden und breitet sich nach der Sanierung sowohl im neuen als auch im alten Holz weiter aus. Durch die neue Fuge an der Reparaturstelle dringt mehr Wasser in die Konstruktion ein als früher und der Pilzbefall kann höher steigen.

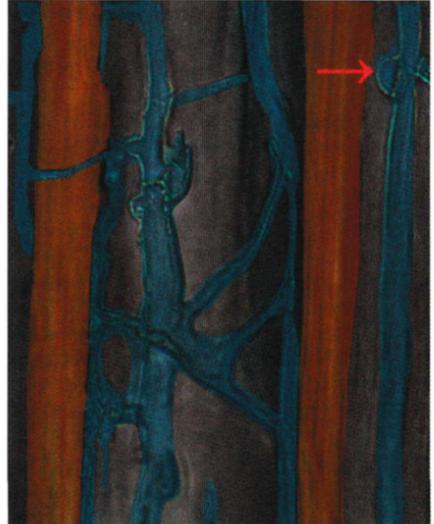


Abb. 9: Fehlfarben-Darstellung der Substrathyphen des Ausgebreiteten Hausporlings im Holz in ca. 1000-facher Vergrößerung; **braun**: Holz; **blau**: oft eng am Holz anliegende Hyphen; in der Anfangsphase sind fein verästelte Hyphen mit Schnallen (?) sichtbar, aber kaum Veränderungen des Holzes erkennbar.

### 3 Definition: Hausfäulepilze und andere in Gebäuden vorkommenden Fäulepilze

Der Begriff Hausfäulepilze ist eine präzisere Bezeichnung für den „Schwamm im Haus“. Unter Hausfäulepilzen ist folgendes zu verstehen: Sammelbezeichnung für den Befall von verbautem Holz durch häufige, holzerstörende Basidiomyceten in Gebäuden. Dies sind die Hausschwämme (*Serpula* spp.; Braunfäule), der Artengruppe der Weißen Porenschwämme (*Antrodia* / *Oligoporus* spp. mit ihren Nebenfruchtformen; Braunfäule), die Kellerschwämme (*Coniophora* spp.; Braunfäule) und der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*; Weißfäule), unter explizitem Ausschluss von Moderfäule-, Bläue-, Schimmel-, Schlauch- sowie Schleimpilzen und anderen Weißfäule-Erregern.

Alle anderen Fäulepilze in Gebäuden gehören zu den Moderfäule-, Bauholz- oder Waldpilzen. Diese Definition trägt der besonderen Bedeutung von Haus-, Weißen Poren- und Kellerschwämmen sowie dem Ausgebreiteten Hausporling Rechnung, die im Fachwerk für rund zwei Drittel der Fäuleschäden verantwortlich sind (Tab. 1).



Abb. 8: Negativbeispiel: Zu knappe Reparatur am Ständer; der Ausgebreitete Hausporling war noch hinter der gesund erscheinenden Schnittkante vorhanden und breitet sich nach der Sanierung sowohl im neuen als auch im alten Holz weiter aus. Durch die neue Fuge an der Reparaturstelle dringt mehr Wasser in die Konstruktion ein als früher und der Pilzbefall kann höher steigen.

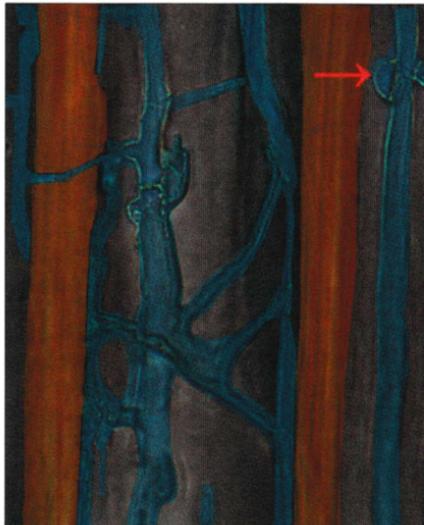


Abb. 9: Fehlfarben-Darstellung der Substrathyphen des Ausgebreiteten Hausporlings im Holz in ca. 1000-facher Vergrößerung; **braun**: Holz; **blau**: oft eng am Holz anliegende Hyphen; in der Anfangsphase sind fein verästelte Hyphen mit Schnallen (?) sichtbar, aber kaum Veränderungen des Holzes erkennbar.

### 3 Definition: Hausfäulepilze und andere in Gebäuden vorkommenden Fäulepilze

Der Begriff Hausfäulepilze ist eine präzisere Bezeichnung für den „Schwamm im Haus“. Unter Hausfäulepilzen ist folgendes zu verstehen: Sammelbezeichnung für den Befall von verbautem Holz durch häufige, holzerstörende Basidiomyceten in Gebäuden. Dies sind die Hausschwämme (*Serpula* spp.; Braunfäule), der Artengruppe der Weißen Porenschwämme (*Antrodia* / *Oligoporus* spp. mit ihren Nebenfruchtformen; Braunfäule), die Kellerschwämme (*Coniophora* spp.; Braunfäule) und der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*; Weißfäule), unter explizitem Ausschluss von Moderfäule-, Bläue-, Schimmel-, Schlauch- sowie Schleimpilzen und anderen Weißfäule-Erregern.

Alle anderen Fäulepilze in Gebäuden gehören zu den Moderfäule-, Bauholz- oder Waldpilzen. Diese Definition trägt der besonderen Bedeutung von Haus-, Weißen Poren- und Kellerschwämmen sowie dem Ausgebreiteten Hausporling Rechnung, die im Fachwerk für rund zwei Drittel der Fäuleschäden verantwortlich sind (Tab. 1).

## 4 Typische Fäulepilze<sup>4</sup> an Fachwerk

### 4.1 Kellerschwamm (Coniophora spp.) – Braunfäulepilz

Die Kellerschwämme werden von Mykologen auch Braunsporrindenpilze genannt; sie sind an Fachwerkgebäuden die häufigsten Fäulepilze (Tab. 1). Im Fachwerk treten die Kellerschwämme in allen Teilen auf – von der Schwelle bis zum Dach – mit einer Vorliebe für beschattete und innenliegende Bauteile. Aber auch Gewölbe, Fenster und Lehm werden gern be- bzw. durchwachsen. Im Wald erfüllt der häufige Braune Kellerschwamm zusammen mit anderen Fäulepilzen eine wichtige Rolle bei der Remineralisierung von Holz. An Fachwerk treten neben dem Braunen Kellerschwamm (*Coniophora puteana*) auch der Marmorierte Kellerschwamm (*C. marmorata*) auf und sehr selten auch der Trockene Kellerschwamm (*C. arida*). Alle Kellerschwamm-Arten verursachen eine intensive Braunfäule mit feinem bis großem Würfelbruch (Abb. 4 und Abb. 14). Die Abbauleistungen der bisher getesteten Stämme sind hoch bis sehr hoch (SCHMIDT, 2006).

Holz mit niedrigen Holzfeuchten zu bewachsen, ist eine besondere Fähigkeit des Braunen Kellerschwamms. Fichten- und Kiefernspoltholz wird mit einer Holzfeuchte von 18–20  $\mu\text{m}\%$  überwachsen, wenn eine nahe Feuchtequelle vorhanden ist. Der Holzabbau setzt ab 21,5  $\mu\text{m}\%$  Holzfeuchte ein. Hinzukommt eine hohe Wachstumsgeschwindigkeit von bis zu 12,9 mm je Tag bei 26–27 °C. In diesen Fähigkeiten ist er besser als der Echte Hausschwamm. Er wäre wohl der wichtigste Fäulepilz, wenn er auch dichte, die Verdunstung verringernde Oberflächenmycelien an den Zuwachszonen bilden könnte.



Abb. 10: Schaden an einem Sparrenkopf einer Schuppendecke auf der Westseite; der Schaden greift auf die Fachwerk-Konstruktion über.

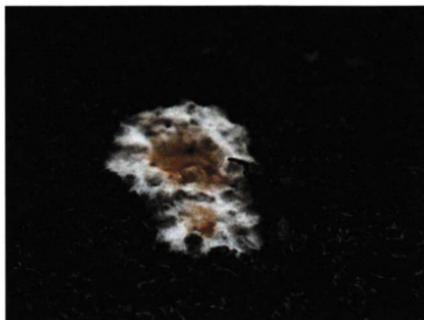


Abb. 11: Detail des kleinen Fruchtkörpers des Braunen Kellerschwammes; an der Oberfläche steht das Wasser, da die Dachableitung nicht funktioniert.

4 Die Fäulepilze werden in der Reihenfolge Ihrer Häufigkeit/Wichtigkeit an Fachwerk beschrieben.

## Fruchtkörper

Die Fruchtkörper des Braunen Kellerschwammes werden meist verkannt, da sie unauffällig sowie kurzlebig sind und oft an verdeckten Orten wachsen (Abb. 10). Sie sind jung weiß. In der Mitte dieser jungen Fruchtkörper beginnt die Fruchtschicht zu reifen, der Fruchtkörper bzw. die Fruchtschicht werden von innen nach außen braun, wobei ein weißer Zuwachsrand lange erhalten bleibt (Abb. 11). Die braunen Fruchtkörper bilden große Sporenmengen, so dass ein Finger beim Darüberstreifen braun wird. Alte Fruchtkörper haben ihre Sporen abgeworfen und sind trocken grau bis schwarz. Aufgrund von Umwelteinflüssen ist die braune Farbe des Braunen Kellerschwammes variabel: gelbe, grüne, rote, ocker, graue und satt braune Farbtöne sind möglich. Die Fruchtkörper sind bis zu 2 mm dick und sehr unterschiedlich groß, von Münzgröße bis zu einem Quadratmeter. Ein charakteristisches Merkmal der sporeproduzierenden Fruchtkörper sind kleine, braune Warzen auf der Oberfläche. Sie sind dicker als 0,5 mm. Fehlen die Warzen, muss mikroskopiert werden. Im Gegensatz zum Echten Hausschwamm finden sich in unmittelbarer Nähe der Fruchtkörper nur selten Stränge. Dies mag ein Grund sein, warum die Kellerschwämme nur an feuchtem Holz Fruchtkörper bilden: Mauerwerk wird zur Fruchtkörperbildung nur wenige Zentimeter weit von Holz ausgehend bewachsen.

Fruchtkörper des Marmorierten Kellerschwammes (*C. marmorata*) werden seltener in Gebäuden gefunden, obwohl sie recht charakteristische Merkmale haben. Die reich verzweigten Stränge sind netz- bis wurzelartig und flach anliegend. Anders als beim Braunen Kellerschwamm sind die Mycelien nicht fest mit Mauerwerk, Putz oder Holz verbunden.

