

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze

Hinweise zur Vermeidung von Feuchtigkeitsbelastungen durch baulichen Holzschutz an Sichtfachwerk

**Tobias Huckfeldt – Institut für Holzqualität und Holzschäden – Dr. Rehbein und Dr. Huckfeldt GbR**

**Zusammenfassung:** Nach Schadorten gegliedert werden charakteristische Schäden an Sichtfachwerk gezeigt und die vorkommenden Fäulepilze kurz beschrieben. Bei allen Beispielen wird die Bedeutung eines zweckdienlichen Feuchtigkeitsschutzes deutlich. Gezeigt werden Probleme mit Rissbildung, Anstrichsystemen, an Fachwerk-Schwellen, Innendämmung und Ausfachungen. Grundlage für die Auswahl der beschriebenen Pilze ist die Auswertung von 439 Pilzdiagnosen an Fachwerk. Die am häufigsten auftretenden Hausfäulepilze sind der Echte Hausschwamm (*Serpula lacrymans*), der Braune Kellerschwamm (*Coniophora puteana*) und der Marmorierte Kellerschwamm (*C. marmorata*) sowie Moderfäulepilze und der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*). Daneben werden Schäden mit anderen Fäulepilzen, wie den Blättlingen (*Gloeophyllum* spp.), Trameten (*Trametes* spp.) und Tintlingen (*Coprinus* spp., als Begleitpilz) gezeigt sowie zwei extreme Beispiele für Schwellen-Durchfeuchtung mit Befall durch den Rosablättrigen Helmling (*Mycena galericulata*) und den Umberbraunen Borstscheibling (*Hymenochaete rubiginosa*). Außerdem werden Bläue- und Schimmelpilz-Schäden kurz beschrieben.

Der Wunsch unserer Kulturerbe zu bewahren, macht es nötig sich mit Hausfäule- oder Moderfäulepilzen im Fachwerk zu beschäftigen. Denn es lohnt sich das Zeugnis handwerklichen Könnens der Zimmerleute zu achten – es beweist durchdachtes, durchkonstruiertes Gefüge, mit einem Sinn dafür mit dem Werkstoff Holz sparsam umzugehen. Durch die Kenntnis der pilzlichen Schädlinge und ihrer Biologie ist es leichter einen effektiven Schutz des Holzes zu gewährleisten.

**Abstract:** Characteristic damages to framework are shown according to harming places, and the respective rot fungi are shortly described. With all examples the importance of a correct dampness protection becomes clear. Problems with cracking, thresholds, painting systems, insulation and framework fields are shown. Basis for the selection of the represented fungi is the investigation of 439 attacks on framework. The most frequent house rot fungi are true dry rot (*Serpula lacrymans*), *Coniophora puteana*, *Coprinus* spp., soft rot and *Donkioporia expansa*. Besides *Gloeophyllum* spp., *Trametes* spp., *Hymenochaete rubiginosa*, *Mycena galericulata*, blue stain fungi and moulds are described.



Abb. 1: Detail einer zu feuchten, weil spritzwasserbelasteten Schwelle, die ohne Abstand zum Pflaster verbaut wurde: Ausgewachsen war ein Rosablättriger Helmling (*Mycena galericulata*) – ein Zeichen für einen massiven Fäuleschaden. Der Hauptschaden aber wurde durch einen Braunfäule-Erreger verursacht – einen Kellerschwamm (*Coniophora* sp. – nicht sichtbar), zudem waren Moderfäulepilze vorhanden; Feuchtigkeits-Indikatoren sind die an der Schwelle wachsenden Moose, Algen und Flechten; das Eckbild zeigt einen Helmlings-Fruchtkörper von unten, so dass seine Lamellen sichtbar sind.



Abb. 2: Typische Schadensschwerpunkte im Sichtfachwerkbau: 1. bewachsene Anschlüsse; 2. schadhafte Gauben und Kehlanschlüsse; 3. Defekte an Orgtag 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 Einbaus; 9. flächige Anwendung von Bauschaum; 10. Feuchtetechnisch nicht funktionsfähige Innendämmung (Abb. 39); 11. faulende Schwelle/Eckständer; 12. ausgefallene 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)



Abb. 3: Verschmutzter und mit Moos bewachsener Sockel; das Moos hält besonderes gut die Feuchtigkeit und befeuchtet das Holz; mit einer regelmäßigen Reinigung kann dem begegnet werden.

im untersuchten Fachwerk hin, die oft größer ist als in anderen Gebäuden. Das Quellen und Schwinden des Holzes verursacht oft Risse und Setzungserscheinungen, die eine der Ursachen für eine erhöhte Holzfeuchte sind, insbesondere an Fassaden mit starker Niederschlagsbelastung. Die Setzungen führen ebenfalls zum Öffnen von Fugen, was zu weiterer Befeuchtung führen kann. Zu massiven Schäden kommt es dann z. B. in Kombination mit flächigen Spachtelmassen, diffusionsdichten Anstrichen oder falscher Dämmung (Tab. 3). Auch wenn Beschichtungen, Dämmung und Spachtelmassen häufig zu Schäden führen, sollten die Möglichkeiten, die moderne Techniken und Baustoffe bieten können, im Einzelfall abgewogen werden, so z. B. heutige wasserdampfdurchlässige Beschichtungssysteme. Dabei sind der zu erwartende Nutzen, die Langlebigkeit der Produkte und das mögliche Risiko sorgfältig abzuwägen. Besonders der Zeitraum, nach dem eine Beschichtung abgeschliffen und neu aufgebracht werden muss, wird oft nicht richtig eingeschätzt. Lasuren an bewitterten Fassaden halten z. B. oft nur ein halbes Jahr, bevor sie überarbeitet werden sollten. Weiterhin muss bei Prüfprädikaten die Übertragbarkeit auf die jeweilige Bausituation geprüft

## Einleitung

Fachwerk ist eine charaktervolle Bauform, die sich besonders in Mittel- und Westeuropa entwickelt hat und je nach Region unterschiedliche Ausprägungen aufweist (FIEDLER, 1903; BINDING et al., 1977). Eine frühe Erwähnung findet sich bei VITRUVIUS (1 Jhd. v. Chr.) in den 10 Büchern „de architectura“; die genauen Ursprünge liegen jedoch im Dunkeln. An 200-700 Jahre alten Fachwerkbauten ist ersichtlich, was durch einen ausgereiften baulichen Holzschutz erreicht werden kann (vgl. z. B. WALBE, 1979; HANSEN/KREFT, 1980, NICKE, 1999; BRAUN/SCHENKENBERG, 2001). Jedoch kommt es aufgrund von veränderten Wohn-Bedürfnissen und -Zwecken – insbesondere Wärmedämm-Bestrebungen – zu vielen Eingriffen in die alte Bausubstanz (NICKE, 1999). Dies betrifft besonders die Raum- und Fenstergrößen aber auch die Deckenhöhen, die i. d. R. vergrößert werden. Hierbei treten Fehler auf, die durch Folgeschäden bis zur Zerstörung des Gebäudes führen können. Zudem kommt es trotz gut gemeinter Pflegemaßnahmen immer wieder zu Befeuchtungssituationen und in der Folge davon zu Schäden durch holzerstörende Insekten und Fäulepilze. Oft kann durch einfache Maßnahmen viel erreicht werden (Abb. 4

und Abb. 5). Schon durch regelmäßige Reinigungen, z. B. der Regenrinnen, kann oft ein Beitrag zur Erhaltung geleistet werden (Abb. 3). Eine Übersicht über die Häufigkeit pilzlicher Schaderreger an Fachwerk gibt die Tab. 2, in der 439 Diagnosen ausgewertet wurden (HUCKFELDT am IF-Holz). Dabei dominieren im Fachwerkbau insgesamt die Braunfäule-Erreger mit 54,2 % der Befälle, gefolgt von den Weißfäule-Erregern mit 31,4 % und den Moderfäulepilzen mit rund 14,4 %. Damit ist der Anteil von Braunfäulepilzen allerdings niedriger als in sonstigen Wohngebäuden, wo er bei rund 66 % liegt, und der Anteil an Moderfäulepilzen ist um 1,9 Prozentpunkte größer (HUCKFELDT/SCHMIDT, 2015). Der höhere Anteil an Weiß- und Moderfäulepil-

Tab. 1: Schadensorte und Gefährdungsgrad durch Fäulepilze und holzerstörende Insekten im Fachwerkbau

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 Tauwasseranfall)	schwach	mittel	2
Holz im Bereich von Bädern <sup>2</sup> etc. (mit durchdachtem baulichem Holzschutz)	ggf. stark	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

<sup>1</sup> Die Gefährdungs-Einschätzung ist abhängig von der Güte des baulichen Holzschutzes und vom Grad der Bewitterung. GK = Gebrauchsklasse nach DIN 688000-1 (2011)

<sup>2</sup> 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.

werden. Laboruntersuchungen lassen sich oft nicht eins zu eins auf Gebäude übertragen, so z. B. Ergebnisse von Dauerhaftigkeits-Prüfungen. Beachtenswert ist, dass sich unser architektonisches Erbe nicht als Versuchsfeld für Methoden eignet, die ggf. nur kurzlebigen Erfolg erzielen (NEBEL, 1981).

Im Folgenden werden zu typischen Durchfeuchtungs-Beispielen der verschiedenen Fachwerk-Bauteile die Pilze gezeigt, die an den betreffenden Stellen öfter nachgewiesen wurden. Die Beispiele können nicht erschöpfend sein, da die einzelnen Fäulepilze meist nur einmal dargestellt werden, oft aber an verschiedenen Bauteilen vorkommen. Bei den Fäulepilzen wird nicht immer ihre typische Gestalt gezeigt, sondern besonders diejenige, die auch an Fachwerk anzutreffen ist. Nur gelegentlich werden Fruchtkörper oder Mycelien von außen sichtbar sein (Abb. 60), meist werden sie erst nach Öffnungen von Gebäudeteilen augenfällig (Abb. 61).

An Konstruktionshölzern aus Fachwerkgebäuden wurden bisher 23 Braun-, 25 Weißfäule-Pilzarten und Moderfäulepilze nachgewiesen; die wichtigsten und bekanntesten Basidiomyceten sind der Weißfäule-Erreger Ausgebreiteter Hausporling (*Donkioportia expansa*) und die folgenden Braunfäule-Erreger: Echter und Wilder Hausschwamm (*Serpula lacrymans* und *S. himantioides*), Kellerschwämme (*Coniophora* spp. – Abb. 1), Blättlinge (*Gloeophyllum* spp.), die Artengruppe der Weißen Porenschwämme (*Antrodia* / *Oligoporus* spp.) sowie der Muschel-Krempling (*Paxillus panuoides*). Diese Arten werden z. B. auch von KRIEGEROWSKI (2008) genannt. Auch ARNOLD (2015) nennt diese Arten, jedoch betont er auch das Vorkommen von Gallertränen (*Dacrymyces* spp.), Tintlingen (*Coprinus* spp., als Indikatorpilze – siehe unten) und Moderfäulepilzen an Sicht-Fachwerk. Letztere finden sich jedoch oft nur an der Oberfläche an Eichen-Schwellen finden sich Moderfäulepilze allerdings oft im gesamten Bauteil. Der Ausgebreitete Hausporling ist an Eichenfachwerk sehr häufig und übertrifft im Süden und Südwesten Deutschlands die Häufigkeit des Echten Hausschwammes, jedoch nicht so an Nadelhölzern. In England ist der Eichenwirrling (*Daedalea quercina*) ein wichtiger Schadpilz an Eichenfachwerk (CARTWRIGHT/FINDLAY, 1958); in Deutschland ist dieser Pilz jedoch im Fachwerk sehr selten. Für detaillierte Beschreibungen der Pilze wird z. B. auf SUTTER (1997), KEMPE (1999), RIDOUT (2000) und HUCKFELDT/SCHMIDT (2015) verwiesen und bei Schäden an Fenstern auf HUCKFELDT (2009b, 2010). Einen Überblick der Schadensschwerpunkte geben Abb. 2 und Tab. 1. In Tab. 3 sind Ursachen für Fachwerkschäden erfasst (GERNER, 1998a), in Tab. 1 sind häufige Fachwerks-Schadensorte genannt und in Tab. 2 die Fäulepilze. Viele Schäden lassen eine Missachtung von Pflegegrundsätzen und bauphysikalischen Regeln erkennen.

Der Abbruch eines Fachwerkhauses hat oft einen der folgenden Gründe: 1. Baufälligigkeit (z. B. durch Brand, Sturm, Schiefelage, Setzungen oder Feuchteintrag); 2. hohe Unterhaltungskosten; 3. desinteressierte Erben; 4. geänderte Planungsvorgaben (Bebauungsplan-Änderungen, z. B. Zulassung von mehr Etagen); 5 Nutzungswegfall / Landflucht; 6. Selbstdarstellung des Eigentümers; 7. Wohnraumverdichtung, z. T. mit bewusster Unterlassung des Bauunterhalts um eine Abbruchgenehmigung nach Schwammsschäden zu erhalten (verändert/ergänzt nach WETZEL, 1996). Für den Erhalt eines Fachwerkbaus spricht vor allem die Erhaltung des Erscheinungsbildes eines Straßenzuges, eines Dorfes bzw. eines Stadtbezirks; hiernach folgen die Belange des Denkmalschutzes mit dem Wunsch unser Kulturerbe zu bewahren. Hier muss der Blick für die Schönheit des Fachwerkbaues in jeder neuen Generation geschult und mit finanzieller Unterstützung für den Erhalt erworben werden. Weitere Informationen zum Fachwerkbau und seiner Erhaltung finden sich u. a. bei ERLER (2002), GERNER (1998a/b), TRETTER (2004) und REUB/HEIN (2008). Auf allgemeine und spezifische Fachregeln, Auflagen und DIN-Normen zur Sanierung – auch von historischem Fachwerk – wird hier nicht eingegangen, sie können z. B. bei NEBEL (1981, 1988), GERNER/ GÄRTNER (1996), WETZEL (1996), LIBNER/RUG (2000), GRIEP (2002), HÄHNEL (2003), GROSSER et al. (2004), GROBMANN (2004), GÄNBMANTEL (2005), WTA-Merkblatt 1-2-05/D, ANSORGE (2008), EBMANN (2008) und ECKERMANN/ STÖCKICHT (2010) nachgelesen werden. Auf die elf WTA-Merkblätter zum Fachwerkbau und zur Fachwerksanierung sei besonders hingewiesen (WTA-Merkblätter 1-10 und 12, 1996-2004).

### Schwellen und Ständer

Die Zielsetzung für Schwellen und Ständer ist es, die Gebrauchsklasse 3.1 zu erreichen. Gelingt dies nicht, weil es an den unvermeidlichen Fugen (Abb. 33) und Knotenpunkten immer wieder zu Feuchteanreicherungen kommt, und kann die Bewitterung nicht vermieden werden, muss jedoch von der Gebrauchsklasse 3.2 ausgegangen werden (Gebrauchsklasse nach DIN 68800-1, 2011). Fachwerk-Schwellen sind der Schadensschwerpunkt schlechthin (vgl. Tab. 1; VITRUVIUS, 1. Jhd. v. Chr.), daher

**Tab. 2: Häufigkeit von Fäulepilzen an Fachwerk (Stand: 11.2015; b = Braunfäule, m = Moderfäule, w = Weißfäule)**

Art (lateinischer Name)	deutscher Name	%	Fäule
<i>Coniophora puteana</i>	Brauner Kellerschwamm	15,3	b
<i>Chaetomium globosum</i> u. a.	Moderfäulepilz	14,4	m
<i>Donkioportia expansa</i>	Ausgebreiteter Hausporling	13,4	w
<i>Serpula lacrymans</i>	Echter Hausschwamm	13,4	b
<i>Antrodia</i> spp.	Weißer Porenschwamm / Braunfäuletrameten	9,8	b
<i>Coprinus</i> spp.	Tintlinge, 4 Arten	4,6	w
<i>Oligoporus</i> spp.	Saftporlinge	2,7	b
<i>Serpula himantioides</i>	Wilder Hausschwamm	2,5	b
<i>Coniophora marmorata</i>	Marmorierter Kellerschwamm	2,3	b
<i>Antrodia xantha</i>	Gelber Porenschwamm / Gelbe Braunfäuletramete	2,3	b
<i>Trechispora</i> spp.	Stachelsporlinge	2,3	w
<i>Asterostroma cervicolor</i>	Ockerfarbiger Sternsetenpilz	2,1	w
<i>Peziza</i> spp.	Becherlinge	1,8	w
<i>Gloeophyllum</i> spp.	Blättlinge	0,9	b
<i>Leucogyrophana</i> spp.	Fältlingshäute	0,7	b
<i>Cylindrobasidium laeve</i>	Ablösender Rindenschwamm	0,7	w
<i>Paxillus panuoides</i>	Muschel-Krempling	0,7	b
<i>Phellinus contiguus</i>	Großporiger Feuerschwamm	1,1	w
<i>Dacrymyces stillatus</i> u. a.	Gallertränen	0,5	b
<i>Gloeophyllum abietinum</i>	Tannenblättling	0,5	b
<i>Gloeophyllum sepiarium</i>	Zaunblättling	0,5	b
<i>Hymenochaete rubiginosa</i>	Überbrauner Borstscheibling	0,5	w
<i>Leucogyrophana pinastri</i>	Kiefern-Fältlingshaut	0,5	b
<i>Leucogyrophana pulverulenta</i>	Kleine Fältlingshaut	0,5	b
<i>Resinicium bicolor</i>	Zweifarbiger Harz-Rindenpilz	0,5	w
<i>Resupinatus applicatus</i>	Dichtblättriger Zwergseitling	0,5	w
<i>Antrodia serialis</i>	Reihige Braunfäuletramete	0,5	b
<i>Antrodia sinuosa</i>	Schmalsporiger Braunfäuletramete	0,2	b
<i>Daedalea quercina</i>	Eichenwirrling	0,2	b
<i>Diplomitoporus lindbladii</i>	Grauer Porling	0,2	w
<i>Fibulomyces mutabilis</i>	Veränderlicher Vliesschwamm	0,2	w
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Balkenblättling	0,2	b
<i>Grifola frondosa</i>	Klapperschwamm	0,2	w
<i>Hypochnicium molle</i>	Weiche Gewebehaut	0,2	w
<i>Hyphoderma radula</i>	Reißen-Rindenpilz	0,2	w
<i>Hyphoderma alutacea</i>	Rindenpilz	0,2	w
<i>Hyphoderma praetermissum</i>	Dünnfleischiger Rindenpilz	0,2	w
<i>Hyphodontia microspora</i>	Kleinsporiger Zahnchenrindenpilz	0,2	w
<i>Hyphodontia nespori</i>	Warziger Zahnchenrindenpilz	0,2	w
<i>Hyphodontia sibiricum</i>	Sibirischer Zahnchenrindenpilz	0,2	w
<i>Mycena galericulata</i>	Rosablättriger Helmling	0,2	w (s)
<i>Oxyporus corticola</i>	Rinden-Steißporlinge	0,2	w
<i>Ptychogaster rennyii</i>	Bauchpilz	0,2	b
<i>Schizopora paradoxa</i>	Veränderlicher Spaltporling	0,2	w
<i>Schizopora flavipora</i>	Gelbporiger Spaltporling	0,2	w
<i>Trametes</i> spp.	Trameten-Arten	0,2	w
Braunfäule-Erreger	nicht bestimmbarer Basidiomycet	0,2	b

**Tab. 3: Ursache von Fachwerkschäden, aus GERNER (1998a); Basis: 40 Schadensfälle**

Ursache	Anzahl	Beispiel
flächige Spachtelmassen	16	Abb. 87
zu dichter Anstrich	19	Abb. 2
chemischer Holzersatz	4	Abb. 2
falsche Dämmung/Kondensat-Ausfall	9	Abb. 39
Eindringen von Schlagregen, Anschluss zwischen Holz und Gefach	9	Abb. 38, Abb. 40
Putzabplatzungen	9	Abb. 52
Verschiedenes	3	Abb. 61

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze – IF-Holz, Hamburg

ist eine genaue Detailplanung wichtig. Schwellen sollten nicht in einem erdähnlichen Bereich liegen (Abb. 14-Abb. 15). In diesen Bereichen kann es auch bei Schwellen aus gut sortierten Eichen-Kernholz oder anderen dauerhaften Hölzern in verhältnismäßig kurzer Zeit zu Fäuleschäden kommen, obwohl Eichenkernholz in der Regel zur Dauerhaftigkeitsklasse 2 gehört, also dauerhaft ist (nach DIN 350-2:1994). Gut sortierte Holzauswahl heißt, dass das Holz einwand- (z. B. fäulefrei; Abb. 49), splintholz- und markfrei ist und eine ausreichende natürliche Dauerhaftigkeit aufweist. In diesem Einsatzbereich der Gebrauchsklasse 4 (Holz mit Erdkontakt) weist Eichen-Kernholz jedoch nach AUGUSTA (2003) nur noch die natürliche Dauerhaftigkeitsklasse 3 (mäßig dauerhaft) auf und nach RAPP et al. (2012) sogar nur natürliche Dauerhaftigkeitsklasse 4 (wenig dauerhaft). Zu erdähnlichen Verhältnissen kommt es schon, wenn Schwellen z. B. hinter „Müll“ verschwinden, Blätter und Zweige oder eingetragene Erde, Sand und Pflanzenteile nicht weggeräumt werden und sich zuerst Humus und dann Erde bilden (Abb. 15). Erdähnliche Zustände sind im Fachwerkbau unbedingt zu vermeiden (Abb. 18), da es kaum heimische Hölzer gibt, die den biologischen Angriffen, welche im Erdkontakt vorliegen, widerstehen. Nach DIN 68800-1 (2011, Tab. 4) ist für die Gebrauchsklasse 3.2 mindestens Holz der Dauerhaftigkeitsklasse 2 nötig und für die Gebrauchsklasse 4 ist es die Dauerhaftigkeitsklasse 1. Diese Angaben werden geschwächt durch die Empfehlungen der WTA-Merkblatt-Reihe, in der Hölzer genannt sind, die sich der Erfahrung nach auch für den Fachwerkbau eignen (siehe unten und GROBMANN, 1987). Hier ist im Einzelfall zu entscheiden und eine Balance zwischen Umwelt-, Holz- und Bestandsschutz (Denkmalschutz) zu finden. Mit einer nur kurzlebigen Schwelle ist niemandem gedient.



Abb. 4: Verminderung von Spritzwasser bei kleinem Dachüberstand: Das Bild zeigt die Wirkung einer Dachrinne auf den Gebäudefuß bei normaler Regen-Belastung: rechts mit Rinne – der Gebäudefuß ist meist trocken –, links ohne Rinne – der Gebäudefuß ist meist feucht und zahlreiche Moose und Algen siedeln sich als Indikatoren der hohen Feuchtwerte an.



Abb. 5: Verminderung von Spritzwasser: Robuster Spritzwasserschutz an einem stark begangenen Weg. Auf zusätzliche Abdichtung aus Silikon wurde verzichtet.

Mit den Jahren steigt dann der Erdhorizont an, so dass es vorkommen kann, dass die Schwellen im Erdreich verschwinden. Zu einem vergleichsweise schnellen Anstieg kommt es durch regelmäßiges Einbringen von Humus, Mulch und Rinden in angrenzenden Beeten. Nach Möglichkeit sollen Schwellen nicht auf der Erd-Ebene liegen, sondern erhöht. Aber eine Reihe kleinerer Bruchsteine reicht oft nicht aus (Abb. 16 und Abb. 17). Sie sollten so hoch liegen, dass sie von Spritzwasser nicht erreicht werden können (WILLEITNER/ SCHWAB, 1981; Abb. 31). Als Mindestmaß aus verschiedenen Quellen gibt COLLING (2000) 30 cm an. Eine Verringerung ist durch bauliche Holzschutz-Maßnahmen möglich (Eckbild in Abb. 16). Abdeckungen müssen nach der Herstellung gepflegt und gut hinterlüftet werden (Abb. 15). Bei der Wartung und Pflege muss beachtet werden, dass sich Gegebenheiten am Bauwerk auch verändern können. Böden wachsen hoch, erdähnliche Verhältnissen entstehen: Sand, Erde und Schmutz wird in/an die Konstruktion getragen. Flechten, Gräser, Moose, Farne und andere Pflanzen zeigen die Erdzone oder erdähnliche Zonen an und vermindern die Abtrocknung in den bewachsenen Konstruktionshölzern (Abb. 1). Typische Schadenserreger im erdähnlichen Bereich sind Moderfäulepilze wie *Chaetomium globosum*, *Eutypella parasitica*, *Phialophora richardsiae* und *Allescheria terrestris*. Sie können nur mikroskopisch sicher nachgewiesen werden (Abb. 21). Nur selten treten winzige Fruchtkörper (Abb. 20) oder Mycelien auf und dies meist auch nur nach Lagerung in einer „Feuchten Kammer“ (Abb. 7). Kann der angestiegene Erdhorizont nicht entfernt werden, sind Drainage-Kanäle ggf. möglich; mit entsprechenden Rosten abgedeckt, sind diese auch begehbar. Ein chemischer Schutz von nicht dauerhaftem Holz ist nur im Kesseldruckverfahren erfolgversprechend, lediglich der Nachschutz von Schnittflächen ist im Streichverfahren sinnvoll. Als Eindringtiefe sind NP5, besser NP6, für bewitterte Schwellen und Stän-



Abb. 6: Fein geriefter Fruchtkörper eines Tintlings mit noch nicht zerflossenen Lamellen (rechts); Hut ca. 5 cm breit.



Abb. 7: Mycel (Ozonium) an einem ausgebauten und bebrüteten Eichenständer: Ausgewachsen war ein Tintling (*Coprinus* sp.); Bildbreite ca. 25 cm.

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze – IF-Holz, Hamburg

der notwendig (DIN 68800-3). RAL-geprüfte Holzschutzmittel/Tränkbetriebe mit Zulassung sollten bevorzugt werden, da eine externe Mittel- und Firmenprüfung besteht. Da Moderfäulepilze gegenüber Kupfer empfindlich reagieren, sollte eine Kupferkomponente im Schutzmittel enthalten sein (SCHMIDT, 2006). Selbst wenn Wassernester und Schlagregen stark sind, können chemisch geschützte Hölzer lange halten. Im Turmbau, wenn die Gebrauchsklasse 3.1-3.2 vorliegt, werden Standzeiten von 10-30 (-45) Jahren erreicht (MÜLLER et al., 2015). Es ist jedoch zu beachten, dass Maßnahmen des baulichen Holzschutzes immer denen des chemischen Holzschutzes vorzuziehen sind (DIN 68800-1:2011). Baulich gut geschützte Hölzer in Fachwerkhäusern halten Jahrhunderte; dies können auch Eckständer sein, wie Datierungen von 1290 aus Frankfurt zeigen (GERNER, 1979).

Exkurs: Als Begleiter von Moderfäulepilzen in Schwellenhölzern treten z. T. der Rosablättrige Helmling (*Mycena galericulata* – Abb. 1, Abb. 18 und Abb. 19), der Umerbraune Borstscheibling (*Hymenochaete rubiginosa* – Abb. 17) und die Tintlinge (*Coprinus* spp.) auf (Abb. 6). Nachgewiesen wurden in Gebäuden z. B. der Gesäte Tintling (*Coprinus disseminatus*), der Strahlfüßige Tintling (*C. radians*) und der Haus-Tintling (*C. domesticus*). Die Gattung kann gut anhand der zerlaufenden Fruchtkörper erkannt werden.



Abb. 8: Aufgesägtes Bauteil; Zapfen wurde durch eine Braunfäuletramete (*Antrodia* sp.) geschädigt (feines weißes Mycel rechts), eine Drainage-Bohrung zum Wasserabfluss war nicht vorhanden.



Abb. 9: Detail von Abb. 8: Der Zapfen ist deutlich auf einer Seite braunfäul mit einem muschelähnlichen Bruchbild, der Nagel ist verrostet und gebrochen.



Abb. 10: Aufgespaltenes Bauteil; Braunfäule verursacht durch Weißen Porenschwamm/Braunfäuletramete (*Antrodia* sp.) im Verbindungsbereich.



Abb. 11: Braunfäule mit einem muschelähnlichen Bruchbild auf der Unterseite einer Schwelle unterhalb eines Zapfenloches; Verursacher: Braunfäuletramete (*Antrodia* sp.).



Abb. 12: Echter Hausschwamm (*S. lacrymans*): Braunfäule-Befall an einer Schwelle mit massiver Innenfäule auf der Unterseite.



Abb. 13: Mehrfachbefall: Braun- und Weißlochfäule (z. B. durch Borstscheibling) an einer Schwelle; Maßstab mit Millimetern (oben).



Abb. 14: Offener Anbau, Schwelle aus Eichenholz, von der Seite aufgenommen: Die Schwelle liegt in einem erdähnlichen Bereich (Kreis) und ist stark spritzwassergefährdet.



Abb. 15: Schuppen: Schwellen aus Eichenholz verschwinden hinter Blättern und Zweigen; die provisorische Abdeckung aus Schieferplatten ist zerbrochen.



Abb. 16: Schwelle, von der Seite aufgenommen: Die Schwelle liegt zwar etwas erhöht, aber immer noch im Spritzwasserbereich, der grüne Algenbelag an den Ständern zeigt die Spritzhöhe; Eckbild: Gitter einer Drainage als mögliche Verbesserung.



Abb. 17: Detail von Abb. 16: Schwelle, im unteren Bereich mit Befall durch einen seltenen Eichenholz-Spezialist: Umberbrauner Borstscheibling (*Hymenochaete rubiginosa* – Weißfäule-Erreger).



Abb. 18: Schwelle mit extremer Durchfeuchtung, auf der Moose, Algen, Flechten und Pilze wachsen; Die Schwelle hat keinen Spitzschutz; es liegen erdähnliche Bedingungen vor.



Abb. 19: Detail von Abb. 18: Fruchtkörper des Rosablättrigen Helmings (*Mycena galericulata* – Weißfäule-Erreger) an einer Schwelle; er trat zusammen mit dem Umberbraunen Borstscheibling auf.



Abb. 20: Lupenaufnahme: schwarze, ca. 0,2 mm breite Fruchtkörper von *Chaetomium globosum* (Kreis; Moderfäule-Erreger); ein sehr feines Oberflächenmycel kann erahnt werden.



Abb. 21: Mikroskopische Aufnahme (ca. 1000fach); kavernenartige Zerstörungen (Pfeil) der Holz Zellwände durch Moderfäulepilze, das rechte Bild ist eine polarisationsmikroskopische Aufnahme.

Gefährdet sind auch Zapfenlöcher von Schwellen und Ständern, wenn sich in ihnen Wasser sammeln kann (Abb. 8 und Abb. 9). Abhilfe schafft oft schon ein Bohrloch, durch das eingedrungenes Wasser ablaufen kann. Dieses muss offen gehalten werden. Die

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze – IF-Holz, Hamburg

Fäuleschäden entstehen entweder im Zapfenloch (Abb. 10) oder auf der Unterseite des Bauteils (Abb. 11). Wenn ein Ablauf am Zapfenloch gebohrt wird, muss allerdings überlegt werden, wohin das Wasser abläuft, ohne Schaden anzurichten.

Die aufliegenden Schnittkanten neuer Ständer sollten so bearbeitet sein, dass ihre Ränder nicht abgedrückt / abgespalten werden können, wenn die Schwelle nicht eben ist (Abb. 27). Es sollte abgelagertes, rissfreies, herzfreies Eichenholz gewählt werden. Fachbetriebe sollten Eichenholz selber ablagern. Dennoch vorhandene Risse in Schwellen sollten nicht nach oben weisen, so dass Wasser nicht einlaufen kann. Ein weiteres Problem stellen überstehende Schwellen dar, die besondere Wassereintrittspforten sind (Abb. 27 und Abb. 28). Sie sind jedoch oft Teil der Baukultur.