## Mycel und Stränge

Charakteristisch sind die Stränge der Kellerschwämme (Abb. 15). Sie verändern sich in ihrer Entwicklung deutlich: Zunächst sind sie hell, dann ocker bis braun, schließlich schwarz (Abb. 12 und Abb. 13). Die reich verzweigten Stränge sind wurzelartig, flach anliegend und fest mit der Oberfläche verbunden. Vergleichsweise dicke Stränge, die sich abnehmen lassen, können im trockenen Zustand beim Brechen leise knacken wie die des Echten Hausschwammes. Allerdings sind die dicken, dunklen Stränge der beiden Pilze nicht zu verwechseln, da die des Echten Hausschwammes meist von dickem Zwischenmycel umwachsen sind (HUCKFELDT/SCHMIDT 2015).

Das Mycel des Marmorierten Kellerschwammes (*C. marmorata*) lässt sich im Gegensatz zu Braunen Kellerschwamm vergleichsweise leicht von Wänden und Decken abheben.



Abb. 12: Mycelien des Braunen Kellerschwammes an einer Wand; die braunen bis schwarzen Stränge liegen in einem dünnen Mycel.



Abb. 13: Derber Strang des Braunen Kellerschwammes durchwächst das Mauerwerk hinter einem Küchenschrank; feinere Mycelien wachsen in alle Richtungen aus.



Abb. 14: Brauner Kellerschwamm: Fäuleschaden an einem Zapfen; die Fäule ist nicht in den Ständer eingewachsen und beschränkt sich auf den Zapfen; Würfelbruch fein; Holz nicht herz-getrennt und mit klaffender Spalte (↑).



Abb. 15: Brauner Kellerschwamm: Stränge am Putz; auf dem sandigen Grund lösen sich die braun-schwarzen Stränge leicht ab; an den Stellen, an denen sie gewachsen sind, verbleiben braune Ausscheidungs-Spuren (↑).

#### 4.2 Gruppe der Weißen Porenschwämme – *Antrodia* spp. (Braunfäuletrame-ten) und *Oligoporus* spp. (Saftporlinge) inkl. Nebenfruchtformen

Die *Antrodia*-Arten werden von Mykologen im Allgemeinen als Braunfäuletrameten bezeichnet, weil sie den Weißfäule verursachenden Trameten (*Trametes* sp.) im Habitus ähnlich sind. Hingegen werden die *Oligoporus*-Arten Saftporlinge genannt, weil ihre Fruchtkörper sehr wasserhaltig sind und beim Trocknen schrumpfen. Im Fachwerk treten die Weißen Porenschwämme in allen Teilen aus Nadelholz<sup>5</sup> auf – von der Schwelle bis zum Dach, mit einer Vorliebe für besonnte Fassaden, da sie gut mit höheren Temperaturen umgeben können. Hingegen werden Gewölbe, Innenmauern und Lehm kaum durchwachsen, aber bewachsen. Die Bedeutung der Weißen Porenschwämme im Fachwerk wird oft unterschätzt, da nur selten typische Fruchtkör-

5 An Eichenfachwerk treten nur die Gelbe Braunfäuletramete und einzelne Saftporlings-Arten auf.

per oder Mycelien auftreten; meist kommen nur kleine Mycelien in Ritzen und Spalten des Holzes vor (Abb. 16). Wie bei fast allen Hausfäulepilzen entsteht beim Holzabbau durch Porenschwämme eine Braunfäule (SCHMIDT, 2006). Der entstehende Würfelbruch ist meist fein bis mittelgroß, nicht selten entsteht auch ein muschelähnliches Bruchbild des faulen Holzes (Abb. 16). Die Weißen Porenschwämme wachsen im Mittel etwas langsamer als Keller- und Hausschwämme. Der Breitsporige Weiße Porenschwamm (*A. vaillantii*) erreicht im Labor Zuwachsraten von 4,3–6,1 mm je Tag (SCHMIDT, 2006). Auf Fichtenholz mit Holzfeuchten von 30–40  $u_m\%$  erreicht der Schmalsporige Weiße Porenschwamm (*A. sinuosa*) bei 20–21°C Wachstumsraten von 3,2–4,8 mm je Tag, wenn eine Feuchtequelle in der Nähe ist. Dies ist für einen Hausfäulepilz eine mittlere Wuchsgeschwindigkeit. Zum Vergleich: Der Braune Kellerschwamm (*C. puteana*) erreicht Wuchsgeschwindigkeiten von über 9 mm am Tag (SCHMIDT et al., 2002).

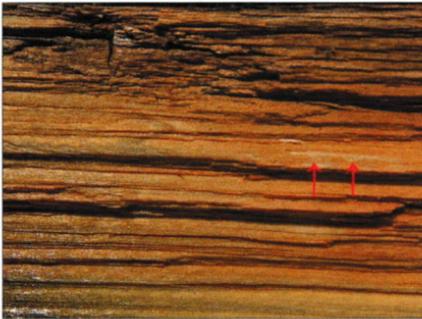


Abb. 16: Weißer Porenschwamm (*Antrodia* sp.) – Braunfäule mit muschelähnlichem Bruchbild und kleinen Mycelresten (↑); Entstehungsursache für das markante Bruchbild: Das Frühholz wird stärker abgebaut als das Spätholz; Maßstab: Bild ca. 5 cm hoch.

Die Abbauraten der Weißen Porenschwämme sind mittel bis groß: Bei Holzfeuchten von 60–75  $u_m\%$  erreicht z. B. der Schmalsporige Weiße Porenschwamm im Stapelversuch an Fichtenholz einen Masseverlust von rund 35 % in 15 Wochen, bei Holzfeuchten von 45–50  $u_m\%$  rund 15 % und bei Holzfeuchten von 28–34  $u_m\%$  immerhin noch rund 5–8 %. An Kiefernholz ist mit ähnlichen Werten zu rechnen.

### Fruchtkörper

Die Porenschwämme bilden meist keine Fruchtkörper am Fachwerk. Wenn, dann sind sie meist unscheinbar, obwohl sie weiß sind, da sie wohl aufgrund der vielen Übergänge von Holz zu Gefach nicht auffallen und oft in Spalten oder bodennah wachsen. Sie beginnen als rein weißes Mycel, das dann Farbstiche von creme, hellgrau oder selten auch gelb bekommen kann. Alt kann die Oberfläche auch braun werden. Die Fruchtkörper erscheinen als flache Schichten, verschieden geformte Konsolen, als knotige oder teilweise unförmige Gebilde (Abb. 16).

### Oberflächenmycel und Stränge

Porenschwämme werden oft an ihren Strängen erkannt (Abb. 17). Deren Farbe ist erst reinweiß, dann weiß mit hellgrauen oder sehr hellen, schmutzigen Farben. Sie sind bis bleistift dick, z. T. eisblumenartig verzweigt und bleiben biegsam. Die Stränge lassen sich oft gut vom Untergrund ablösen. Stränge wachsen im Verborgenen hinter Verschalungen, Dachpappen, Sperrschichten, Folien und in unzugänglichen Hohl-

räumen oder Spalten. Mauerwerk/Beton wird von den Braunfäuletrameten kaum durchwachsen; die Saftporlinge sind hierzu selten fähig.



Abb. 16: Heller bis cremefarbener Fruchtkörper der Reihigen Braunfäuletramete (*Antrodia serialis*).

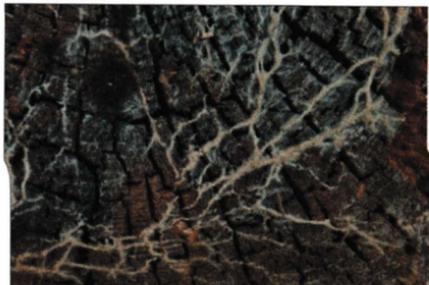


Abb. 17: Weiße, eisblumenähnliche Stränge eines Porenschwammes von einem Balkenkopf.

### 4.3 Echter Hausschwamm (*Serpula lacrymans*): Braunfäulepilz

Unter den Hausfäulepilzen nimmt der Echte Hausschwamm eine hervorgehobene Rolle ein (siehe DIN 68800-4: 2012; JENNINGS/BRAVERY, 1991; SCHMIDT, 2006). Er ist seit über 100 Jahren der wichtigste und häufigste holzerstörende Gebäudepilz in Mitteleuropa (u. a. MEZ, 1908); an Fachwerkgebäuden ist er nicht ganz so häufig, hier steht er an fünfter Stelle der Häufigkeit (Tab. 1). Im Fachwerk tritt der Echte Hausschwamm eher an kühleren, außen- und innenliegende Bauteilen auf und meidet besonnte Fassaden, da er bei höheren Temperaturen von mehr als 26°C nicht mehr wachsen kann (SCHMIDT, 2006). Gewölbe, Innenmauern und Lehm werden hingegen gern be- und durchwachsen. In der Natur sind Nachweise äußerst rar, ein Befund, den der Pilz mit den Sternsetenpilzen und dem Ausgebreiteten Hausporling teilt. Der Echte Hausschwamm bevorzugt Nadelhölzer, kommt zuweilen aber auch an Eiche vor; hingegen wird der Wilde Hausschwamm öfter an Laubhölzern beobachtet.

Der Echte Hausschwamm verursacht eine intensive Braunfäule mit feinem bis großem Würfelbruch (Abb. 21). Der Hausschwamm und seine Verwandten, wie Kellerschwämme (*Coniophora* spp.) und die Fälllingshäute (*Leucogyrophana* spp.), durchwachsen alle poröses/rissiges Mauerwerk und Decken und bilden feine bis grobe Stränge (SUTTER 1997). Bekannt sind die häufiger auftretenden Fruchtkörper am Mauerwerk, die auch während einer Sanierung auftreten können (Abb. 27) und die Stränge und Mycelien im Mauerwerk (Abb. 23).

Im Hinblick auf einen Wassertransport zeigte der Echte Hausschwamm keine besonderen Fähigkeiten (HUCKFELDT, 2003). Eine „geringe“ Befeuchtung, die bei allen untersuchten Fäulepilzen beobachtet werden kann, dürfte mit den insbesondere an den Wachstums-Rändern auftretenden Guttationstropfen zusammenhängen, so können Hausfäulepilze in kleinen Räumen mit stehender Luft auch die Luftfeuchte<sup>6</sup> ansteigen lassen (Abb. 19). Dieser bei vielen Hausfäulepilzen stattfindende Wassertransport

6 Und mit der Luftfeuchte auch die Holzfeuchte von umliegenden Hölzern, sofern sie nicht abtrocknen können.

kann in dicht „verpackten“ Konstruktionen, wie unbelüfteten Dächern, Holz unter Bädern und unter dichten Fußbodenbelägen wie Laminat und PVC, aus denen Wasser praktisch nicht mehr entweichen kann, gleichwohl zu beträchtlichen Schäden führen, zumal die Menge des transportierten Wasser mit der Größe des Befalls zunimmt. Hieraus ergibt sich auch die Abneigung von Hausfäulepilzen gegen Zugluft, diese lässt die Guttationstropfen eintrocknen.