Neue Teilhölzer (Schuhe) sollten so groß sein, dass die Spalte zwischen altem und neuem Holz möglichst klein gehalten wird, auf splintfreies Ersatzholz ist zu achten (Abb. 28). Insgesamt sollten die Fugenlängen klein gehalten werden. Die Länge der Fuge/des Blattes hängt jedoch von den statischen Vorgaben ab. Wenn möglich, sollte das Blatt so ausgearbeitet sein, dass die senkrechte (lange) Fuge nicht an der Sichtseite liegt (ARNOLD per. Mit., 2015). Faules Holz, insbesondere das durch den Ausbreiteten Hausporling (*Donkioporia expansa*) oder den Echten Hausschwamm (*Serpula lacrymans* – Abb. 60) geschädigte, muss vollständig entfernt werden, da oft mikroskopisch kleine Überdauerungsstadien im Holz vorhanden sind (HUCKFELDT, 2003). Wenn mögliche Folgeschäden bedacht werden, sind Abschrägungen, Absägen eines Überstandes oder hölzerne Abdeckungen und Leisten oft vertretbar (Abb. 22 und Abb. 23). Dies muss mit dem Bauherrn und ggf. mit dem Amt für Denkmalpflege abgestimmt werden. Das Belassen von faulem Holz kann zu Folgeschäden führen, so dass mehr Originalsubstanz verloren geht als bei einem ersten konsequenten Rückschnitt.



Abb. 22: Schwelle und Eckständer aus Eichenholz: Durch feine Leisten (Pfeile) wird versucht, am Gebäude ablaufendes Wasser abzuleiten, aber nicht alle Teile wurden erfasst.



Abb. 23: Balkenköpfe mit Abdeckungen aus Kupfer und eine unauffällige weiße Abdeckleiste am unteren Teil des Schwellbalkens (Pfeil), die Wasser vom Ziegelstein-Gefache fernhalten soll.



Abb. 24: Nicht unterlüftete Blechabdeckung zweier Balken (Nutzen wegen der fehlenden Unterlüftung unklar).

Schwellenlager müssen so beschaffen sein, dass Wasser von den Holzteilen weg- und nicht zu ihnen hingeführt wird (Abb. 25 und Abb. 26). Häufig ist eine Abschrägung an Ecken und Kanten möglich, aber nicht vorhanden. Probleme entstehen, wenn sich die lokal verwendeten Baumaterialien schwer verarbeiten lassen, z. B. Grauwacke (Gesteinsart). Hinweise auf eine unzureichende Abschrägung sind unter anderem schnell entstehender Pflanzenbewuchs, z. B. durch Algen, Flechten und Moose (Abb. 16, Abb. 18 und Abb. 26). In einigen Fällen ist eine unterlüftete Abdeckung möglich (Abb. 5 und Abb. 24). Eine Pflege des Schwellenlagers ist nötig, entstandene klaffende Risse müssen geschlossen werden (Abb. 27). Ein typischer Schadenserreger ist der Ausbreitete Hausporling (Abb. 29 und Abb. 30). Er verursacht eine oft zügig voranschreitende Weißfäule und kommt auch im Inneren des Gebäudes vor. Verbreitet wird dieser Pilz u. a. durch den Bunten Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*), der auf einen Pilzbefall im Kernholz angewiesen ist (CARTWRIGHT/ FINDLAY, 1958). Er ist nicht in der Lage gesundes Eichenkernholz anzugreifen, der Befall nimmt häufig im Splintholz seinen Ausgang (RIDOUT, 2000). In den Fokus getreten ist der Ausbreitete Hausporling mit seiner Ausbreitungs-Strategie erst seit ca. 1990, als erkannt wurde, dass er ein wichtiger Fäulepilz in Gebäuden ist; er ist der wichtigste Weißfäulepilz im Fachwerkbau in Deutschland (Tab. 2). Als holzerstörender Gebäudepilz bekannt ist er allerdings schon seit 1888, erste Nachweise stammen aus Bergwerken (HARZ, 1888). Weitere typische Hausfäulepilze an Fachwerk-Schwellen im Erdgeschoss sind in Tab. 4 aufgeführt.

Schwellenlager müssen so beschaffen sein, dass Wasser von den Holzteilen weg- und nicht zu ihnen hingeführt wird (Abb. 25 und Abb. 26). Häufig ist eine Abschrägung an Ecken und Kanten möglich, aber nicht vorhanden. Probleme entstehen, wenn sich die lokal verwendeten Baumaterialien schwer verarbeiten lassen, z. B. Grauwacke (Gesteinsart). Hinweise auf eine unzureichende Abschrägung sind unter anderem schnell entstehender Pflanzenbewuchs, z. B. durch Algen, Flechten und Moose (Abb. 16, Abb. 18 und Abb. 26). In einigen Fällen ist eine unterlüftete Abdeckung möglich (Abb. 5 und Abb. 24). Eine Pflege des Schwellenlagers ist nötig, entstandene klaffende Risse müssen geschlossen werden (Abb. 27). Ein typischer Schadenserreger ist der Ausbreitete Hausporling (Abb. 29 und Abb. 30). Er verursacht eine oft zügig voranschreitende Weißfäule und kommt auch im Inneren des Gebäudes vor. Verbreitet wird dieser Pilz u. a. durch den Bunten Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*), der auf einen Pilzbefall im Kernholz angewiesen ist (CARTWRIGHT/ FINDLAY, 1958). Er ist nicht in der Lage gesundes Eichenkernholz anzugreifen, der Befall nimmt häufig im Splintholz seinen Ausgang (RIDOUT, 2000). In den Fokus getreten ist der Ausbreitete Hausporling mit seiner Ausbreitungs-Strategie erst seit ca. 1990, als erkannt wurde, dass er ein wichtiger Fäulepilz in Gebäuden ist; er ist der wichtigste Weißfäulepilz im Fachwerkbau in Deutschland (Tab. 2). Als holzerstörender Gebäudepilz bekannt ist er allerdings schon seit 1888, erste Nachweise stammen aus Bergwerken (HARZ, 1888). Weitere typische Hausfäulepilze an Fachwerk-Schwellen im Erdgeschoss sind in Tab. 4 aufgeführt.

**Tab. 4: Häufigkeit von Hausfäulepilzen an Fachwerk-Schwellen (Fallzahl: 56)**

Art (lateinischer Name)	deutscher Name	Häufigkeit
<i>Donkioporia expansa</i>	Ausbreiteter Hausporling	15,5 %
<i>Antrodia</i> spp.	Braunfäuletrameten / Weiße Porenschwämme	15,5 %
<i>Chaetomium globosum</i> u. a.	Moderfäulepilze	12,1 %
<i>Coniophora puteana</i>	Brauner Kellerschwamm	12,1 %
<i>Coprinus</i> spp.	Tintlinge	5,2 %
<i>Serpula lacrymans</i>	Echter Hausschwamm	5,2 %
<i>Trechispora</i> spp.	Stachelsporlinge	5,2 %
<i>Dacrymyces stillatus</i> u. a.	z. B. Zerfließende Gallerträne	3,4 %
<i>Oligoporus</i> spp.	Saftporlinge	3,4 %
<i>Serpula himantoides</i>	Wilder Hausschwamm	3,4 %
<i>Gloeophyllum</i> spp.	Blättlinge	1,7 %
<i>Fibulomyces mutabilis</i>	Veränderlicher Vliesschwamm	1,7 %
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Balkenblättling	1,7 %
<i>Grifola frondosa</i>	Klapperschwamm	1,7 %
<i>Hymenochaete rubiginosa</i>	Umberbrauner Borstscheibling	1,7 %
<i>Hypoderma radula</i>	Reißen-Rindenpilz	1,7 %
<i>Mycena galericulata</i>	Rosablättriger Helmling	1,7 %
<i>Oxyporus corticola</i>	Rinden-Steifporling	1,7 %
<i>Resinicium bicolor</i>	Zweifarbiger Harz-Rindenpilz	1,7 %
Basidiomycetes	Braunfäule unbekannt	3,4 %



Abb. 25: Übersicht: Giebelseite, Eckständer aus Eichenholz mit fehlender Abschrägung; vergleiche z. B. vorgeschlagene Abschrägung in Abb. 26.

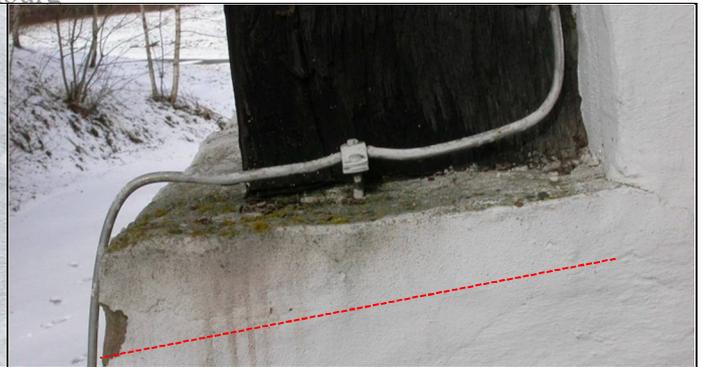


Abb. 26: Detail: Der Flechtenbewuchs zeigt eine Feuchtebelastung an, Wasser läuft zur Hirnfläche; mögliche Abschrägung (Linie).



Abb. 27: Bewitterte Giebelseite, Schwelle und Eckständer aus Eichenholz: Durch überstehende Ränder und Risse (Kreis) dringt Wasser ein; Risse in Schwellen weisen nach oben (blauer Pfeil); Wasser kann einlaufen; weitere Wassereintrittsporten (roter Pfeil). Die Unebenheit der Schwelle und der Jahringverlauf drücken den Rand des neu angesetzten Eckstiels nach außen (grüner Pfeil).



Abb. 28: Bewitterte Giebelseite, Schwellen und Eckständer aus Eichenholz: Das neue Anschuh-Holz ist etwas zu klein (↑), eine Spalte ist entstanden (Kreis), zudem weist das Altholz einen breiten Splintholzanteil auf; Risse weisen nach oben (↑). Im verbliebenen Holz setzt sich der Fäulnisprozess nach oben fort, da durch die Spalte mehr Wasser in den Eckständer gelangt.



Abb. 29: Ausgebreiteter Hausporling (*Donkioporia expansa*), Fruchtkörper und Oberflächenmycel, links Übersicht, rechts Eckbild: graue Poren (4-5 je mm)



Abb. 30: Ausgebreiteter Hausporling, weißes, styroporartiges Oberflächenmycel; unterliegendes Holz mit deutlicher Weißfäule (Holzfaserig); Maßstab mit Millimetern (oben)



Abb. 31: Schwelle mit ausreichendem Spitzwasserschutz.



Abb. 32: Rähm von der vorspringenden Schwelle (Pfeil) geschützt.

## Fassaden und Gefüge im Fachwerkbau

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze – IF-Holz, Hamburg

Fassaden sollen möglichst dicht sein, ohne dass die Fähigkeit eines Gebäudes verloren geht, Feuchtigkeit nach außen abzugeben. Breitere Fugen und Ritzen sind zu schließen (Abb. 34, Abb. 38) – durch sie kann sonst Regen, Hagel und Flugschnee eindringen (Abb. 35). Ziel ist es, dass das Regenwasser möglichst schnell ablaufen kann.

Ursprünglich waren gewöhnliche Fachwerkhäuser innen und außen nicht oder nur unzureichend verputzt, und eine Beheizung in unserem Sinn war aufgrund der starken Zuglufterscheinungen kaum möglich (LAMERS et al., 2000). Eine einigermaßen vernünftige Beheizung wurde erst in Fachwerkhäusern mit verputzten Innenwänden möglich; aber der Wärmeschutz dünner Fachwerkwände ist eher kläglich und der Wunsch ist oft groß, diesen zu verbessern. Üblicherweise werden Wohngebäude von außen gedämmt. Dies ist bei Fachwerkgebäuden nicht möglich, wenn die Außenansicht erhalten werden soll. Naheliegender ist daher eine Innendämmung. Innendämmungen sind aus bauphysikalischer Sicht aber oft problematisch, weil durch die Innendämmung weniger Wärme nach außen durch das Holz fließt und das Fachwerk insgesamt kälter wird. Damit einher geht eine Verschiebung des Taupunktes in der Wand. Dadurch kann der Feuchtegehalt in der Holzkonstruktion steigen, weil mehr Wassertröpfchen aus der Luft in der Wand ausfallen<sup>1</sup>.

Das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fachwerkwand kann dabei auf unterschiedlichem Wege erfolgen (aus ARNOLD, 2015; KÜNZEL, 1996): 1. durch Wasserdampfdiffusion von innen nach außen, 2. durch Konvektionsströme von feuchtwarmer Luft aus dem Gebäudeinneren, 3. durch die Verringerung des Wärmestroms von innen nach außen kommt es zur Erhöhung der Sorptionsfeuchte und 4. Niederschlagsfeuchte etc. verdampft auf wärmeren Oberflächen besser als auf kälteren und kann schlechter nach innen abtrocknen, weil zusätzliche Bauteilschichten überwunden werden müssen. Durch dauerhaft höhere Holzfeuchten (über 20 u<sub>m</sub>%) kann es zu massiven Pilzschäden kommen (Abb. 39). Das Schadbild ist oft gekennzeichnet durch eine Fäule auf der Innenseite und an den Flanken des Fachwerkes, bei oft intakter / intakterer Außenseite (Abb. 44). Dabei wachsen die Mycelien z. B. des Echten Hausschwammes oft verdeckt, z. B. auch im Holz (Abb. 45). Daher bedürfen Fachwerk-Innendämmungen einer sorgsamten Planung und Ausführung (HAACKE/NATUSCH, 2008). Bei der Auswahl des Dämm-Materials ist auf eine große Wasseraufnahme- und Wasserverteilungs-Kapazität zu achten, wie z. B. bei Kalzium-Silikat-Platten. Jedoch hilft die größte Wasseraufnahme- und Wasserverteilungs-Kapazität nicht, wenn die Feuchte nicht auch wieder abgegeben werden kann. Auch die Einbaufeuchte von Innendämmsystemen kann zur Risikoquelle werden, wenn das Wasser nicht zügig verdunsten kann. Besonders Mörtel, Lehmprodukte und Wärmedämmputze bringen eine hohe Feuchtelast ins Gebäude und bedingen ein Feuchteschadensrisiko. Problematisch können Dämmmaterialien sein, die Holzfasern enthalten, da sie von Pilzen angegriffen werden können, wenn die Holzfeuchte über 20 u<sub>m</sub>% liegt (siehe unten „Feuchtequellen“). LAMERS et al. (2000) haben 22 Gebäude untersucht und kommen zu dem Ergebnis, dass innendämmte Fachwerkbauten schadensfrei bleiben, wenn die Fassade nicht schlagregenbelastet ist – weitere Untersuchungen wären wünschenswert. An schlagregen-geschützten Fachwerkfassaden hat es auch keinen Schaden gegeben, wenn der Wärmedurchlasswiderstand von 1,0 m<sup>2</sup>K/W nicht deutlich unterschritten wurde. Dabei ist dann aber besonders auf die Minimierung der Wasserdampfdiffusion und von Konvektionsströmen feuchtwarmer Luft zu achten (KÜNZEL, 1996; LAMERS et al., 2000; WTA-Merkblatt 8-1).

**Fazit:** Für die zukünftige Fäule-Freiheit einer Innendämmung ist eine moderat hohe Wärmedämmwirkung in Kombination mit einer sorgfältigen Planung und Ausführung sowie die Vermeidung/Verringerung einer zu hohen Schlagregen-Belastung entscheidend. Zu hohe Beanspruchung durch Schlagregen ist für Sichtfachwerk unzutraglich (WTA-Merkblatt 8-1). Die Schlagregen-Beanspruchung ist individuell zu prüfen, da sie von der Umgebung und dem baulichen Schutz abhängig ist (Dachüberstand etc.).

Zier-Räder, Mülltonnen, Blumenkästen und Schmuckgegenstände sollten nicht an Fassaden anliegen, wenn dadurch Regenwasser zu einer Spritzwasserbelastung führt. Die Abb. 40 zeigt die Wirkung eines alten, an das Fachwerk angelehnten Laufrades: Bei jedem Regen wird das Fachwerk durch Spritzwasser feucht. Abstandshalter für die Dekoration halten das Spritzwasser besser vom Fachwerk fern. Alle Einbauten, die Wasser von der Fassade fernhalten sollen, müssen bei Regen (Starkregen) geprüft werden – oft werden erst so Mängel sichtbar. Die Abb. 41 zeigt hierzu das Beispiel einer Dachrinne. Hier kommt es nicht nur zu einer Belastung der Fassade, sondern auch des Dachüberstandes. Bei der Betrachtung der Regenbelastung sind die unterschiedlichen Himmelsrichtungen und ggf. auch Funktionen zu beachten (Abb. 46 und Abb. 47); bei zu starken Belastungen können einzelne Seiten der Fassade mit Schindeln, Brettern etc. abgedeckt werden (Abb. 37).

Spezialisierte Pilze wie Blättlinge (*Gloeophyllum* spp.), Gallertränen (*Dacrymyces* spp.) und Trameten (*Trametes* spp.) siedeln sich schnell an ungeschützten Fassaden an. Ihre Sporen können mit dem Regenwasser direkt ins Holz gelangen (HUCKFELDT/REHBEIN, 2010). Ein weiterer typischer Schadenserreger neben dem Ausbreiteten Hausporling (Abb. 42 bis Abb. 43) ist der Großporige Feuerschwamm – *Phellinus contiguus* (Abb. 50 bis Abb. 52). Auch er verursacht eine intensive Weißfäule. Wichtig ist dabei, dass Hausfäulepilze in Konkurrenz um Nahrung und Lebensraum zueinander stehen, daher treten nicht selten Doppelbefälle in Gebäuden auf (Abb. 42). Daher muss auf die verschiedenen Fäuletypen geachtet werden und ob diese mit den erstellten Pilzdiagnosen zusammenpassen. In der Natur sind Mehrfachbefälle die Regel, so wachsen an Kiefernholz mit Erdkontakt 4-8 verschiedene Fruchtkörper gleichzeitig (RUNGE, 1986).

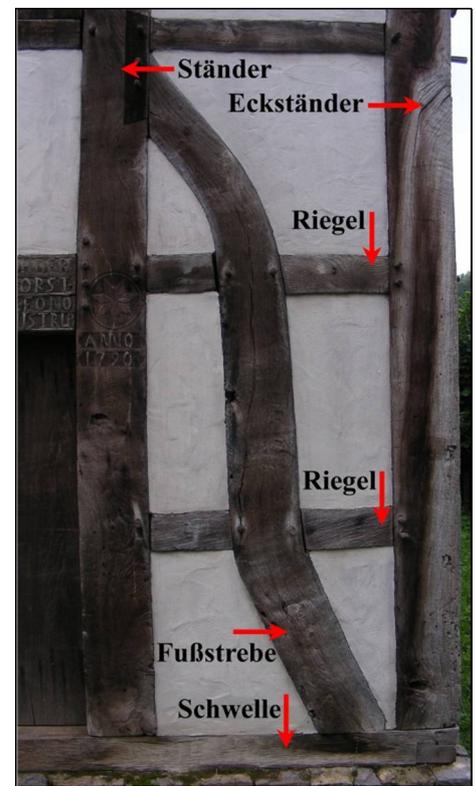


Abb. 33: Fugen prägen den Fachwerkbau.

<sup>1</sup> Dieses Prinzip kann man z. B. an Badspielgen nach dem Duschen beobachten, wenn vielen Wassertropfen zum Beschlagen des Spiegels führen – mit dem Unterschied, dass Spiegel i.d.R. schnell wieder abtrocknen.

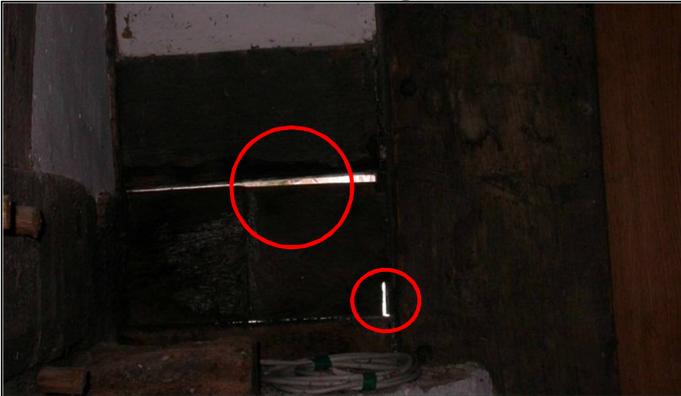


Abb. 34: Bewitterte Giebelseite, Diele: Ob derartige Zwangslüftungen (Kreise) nötig sind, ist diskussionswürdig.



Abb. 35: Bewitterte Giebelseite, Dachgeschoss: Eintrittsöffnung (Kreis) für Flugschnee (↑)



Abb. 36: Braunfäule (Oval) durch einen Weißen Porenschwamm / Braunfäuletrameete unter einem Bad ohne Abdichtungsebene.



Abb. 37: Teil-Abdeckung einer Fassaden-Hälfte mit beschichteten Brettern auf zwei Seiten um eine stark bewitterte Ecke (Pfeil).



Abb. 38: Offene Fugen zwischen Gefach und Balken bzw. Hölzern (roter Pfeil); Mauerwerk und Holz dehnen sich bei Wasseraufnahme und Temperatur-Veränderungen unterschiedlich aus, so dass Risse im Holz und offene Fugen entstehen; Wasserablauf (blauer Pfeil).



Abb. 39: Echter Hausschwamm (*Serpula lacrymans*) als Folge einer ungünstigen Innendämmung, mit massivem Braunfäule-Schaden; Dämmung entfernt. Feuchteintrag entstand durch Kondensation von feuchter Innenluft.



Abb. 40: Fachwerkwand einer Schmiede mit angelehntem Metallring: An diesem Bild wird die Wirkung von Spitzwasser deutlich (Oval).



Abb. 41: Der Anschluss der Regenrinne passt nicht, die Fassade und die Dachunterseite werden durchnässt (Kreise).



Abb. 42: Ausgebreiteter Hausporling (*Donkioporia expansa*): Weißfäule-Erreger, zudem Braunfäuleschaden (Pfeile) durch Braunfäuletramete.



Abb. 43: Ausgebreiteter Hausporling (*Donkioporia expansa*): großer Fruchtkörper an einem Ständer.

Aus dem Gebäudeinneren kommt es durch die Bewohner zu Feuchtebelastungen, die sich aus dem normalen Lebensumfeld ergeben. In den Feuchte-Last-Berechnungen müssen Waschen, Kochen, Zimmerpflanzen, Atmungswasser etc. beachtet werden.

Bei Ein- und Umbaumaßnahmen müssen Abdichtungsebenen in Nassräumen wie Bädern und Küchen eingebaut werden, damit es nicht bei kleinen Wasserschäden zu massiven Fäuleschäden kommt (Abb. 36). Unterhalb der Abdichtungsebene sollte die Wasserführung so ausgeführt werden, dass Wasserschäden beim Versagen der Abdichtungsebene schnell in der darunter liegenden Ebene/Etagen sichtbar werden.



Abb. 44: Folgen einer ungünstigen Innendämmung: typisches Schadbild: äußerer Teil intakt (oben grau beschichtet) und massiver Braunfäule-Schaden innen und im seitlichen Teil (unten und rechts; ↑); mit Insektenschaden (Bunter Nagekäfer – *Xestobium rufovillosum*).



Abb. 45: Echter Hausschwamm (*Serpula lacrymans*): graues, lappiges Mycel und feine Stränge im Inneren eines Fachwerkstiels; intensive Braunfäule mit grobem und feinem Würfelbruch (ohne Insektenschaden).



Abb. 46: Schönes Beispiel für einen historischen gestaffelten Dachüberstand; die Felder sind weiß, damit es in den Zimmer heller wird.



Abb. 47: Grenzen der Wirkung eines Dachüberstandes: der untere Dachüberstand ist unterbrochen, unterhalb sind vermehrt Putzschäden erkennbar (Pfeil).

**Tab. 5: Ausmaß des Quellens und**

**Schwindens von Holz je 1%-Änderung der Holzfeuchte bis Fasersättigung (Daten aus NEBEL, 1981)**

Quellrichtung	Nadelholz	Eiche
tangential	0,24 %	0,4 %
radial	0,12 %	0,2 %
in Faserrichtung	0,01 %	0,01%

Im Bereich zwischen Fachwerk und Ausfachung platzt der Putz häufig ab (Abb. 52 und Abb. 53). Ursache hierfür ist das unterschiedliche Quellen und Schwinden des Holzes und der Ausfachung (ERLER, 2004). Weicher Fugenmörtel und kleinteilige Steine/Ziegel zur Ausfachung sind deshalb empfehlenswert. Werden Gefache neu ausgemauert bzw. neu verputzt, wird der unvermeidliche Riss zwischen Holz und Ausfachung deshalb mit einem Kellenschnitt in seiner Lage vorgegeben. Auch

**Tab. 6: Beispielhaftes Ausmaß des Schwindens von Holz: von 32 % auf 12 % Holzfeuchte bezogen auf Holzlängen von 20 cm (vgl. Abb. 48).**

Quellrichtung	Nadelholz	Eiche
tangential	9,6 mm	16 mm
radial	4,4 mm	8 mm
in Faserrichtung	0,4 mm	0,4 mm

die unterschiedliche Wärmeausdehnung der Materialien bei wechselnden Temperaturen führt zu Spannungen in der Ausfachung. Verkürzt heißt dies: Die Bewegungen des Holzes können von der Ausfachung nicht „mitgemacht“ werden (vgl. Tab. 5 und Tab. 6).

Die Fugen von Ausfachungen sollten entsprechend dimensioniert sein, damit es nicht zu Spannungen kommen kann (ERLER, 2002). Sind erst einmal Risse entstanden, kann mehr Wasser in die Wand eindringen und das Quellen und Schwinden verstärkt sich. Die Folge sind weitere Schäden. Auch KÜNZEL (1996) weist auf diese Problematik der Abplatzungen hin. Eine weitere Ursache von Rissen und Abplatzungen können Probleme bei der Hydrophobierung der Oberfläche der Ausfachungen sein: a) Durch aufsteigende Feuchte kann es zu Salz-Einlagerungen hinter der hydrophobierten Fläche kommen. b) Das nach der Hydrophobierung verstärkt an der Oberfläche ablaufende Wasser, dringt oft vermehrt in die Fugen ein (KRUS/KÜNZEL, 2003). Putze sollten wasserabweisend und nicht saugend sein um Wasser von außen fern zu halten, aber auch offenporig (kleiner Diffusionswiderstand) um Feuchtigkeit aus dem Inneren nach außen abzugeben (NEBEL, 1981). Bei starken Witterungseinflüssen kann die Fassade mit einer Wandverkleidung geschützt werden (Abb. 57). Diese sollte wartungsfreundlich sein (Abb. 58 und Abb. 59). Erste Pilze, die hier auftreten, sind Schimmel- und Bläuepilze, von denen einige zu den Moderfäulepilzen gehören. In der Folge, meist nach längeren Durchfeuchtungen, kann sich auch der Echte Hausschwamm – *Serpula lacrymans* – oder der Braune bzw. Marmorierte Kellerschwamm – *Coniophora puteana* bzw. *C. marmorata* – ansiedeln, wenn sich Feuchtenester bilden, z. B. bei fehlenden Reparaturen (Abb. 60 und Abb. 61).



Abb. 48: Verformung und Risse im nass eingebauten und im Gebäude getrockneten Eichenholz (mit Markröhre, also nicht herzfrei); hier ohne Folgen, da im Innenraum.



Abb. 49: Braunfauler Tot-Ast im Eichenholz. Durch Fauläste im Bauholz können Fäulepilze in Gebäude gelangen; Beispiel hier überzeichnet.



Abb. 50: Großporiger Feuerschwamm (*Phellinus contiguus*): ockerfarbenes Oberflächenmycel; Eckbild: braune, im Mycel wachsende Eckbild: braune, im Mycel wachsende Setae (kleine Dornen), bis 0,17 mm lang



Abb. 51: Großporiger Feuerschwamm: braunes bis graues Fruchtkörperdetail, je Millimeter 2-3 Poren, Poren rund bis lang gezogen



Abb. 52: Giebelseite, der Putz am Übergang von Fachwerk und Ausfachung ist abgeplatzt.



Abb. 53: Weiteres Detail: Risse in der Ausfachung (Kreis), mehr Wasser dringt ein – das Quellen und Schwinden verstärkt sich.



Abb. 54: Innenansicht eines Fachwerkriegels mit grobem Würfelbruch, verursacht durch Braunen Kellerschwamm (*C. puteana*); Ausflughöcher: Bunter Nagekäfer (Eckbild mit Details des Loches).



Abb. 55: Detail von Abb. 54: Braunfäule mit grobem Würfelbruch quer zur Holzfaser – bis ca. 9 cm groß; Ausflughöcher: Bunter Nagekäfer (*Xestobium rufovillosum*).

Diese Fäulepilze durchwachsen oft lehmhaltige, feuchte Ausfachungen. Anders als der Ausgebreitete Hausporling verursachen Haus- und Kellerschwamm eine Braunfäule mit Würfelbruch quer zur Holzfaser (Abb. 54 bis Abb. 55). Wird eine intensiv bewitterte Wandverkleidung abgenommen und das Fachwerk dem Klima ausgesetzt, kann dies ernste Folgen durch Fäulepilze haben, wie KÜLLMER (1995) nachweist. Oft lässt sich an derartigen Fachwerken eine historische Wandverkleidung nachweisen (BÖTTCHER, 2005). Diese sollte spätestens dann wiederhergestellt werden, wenn Fäulepilz-Schäden ihre Notwendigkeit aufzeigen. Ein klassischer Witterungsschutz an Fachwerkfassaden sind z. B. vorgesetzte (auskragende) Geschosse (Abb. 56), Schindeln (Abb. 57 bis Abb. 59) und vorgehängte Zink- und Dachziegel.