Abb. 18: Stränge und lappiges, braungraues Mycel des Echten Hausschwammes im Inneren eines Mauerbalkens (Innenfäule). Der Balken war dreiseitig ohne erkennbaren Schaden, luftumspült und klang nicht hohl. Das Innere zeigt eine massive Innenfäule (Braunfäule); Begleitschaden durch den Balkenkopf-Pochkäfer / Schwammholzkäfer (*Trypopytus carpini*); trotz des massiven Myceleinwuchses wurde der luftumspülte Holzmantel nicht abgebaut.

## Fruchtkörper

Die Fruchtkörper des Echten Hausschwammes zeigen charakteristische Merkmale: Sie sind zimtbraun, weißrandig und merulioïd (faltig oder hirnähnlich gewunden), ihr Rand ist oft scharf begrenzt (Abb. 28). Die Fruchtkörper sind frisch fleischig, fest, aber nicht holzig, und riechen herb-frisch nach Pilz (LOHWAG, 1952). Ein weiteres Merkmal ist die leichte Abhebbarkeit der Fruchtkörper von ihrem Untergrund. Die weiteren Merkmale variieren je nach Alter, Wuchsbedingungen und Substrat. Ihre Dicke liegt meist über 2 mm, konsolenartig wachsende Fruchtkörper können auch über 20 mm dick werden und ihre einseitig angewachsenen Hüte erreichen einen Radius von über 10 cm. Die maximale Größe der Fruchtkörper dürfte bei 2–3 Metern im Durchmesser liegen. Junge Fruchtkörper sind fast immer leicht bestimmbar, schwerer

ist es alte Fruchtkörper anzusprechen, wenn sie schwarz geworden sind. Sie sind dann nur noch wenige Millimeter dick, zerbrechen leicht und sind unscheinbar, weisen aber oft noch Reste der merulioiden Struktur auf. Sind sie feucht, verschimmeln ältere Fruchtkörper leicht und riechen unangenehm. Unterhalb der Fruchtkörper setzen die Stränge an, die sie mit Nährstoffen versorgen.



Abb. 19: Ein von außen intakt aussehendes Fachwerkhaus; es hatte eine Innendämmung, die zum Bauschaden führte; das Gebäude wurde abgerissen.



Abb. 20: Detail von Abb. 19 (Innenansicht): Innendämmung entfernt; Mycel mit Zuwachszone und Braunfäuleschaden sind sichtbar.

## Mycel und Stränge

Die Stränge sind außen silbrig-grau (Abb. 24), innen oft weiß bis cremefarben, alt auch graubraun bis schwarz und von dickem, lappigem Mycel umgeben (eingebettete Stränge; Abb. 24). Sie wachsen oft verborgen im Mauerwerk, in dem sie sich ausbreiten. Die Mycelien und Stränge sind jung reinweiß bis cremefarben, später hellgrau, braun bis braunschwarz. Ihre Oberflächen werden oft von Mikroorganismen wie Schimmelpilzen und Bakterien besiedelt, die dann die typische silbrige Farbe verursachen (Abb. 23). Zudem sind die Stränge des Echten Hausschwammes im Querschnitt kaum strukturiert (Abb. 22). Bei ungünstigen Wachstumsbedingungen treten an den Mycelien oft Verfärbungen auf. Besonders dichte und farbige Mycelien werden oft an den Ausbreitungsgrenzen des Befalls gefunden (Abb. 23). An Rändern treten gelbe, braune, schwarze, violette und graue Verfärbungen und Tönungen auf. Dünnere Mycelien finden sich eher in satt durchfeuchteten Bereichen. Es existieren jedoch vielfache Variationen.

Alte, abgestorbene und trockene Stränge des Echten Hausschwammes brechen mit einem gut wahrnehmbaren „Knack“ (wichtigstes Merkmal!). Allerdings können auch dicke, trockene Stränge des Kellerschwammes, des Muschel-Kremlings und einiger Tintlinge deutlich knackend brechen.



Abb. 21: Fachwerk-Ständer nach dem Ausbau; eine Seite fast intakt; andere Seite mit massiver Braunfäule durch den Echten Hausschwamm/Schwammholzkäfer (*Priobium* sp.).

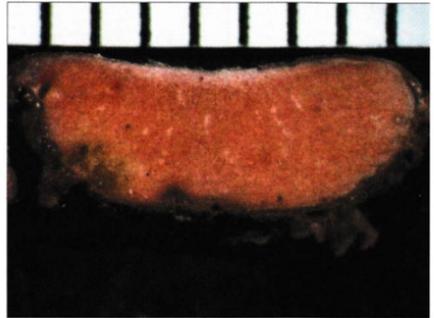


Abb. 22: Strang des Echten Hausschwamms im Querschnitt, das Innere ist kaum erkennbar strukturiert; Maßstab mit Millimetern.



Abb. 23: grau-violettes Mycel des Echten Hausschwamms mit gelben Hemmflecken (†) auf einer verdeckten, verschimmelten Putzfläche im Bad; Maßstab: Bild 10 cm hoch



Abb. 24: Echter Hausschwamm: Riegel mit einer massiven Braunfäule, durchzogen von Mycelien und feinen weiß-grauen Strängen, nach dem Ausbau.

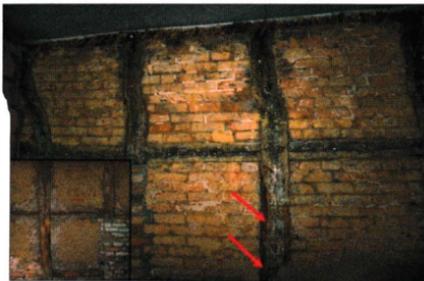


Abb. 25: Eine Fachwerk-Innenwand; einige Fehlstellen durch Fäule sichtbar (†); Eckbild zeigt Rückseite.



Abb. 26: Mycel des Echten Hausschwamms auf einer Dielenunterseite; typisches graues, lappiges Mycel mit Zuwachszone; Maßstab mit Zenti- und Millimetern.



Abb. 27: Echter Hausschwamm: Fruchtkörperbildung an einem Packer; Mycel wächst durch das Rohr des Packers.



Abb. 28: Echter Hausschwamm: Detail des faltig gewundenen Fruchtkörpers

#### 4.4 Ausgebreiteter Hausporling (*Donkioporia expansa*): Weißfäulepilz

Neben Keller- und Hausschwamm ist der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*) ein weiterer wichtiger Hausfäulepilz, der jedoch eine Weißfäule (Abb. 31, Abb. 34 und Abb. 36) verursacht und das Mauerwerk nicht durchwächst (CARTWRIGHT FINDLAY, 1958; KLEIST/SEEHANN, 1999). Wieder in den Fokus des Holzschutzes ist der Ausgebreitete Hausporling vor etwa zwanzig Jahren getreten (RITTER, 1983/85) als erkannt wurde, dass er ein wichtiger Fäulepilz in Gebäuden ist. Zuvor haben ihn MEZ (1908) und JAHN (1966) umfangreich als Gebäudepilz beschrieben und schon LOHWAG (1955) betont die Notwendigkeit zur schnellen Sanierung. Aber aufgrund von vielen Umbenennungen wurde er danach oft verkannt (HUCKFELDT, 2006a). Fachwerk ist er vor dem Echten Hausschwamm sogar der vierthäufigste Fäulepilz (Tab. 1). Der Ausgebreitete Hausporling tritt gern an Eichenfachwerk auf und übertrifft im Süden Deutschlands die Häufigkeit aller anderen Hausfäulepilze, jedoch nicht so an Nadelhölzern. Die Verbreitung ist durch Sporen und durch Insekten gesichert. Die markanteste Verbindung von Pilzen und Insekten in Gebäuden ist die zwischen Ausgebreitetem Hausporling und Buntem Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*). Das verbreiten die Weibchen des Bunten Nagekäfers Mycelteile und Konidien des Pilzes (Abb. 30; FISHER, 1940; RIDOUT 2000; BRAVERY et al. 2003). Da der Bunte Nagekäfer fast nur Eichenholz besiedelt, kann in eichenreichen Bauregionen der Eindruck entstehen, der Ausgebreitete Hausporling befallt fast nur Eiche. Blickt man auf nachholzreiche Bauregionen, schwimmt dieser Eindruck.



Abb. 29: fein behaarter Bunter Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*); Eckbild zeigt die mikroskopisch kleinen Konidien des Ausgebreiteten Hausporlings (ca. 8–12 µm lang).

Eine besondere Fähigkeit des Ausgebreiteten Hausporlings ist es Holz mit einer dichten dicken Mycelschicht zu überziehen (Abb. 33). Dadurch wird die Abtrocknung reduziert und der Pilz kann die Holzfeuchte unter den Mycelien gut steuern (HÖPKEN, 2015). In dieser Fähigkeit ist er besser als der Echte Hausschwamm. Er wäre wohl der wichtigste Fäulepilz, wenn er Stränge bilden könnte, die Mauerwerk, Schüttungen und Decken durchwachsen. Dies kann er aber nicht (CARTWRIGHT/FINDLAY, 1958; KLEIST/SEEHANN, 1999).

## Fruchtkörper

Die Fruchtkörper sind verschiedenartig: Es werden kleine Konsolen oder große, ja quadratmetergroße, flächige Beläge gebildet. Auch die Dicke der Fruchtkörper ist entsprechend variabel von 0,4 bis über 10 cm. Sie sind fest bis korkig-hart, fast holzig-hart und leicht an ihren Poren zu erkennen. Jung sind die Fruchtkörper weißlich, hellgrau bis braun, im Alter werden sie braun bis ockerbraun (Abb. 30). Die Porenschicht hat 4–5 Poren je mm und zeigt jung z. T. einen silbernen Glanz (MOORE/FULLER, 2001).



Abb. 30: Ausgebreiteter Hausporling: Fruchtkörper im Anschnitt [mit Lehmresten und Holz auf der Unterseite]; die Poren sind als feine Röhren sichtbar (†); Holz mit Larvengängen des Bunten Nagekäfers (†).