**Tab. 8: Stammfäulen, die in der Bauholz-Sortierung für Fachwerkbau auszuschließen sind.**

Pilzarten an Eichenholz	Pilzarten an Nadelhölzer
Rotrandiger Baumschwamm, b	Wilder Hausschwamm, b
Leberreischling, b	Rotrandiger Baumschwamm, b
Schwefelporling, b	Nadelholz Braunporling, b
Striegelige Tramete, w	Saftporlinge, b
Runzeliger Schichtpilz, w	Blutender Schichtpilz, w
Eichen-Schichtpilz, w	Gemeiner Wurzelschwamm, w
Eichen-Feuerschwamm, w	Kiefern-Feuerschwamm, w
Austernseitling, w	

b = Braunfäule, w = Weißfäule

ters seine Grenzen, da ein Befall durch verschiedene Organismen, die zudem oft synergistisch zusammenwirken, kaum über einen längeren Zeitraum abgewehrt werden kann. Grundlage einer jeden Holzkonstruktion in der Gebrauchsklasse 3.2 sollte neben einer entsprechenden Holzarten-Auswahl die Vermeidung / Verminderung einer nachträglichen Befeuchtung sein (Fachwerkteile sollten nach Möglichkeit so gestaltet sein, dass die Gebrauchsklasse 4 nicht auftritt). Als Ziel wäre die Gebrauchsklasse 3.1 wünschenswert. Insbesondere die Bildung von erdähnlichen Bedingungen ist zu vermeiden, denn damit ist die Verschiebung der Gebrauchsklasse von 3 zu 4 (Abb. 1 und Abb. 14) verbunden. Um einen Befall durch holzabbauende bzw. -bewachsende Pilze zu verhindern sollte die durchschnittliche Holzfeuchte unter 20 % liegen. Ist Eichenholz vorgesehen, muss darauf geachtet werden, dass auch das Balken-Innere trocken ist, da Eichenholz nur langsam trocknet. Wird dies vernachlässigt, sind Spalten und Risse die Folge (z. B. Abb. 34 und Abb. 48). Splintholz-Anteile sind für niederschlagsexponiertes Sicht-Fachwerk im Außenbereich ungeeignet. Vorhandenes Splintholz ist im Außenbereich generell vor dem Einbau zu entfernen, egal

Aufsteigender Feuchtigkeit sollte mit dauerhaften Sperrschichten begegnet werden, die sich im jahrelangen Einsatz bewährt haben. Für eine langlebige Fachwerk-Fassadenkonstruktion sollte folgendes berücksichtigt werden (zusammengestellt aus DEPPE/SCHMIDT, 1989; GERNER, 1998a; NEBEL, 1981; WÄLCHLI, 1978; HEIN, 2008; WILLEITNER/SCHWAB, 1981): Der bauliche Holzschutz sollte Vorrang haben vor dem technologisch-chemischen (Beschichtungen und Imprägnierungen). Beim Verzicht auf einen fachgerechten konstruktiven Holzschutz findet auch der chemische Holzschutz öf-

**Tab. 7: Dauerhaftigkeit einiger Bauhölzer in Jahren, bei unterschiedlichen Verwendungen im Fachwerk (Daten aus NEBEL, 1981)**

Holzart	ungeschützt im Freien*	geschützt im Freien*	ständig unter Wasser	vor Regen geschützt – Innenraum
Eiche	80-90	120-140	800-1000	1600-1800
Weißtanne	25-35	110-120	70-80	850-900
Fichte	30-40	90-100	70-80	900-1000
Kiefer	35-60	100-120	350-400	950-1000

\* Vorsicht ist geboten, da NEBEL (1981) keine Quelle angibt, so dass angenommen werden kann, dass es sich um seine eigenen „Erfahrungswerte“ aus dem Fachwerkbau handelt. Andere Fachleute haben ggf. andere Werte, zumal regionale Unterschiede vorkommen werden. Erfahrungsgemäß lassen sich spezifische Erfahrungswerte nicht auf andere Außenbauteile außerhalb des Fachwerkes übertragen.

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze – IF-Holz, Hamburg

ob von Eichen, Kastanien, Kiefern, Lärchen oder Robinien etc. Auch marknahes Holz (juveniles Holz) ist weniger dauerhaft als das Kernholz, daher sollte Holz „herzfrei“ verarbeitet werden. Als Holzqualität ist bei Nadelholz die Sortierklasse S13 und bei Laubholz LS10 zu bevorzugen (DIN 4074-1, DIN 4074-5). Es muss immer Rotstreifigkeit ausgeschlossen werden (vgl. auch den Kommentar zur DIN 68800-1 von ARNOLD auf [www.holzfragen.de](http://www.holzfragen.de)). Dabei geht es nicht um die Tragfähigkeit, da hier oft auch S10 ausreicht. Aber z. B. darf nach S10 rotstreifiges Holz anteilig verwendet werden. Rotstreifiges Holz hat den Nachteil, dass es mit Fäulepilzen infiziert sein kann (jedoch nagelfest ist). Die natürliche Dauerhaftigkeit kann beeinflusst sein, wenn es sich bei den Pilzen um Stammfäulen handelt. Vorinfektionen sind mit einigen Stammfäule-Pilzen oder Astreinigern an Eiche und an anderen Holzarten möglich (Tab. 8 und Abb. 49). Befall, der von vorinfiziertem Holz ausgeht, ist jedoch schwer nachweisbar und die Dunkelziffer unklar, deshalb sollte an Sichtfachwerk generell auf rotstreifiges Holz verzichtet werden (HUCKFELDT/SCHRÖTER, 2005). Starker Wechseldrehwuchs und Holzanomalien können, aber müssen nicht zu einer verkürzten Standdauer führen (Abb. 62 und Abb. 63). Die Tab. 7 gibt „Erfahrungswerte“ für die Lebensdauer unterschiedlicher Fachwerkhölzer an. Im Einzelfall kann die Standzeit länger, aber auch deutlich kürzer sein. Bewährt für den Fachwerkbau haben sich folgende Holzarten: Eiche, Ulme, Tanne, Fichte, Kiefer und Lärche (GROßMANN, 1987). Bei der Holzauswahl sollte beachtet werden, dass nur Eiche und Ulme zur Dauerhaftigkeitsklasse 2 gehören. Bei Fassaden mit Schlagregenbelastung ist Innendämmung zu vermeiden. Zumindest sollte der Wärmedurchlasswiderstand von 1,0 m<sup>2</sup>K/W nicht unterschritten werden, und durch regelmäßige Kontrollen ist die Schadensfreiheit sicherzustellen bzw. bei beginnenden Fäuleschäden ein frühes Eingreifen zu sichern. Hierzu gibt WETZEL et al. (1996) an, dass Fachwerk-Fassaden mindestens alle zwei Jahre konstruktionsbedingt überprüft und ggf. gewartet werden müssen. Die von Neubauten gewohnten langen Prüfungsintervalle können nicht erwartet werden.



Abb. 56: Baulicher Holzschutz durch ausragende Geschosse; oben ist der Witterungs-Schutz geringer, da der Dachüberstand kleiner ist.



Abb. 57: Fassade wurde mit einer Wandverkleidung auf der stark bewitterten Seite einer Durchfahrt geschützt; Garten- und Straßenseite mit Fachwerkansicht.



Abb. 58: Ausschnitt einer vergrauten, reparaturbedürftigen Fassade mit Schindel-Wandverkleidung. Neue Schindeln können vom Dachdecker meist problemlos eingesetzt werden.



Abb. 59: Detail: drei unterschiedliche Schindelformen wurden verarbeitet. Nägel sollten nicht im Bereich des Wasserablaufes eingeschlagen werden (GRIEP, 2002).



Abb. 60: Echter Hausschwamm (*Serpula lacrymans*): braune, weißrandige und dicke Fruchtkörper; Schäden waren am Fachwerk von außen nicht sichtbar; nicht sichtbare Teile mit massiven Braunfäule-Schäden.



Abb. 61: Echter Hausschwamm: Oberflächenmycel an einem innen liegenden Fachwerk (Putz entfernt) nach Wasserschaden; intensive Braunfäule mit Würfelbruch; das Mycel hat den Lehm – im Gegensatz zum Holz – nicht vollständig bewachsen.

### Außentüren

Außentüren sind oft in hohem Maße dem Klima- und Wettergeschehen ausgesetzt. Um Ihre Funktion zu erfüllen, müssen sie regelmäßig gewartet und Verschleißteile fachgerecht ersetzt werden: Hierzu zählen Schwellen, Leisten und die unteren Teile von Türzargen, aber auch Anstriche (Abb. 65 und Abb. 67 bis Abb. 71). Ob möglicherweise ein Abschrägen von Tür-Schwellen oder andere Maßnahmen hilfreich sein können, muss jeweils vor Ort geprüft werden. Ggf. helfen kleine Abdeckungen, wie bei den Fenstern weiter (Abb. 78), wenn Teile der Witterung stark ausgesetzt sind. In Freilichtmuseen werden im Winter Fassaden auch durch Netze geschützt.



Abb. 62: Historischer Fachwerk-Riegel mit Anomalie in der Holzstruktur (Wechseldrehwuchs).

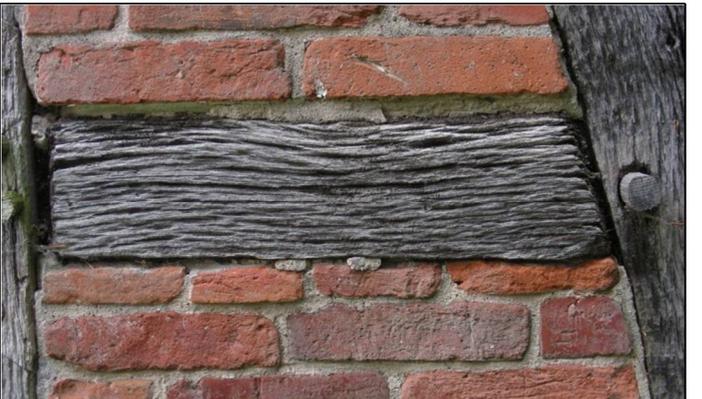


Abb. 63: Stark gealterter, historischer Fachwerk-Riegel (Eiche) – die Unterschiede zwischen Früh- und Spätholz sind sichtbar.

Details, die auch bei einfachen Stalltüren nicht fehlen sollten, sind Leisten an der Zarge (Verleistung, Abb. 71), die das Eindringen von Regen, Wind und Schnee begrenzen (Abb. 65 und Abb. 72). Ein typischer Schadenserreger an Schwellen und Fußpunkten ist, neben den Moderfäulepilzen, u. a. der Braune Kellerschwamm (Abb. 69 und Abb. 68). Wie der Echte Hausschwamm verursacht der Braune Kellerschwamm eine Braunfäule und durchwächst Mauerwerk. Hierzu sind einige Pilze in der Lage (Tab. 9). Fruchtkörper werden selten gebildet. Eine genaue Diagnose ist hier sinnvoll, da nicht alle Hausfäulepilze Mauerwerk durchwachsen können. Jene, die dazu in der Lage sind, greifen Fenster und Türen bevorzugt vom Mauerwerk aus an. Ihr Auftreten kündigt häufig größere Schäden an, z. B. an Balkenköpfen, Fachwerk und Streichbalken.



Abb. 64: Übersicht einer Stall-Tür; Schadensschwerpunkte (Kreise) sind immer Schwellen-Bereiche und die anschließenden Zargenteile; feuchte Stellen (Pfeile).



Abb. 65: Detail des Eichenholzes von Abb. 64: Schäden durch Pilze (Braunfäule-Schaden) und Insekten (Bunter Nagekäfer, *Xestobium rufovillosum*); Eckbild zeigt diskusförmiges Bohrmehl und Larve.



Abb. 66: Innenseite einer großen Diele mit Steinfußboden: Wasser-einlauf von über einem Meter auf dem Dielenboden (Linie)

Abb. 67: Vordere Giebelseite (Detail von Abb. 66), linke Tür von innen aus gesehen: Teile durch einen Braunfäule-Erreger zerstört – Eintrittsöffnung auch für Flugschnee.

Tab. 9: Asco- und Basidiomyceten im / am Mauerwerk – ergänzt nach HUCKFELDT (2009a)	
Hausfäulepilze, die Mauerwerk durchwachsen	Andere Pilze bzw. Artengruppen, die Mauerwerk durch- / bewachsen
Echter Hausschwamm ( <i>Serpula lacrymans</i> )	Tintlinge ( <i>Coprinus</i> spp.) (4-9 Arten)
Wilder Hausschwamm ( <i>S. himantiodides</i> )	Becherlinge ( <i>Peziza</i> spp.), bisher nur oberflächlich wachsende Stränge nachgewiesen.
Brauner Kellerschwamm ( <i>Coniophora puteana</i> )	Rotfußröhrling ( <i>Xerocomus</i> spp.) und andere Mykorrhiza-Bildner mit Hut und Stiel
Marmorierter Kellerschwamm ( <i>C. marmorata</i> )	Haariges Filzgewebe ( <i>Tomentella crinalis</i> ) zusammen mit den Wurzeln des Mykorrhiza-Partners
Weißer Porenschwamm / Braunfäuletramete ( <i>Antrodia vaillantii</i> )	Stinkmorchel ( <i>Phallus impudicus</i> ) – Verdacht, eindeutiger Beweis fehlt.
Gelber Porenschwamm / Braunfäuletramete ( <i>Antrodia xantha</i> ) – Verdacht	Birnen-Stäubling ( <i>Lycoperdon pyriforme</i> ) - nur zusammen mit Fäulepilzen
Kiefern-Fältlingshaut ( <i>Leucogyrophana pinastri</i> )	Gelbbraune Schleimtrüffel ( <i>Melanogaster broomeianus</i> ) – zusammen mit den Wurzeln des Mykorrhiza-Partners
Glattsporiger Sternsetenpilz ( <i>Asterostroma laxum</i> )	<i>Rhizoctonia</i> spp. = <i>Thanatephorus</i> spp.
Ockerfarbener Sternsetenpilz ( <i>A. cervicolor</i> )	Hallimasch-Art ( <i>Armillaria</i> spp.) – Verdacht, eindeutiger Beweis fehlt.
Muschel-Krempling ( <i>Paxillus panuoides</i> ) nur zur Fruchtkörper-Bildung	Netzsporiger Gelbflockiger Hartbovist ( <i>Scleroderma bovista</i> ) – zusammen mit den Wurzeln des Mykorrhiza-Partners

### Fachwerk-Fenster

Bewitterte Fachwerk-Fenster sind in besonderem Maße belastet und zeigen häufig Schäden. Beschichtung und Verkittungen weisen oft Alterungs- und Bewitterungs-Spuren auf (Abb. 70-Abb. 74, Abb. 88-Abb. 89). Um Folgeschäden zu vermeiden müssen die Wartungsintervalle eingehalten werden. Das regelmäßige Kontrollieren, Pflegen und Reparieren von Fenstern dürfte billiger sein, als schon nach wenigen Jahren neue Fenster einbauen zu müssen. Häufig führen Beschichtungsschäden an Nadelholz-Fenstern zu Befällen mit Blättlingen (*Gloeophyllum* spp. – Abb. 76 und Abb. 77) oder Braunfäuletrameteten (*Antrodia* spp.) und an Laubholz-Fenstern zu Befällen mit Trameten (*Trametes* spp. – Abb. 80 und Abb. 81). An Laub- und Nadelholzfenstern treten zudem auch Kellerschwämme (*Coniophora* spp.) und Gallertränen (*Dacrymyces* spp.) auf. Die vier ersten Pilzgruppen zerstören Holz schnell und substanzuell (HENNINGSSON/KÄÄRIK, 1982; DESPOT/GLAVAŠ, 1999; SCHMIDT, 2006). Beschichtungsschäden entstehen z. B. durch Alterung, Bläuepilze, Verletzungen durch Nägel oder massive Hagelereignisse. Bereits feine Beschichtungsschäden können nach einiger Zeit zu massiven Schäden führen, bis hin zum Totalverlust einzelner Bauteile (meist der unteren Rahmen-Teile und nicht selten als Innenfäule – Abb. 75). Die Abb. 74 und Abb. 77 zeigen eindrucksvolle Beispiele. In der dargestellten Einbausituation und bei dem schon eingetretenen Schaden muss auch mit Folgeschäden gerechnet werden, da das unterliegende Fachwerk feucht wird, weil die eigentlich schützenden Bauteile ausgefallen sind (Abb. 73).



Abb. 68: Untypisch helle, weil junge Stränge des Braunen Kellerschwamms am Ziegelstein (nicht sklerotisiert – jung eingetrocknet, daher so hell); Strangdurchmesser unter 1 mm; Maßstab mit Millimeteinteilung (rechts); linkes Bild: Sklerotierungsprozess

Abb. 69: Festhaftende Stränge des Braunen Kellerschwamms (*Coniophora puteana*) in der Mörtelschicht eines Ziegelsteins: typische schwarze Stränge mit z. T. hellem Mycel dazwischen; Maßstab mit Millimeteinteilung (unten); Eckbild: Strangaufbruch – innen hell.



Abb. 70: Das Blendrahmen-Fenster liegt bündig in der Fassade, ohne baulichen Holzschutz ist es stark der Witterung ausgesetzt: Die Beschichtung und die Verkittungen zeigen Spuren des Alters; Eckbild: Fruchtkörper eines Zaunblättlings (*Gloeophyllum sepiarium*).

Abdichtungen an Fenstern haben die Funktion, Wasser aus der Konstruktion fernzuhalten. Allerdings geht von Abdichtungen auch eine Gefahr aus: Einmal eingedrungenes Wasser kann nur schlecht wieder entweichen (GERNER, 1998b). Auch Spachtelmasse als Holzersatz an Fehlstellen hat diese Wirkung. (Abb. 86 und Abb. 87). Befindet sich oberhalb der ausgebesserten Stelle oder in der Spachtelmasse selbst ein Riss, kann an der Fassade ablaufendes Regenwasser in den Riss eindringen, aber nur schlecht wieder ablaufen oder verdunsten (Abb. 87). Holzeinlagen an bewitterten Teilen sind besser.