Abb. 31: Ausgebreiteter Hausporling: Weißfäuleschaden an einem Sparren mit massiver Innenfäule; der noch tragende Teil ist schmal geworden. Der erhebliche Fäuleschaden war von außen nicht sichtbar; Material von K. RENHAK (Benshausen).

## Mycel

Das Mycel ist feinsamtig, dick-lappig und veränderlich, und immer wieder kommt es in der Praxis zu Verwechslungen mit dem Echten Hausschwamm.

Das Oberflächenmycel ist jung weiß und wird dann bräunlich, einige Partien bleiben hell, gelbe Verfärbungen wurden bisher nicht beobachtet. Mycel in der Konstruktion ist meist weiß, Verfärbungen treten am Rand auf. Mycelmatten können einige Quadratmeter bedecken. Ein gutes Merkmal bilden die fast immer vorhandenen braunen eingetrockneten Guttationstropfen am Oberflächenmycel (BUCHWALD, 1986).



Abb. 32: Ausgebreiteter Hausporling: Braunes, styroporartiges Oberflächenmycel mit weißen Untermycel (oben im Bild); die feinen braunen bis schwarzen Punkte sind die Reste von Guttationstropfen; Maßstab mit Zenti- und Millimetern.



Abb. 33: Detail des Insekten- und Fäuleschadens mit einer auffällig intakten Oberfläche (rechts im Bild).

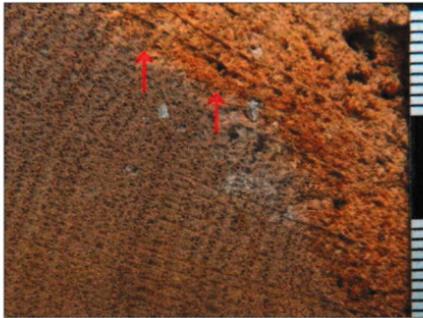


Abb. 34: Ausgebreiteter Hausporling: Scharf begrenzter Weißfäuleschaden an einem Bauteil (†); Maßstab mit Zenti- und Millimetern.

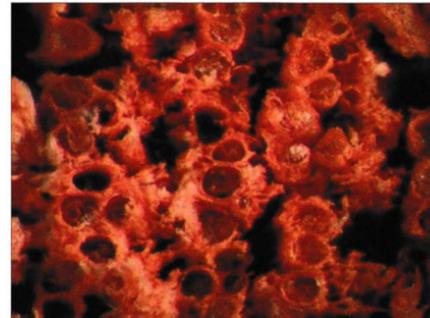


Abb. 35: Ausgebreiteter Hausporling: Detail des Weißfäuleschadens zeigt finalen Abbau an Eichenholz; das Bild zeigt Frühholzgefäße.

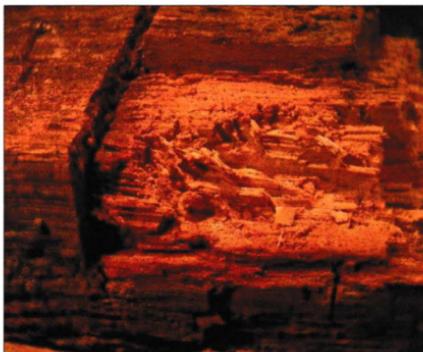


Abb. 36: Ausgebreiteter Hausporling und Kellerschwamm: Doppelbefall – innen Weiß- und außen Braunfäule.

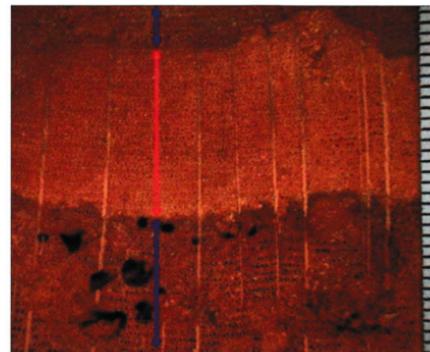


Abb. 37: Ausgebreiteter Hausporling (†) und Kellerschwamm (†), Detail: eng verwobene Befälle in einem Bauteilausschnitt; Maßstab mit Millimetern.

## 4.5 Moderfäulepilze – eine große Artengruppe

Typische Schadenserreger im erdähnlichen Bereich sind Moderfäulepilze wie *Chaetomium globosum*, *Eutypella parasitica*, *Phialophora richardsiae* und *Allescheria terrestris* (Abb. 38). Sie können nur mikroskopisch sicher nachgewiesen werden, dies ist allerdings einfach, da typische Kavernen in der Holzzellwand gebildet werden (Abb. 39 und Abb. 44). Ihr augenscheinliches Schadbild ähnelt einer Braunfäule (Abb. 6). Nur selten treten winzige Fruchtkörper oder Mycelien auf.

Beispiel für eine Problemlösung: Kann der angestiegene Erdhorizont nicht entfernt werden, sind Drainage-Kanäle ggf. möglich; mit entsprechenden Rosten abgedeckt, sind diese auch begehbar. Als Begleiter von Moderfäulepilzen, z. B. in Schwellenhölzern, treten oft die Kellerschwämme, aber auch Fachwerk-Seltenheiten wie z. B. der Rosablättrige Helmling (*Mycena galericulata*) und der Uمبرbraune Borstscheibling (*Hymenochaete rubiginosa*) auf. Allen gemeinsam ist, dass sie auf nasse Hölzer wie Schwellen angewiesen sind. In dieser Befalls-Situation hat Eichenholz oft nicht die erwartete Dauerhaftigkeit der Dauerhaftigkeitsklasse 2.

Auch periodisch feuchte Bereiche werden von Moderfäulepilzen besiedelt; hier ist die Entwicklung sehr unterschiedlich, je nachdem wie lange die Durchfeuchtung anhält. Die Entwicklung kann sehr langsam sein, so dass an 100-400 Jahre alten Bauteilen nur schwache Schäden zu finden sind, abgesehen von den Randbereichen. Es finden sich nur vereinzelt Kavernen von Moderfäulepilzen und auch von Bakterien. An solchen Bauteilen können aber besondere Mehrfachbefälle auftreten, z. B. Moderfäulepilze zusammen mit Bakterien und Feuchtholzinsekten wie dem Bunten Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*). Der Bunte Nagekäfer beginnt den Befall an kleinen Fäulestellen und breitet sich dann weiter im nur schwach geschädigten Holz aus (Abb. 40 bis Abb. 43).



Abb. 38: Negativbeispiel: Schwellenbereich mit Moderfäulepilz-Befall; erkennbar ist, dass die Schwelle schon einmal ersetzt wurde; die Schnittstellen sind sichtbar (†); Spritzwasserzone am Schmutz gut erkennbar.

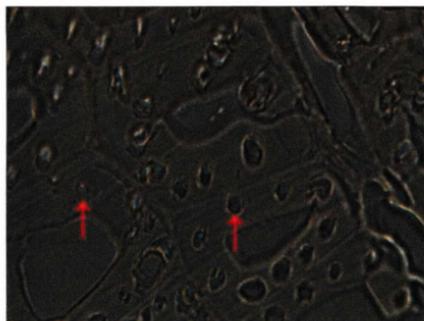


Abb. 39: Moderfäulepilz-Befall bei 400-facher Vergrößerung im Querschnitt, die Kavernen in den Holzfasern sind deutlich (†).



Abb. 40: Bauteil aus einem Turm; der alte Eichen-Stiel wirkt intakt und ist nagelfest, abgesehen von den Fraßgängen des Bunten Nagekäfers (*Xestobium rufovillosum*); Material von R. OTT (Gammertingen).



Abb. 41: Detail von Abb. 40 (siehe Kasten): kleinräumiger Kombinationsbefall in den eingeschlossenen Holzrisen/-spalten: jüngere Larven des Bunten Nagekäfers fressen in den stärker mit Moderfäulepilzen und Bakterien befallenen Bereichen (↑).



Abb. 42: Detail von Abb. 41 (siehe Kasten): Befall mit Moderfäulepilzen und kleinen Larven des Bunten Nagekäfers, erkennbar an den diskusförmigen Kotpartikeln (↑).

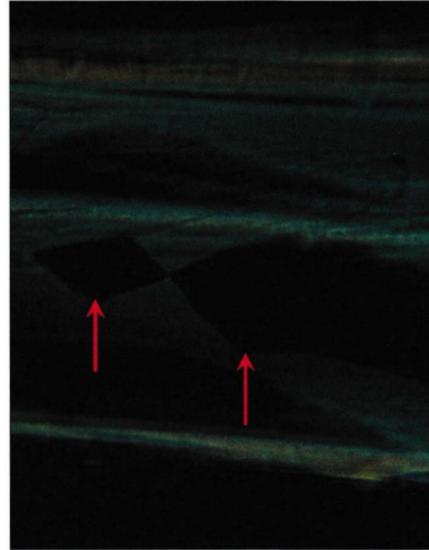


Abb. 43: Polarisationsmikroskopische Aufnahme im Längsschnitt; Moderfäulepilz-Befall bei 1500-facher Vergrößerung: spitz zulaufende, hintereinander angeordnete Kavernen innerhalb der Holzfasern (↑).

## 5 Weitere interessante pilzliche Schadensverursacher und ihre Merkmale – vom Tintling bis zum Stachelsporling und anderen überschätzten Fäulepilzen – was ist noch ein „Nassfäule-Erreger“ und was ein „Satt-Nassfäule-Erreger“ aus Biologen-Sicht?

### 5.1 Tintlinge (*Coprinus* spp.): schwache Weißfäulepilz oder ohne Fäule

Von den Tintlingen wurden in Gebäuden z. B. der Gesäte Tintling (*Coprinus disseminatus*), der Strahlfüßige Tintling (*C. radians*) und der Haus-Tintling (*C. domesticus*) nachgewiesen. Ihr Vorkommen in Gebäuden ist lange bekannt (HENNING, 1903;). Die Tintlinge gehören zu den schnellwüchsigen Pilzen, Wachstumsgeschwindigkeiten von 13,6 mm je Tag sind möglich (ESLYN/NAKASONE, 1984). Sie gehören zu den Indikatorarten, die feuchte Böden, Decken oder Wände anzeigen. Tintlinge werden im Wald und in Gebäuden oft im Zusammenhang mit morschen Hölzern und gemeinsam mit anderen holzerstörenden Pilzen gefunden. Deshalb sollten ggf. andere holzerstörende Pilze im Gebäude gesucht werden. Die Tintlinge durchwachen sehr effektiv Mauerwerk, Decken und Schüttungen. Bei lang anhaltenden feucht-nassen Bedingungen können von einigen Tintlings-Arten deutliche, aber sehr langsam fortschreitende Holzschäden hervorgerufen werden. Die Tintlinge wären wohl wichtige Fäulepilze geworden, wenn sie nur die Enzymsausstattung für einen massiven Holzabbau und die Fähigkeit zu Bildung abschottender Mycelien hätten. Diese Fähigkeiten fehlen ihnen jedoch.