Können Beschichtungen nicht gepflegt werden, kann es besser sein, die Fenster unbeschichtet zu belassen. Eindringendes Wasser wird dann schneller wieder abgegeben. Wichtig ist dann jedoch, dass die Hölzer dauerhaft und splintfrei sind und ein ausreichender baulicher Holzschutz besteht.



Abb. 71: Wetterseite eines Fachwerkhäuses von innen mit Schadenssituation: Durch fehlende Seitenleisten an der Türzarge geht dem Gebäude Wärme verloren und Wasser dringt ein (vgl. auch Abb. 72).



Abb. 72: Wetterseite eines Fachwerkhäuses von innen: Anders als bei der Tür (Abb. 71) sind hier Deckleisten (**Linie**) vorhanden. Es dringt weniger Niederschlag (Regen und Schnee) ein.



Abb. 73: Fenster mit massiven Schäden an der Holzsubstanz am unteren Wetterschenkel und am Fensterflügel; die Moose und Algen zeigen die Vernachlässigung an; das unterliegende Fachwerk wird feucht (roter Pfeil), Eckbild: Fäulebild im Querschnitt (Pfeile: scharfe Befallsgrenze); Mycel (blauer Pfeil).



Abb. 74: Detail aus Abb. 73: massiver, tiefgreifender Schaden durch einen Braunfäule-Erreger; Würfelbruch sichtbar; Eckbild: Abhängigkeit des Fäule-Verlaufes von der Holzfeuchte – nicht befallene, untere Eichenkernholz-Bereiche waren zu trocken.

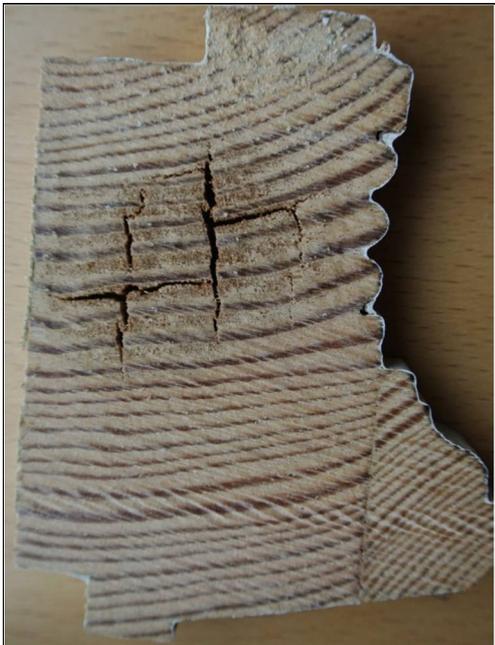


Abb. 75: Braunfäuletramete (*Antrodia* sp.): von außen nicht sichtbare Braunfäule als Innenfäule.

Ein Vergrauen des Holzes muss dabei allerdings hingenommen werden (Abb. 58) und es entsteht so ein besonderes Erscheinungsbild (Abb. 86). Fehlt der bauliche Holzschutz, muss mit der meist langsamen Zerstörung der Holzoberfläche durch Moderfäulepilze, Schichtpilze und Gallerttränen (*Dacrymyces* spp.; Abb. 82 und Abb. 83) gerechnet werden.

Besondere Probleme ergeben sich bei nachträglich angesetzten Holzteilen, die den baulichen Holzschutz verbessern sollen. In den Abb. 84 und Abb. 85 wird das Beispiel eines angesetzten Wetterschenkels gezeigt, hinter den vermehrt Wasser läuft, was das unterliegende Fachwerk feucht werden lässt. Auf Eichenholz spezialisierte Pilze treten dann vermehrt auf. Das gleiche Beispiel zeigt auch den prinzipiell sinnvollen Einsatz von Wetterschenkeln: Ein Teil des ablaufenden Wassers tropft an der gut ausgebildeten Tropfkante ordentlich ab, hier liegt der Fehler im Detail (Abb. 85). Eine Möglichkeit zum baulichen Holzschutz bieten Wetterschutzschienen und kleine, oft unauffällige Überdachungen, die oberhalb des Fensters angesetzt werden (Abb. 78 und Abb. 79). Wetterschutzschienen sollten Endkappen haben. Diese müssen am Blendrahmen abgedichtet werden, zudem ist die Verbindung zwischen Endkappe und der Wetterschutzschiene wasserdicht zu verkleben. Muss auf Endkappen verzichtet werden, ist ein Luftspalt zwischen aufrechtem Blendrahmen und Wetterschutzschiene vorzusehen, damit es durch die thermische Dehnung der Schiene nicht zu Beschichtungs-Schäden kommt. Bei windexponierten Gebäuden helfen derartige Kleindächer und Wetterschutzschienen aber nur wenig; sie sind gedacht für Gebäude, bei denen nur mäßig viel Schlagregen die Fassade belastet.



Abb. 76: Typischer, konsolenförmiger Fruchtkörper des Tannenblättlings (*Gloeophyllum abietinum*) mit brauner, borstiger Oberseite und 8-14 Leisten je Zentimeter auf der Unterseite



Abb. 77: Untypischer Fruchtkörper des Tannenblättlings: Eine Oberseite konnte sich aufgrund von Platzmangel nicht bilden, der Fruchtkörper ist flach anliegend (resupinat) gewachsen.



Abb. 78: Baulicher Holzschutz: Historisches Fachwerk-Denkmal ohne Dachüberstand: Die Fenster liegen bündig in der Fassade und wurden mit einem kleinen, metallverkleideten Vordach aus Holz geschützt.



Abb. 79: Baulicher Holzschutz: Wetterschutzschiene am Fenster mit Endkappen. Die Endkappen müssen am Blendrahmen angedichtet werden, zudem ist die Verbindung zwischen Endkappe und der Wetterschutzschiene wasserdicht zu verkleben.

Nach ersten Beschichtungs-Schäden kommt es oft zu Haftproblemen des Beschichtungssystems insgesamt, weil Mikroorganismen, die sich unter der Lackschicht ansiedeln, die oberste Holzschicht verändern (Abb. 88-Abb. 89).

Weitere Haftprobleme und ihre Ursachen sind in der Literatur zusammengefasst (z. B. RIECHE, 1981; TRETTER, 2004). Dass Fenster regelmäßige Kontrollen und Pflege benötigen, ist vielfach belegt (Abb. 89; SEIFERT, 1974). Leinölkitt dürfen erst nach dem Aushärten überstrichen werden, wenn sie nicht mehr schwinden. Wird zu früh überstreichen, schwindet der Kitt und die Beschichtung blättert ab. Die früher üblichen Ölfarben haben ähnliche Eigenschaften wie die Leinölkitt (z. B. Wärmeausdehnung) und schützen den Fensterkitt vor der Witterung. Silikone sollten m. E. nicht überstrichen werden. Die Lackschicht kann sonst der Bewegung der Fugenmasse nicht immer folgen und reißt. In der Folge dringt Wasser ein und läuft hinter die Beschichtung – Schäden durch Mikroorganismen können die Folge sein. Die ersten Vertreter sind oft Bläuepilze, die zu weiteren Lackschäden führen (Abb. 90-Abb. 91). Konidien und Sporen von Mikroorganismen, wie Bläuepilzen, gelangen durch Wind, Regen und Insekten auf die Oberflächen von Holz oder Beschichtung (INGOLD, 1971) und eine Infektion ist innerhalb einer kurzen Zeitspanne möglich. Der Befall durch Bläue-, Moderfäule- und Schimmelpilze beginnt mit der Keimung der Konidien oder Sporen auf der Oberfläche oder, wenn die Sporen ins Holz gewaschen wurden, auch in den äußeren Zellschichten des Holzes oder auch in Fugen. Nach der Sporenkeimung wächst ein anfangs empfindliches Mycel, das durch regelmäßiges Pflegen und Warten noch einfach entfernt oder zum Absterben gebracht werden kann. Sobald aber die Hyphen der Mikroorganismen in die Beschichtung oder die ersten Zell-Lagen des Holzes eingewachsen sind, reicht ein einfaches Putzen nicht mehr aus.



Abb. 80: Striegelige Tramete (*Trametes hirsuta*) an einem Fenster mit Wetterschutzschiene, deren Verbindung zur Endkappe nicht wasserdicht verklebt war.

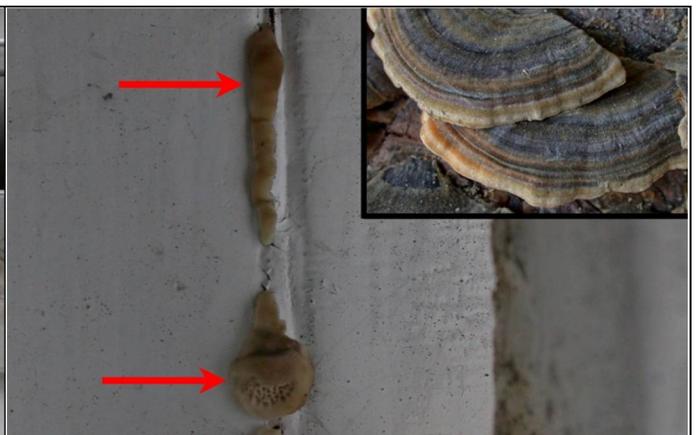


Abb. 81: Striegelige Tramete: Am Fenster wachsen z. T. kleinste Fruchtkörper aus den Fugen (Pfeile); Eckbild: Fruchtkörper einer normalen Schmetterlings-Tramete (*Trametes versicolor*).



Abb. 82: Frische Fruchtkörper der Zerfließenden Gallertträne (*Dac-*



Abb. 83: Trockene, geschwundene Fruchtkörper der Gestielten Gal-

*rymyces stillatus*), ca. 2 mm im Durchmesser.

lerträne (*Dacrymyces capitatus*), Maßstab links mit Millimetern.



Abb. 84: Blockrahmen-Fenster mit Blei-Sprossen: Der vorgesetzte untere Wetterschenkel ist unzureichend mit der hinteren Konstruktion verbunden.

Abb. 85: Baulicher Holzschutz: Detail der Konstruktion von Abb. 88: Wasser tropft an der ausgebildeten Tropfkante ab (Kreise), aber Wasser läuft hinter dem Wetterschenkel in die Fachwerk-Konstruktion.

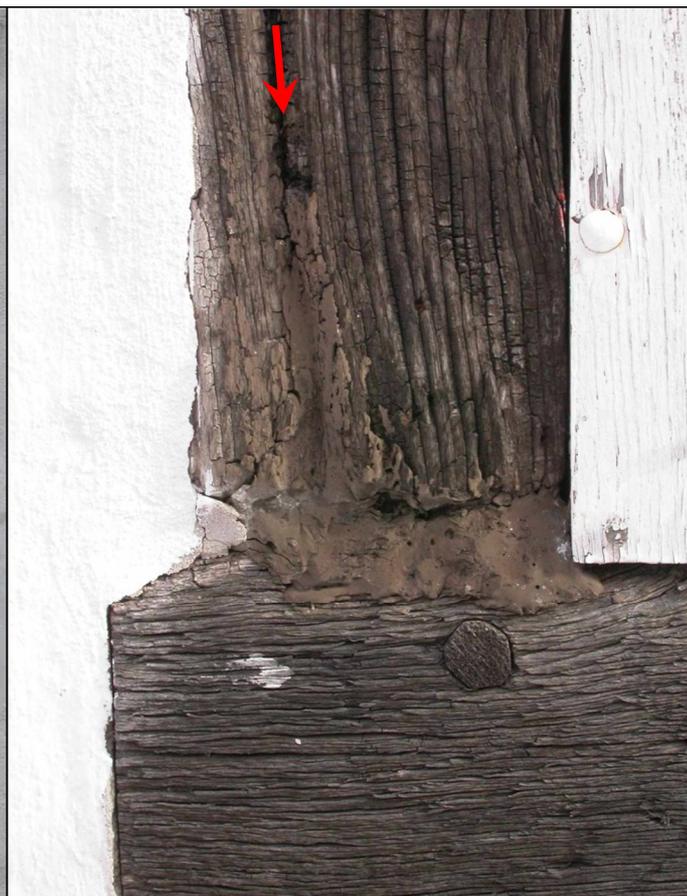


Abb. 86: Das Blockrahmen-Fenster mit feststehender Verglasung liegt bündig in der Fassade; Anschlüsse mit Spachtelmasse (Kreise) abgedichtet.

Abb. 87: Detail von Abb. 86: Oberhalb der Verspachtelung liegt ein Riss (Pfeil), eingedrungenes Wasser kann schlecht ablaufen oder verdunsten.

Die Hyphen der Pilze ernähren sich anfangs von den löslichen Zuckern im Holz, später von den photochemisch freiwerdenden Produkten des Holzes. Da Nährstoffe nur an der Holzoberfläche frei werden, bleibt der mikrobielle Befall meist auf die oberen Holz-Zell-Lagen beschränkt. Nur wenige Bläuepilze haben die Fähigkeit Holz über längere Zeiträume auch etwas zu schädigen, so z. B. die Anstrichbläue *Aureobasidium pullulans* (SEIFERT, 1964). Erst im weiteren Verlauf der Schad-Entwicklung – mit dem Auftreten von Fäulepilzen – wachsen Bläue- und Schimmelpilze vermehrt auch im Holzinnern.

Auf die Auswahl des jeweils richtigen Beschichtungssystems kann hier nicht eingegangen werden, es wird auf die Publikationen von JANOTTA (1973), BÖTTCHER (2006) und HEIN (2008) verwiesen. Hinweis: Nach BÖTTCHER (2005) sind für Fachwerk im Außenbereich nur Anstriche mit einem Diffusionswiderstand unter 0,5 m geeignet. Damit sind die meisten Anstrich-Systeme für diesen Einsatz ungeeignet. Hierunter fallen auch so genannte historische Ölanstriche (BÖTTCHER, 2005). Dies ist unter Denkmalpflegern jedoch umstritten und Ölfarben gelten im historischen Fachwerkbau als praxisbewährt. Eine mögliche Ursache ist, dass sich Ölfarben auf Holz anders verhalten als der freie Film, der zur SD-Wert-Prüfung erzeugt wird (ARNOLD, pers. Mitt., 2015).



Abb. 88: Sprossenfenster mit Wartungsbedarf der Beschichtung.



Abb. 89: Detail des abgeplatzten Anstrichs (Oval) von Abb. 88. Fensterkitt überstrichen (Pfeile).

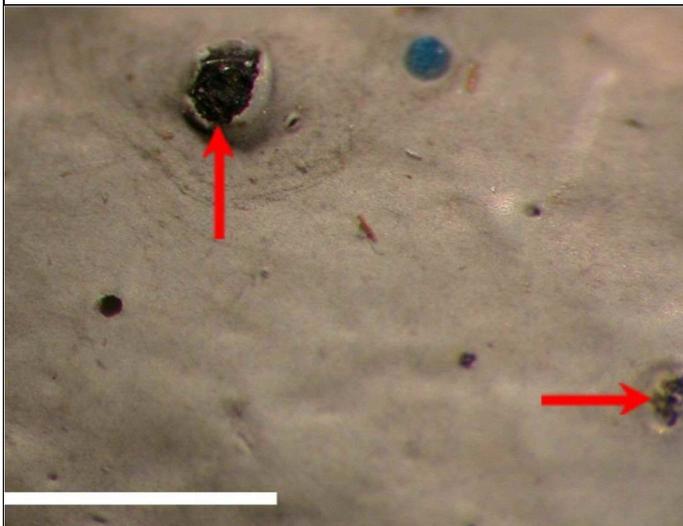


Abb. 90: Mikroskopische Aufsicht auf einen Beschichtungsfilm: Bläuepilze durchdringen mit ihren Fruchtkörpern (Pfeile) die Beschichtung; Maßstab: 0,5 mm.