Abb. 44: junge, noch nicht aufgeschirmte Fruchtkörper des Schopftintlings an einem Gebäudefuß.

### Fruchtkörper

Die Gattung kann gut anhand der zerlaufenden Fruchtkörper erkannt werden. Diese gliedern sich dabei in Hut und Stiel und sind meist fein, filigran und schlank (Abb. 45). Am Gebäudefuß treten zuweilen auch kompaktere Tintlings-Arten auf, z. B. die des Schopftintlings (Abb. 45).



Abb. 45: Gesäte Tintling (*Coprinus disseminatus*) Fruchtkörper an einem Gebäudefuß; Hüte kaum 2 cm im Durchmesser.

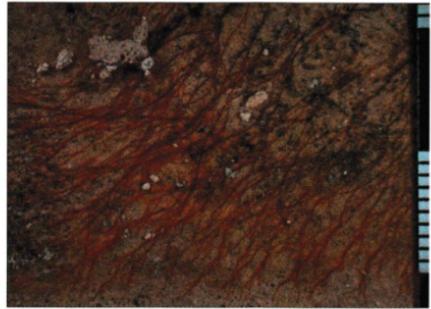


Abb. 46: Feine, braun-schwarze Mycelien und Stränge eines Tintlings auf einer Gipskarton-Platte; Maßstab mit Millimetern.

## Mycel

Oberflächenmycelien, z. B. die des Strahlfüßigen Tintlings, werden auch „Ozonium“ genannt. Die Mycelien differenzieren sich z. T. zu dünnen Strängen, die sich zu dickeren Bündeln zusammenlagern können, es entsteht eine Art Gewebe. In Kellern können so geflechtähnliche Gebilde entstehen, die als „Kellertuch“ bezeichnet werden und z. T. auch kräftige Beläge bilden. Oft sind auch noch Reste der Fruchtkörper vorhanden. Das Mycel der Tintlingsarten in Gebäuden ist erst weißlich, dann schnell gelblich, hellbraun, rötlich bis braun und filzig (Abb. 46).

An Eichenfachwerk werden häufiger Tintlinge gefunden, ohne dass andere Hausfäulepilze direkt nachgewiesen werden können. Wird derartige Material in einer feuchten Kammer gelagert, können Mycelauswüchse entstehen und Hinweise auf den eigentlichen Fäulepilz geben.

Einige Arten durchwachsen auch massiv Mauerwerk, Schüttungen, Strohputze und Decken und die dickeren trockenen Strangbündel brechen beim Biegen mit deutlich knackendem Geräusch, so dass eine Verwechslung mit dem Echten Hausschwamm möglich ist (BULLER, 1924).

## 5.2 Stachelsporlinge (*Trechispora* spp.): ein Schicht- und Weißfäulepilz

Die Stachelsporlinge sind seltenere Pilze und kommen nur an durchnässtem Holz und Holzwerkstoffen an Fachwerk und ähnlichen Standorten vor, wie Dachstühlen und Kellern (BECH-ANDERSEN, 2004; HUCKFELDT, 2006b). Auffälliges Merkmal ist die Weißfäule, die von den hier vorgestellten Arten verursacht wird. Verwechslungen sind leicht mit der relativ hellen Braunfäule der Weißen Porenschwämme (*Antrodia/Oligoporus* spp.) möglich. Die Stachelsporlinge sind meist Erstbesiedler von Holz, aber auch an stark zerstörtem Holz zu finden (späte finale Abbauphase). Aufgrund ihres hohen Feuchtigkeitsbedürfnisses treten sie selten als alleinige Schädlinge auf, oft werden sie von Moderfäule-, Bläue- und Schimmelpilzen sowie Insekten begleitet (z. B. Rüsselkäfer und Bunter Nagekäfer – *Xestobium rufovillosum*). Auch Weiß- oder Braunfäulepilze sind oft in der Nähe (Abb. 47 und Abb. 48). Ihr Auftreten sollte ein Grund sein, die Fachwerkkonstruktion gründlich zu prüfen.

An Fachwerkgebäuden sind zwei Arten bekannt, die häufiger auftreten: der Mehlig Stachelsporling (*Trechispora farinacea*) und der Rundsporige Stachelsporling (*T. microspora*), beide mit etwas warzigen bis stacheligen, flach anliegenden, weißen bis cremefarbenen Fruchtkörpern (BREITENBACH/KRÄNZLIN, 1986; ERIKSSON et al., 1973-1988).

**Hinweis:** Die Zerstörungskraft der Stachelsporlinge ist bisher nicht hinreichend untersucht, scheint aber eher schwach zu sein. Nach einigen Jahren des ungestörten Wachstums können aber deutliche Weißfäule-Schäden beobachtet werden. Es gibt auch mutmaßliche Langzeitschäden an Eichenholz.

### Mycel und Fruchtkörper

Die Stränge wachsen einzeln oder fein eisblumenartig (Abb. 47). Dieses Strangmycel ist vergleichbar mit dem des Rosafarbenen Saftporlings (*Oligoporus placenta*), allerdings feiner und ohne oder mit nur wenig Zwischenmycel. Häufig setzt es an den Fruchtkörpern an. Da die Fruchtkörper in die Stränge übergehen, können Fruchtkörper für dichtes Oberflächenmycel gehalten werden. Eine Ausbreitung der Stränge im Mauerwerk ist bisher nicht beschrieben worden.

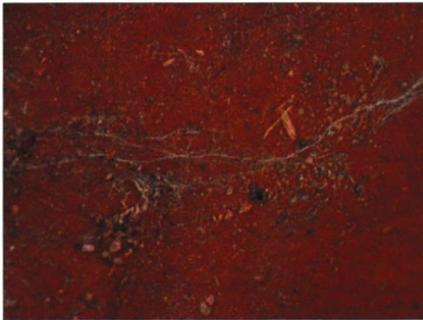


Abb. 47: Doppelbefall: Feine, eisblumenähnlich verzweigte, weiße Stränge des Mehlig Stachelsporlings (*T. farinacea*) auf dem ockerfarbenen Mycel des Ausgebreiteten Hausporlings (*Donkioporia expansa*).



Abb. 48: Doppelbefall: Weißfäuleschaden mit weißem Mycel an einem Zapfenloch durch einen Stachelsporling (*Trechispora* spp.) sowie feiner Würfelbruch, verursacht durch den Braunen Kellerschwamm (*Coniophora puteana*).

## 6 Diagnose-Schlussfolgerungen für die substanzschonende Fachwerk-Sanierung

### 6.1 Allgemeines

Der Sinn der Sanierung eines Fachwerkgebäudes kann es nicht sein, dieses durch eine dann einsetzende nutzungsbedingte Überforderung zu zerstören, an deren Ende die alternativlos erscheinende Entkernung eines gewachsenen Gefüges steht und nur eine Alibi-Fassade übrig bleibt. Es ist vielmehr der Wille ein Fachwerkgebäude als Gesamtheit zu erhalten. Dem werden durch den Befall mit Fäulepilzen oft Grenzen auferlegt. Dem Fachmann obliegt es, diese zu erkennen und auszuloten und den Bauherren sinnvolle Optionen aufzuzeigen. Eine Entkernung ist ein Zeichen von Gewinnoptimierung oder Gedankenlosigkeit, aber nicht von Fachkenntnis.

Vielmehr sollte die Fassade vor Niederschlägen geschützt werden. Durch viele kleine Details kann die Wasserableitfähigkeit einer Fassade verbessert werden (Abb. 49 und Abb. 50); nicht jede Fassade braucht eine Verschalung oder kann unter Glas stehen (Abb. 51 und Abb. 52).



Abb. 49: Schönes Detail eines Fachwerkhause, das der Wasserableitung dient.



Abb. 50: Kleine Details am Fachwerk, die der Wasserableitung dienen (Pfeile).

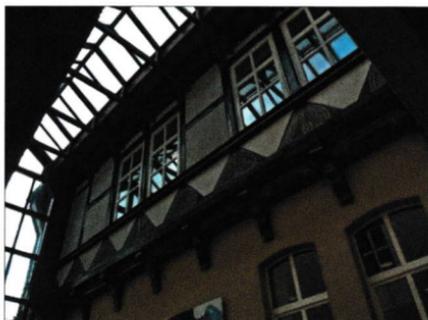


Abb. 51: Ein Fachwerkhaus unter Glas.



Abb. 52: Verstecktes Fachwerk; Eckbild zeigt historischen Zustand.

Bevor eine Sanierung/Reparatur durchgeführt wird, sind folgende Schritte / Fragen bedenkenswert (ergänzt nach WETZEL, 1996):

- a) Prüfen, ob die Standsicherheit gegeben ist oder ob Sicherungsmaßnahmen nötig sind. Bei Gefahr im Verzug ist unverzüglich zu handeln. Ob dieser Fall vorliegt, ist zeitnah vor Ort zu entscheiden.
- b) Welche Geldmittel sind vorhanden und können Fördergelder zugezogen werden? Welche Bedeutung hat das Gebäude im Kontext der Umgebung?
- c) Beurteilung des Bestandes durch die Denkmalpflege unter Beteiligung von Architekten, Tragwerksplanern und Holzschutz-Gutachtern.
- d) Bestimmung des Schadenserregers und des Befallsausmaßes (Diagnose) als Grundlage für das Sanierungskonzept.
- e) Ermittlung der Befallsursache(n) als Grundlage für das Sanierungskonzept, ggf. mit der Planung von Verbesserungen für den baulichen Holzschutz.
- f) Was ist für den vorbeugenden Brandschutz zu tun?
- g) Welche denkmalpflegerischen Auflagen gibt es?
- h) Festlegung, was erhalten werden soll, was erhalten werden kann und welche Maßnahmen nötig sind.

Aus diesen Schritten ergibt sich ein Sanierungskonzept, in dem die Sanierung der Fäuleschäden *ein* Teil ist, der im Folgenden beschrieben wird.

## 6.2 Diagnose-Schlussfolgerungen

Eine weitere Gliederungsmöglichkeit für Fäulepilze richtet sich nach einer Schädlichkeits-Gewichtung in der Sanierung. Hier können grob drei Gruppen unterschieden werden, die unterschiedlich saniert werden sollten.

Ein Praxis-Beispiel: Wird ein alter Braunfäuleschaden von einem Weißfäule aktuell überwachsen. Ist es sinnvoll, die Sanierung in den meisten Fällen nach dem Weißfäule-Erreger zu richten. Probleme sind aber zu erwarten, wenn die Holzfeuchte nicht gesenkt werden kann. Dann kann es bei einem zu knappen Rückschnitt zu einem weiter wachsenden Pilz-Schaden kommen (Abb. 8). Dieser geht von Pilzfäden (Substrathyphen) im Holz aus, die unsichtbar tief in den Hohlräumen des Holzes wachsen (Abb. 9). Hierbei stellt sich die Frage, was sich am Fachwerk geändert hat, dass es nach langer Nutzung zu einem Schaden kam; oder liegen Verschleißteile vor? Einfache Defekte an Leitungen sind zu beheben und das alte Feuchtegleichgewicht wird sich, ggf. nach technischer Trocknung wieder einstellen. Ist aber der umliegende Boden hochgewachsen, der Grundwasserstand hat sich geändert oder es wurde eine Innendämmung eingebaut, liegt der Schadfal komplizierter. Die neuen Feuchtequellen müssen gefunden und abgestellt werden, soll der Befall eingedämmt werden. Notfalls wird auf Holz in Teilbereichen verzichtet (Abb. 2 und Abb. 3) oder eine Verschalung hilft eine ggf. geänderte Schlagregen-Situation aufzufangen (Abb. 52). Bei einer verunglückten Innendämmung ist diese zu entfernen (Abb. 20), der Fäulepilz zu beseitigen und, falls eine Innendämmung unumgänglich ist, ein Spezialist hinzuzuziehen, um einen realistischen Wasseranfall zu berechnen (LAMERS et al, 2000; KRUS/FITZ, 2008).

Folgende drei Fälle sollten unterschieden werden:

- 1) Der Befallsbereich ist nachweislich ganzjährig trocken. (Es lag ein behobener Gebäudeschaden vor wie ein defektes Dach, Leitungswasserschaden etc.) Die Fäuleschäden sind auf durch den Defekt begrenzte Bereiche begrenzt. Die Sanierung kann sich auf die geschädigten Hölzer beschränken, wenn keine Feuchtenester gefunden werden können.
  - 1a) Es liegt ein Befall mit Echtem Hausschwamm vor. Nach DIN 68800-4 wird nicht zwischen lebendem und totem Befall unterschieden; dies sollte bei kulturhistorisch wertvollen Gebäuden jedoch getan werden. Hier ist der Gutachter gefordert um den Eingriff auf ein Minimum zu beschränken
  - 1b) Es liegt ein Befall mit anderen Fäulepilzen vor. Nach DIN 68800-4 kann die Sanierung auf den Fäuleschaden begrenzt werden.
- 2) Der Befallsbereich ist nass. (Es liegt ein Schaden am Sichtfachwerk vor, dessen Ursache auf Niederschlägen beruht; die Schlagregenbeanspruchung kann jedoch deutlich gesenkt werden.)
  - 2a) Es liegt ein Befall mit Echtem Hausschwamm vor. Die Überschätzung der Fähigkeiten des Echten Hausschwammes (siehe oben) führen zuweilen zu sehr weitreichenden Sanierungen. Daher ist das WTA-Merkblatt 1-2-05-D zur Hausschwamm-Sanierung die richtige Sanierungsgrundlage.
  - 2b) Es liegt ein Befall mit Ausgebreitetem Hausporling, Kellerschwamm, Weißem Porenschwamm oder Wildem Hausschwamm vor. Eine möglichst schnelle Trocknung bringt die Fäule-Ausbreitung zum Erliegen. Kann eine Holzfeuchte unter 20 % über Jahre hinweg gewährleistet werden, reicht ein Rückschnitt des befallenen Holzes. Die Gewährleistung des niedrigen Holzfeuchte-Wertes sollte durch Messungen an der Sichtfassade untermauert werden. Es sollte die Möglichkeit geschaffen werden die Holzfeuchte auch im Inneren der Fassade zu messen, um rechtzeitig auf neue Schädigen reagieren zu können.
  - 2c) Es liegt ein Befall mit Blättlingen, Gallertränen, Schichtpilzen, Stachelsporlingen und/oder Moderfäulepilzen vor, aber kein Pilz aus 2a-b. Eine Trocknung und die Ausbesserungen von Fäuleschäden sind bei kleineren Fäuleschäden ausreichend. Oft werden Verschleißteile von diesen Pilzen befallen.
  - 2d) Es liegt ein Befall mit Tintlingen oder Becherlingen vor, aber kein Pilz aus 2a-c. Eine Trocknung ist ausreichend, wenn keine Fäuleschäden vorliegen. Vorsicht ist angeraten, da Tintlinge oder Becherlinge oft verdeckte Fäulepilze anzeigen (Indikatorpilze).
- 3) Der Befallsbereich ist nass. (Es liegt ein Schaden am Sichtfachwerk vor, dessen Ursache auf Niederschlägen beruht, und es ist nicht möglich die Feuchtelast oder die Rücktrocknungskapazität zu verbessern.)

Unabhängig von der Art des Schadens sollte ein erfahrener Sachverständiger für Holzschutz bemüht werden, der ggf. einen Sanierungsplan erstellen kann.

Die Sanierung aufgrund von Fäuleschäden umfasst im Allgemeinen folgende Schritte (Aufzählung ist nicht erschöpfend!) und ist von einem qualifizierten Fachbetrieb auszuführen. Der ausführende Betrieb hat über Fachkenntnis, entsprechende Ausrüstung und Erfahrungen mit Holzschutzmaßnahmen und dem Fachwerkbau zu verfügen.

Da erhöhte Holzfeuchte immer die Ursache für das Wachstum von Hausfäulepilzen und die Zerstörung des Bauholzes ist, zielt eine Sanierung i. d. R. auf die dauerhafte Beseitigung / nötige Verringerung der Holzfeuchte ab (ANONYMUS, 1789). Die Trennung ggf. vorhandener Stränge (Hausfäulepilz) von Wasserquellen ist daher ein Ziel der Sanierung. Kann die Holzfeuchte z. B. auf aufgrund einer besonderen Lage nicht verringert werden, sollte über einen Fassadenschutz nachgedacht werde. Vielleicht gab es in der Geschichte des Hauses schon einmal einen Fassaden-Schutz, z. B. durch Schindeln, oder eben nicht (Abb. 52). Hier kann in der Bauhistorie geforscht werden.

1. Dauerhafte Beseitigung der Feuchtigkeitsquellen ist – soweit möglich – nötig. Sichtfassaden müssen ggf. mit Schlagregen fertig werden, aber einige Verbesserungen sind möglich.
2. Reinigen und Vorbereiten der Baustelle.
3. Ausbau der wieder verwendbaren Holz-Bauteile.
4. Entfernen von dampfdichten Holzersatzmassen an bewittertem Fachwerk und Prüfung des unterliegenden Holzes auf Schäden/Fäulen.
5. Ggf. Reinigung des Mauerwerkes/der Gefache, wenn Mycelien/Stränge nur oberflächlich wachsen.
6. Entfernung der Mycelien, Stränge und des befallenen Holzes; die Schnittflächen sind sorgfältig auf Befall zu prüfen – chemisch geschütztes Altholz muss nach dem geltenden Abfallschlüssel fachgerecht entsorgt werden. Ein unzureichender Gesundheitsanspruch muss vermieden werden, da sonst Wiederbefall droht.
7. Ausbau der stark von Mycelien und Strängen durchwachsener Gefache, Schüttungen und Felder (eine Reduzierung des Sicherheitsabstandes bei Wanddurchwachungen sind nur nach Maßgabe eines erfahrenen Sachverständigen für Holzschutz möglich).
8. Ggf. Abflämmen des Mauerwerkes der Gefache (wenn im Fachwerk möglich).
9. Ggf. chemische Behandlung des Mauerwerkes – Schwammbekämpfung nach Maßgabe und Festlegung des Sicherheitsbereichs durch einen erfahrenen Sachverständigen für Holzschutz (Sicherheitsbereiche vgl. DIN 68800-4; Hinweis: Schwammsperrmittel sind bisher nur für Echten Hausschwamm zugelassen).
10. Behandlung der nicht befallenen Balkenteile im Gefährdungsbereich mit Holzschutzmittel (nur das Abbeilen bei Befall mit Hausfäulepilzen wird bei Fachwerk-Fassaden ohne eine Verbesserung des baulichen Holzschutzes nicht empfohlen! Alternativ können dauerhaftere Holzarten gewählt werden – immer splintholzfrei!) – Holzschutzmittel müssen für den Einsatzzweck ein(e) Zulassung/Prüfzertifikat aufweisen (DIBt/BAuA). **Hinweis:** Maßnahmen des baulichen Holzschutzes haben Vorrang vor dem chemischen Holzschutzes (vgl. DIN 68800-1:2011).
11. Trocknung des Mauerwerkes (und anderer Bauteile), bevor der weitere Aus-/Aufbau erfolgt – soweit im Fachwerkbau möglich/nötig.
12. Einbau neuen, trockenen Holzes (Holzfeuchte entsprechend der zu erwartenden Feuchte, jedoch immer unter 20%); das Holz muss frei von Splintholz sein, wenn es der Witterung ausgesetzt wird oder als Schwelle dient (Abb. 53). Dabei sind stumpfe Holzverbindungen zu vermeiden. Regelwerke, die in diesem Bereich Splintholz zu lassen, sollten – in diesem Punkt – nicht berücksichtigt werden!
13. Planung und kontrollierte Ausführung der Balkenaullager; Verbindungen, Fensteranschlüsse und des Wandaufbaus.

14. Verbindungsmittel im Fachwerk sollten aus traditionellen Holznägeln hergestellt werden; Metallverbindungen sollten vermieden werden – in wechselfeuchter Umgebung kann es zur Mazeration an der Kontaktfläche zwischen Metall und Holz kommen.
15. Übergabe der Protokolle an den/die Eigentümer.
16. Ggf. Abnahme durch einen Sachverständigen.
17. Pflicht des Eigentümers: Sorge tragen, dass das Gebäude dauerhaft trocken bleibt bzw. stets schnell abtrocknen kann – Vermeidung von Feuchte-Nestern.