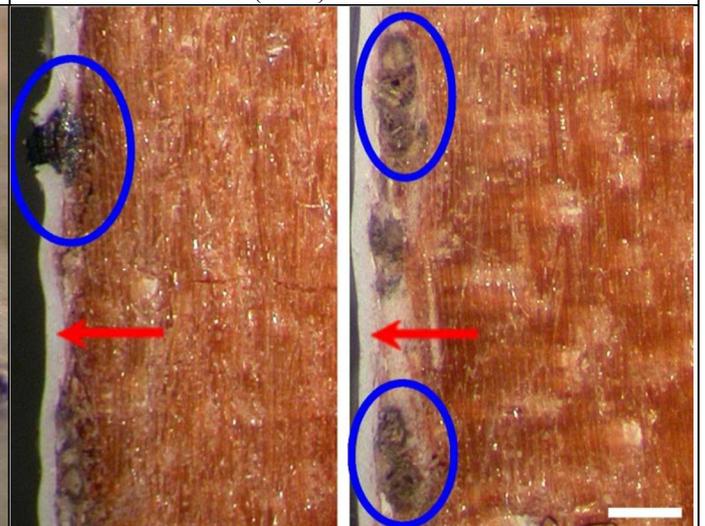


Abb. 91: Querschnitt durch eine Beschichtung: reife Fruchtkörper (Ovale) von Bläuepilzen durchdringen die Beschichtung (Pfeile) bzw. liegen darunter; Maßstab: ca. 0,2 mm.

### Schimmelpilze am Fachwerk außen und innen

An feuchten Fachwerkteilen sind Schimmelpilze häufig. Schimmelpilze gehören zusammen mit Bläuepilzen zum natürlichen und kaum vermeidbaren Bewuchs an bewittertem Sichtfachwerk und anderen Hölzern im Freien. Sie sind Mitverursacher der schönen, silbergrauen Patina (HUCKFELDT, 2008). Eine Schimmelpilzbesiedlung ist an vorgeschädigten Hölzern oder nassem Bauholz zu erwarten. Die Abb. 92 zeigt das Beispiel eines fäule-vorgeschädigten Balkens einer Dielendecke. Schimmelpilze ernähren sich von den leicht löslichen Bestandteilen des Holzes und von anderen Mycelien oder von organischen Ablagerungen wie Fetten und Ölen (SCHMIDT, 1994; REIB, 1997). Die Abb. 96 und Abb. 97 zeigen ein Beispiel einer nicht mehr in Betrieb befindlichen Raucher-Kammer mit Schimmelpilzbildung. Prinzipiell können organische Verschmutzungen die Schimmelpilzbildung fördern (HANKAMMER/LORENZ, 2003). Nach REIB (1997) und ADAN/SAMSON (2011) besteht die Gefahr eines Schimmelpilzbefalls ab Luftfeuchten über 70 % r. L. Die starke Besiedlung weist auf höhere Luftfeuchten hin. Einige Schimmelpilze (z. B. Holzschimmel und Aflatoxin-Bildner) haben eine antagonistische Wirkung gegen Hausfäulepilze und einige holzerstörende Insekten (BECKER, 1968; BECKER et al., 1969). Die Idee, Schimmelpilze zur Bekämpfung dieser Schädlinge in Innenräumen einzusetzen, wurde jedoch aus nahe liegenden Gründen verworfen (RYPÁČEK, 1966). Zudem haben andere Schimmel-, Hefe und Moderfäulepilze hingegen eine fördernde Wirkung. So begünstigen einige Hefepilze das Keimen von holzerstörenden Pilzen (CLÉMENÇON, 1997). Schimmelpilzbewuchs im Freien und an bewittertem Holz muss akzeptiert werden, da er zu unserer natürlichen Umwelt gehört.

Häufig klagten allergieveranlagte Menschen über folgende u. a. durch Schimmelpilze verursachte Beschwerden: tränende Augen, Kopfschmerzen und Mattigkeit, die jedoch nicht immer mit dem Schimmelpilzbefall in Verbindung gebracht werden (DE HOOG et al., 2000). Von Schimmelpilzen in Innenräumen gehen einige Gefahren aus, die von leichten Allergien bis hin zu lebensbedrohlichen Pilzinfektionen bei vorbelasteten Personen reichen können (TIETZ et al., 2005). Letzteres ist sehr selten. Verschimmelte Holzteile sind daher in öffentlichen Innenräumen immer zu ersetzen / zu reinigen. Auch ein Schimmelpilzbefall in bewohnten Innenräumen sollte entfernt werden, da gesundheitliche Probleme auftreten können (u. a. DE HOOG et al., 2000). Die meisten Beschwerden werden von den ungeschlechtlichen Sporen (Konidien und ihren Bruchstücken) der Schimmelpilze verursacht. Gebildet werden sie an den Mycelien bzw. Fruchtkörpern. Besonders gefährdet sind Babys, alte und abwehrgeschwächte Menschen (z. B. Menschen mit einer HIV-Infektion oder nach einer Transplantation). Bei kulturhistorisch bedeutenden, aber braun- oder weißfaulen Bauteilen in Innenräumen, die nicht gereinigt werden können, sollte eine Abwägung mit Einzelfallbewertung erfolgen.



Abb. 92: Grünlicher Schimmelpilzbefall an einem oberflächlich faulen Deckenbalken im Innenraum einer Diele (Kreis).

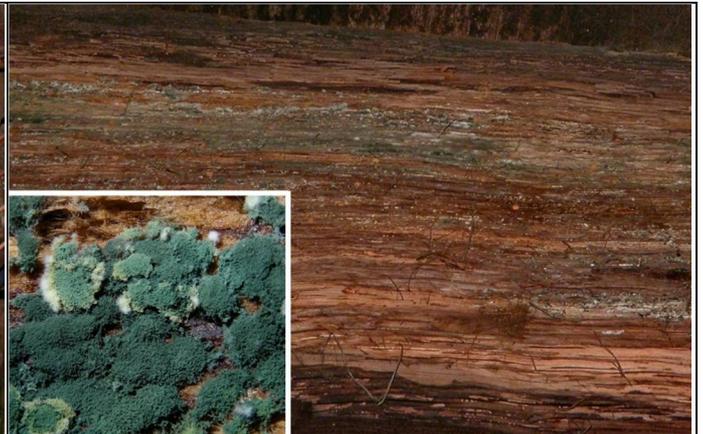


Abb. 93: Detail des Befalls: *Trichoderma* sp. (Grüner Holzschimmel); Eckbild zeigt weitere Details



Abb. 94: Lupenbild (ca. 5-fach) – verschimmeltes Holzteil: Befalls-Detail des Grünen Holzschimmels (*Trichoderma viride*)



Abb. 95: Fein-warzige, leicht grünliche Konidien von *Trichoderma viride* bei ca. 1000-facher Vergrößerung



Abb. 96: Decke einer nicht mehr genutzten Räucherammer mit starker Schimmelpilzbildung (graue Flecken bzw. Belag)



Abb. 97: Detail der verschimmelten Oberfläche von Abb. 96 mit einzelnen Schimmelpilzkolonien z. B. von *Aspergillus* sp. (Kreise)

## Die Lebensweise von Hausfäulepilzen

Als Lebensgrundlage benötigen Pilze Nährstoffe, Feuchtigkeit, Sauerstoff und günstige Temperaturen. Holz ist die Nährstoffquelle aller Hausfäulepilze. Zur Ausbeutung des Holzes und zu ihrer Entwicklung bilden sie ein Hyphen-Netzwerk aus, das verschiedene Aufgaben erfüllt. Allgemein bekannt sind die Fruchtkörper, in denen die Sporen entstehen. Für ihr Wachstum werden zahlreiche Nährstoffe benötigt, die aus dem Holzabbau stammen. Die Fruchtkörperbildung kann daher nicht am Anfang einer Schadensentwicklung stehen, sondern zeigt einen aktiven und ggf. fortgeschrittenen Befall an, der i. d. R. umgehende Sanierungsmaßnahmen erfordert. Weniger bekannt sind die Oberflächenmycelien und Stränge, die zum Bewachsen von Holz bzw. Mauerwerk und zum „Suchen“ neuer Hölzer dienen. Stränge sind haardünne bis schnurdicke „Leitungen“, die Nährstoffe transportieren und das Substratmycel mit den Fruchtkörpern und den Wachstumszonen verbinden. Der eigentliche Holzabbau wird jedoch vom genannten Substratmycel geleistet, das verborgen im Inneren des Holzes wächst und alle übrigen Teile des Pilzes ernährt. Beim Holzabbau werden die nahrungsrelevanten Bestandteile des Holzes herausgelöst und vom Pilz aufgenommen – das Holz wird gleichsam aufgelöst. Die Vertreter der verschiedenen Fäuletypen unterscheiden sich in ihrem kohlenhydratspezifischen Nährstoffbedarf. Braunfäulepilze zerstören als Kohlenhydratquelle besonders Cellulose und Hemicellulose, Weißfäulepilze auch das Lignin. Zum Auflösen wird Wasser benötigt, da die holzabbauenden Enzyme, die von den Hyphen ausgeschieden werden, nur wasserbasiert funktionieren, vergleichbar den Enzymen in vielen Waschmitteln. Wie viel Wasser gebraucht wird, hängt von mehreren Faktoren ab: Temperatur, Fäuletyp, Pilz- und Holzart. Aber alle Fäulepilze benötigen feuchtes oder nasses Holz. Ihr mini-

maler Feuchtigkeitsbedarf liegt im Vergleich zu den Trockenholzinsekten höher (Tab. 10; HICKIN, 1963; NOLDT, 2005, 2014). Der Grund liegt in der Art der Verdauungsweise: Insekten verdauen Holz mit Hilfe von Pilzen und Bakterien in ihrem Darm. Hierzu wird trockenes Holz auf dem Weg zum Darm angefeuchtet. Die Chitinhaut der Larven schützt also die Pilze und Bakterien im Darm vor Austrocknung. Die Fäulepilze verdauen Holz außerhalb ihres Körpers im Holz selbst. In beiden Fällen wird letztendlich feuchtes Holz abgebaut.

### Feuchtequellen

Die Hauptursache für eine Holzerstörung durch Hausfäulepilze ist eine zu hohe Holzfeuchte. Trockenes Holz kann von Fäulepilzen nicht abgebaut werden. „Trocken“ meint unter  $u_m = 20\%$  Holzfeuchte. Eine sach- und fachgerechte Instandsetzung und Sanierung zielt daher auch auf die dauerhafte Beseitigung von Feuchtequellen ab. Die in Frage kommenden Feuchtequellen sind im Wesentlichen Regen-, Grund- und Brauchwasser, aber auch Kondenswasser, in selteneren Fällen auch Löschwasser nach Haus-/Wohnungsbränden. Eine eher untergeordnete Rolle – allerdings mit Ausnahmen – spielen der pilzeigene Wassertransport über kurze Distanzen und das Atmungswasser (Stoffwechselwasser) der Pilze. Dies betrifft oft Hölzer, die – einmal feucht geworden – nicht/kaum wieder abtrocknen können, z. B. Holz unter Laminat, PVC oder Kacheln.

**Tab. 10: Feuchtigkeitsansprüche einiger Hausfäulepilze an Kiefernspiltholz bei Masseverlusten von über 2% im Minimum (türkis), über 10% im Optimum (blau) und über 2% im Maximum (dunkelblau); nach HUCKFELDT/SCHMIDT (2015)**

Holzfeuchte	20-30 $u_m\%$ <sup>1</sup>	30-40 $u_m\%$ <sup>1</sup>	40-50 $u_m\%$ <sup>1</sup>	50-100 $u_m\%$ <sup>1</sup>	> 100 $u_m\%$ <sup>1</sup>
Brauner Kellerschwamm <i>Coniophora puteana</i>	21,5 $u_m\%$	36,4-210 $u_m\%$			<
Tannenblättling <i>Gloeophyllum abietinum</i>	21,6 $u_m\%$ <sup>2</sup>	40,1-208 $u_m\%$			<
Schmalporige Braunfäuletramete <i>Antrodia sinuosa</i> (Porenschwamm)	24,0 $u_m\%$ <sup>2</sup>	33,0-147 $u_m\%$			<
Echter Hausschwamm <i>Serpula lacrymans</i>	24,7 $u_m\%$	45-150 $u_m\%$			<
Marmorierter Kellerschwamm <i>C. marmorata</i>	26,7 $u_m\%$ <sup>2</sup>	36,4-103 $u_m\%$			<
Ausgebreiteter Hausporling <i>Donkioporia expansa</i>	27,0 $u_m\%$ <sup>2</sup>	34,4-126 $u_m\%$			<
Wilder Hausschwamm <i>Serpula himantioides</i>	27,0 $u_m\%$	34-93 $u_m\%$			<
Breitsporige Braunfäuletramete <i>Antrodia vaillantii</i> (Weißer Porenschwamm)	28,6 $u_m\%$	51,5-150 $u_m\%$			<
Zaunblättling <i>Gloeophyllum sepiarium</i>	30,3 $u_m\%$ <sup>2</sup>	46,1-207 $u_m\%$			<
Balkenblättling <i>Gloeophyllum trabeum</i>	30,7 $u_m\%$ <sup>2</sup>	45,7-179 $u_m\%$			<
Mehliger Stachelsporling <i>Trechispora farinacea</i>	32,5 $u_m\%$ <sup>2</sup>	37,9-50,3 $u_m\%$		<	<
Großporiger Feuerschwamm <i>Phellinus contiguus</i>	34,8 $u_m\%$ <sup>2</sup>	39,3-96,4 $u_m\%$		<	<
Kiefern-Fältlingshaut <i>Leucogyrophana pinastri</i>	36,5 $u_m\%$ <sup>2</sup>	43,9-151 $u_m\%$			<

<sup>1</sup> Die Werte beziehen sich auf die Trockenmasse (m), das „u“ gibt an, dass die Messungen nach DIN 52183 (ersetzt durch DIN EN 13183-1) erfolgten.  
<sup>2</sup> Angaben aus Versuchen mit 3 Parallelen; Abbauzeit: 8-12 Wochen

Aufsteigende Feuchte kann durch Sperrschichten, Kellergeschosse und Dränagen vermindert werden, letztere sind regelmäßig zu warten / zu reinigen. Gleichfalls sind Regenrinnen und andere wasserableitende Bereiche zu pflegen.

Der Zerstörungsprozess beschleunigt sich, wenn erst einmal Schäden entstanden sind. Wasser dringt dann vermehrt in Ritzen und Fehlstellen des Holzes ein (Abb. 67). Zudem sind einige Hausfäulepilze in der Lage die Holztrocknung durch die Bildung von derben Mycelien zu verzögern, so z. B. der Ausgebreitete Hausporling (*Donkioporia expansa*). Eine stärkere Durchfeuchtung bedingt eine längere Zeit zur Austrocknung, so haben die auf hohe Holzfeuchten angewiesenen Hausfäulepilze länger Zeit, das Holz zu zerstören (Tab. 10). Nach GERNER (1998a) sind 95% aller Schäden an Fachwerkgebäuden auf zu hohe Holzfeuchte oder falsch eingeschätztes Trocknungsverhalten feucht verbauter Bauteile zurück zu führen. Bei den verbleibenden 5% waren andere Ursachen für die Schäden verantwortlich, wie z. B. Überbelastung von Bauteilen.