Die Sicherheitsabstände bei Befall mit Echtem Hausschwamm oder anderen Hausfäulepilzen sollten von einem Sachverständigen für Holzschutz festgelegt werden, da aufgrund der Fachwerkbesonderheiten andere als die in der Norm DIN 688000-4 geforderten Abstände (mehr oder weniger) sinnvoll sein können. Hier spiegeln die schon oben erwähnten elf WTA-Merkblätter (1996-2004) die anerkannten Regeln der Technik (aRdT) besser wider.



Abb. 53: Kiefernholz-Querschnitt. Fachwerkstiel mit intaktem Kernholz; Splintholz braunfaul und bereichsweise final zerstört; Balken herztrennt und rissfrei.

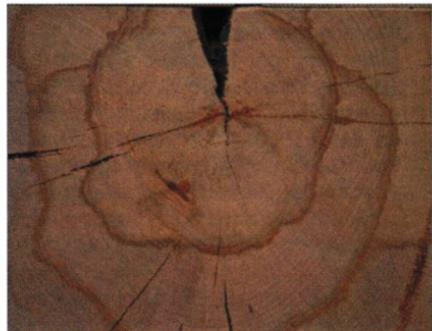


Abb. 54: Eiche: Balken aus nicht herztrenntem Holz mit tiefem, breitem Riss bis ins Mark (Trocknung zu stark).

## 7 Vermeidung von Fäuleschäden durch baulichen Holzschutz im Fachwerkbau

In Tab. 2 sind Ursachen für Fachwerkschäden erfasst (GERNER, 1998). Viele Schäden lassen eine Missachtung von Pflege und bauphysikalischen Regeln erkennen. Folgendes muss stets bedacht werden: Das Quellen und Schwinden des Holzes verursacht oft Risse und Setzungserscheinungen im Gefüge (Abb. 56). Hieraus ergibt sich oft eine erhöhte Holzfeuchte, insbesondere an Fassaden mit starker Niederschlagsbelastung. Nach Schadensorten gegliedert gibt die Tab. 3 einen Überblick über die Gefährdung von Fachwerks-Bauteilen. In Abb. 58 sind die Ursachen von Fachwerkschäden zudem in Bildern zusammengefasst.

Ursache	Anzahl
flächige Spachtelmassen	16
zu dichter Anstrich	19
falsche Dämmung/Kondensat-Ausfall	9
Eindringen von Schlagregen, Anschluss zwischen Holz und Gefach	9
Putzabplatzungen	9
chemischer Holzersatz	4
Verschiedenes	3

Tab. 2: Ursache von Fachwerkschäden, aus GERNER (1998); Basis: 40 Schadensfälle.

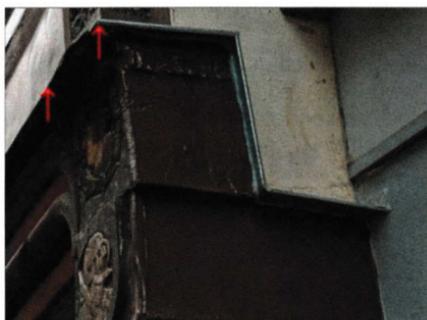


Abb. 55: Abtrocknung mit Tropfnasen (†).

Verkürzt ist die Ursache einer Holzzerstörung durch Hausfäulepilze in Fachwerk immer eine zu hohe Holzfeuchte. Und die Lösung ist fast immer in der Reduzierung der Holzfeuchte zu suchen, denn trockenes Holz (unter 20 %) kann durch Fäulepilze nicht abgebaut werden. Legt man einen fünf Prozentpunkte großen Sicherheitszuschlag zu, ergeben sich 15 % Holzfeuchte. Problematisch kann es sein, die Feuchtequelle zu finden. Folgende Maßnahmen sind als Paket oft hilfreich um die Holzfeuchte zu senken bzw. die Langlebigkeit eines Fachwerkgebäudes zu erhöhen (zusammengestellt aus WILLEITNER, 1981; GOCKEL, 1996; ERLER, 2002; LEIßE, 2002; SCHMITT, 2005; GÄNßMANTEL, 2007; ARNOLD, 2015).

1. Eine dem Einsatzzweck genügende natürlich dauerhafte Holzart, siehe hierzu DIN EN 350-2 (1994).
2. Vermeidung von Splintholz; dessen Anteil an bewitterten Bauteilen sollte bei 0 % liegen; Splintholz bedarf der Überdachung (GK 1; siehe Abb. 53).
3. Horizontale Flächen müssen eine ausreichende Neigung haben ( $> 3^\circ$ ), die Wasser vom Gebäude fortführt.
4. Holz ist vor Spritzwasser sicher, wenn es 30 cm über dem Gelände liegt (Abb. 38); bzw. 15 cm, wenn z. B. ein Kiesstreifen oder ein Drainage-Streifen/-Schacht vorliegt.
5. Durch „Dachüberstände“ (Leisten, Abdeckungen) kann die Situation verbessert werden (Abb. 1, Abb. 49 und Abb. 50).

6. Belüftung von Bauteilen verbessert die Abtrocknung von eingedrungenem Wasser.
7. Bauteile, an denen Wasser herabrinnt, sind mit Tropfnasen zu versehen, ggf. auch umlaufend (Abb. 56).
8. Bewitterte Oberseiten von Holzkonstruktionen sind abzudecken oder zweckmäßig zu konstruieren (Abb. 49).
9. Abdeckungen benötigen ausreichende Mindest-Überstände, damit Regen abtropfen kann und nicht kapillar vom Holz aufgesogen wird (Abb. 50).
10. Wassersäcke/-nester sind vermeidbar, wenn Konstruktionen oben geschlossen sind und unten offen; geschlossene Details müssen vermieden werden (Abb. 56 und Abb. 57). Holzersatzmassen-, Bauschaum- und Silikoneinsätze führen oft zu Wassersäcken/-nestern.
11. Aufsteigendes Wasser ist mit kapillaren Sperrschichten aufzuhalten; dabei sind Größe und Material dem Verwendungszweck anzupassen.
12. An nötigen Fugen darf ablaufendes Wasser nicht in die Konstruktion gelenkt werden (Abb. 8).
13. Vermeidung von erdberührenden Bauteilen/erdähnlichen Bedingungen, wenn eine lange Lebensdauer der Konstruktion gewünscht wird (Abb. 38).
14. Nach Möglichkeit sollte herzgetrenntes Holz verwendet werden, um das Reißen des Holzes zu vermindern (vgl. Abb. 53 mit Abb. 54).
15. Abdeckung des Holzes vor dem Einbau und Trockenheit während der Lagerung.
16. Die Einbau-Holzfeuchte muss der Gebrauchsfeuchte entsprechen, um das Quellen bzw. Schinden in Grenzen zu halten.

Bauteil-Art und -Lage	Pilze <sup>1</sup>	Insekten	GK
Schwellen, Ständer im Erdkontakt	sehr stark	schwach	4
Hölzer in der Spritzwasserzone	sehr stark	mittel	3.2-4
Schwellen, ungeschützt auf dem Mauerwerk aufliegend	stark	mittel	3.2-4
Böden im Erdgeschoss (bei aufsteigender Feuchte oder Bodenfeuchte)	mittel/ stark	mittel	2-3.2
bewitterte Hölzer außen (Fenster, Verschalungen, Riegel etc.); überdacht	schwach/ mittel	mittel	3.1
Böden im Erdgeschoss (ohne aufsteigende Feuchte, aber mit Tauwasserausfall)	schwach	mittel	2
Holz im Bereich von Bädern etc. (mit durchdachtem baulichem Holzschutz)	ggf. stark <sup>2</sup>	schwach	1-2 <sup>2</sup>
Dachkonstruktionen (innen, trocken)	nicht	stark	0-1
Holz im Innenbereich (ungeheizt)	nicht	stark	0-1
Holz im Innenbereich (zentralgeheizt)	nicht	schwach	0

1) Die Gefährdungs-Einschätzung ist abhängig von der Güte des baulichen Holzschutzes und vom Grad der Bewitterung.  
 GK = Gebrauchsklasse nach DIN 688000-1 (2011).  
 2) Eigentlich gilt diese Bewertung nur für Schwallwasser-Belastungsbereiche, denn häusliche Bäder/Küchen etc. sind wie andere Innenräume in Wohnungen zu werten. Die Erfahrung zeigt aber, dass es hier oft zu Wassereintritt und dann zu Fäuleschäden kommt.

Tab. 3: Schadensorte und Gefährdungsgrad durch Fäulepilze und holzerstörende Insekten im Fachwerkbau.



*Abb. 56: Stiel mit Übergang zu einer Beton-Schwelle. Dem Quellen und Schwinden des Holzes kann die Dichtmasse nicht folgen und ist gerissen, dadurch dringt vermehrt Wasser ein, das kaum mehr entweichen kann.*



*Abb. 57: Ritzen und Spalten wurden mit Bauschaum gefüllt, eingedrungenes Wasser kann nur schwer entweichen.*

## 8 Zusammenfassung

Zum Verständnis von Fachwerkschäden und Ihrer Sanierung wurde eine Differenzierung zwischen Hausfäule- und anderen Fäulepilzen gegeben, die Einfluss auf die Sanierung haben kann. Wichtige Eigenschaften der Hausfäulepilze wurden aufgezeigt. Zudem wurde die schonende Sanierung von Fachwerkgebäuden bei Befall mit Hausfäulepilzen und deren Grenzen beschrieben. Am Ende wurden ausgesuchte Möglichkeiten des baulichen Holzschutzes gezeigt.

## 9 Danksagung

Für spannendes Material danke ich Wolfgang Böttcher (Sachverständiger, Cölpin), Ulrich Ellenberg (Sachverständiger, Wernigerode), Dr. Klaus Geith (Sachverständiger, Gaimersheim), Björn Kleinlogel (Sachverständiger, Darmstadt), Nico Layher (Sachverständiger, Backnang), Hans-Joachim Rüpke (Sachverständiger, Hannover), Klaus Renhak (Sachverständiger, Benshausen), Martin Ruß (Sachverständiger, Radevormwald), Ewald Sahn (Zimmermeister, Burbach), Dr. Bernd Wischer (Sachverständiger, Warmsroth) und vielen anderen. Für viele Anregungen danke ich besonders Dr. Uwe Noldt (Sachverständiger, Insektenkenner, Lauenburg), Ulrich Arnold (Sachverständiger, Castrop-Rauxel) und Herrn Dr. Mathias Rehbein (Sachverständiger, Hamburg) und meiner Frau Sylvia Huckfeldt für die Hilfe bei der Textarbeit.



Abb. 58: Typische Schadensschwerpunkte im Sichtfachwerkbau:

1. bewachsene Anschlüsse;
2. schadhafte Gauben und Kehlschlüsse;
3. Defekte an Ortgang und Windborde/Windbrett;
4. schadhafte Kamineinfassung;
5. defekte Regenrinnen/-rohr (insbesondere bei innenliegenden Rinnen);
6. ungeeignete Materialien und Beschichtungen;
7. fehlende Putzunterhaltung und -auswahl;
8. mangelhafte Fensteranschlüsse und gestörte Aussteifung wegen nachträglichen Fenstereinbaus;
9. flächige Anwendung von Bauschaum;
10. feuchtetechnisch nicht funktionsfähige Innendämmung;
11. faulende Schwelle/Eckständer;
12. ausgefaulte Zapfenlöcher (meist auf der Wetterseite);
13. falscher Anschluss zwischen Sockel und Schwelle;
14. unzureichende Reparatur mit Pilz-/Fäule-Resten, die zu neuem Befall führen;

verändert/ergänzt nach WETZEL et al. (1996).

## Quellen/Literatur

- ANONYMUS (N.) (1789) Von Verhütung und Vertilgung des laufenden Schwammes in dem Holzwerke der Gebäude. In: G. Huth (Hrsg.): Allgemeines Magazin für die bürgerliche Baukunst, Weimar Bd. 1, S. 29–40.
- ARNOLD, U. (2015) Baulicher Holzschutz. Rudolf Müller Verlag, Köln, S. 238.
- BECH-ANDERSEN, J. (2004) Hussvampe og Husbukke. Hussvamp Laboratoriet ApS, Holte, Dänemark, 231 S.
- 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.
- BUCHWALD, G. (1986) On *Donkioporia expansa* (Desm.) Kotl. & Pouzar. Stockholm: Intern. Res. Group Wood Pre., Doc. No. IRG/WP 1285, 9 S.
- BULLER, A. H. R. (1924) *Psathyrella disseminata* [*Coprinus disseminatus*]. Researches on fungi. Vol. III. Longmans Green & Co. New-York, 611 S.
- CARTWRIGHT, K. S. G.; FINDLAY, W. P. K. (1958) Decay of timber and its prevention. 2. Auf., His Majesty's Stationery Office, London, 332 S.
- DIN 68800-1 (2011) Holzschutz im Hochbau – Teil 1: Allgemeines. Beuth, Berlin.
- DIN 68800-4 (2012) Holzschutz, Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen holzerstörende Pilze und Insekten, Beuth, Berlin.
- DIN EN 350-2 (1994; wird überarbeitet) Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz. Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von besonderer Bedeutung in Europa. Deutsche Fassung EN 350-2, 1994, Beuth, Berlin, 26 S.
- ERLER, K. (2002) Holz im Außenbereich, Anwendungen – Holzschutz – Schadensvermeidungen. Birkhäuser, Basel, Berlin, 194 S.
- ESLYN, W. E.; Nakasone, K. K. (1984) Fifteen little-known wood-products-inhabiting hymenomycetes. Mat. Org. 19, S. 201–240.
- FISHER, R. C. (1940) Studies of the biology of the death-watch beetle, *Xestobium rufovillosum* de G. III. Ann. appl. Biol. 27, S. 545–557.
- GÄNSMANTEL, J. (2007) Holzschutz gleich Feuchteschutz – Aktuelles Know-how zur Fachwerksanierung nach WTA. In: Europäischer Sanierungskalender 2007, Venzmer, H. (Hrsg.), Beuth Verlag GmbH, Berlin, S. 269–280.
- GERNER, M. (1998) Schäden an Fachwerkfassaden. Fraunhofer IRB, Stuttgart, 183 S.
- GOCKEL, H. (1996) Konstruktiver Holzschutz (Bauen mit Holz ohne Chemie). Beuth & Werner, Düsseldorf, 87 S.
- HARZ, C. O. (1888) Bergwerkspilze. Botanisches Centralblatt 36 (13), S. 375–380.
- HUCKFELDT, T. (2003) Ökologie und Cytologie des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans*) und anderer Hausfäulepilze. Dissertation Fachbereich Biol. Uni. Hamburg; Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt Forst- und Holzwirtschaft Hamburg 213, 152 S.
- HUCKFELDT, T. (2006a) Der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*) – ein Pilz mit besonderen Fähigkeiten. Bautenschutz + Bausanierung 29 (1), S. 40–43.

- HUCKFELDT, T. (2006b) Typische Schäden an Fachwerk. WTA-Journal, Internationales Journal für Technologie und Praxis der Bauwerkserhaltung und Denkmalspflege 3/06, S. 347–367.
- HUCKFELDT, T.; SCHMIDT, O. (2015) Hausfäule- und Bauholzpilze. 2. Auflage, Rudolf Müller Verlag, Köln, 610 S.
- JAHN, H. (1966/67) Die resupinaten *Phellinus*-Arten in Mitteleuropa mit Hinweisen auf die resupinaten *Inonotus*-Arten und *Poria expansa* (Desm.) [= *Polyporus megaloporus* Pers.]. Westfälische Pilzbriefe 6 (3-6), S. 37–109.
- JENNINGS, D. H.; BRAVERY, A. F. (Hrsg.) (1991) *Serpula lacrymans*: Fundamental biology and control strategies. John Wiley & Sons Editorial Offices, Chichester, 231 S.
- KLEIST, G.; SEEHANN, G. (1999) Der Eichenporling, *Donkioporia expansa*. Z. Mykologie 65, S. 23–32.
- KRUS, M.; FITZ, C. (2008) Sichtfachwerk mit innenliegender Dämmung. Neuartiges Messverfahren zur Ermittlung der Fugendichtheit und rechnerische Beurteilung des Konvektionseinflusses. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S. 129–148.
- LAMERS, R.; ROSENZWEIG, D., ABEL, R. (2000) Bewährung innen wärmegeämmter Fachwerkbauten – Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen. Bauforschung für die Praxis 54, IRB-Verlag, Stuttgart, ca. 101 S.
- LEIß, B. (2002) Holzbauteile richtig geschützt. Langlebige Holzbauteile durch konstruktiven Holzschutz. DRW, Leinfelden-Echterdingen, 221 S.
- LOHWAG, K. (1952) Der Hausschwamm *Gyrophana lacrymans* (Wulf.) Pat. und seine Begleiter. Sydowia Ser. II, 6 (1/4), S. 268–283.
- MEZ, C. (1908) Der Hausschwamm und die übrigen holzerstörenden Pilze der menschlichen Wohnungen. R. Lincke, Dresden, 260 S.
- MOORE, C. P.; FULLER, H. T. (2001) Recent studies on the oak polypore *Donkioporia expansa* (Desm.) Kotl. & Pouz. In: Ridout, B. Timber. English Heritage Research Transactions 4; S. 57–78.
- RITTER, G. (1983) Neufund von *Donkioporia expansa*. Boletus 7 (1), S. 3–4.
- RITTER, G. (1985) *Donkioporia expansa* – übersehen oder in Ausbreitung begriffen? Mykologisches Mitteilungsblatt 28 (1), S. 65–66.
- SCHMITT, H. (2005) Konstruktionsdetails für Bauteile ohne Erdkontakt. In: Müller, J. (Hrsg.) Holzschutz im Hochbau. IRB, Stuttgart, S. 169–187.
- SCHMIDT, O. (2006) Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use. Springer, Berlin, Heidelberg, 334 S.
- SCHMIDT, O.; GRIMM, K.; MORETH, U. (2002) Molecular identity of species and isolates of the Coniophora cellar fungi. Holzforschung 57, S. 563–571.
- WETZEL, J. (1996) Historische Holzfachwerkbauten. Erhalt und Sanierung, Band 1. Expert-Verlag, Renningen-Malmshelm, 151 S.
- WILLEITNER, H. (1981) Grundprinzipien des baulichen Holzschutzes. In: WILLEITNER, H.; Schwab, E. (Hrsg.) Holz. Verlagsanstalt A. Koch GmbH, Stuttgart, S. 101–109.

WTA-Merkblatt 2005-D [wird überarbeitet] „Echter Hausschwamm“. Bearbeiter: Grosser, D.; Flohr, E.; Eichhorn, M. Wissenschaftlich-Technischer Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V., Referat Holzschutz, 32 S.

WTA-Merkblätter (1996–2004) Fachwerkinstandsetzung nach WTA I-X, XII. Wissenschaftlich-Technischer Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Referat Fachwerk.



**Huckfeldt, Tobias**

Dr. rer. nat. Dipl.-Biol. Mykologe

1998–1999: Diplomarbeit am Institut für Allgemeine Botanik, Abteilung Zellbiologie in Zusammenarbeit mit dem Ordinariat für Holzbiologie der Universität Hamburg: „Vitalitätsansprache holzerstörender Gebäudepilze unter besonderer Berücksichtigung des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans* (Wulf.: Fr.) Schroeter)“; Betreuer: PD Dr. H. Quader, Dr. G. Kleist

2000: Doktorarbeitsbeginn: Institut für Allgemeine Botanik, Abteilung Zellbiologie in Zusammenarbeit mit dem Ordinariat (jetzt TI) für Holzbiologie der Universität Hamburg; Förderung: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

„Ökologie und Cytologie des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans*) und anderer Hausfäulepilze“, Betreuer: PD Dr. H. Quader und Prof. Dr. O. Schmidt

2003 Disputation am 06.06.2003 und Abschluss der Promotion

seit 2003: Sachverständiger mit Gebiet der Fäulepilz und Hausfäulepilze – auch als Sonder-Gutachter ohne Bestellung bei Gericht

seit 2012: Sachverständiger und Gesellschafter am Institut für Holzqualität und Holzschäden – Dr. Rehbein und Dr. Huckfeldt (IF-Holz)

*Publikationsschlaglichter von rund 70 Arbeiten zu Fäulepilzen*

2005: Erstes Fachbuch: Hausfäule- und Bauholzpilze. Huckfeldt / Schmidt

2009: Erstes Fachbuch als Hrsg.: Holzfenster. Huckfeldt/Wenk.

2012: Fachbuch als Hrsg.: Holzfenster und -türen Band II. Arnold/Huckfeldt/Wenk

2012: Fachbuch als Hrsg.: Holzspielplätze. Huckfeldt/Rehbein

2013: Mitarbeit im WTA unter Lutz PARISEK (AGL) an Sonderverfahren im Holzschutz

2015: Fachbuch: Hausfäule- und Bauholzpilze. 2. Auflage Huckfeldt / Schmidt

2016: Zweite Mitarbeit am Handbuch zur Sachkundeausbildung Holzschutz am Bau des Ausbildungsbeirat bekämpfender Holzschutz am Bau, Köln, 6. Auflage