**Tab. 11: Vergleich des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans*) und anderer Hausfäulepilze (nach HUCKFELDT, 2008)**

\* Feuchtigkeitsansprüche für das Bewachen von Kiefern-Spiltholz von einer nahen Feuchtigkeitsquelle aus (max. 20 cm entfernt)

Art (latein. Name; Fäuletyp)	Eigenschaft	Wachstumsfeuchte auf dem Holz*	Mycel-Abschotten	Wanddurchwuchs	echte Strangbildung	Auswuchs aus dem Mauerwerk	Überdauerung im trockenen Holz (THEDEN, 1972)
Echter Hausschwamm ( <i>Serpula lacrymans</i> ; Braunfäule)		20,3-21,0 $u_m\%$	gut	in der Regel	ja	ja	1 Jahr
Brauner Kellerschwamm / Braunsporrindenpilz ( <i>Coniophora puteana</i> ; Braunfäule)		17,5 $u_m\%$	schwach	in der Regel	ja	unbekannt, aber aus Holz	2 Jahre
Ausgebreiteter Hausporling ( <i>Donkioporia expansa</i> ; Weißfäule)		21,0 $u_m\%$	sehr gut	nein	nein	nein, aber aus Holz	ca. 8 Jahre
Weißer Porenschwamm/Braunfäuletramete ( <i>Antrodia vaillantii</i> ; Braunfäule)		19,4-22,4 $u_m\%$	mäßig	seltener	ja	unbekannt, aber aus Holz	9 Jahre
Wilder Hausschwamm ( <i>Serpula himantioides</i> ; Braunfäule)		21,7 $u_m\%$	schwach	in der Regel	ja	unbekannt, aber aus Holz	2 Jahre

Die Ansprüche der Hausfäulepilze an die Holzfeuchte spiegeln sich z. T. auch in den Befallsorten wider. An wechselfeuchte Bereiche angepasste Arten, wie Blättlinge, und solche mit niedrigem Feuchtigkeitsbedürfnis, wie Braunfäuletrameten, treten bevorzugt an Fenstern, Fachwerk und Fassaden auf (Tab. 10). Im Fachwerkbau häufig sind zudem der Echte Hausschwamm, der Braune Kellerschwamm, Tintlinge, Saftporlinge, der Ausgebreitete Hausporling und die Moderfäulepilze (Tab. 2). Ein Vergleich der Fähigkeiten von Hausfäulepilzen gibt einen Einblick, warum einige Fäulepilze häufiger sind als andere (Tab. 11).

Bei abschüssigem Gelände oder/und starkem Wind kann Wasser ins Gebäude gedrückt werden (Abb. 66). Eindringendes Wasser entzieht dem Gebäude beim Verdunsten Wärme, so dass es ungemütlich und feucht wird, aber auch der Heizbedarf steigt, weil mit steigender Holzfeuchte die Wärmeleitfähigkeit zunimmt. Ob ein derartiges Eindringen von Wasser ein Einzelfall ist oder ob es regelmäßig auftritt, muss jeweils vor Ort geprüft werden (Abb. 66). Werden Bauteile über Monate hinweg nass, sind Maßnahmen nötig. Ein Abdichten des Untergrundes und der Schwellen von außen wird weiterhelfen, wenn aufsteigende Feuchte vorliegt. Hierzu gibt es zahlreiche Verfahren des Bautenschutzes (siehe z. B. APPEL et al., 2012).

### Hinweise für die Sanierung / Fäulepilz-Bekämpfung

Die Sanierung 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. Hierzu bietet z. B. das „Bundesbildungszentrum des Zimmerer- und Ausbaugewerbes“ Fortbildungslehrgänge zum „Restaurator im Zimmererhandwerk“ an ([www.bubiza.de](http://www.bubiza.de)). Da eine erhöhte Holzfeuchte die Ursache für das Wachstum von Hausfäulepilzen und die Zerstörung des Bauholzes ist, zielt eine Sanierung auf die Verringerung der Holzfeuchte ab. Die Trennung des bzw. der Stränge (Hausfäulepilz) von Wasserquellen ist daher ein Ziel der Sanierung. Eine Sanierung zielt i. d. R. auf die dauerhafte Beseitigung/nötige Verringerung der Feuchtigkeit ab (ANONYMUS, 1789; SCHEIDEMANTEL, 1986). Kann die Holzfeuchte z. B. aufgrund einer besonderen Lage nicht verringert werden, sollte über einen Fassaden-Schutz nachgedacht werden. Vielleicht gab es in der Geschichte des Gebäudes schon einmal einen Fassaden-Schutz, z. B. durch Schindeln. Hier kann in der Bauhistorie geforscht werden.

1. 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.
2. Bestimmung des Schadenserregers und des Befallsausmaßes (Diagnose) – als Grundlage für das Sanierungskonzept.
3. Ermittlung der Befallsursache(n) – als Grundlage für das Sanierungskonzept.
4. Planung der Sanierung (Sanierungskonzept), ggf. mit Verbesserung des baulichen Holzschutzes (Abb. 22 und Abb. 78).
5. Dauerhafte Beseitigung der Feuchtigkeitsquellen ist – soweit möglich – nötig.
6. Reinigen und Vorbereiten der Baustelle.
7. Ausbau der wieder verwendbaren Holz-Bauteile.
8. Entfernen von dampfdichten Holzersatzmassen an bewittertem Fachwerk und Prüfung des unterliegenden Holzes auf Schäden/Fäulen.
9. Ggf. Reinigung des Mauerwerkes.
10. Entfernung der Mycelien, Stränge und des befallenen Holzes; die Schnittflächen sind sorgfältig auf Befall zu prüfen (Sicherheitsbereiche siehe DIN 68800-4) – chemisch geschütztes Altholz muss nach dem geltenden Abfallschlüssel fachgerecht entsorgt werden. Ein unzureichender Gesundschnitt muss vermieden werden.
11. Ausbau der befallenen Gefache, Schüttungen und Felder (Sicherheitsbereiche siehe DIN 68800-4; ggf. Reduzierung nach Maßgabe eines erfahrenen Sachverständigen für Holzschutz). Bei stark von Mycelien und Strängen durchwachsenen Gefachen, Schüttungen und Feldern, sollte eine Reduzierung des Sicherheitsabstandes nur nach Maßgabe eines erfahrenen Sachverständigen für Holzschutz erfolgen).
12. Ggf. Abflämmen des Mauerwerkes (wenn möglich).
13. 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).
14. Behandlung der nicht befallenen Balkenköpfe im Gefährdungsbereich mit Holzschutzmittel (nur das Abbeilen 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 Holzschutz (vgl. DIN 68800-1:2011).
15. Trocknung des Mauerwerkes (und anderer Bauteile), bevor der weitere Aus-/Aufbau erfolgt – soweit im Fachwerkbau möglich/nötig
16. 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. Dabei sind stumpfe Holzverbindungen zu vermeiden. Regelwerke, die in diesem Bereich Splintholz zulassen, sollten – in diesem Punkt – nicht berücksichtigt werden!
17. Planung und kontrollierte Ausführung der Balkenaufleger, Fensteranschlüsse und des Wandaufbaus.
18. Verbindungsmittel im Fachwerk sollten aus traditionellen Holznägel hergestellt werden; Metallverbindungen sollten vermieden werden.
19. Übergabe der Protokolle an den/die Eigentümer.
20. Ggf. Abnahme durch einen Sachverständigen.
21. 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 68800-4 geforderten Abstände (mehr oder weniger) sinnvoll sein können. Hier spiegeln die schon oben erwähnten elf WTA-Merkblätter (1996-2004) die anerkannten

## Danksagung

Ich danke Frau Sylvia Huckfeldt, Hamburg für die Hilfe bei der Textarbeit. Für die konstruktive Textdurchsicht danke ich sehr herzlich Herrn Ulrich Arnold (Sachverständiger, Castrop-Rauxel) und Herrn Dr. Mathias Rehbein (Sachverständiger, Hamburg). Für die Bereitstellung von Material und Anregungen danke ich den Herren Norbert Becker (Sachverständiger, Bergisch Gladbach), Martin Büsemaker (Dipl.-Ing. Architekt, Kassel), Ingo Dreger (Sachverständiger Kleinmachnow), Dr. Klaus Geith (Sachverständiger, Gaimersheim), Kurt Joseph (Sachverständiger, Itzehoe), Hardo Kaiser (Firma Bojarzin, Hamburg), Ulf Moderer (Sachverständiger, Salzhausen), Peter Newcombe (Sachverständiger, Visselhövede), Stephen A. Obermeier (Kaufmann, Calw), Klaus Renhak (Sachverständiger, Benshausen), Christian Schröter (Sachverständiger, Hamburg), Hans-Joachim Wenk (Sachverständiger, Berlin), Dr. Bernd Wischer (Sachverständiger, Warmsroth), Christoph Vayhinger (Zimmermeister, Konstanz) und vielen anderen.

## Literatur

- Adan, O. C. G.; Samson, R. A. Hrsg. (2011) Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living. Wageningen Academic Publishers, Wageningen (Niederlande), 350 S.
- 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
- Ansorge, D. (2008) Fachwerk ade, oder?. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Instandsetzen – Erhalten. Teil 1, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S. 273-277
- Appel, B.; Bertels, M.; Dahmen, H.-P.; Engel, J.; Fischinger, R.; Fix, W. et al. (2012) Praxis-Handbuch Bautenschutz. Rudolf Müller, Köln, 210 S.
- Arnold, U. (2015) Holzschutz bei der Sanierung von Sichtfachwerk. DHBV-Verbandstag, Goslar, Fachbereich Holzschutz am 11.09.2015
- Augusta, U.; Rapp, A. O.; Eckstein, D. D. (2003) Ergänzer Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: Dauerhaftigkeit der wichtigsten heimischen Hölzer bei realitätsnaher Prüfung unter bauphysikalischen Bedingungen. Forschungsprojekt G-99/14 der DGfH.
- Becker, G. (1968) Einfluss von Ascocyceten und Fungi imperfecti auf Larven von *Hyloterpes bajulus* (L.). Material und Organismen 3, S. 229-240
- Becker, G.; Frank, H. K.; Lenz, M. (1969) Die Giftwirkung von *Aspergillus flavus*-Stämmen auf Termiten in Beziehung zu ihrem Aflatoxin-Gehalt. Z. Ang. Entomologie 56, S. 451-464
- Binding, G.; Mainzer, U.; Wiedenau, A. (1977) Kleine Kunstgeschichte des deutschen Fachwerkbaus. 2. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 263 S.
- Böttcher, P. (2005) Oberflächenenschutz / Wetterschutz. In: Müller, J. (Hrsg.) Holzschutz im Hochbau, Fraunhofer IRB, Stuttgart, S. 188-233
- Böttcher, P. (2006) Anstriche und Beschichtungen auf Holz. In: Gänßmantel, J. (Hrsg.) WTA-Almanach 2006 Bauinstandsetzung und Bauphysik, WTA-Publications, München, S. 1-25
- Braun, F.; Schenkenberg, M. (2001) Ländliche Fachwerkbauten des 17. bis 19. Jahrhunderts im Kreis Herzogtum Lauenburg. Wachholtz, Neumünster, 168 S.
- Cartwright, K. St. G.; Findlay, W. P. K. (1958) Decay of timber and its prevention. Maje. Stati. Office, London, 332 S.
- Cléménçon, H. (1997) Anatomie der Hymenomyceten. F. Flück-Wirth, Teufen, Schweiz, 996 S.
- Colling, F. (2000) Lernen aus Schäden im Holzbau. Ursachen, Vermeidung, Beispiele. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, DGfH, München, Bruderverlag, Karlsruhe, Fraunhofer IRB, Stuttgart, 459 S.
- De Hoog, G. S.; Guarro, J.; Gené, J.; Figueras, M. J. (2000) Atlas of clinical fungi. 2. Aufl. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, 1126 S.
- Deppe, H. J.; Schmidt, K. (1989) Untersuchungen zur Freibewitterung von Holzwerkstoffen. Holz Roh- Werkstoff 47, S. 397-404
- Despot, R.; Glavaš, M. (1999) *Gloeophyllum trabeum* and *Gloeophyllum abietinum*, the most frequent brown rot fungi in fir wood joinery. Stockholm: Intern. Res. Group Wood Pre., Doc. No. 99, IRG/WP/10319, 15 S.
- DIN 4074-1 (1989) Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit – Nadelnschnittholz. Beuth, Berlin, 7 S.
- DIN 52183 Prüfung von Holz - Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes, Beuth, Berlin 1977
- DIN 68800-1 (2011) Teil 1: Holzschutz im Hochbau. Beuth, Berlin
- DIN EN 350 (1994) Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz. 1994, Beuth, Berlin
- Eckermann, W.; Stöckicht, B. (2010) Fachwerkdämmung in der Langzeitprüfung – Das Fachwerkhaus Lange Gasse 7 in Quedlinburg. In: Venzmer, H. (Hrsg.) Europäischer Sanierungskalender 2010. Bauwerksdiagnostik und Sanierung, Beuth, Berlin, S. 389-402
- Erler, K. (2002) Holz im Außenbereich, Anwendungen – Holzschutz – Schadensvermeidungen. Birkhäuser, Berlin, 194 S.
- Erler, K. (2004) Alte Holzbauwerke: beurteilen und sanieren. 3. Aufl., Bauwesen, Berlin, 248 S.
- Eßmann, F. (2008) Energieausweise für historische Fachwerkgebäude – erwünscht und doch problematisch!. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Instandsetzen – Erhalten. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S. 223-233
- Fiedler, W. (1903) Das Fachwerkhaus in Deutschland, Frankreich und England. E. Wasmuth Verlag, Berlin, 99 S.
- Gänßmantel, J. (2005) Bauphysikalische Probleme bei der Fachwerkinstandsetzung. Vortrag zur 33. Fachtagung Holzschutz, Rostock, am 28. Oktober 2005, 45 S.
- Gerner, M. (1979) Fachwerk: in Frankfurt am Main. Verlags von Waldemar Kramer, Frankfurt am Main, 119 S.
- Gerner, M. (1998a) Schäden an Fachwerkfassaden. Fraunhofer IRB, Stuttgart, 183 S.
- Gerner, M. (1998b) Fachwerk: Entwicklung, Gefüge, Instandsetzung. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 144 S.
- Gerner, M.; Gärtner, D. (1996) Historische Fenster; Entwicklung, Technik, Denkmalpflege. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 128 S.
- Griep, H.-G. (2002) Dachsanierung. In: Gerner, M. (Hrsg.) Altbaumodernisierung. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 123 S.
- Großmann, G. U. (1987) Fachwerkbau. Planung, Herstellung, Technik am Beispiel verschiedener Bauten im Westfälischen Freilichtmuseum Detmold, 76 S.
- Großmann, G. U. (2004) Der Fachwerkbau in Deutschland. DuMont, Köln, 224 S.
- Haacke, W.; Natusch, M. (2008) Innendämmungen mit Lehmbaustoffen. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Instandsetzen – Erhalten. Teil 1: Schwerpunkt Wärme- und Feuchteschutz. IRB Verlag, Stuttgart, Stuttgart, S. 205-221
- Hähnel, E. (2003) Fachwerk Instandsetzung – ein Praxishandbuch. Huss-Medien, Verlag Bauwesen, IRB-Verlag, 200 S.
- Hankammer, G.; Lorenz, W. (2003) Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden. Erkennen und Beurteilen von Symptomen und Ursachen. Rudolf Müller, Köln, 360 S.
- Hansen, W.; Kreft, H.; (1980) Fachwerk im Weserraum. Verlag CW Niemeyer, Hameln, 324 S.
- Harz, C. O. (1888) Bergwerkspilze. Botanisches Centralblatt 36
- Hein, J.-T. (2008) Beschichtung von Fassadenbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen im Außenbereich. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, S. 255-272
- Henningsson, B. O.; Käärrik, A. (1982) Survey of decay fungi in windows joinery. Swedish wood preservation institute, Reports Nr. 141, 52 S.
- Hickin, N. E. (1963) The insect factor in wood decay. Hutchinson, London
- Huckfeldt, T. (2003) Ökologie und Cytologie des Echten Hausschwammes (*Serpula lacrymans*) und anderer Hausfäulepilze. Dissertation Fachb. Biol. Uni. Hamburg, Mitteilungen der BFH 113, 152 S.
- Huckfeldt, T. (2008) Bläuepilze. In: Venzmer, H. (Hrsg.) Europäischer Sanierungskalender 2009. Beuth, Berlin, S. 27-43
- Huckfeldt, T. (2009a) Seltene Pilze am und im Mauerwerk. In: Venzmer, H. (Hrsg.) Bauwesen Forum, Altbausanierung. Vortrag: 17. Hanseatischen Sanierungstage, Fraunhofer IRB, Stuttgart, S. 136-148
- Huckfeldt, T. (2009b) Schäden durch Pilze und Pflanzen. In: Huckfeldt, T.; Wenk, H.-J. (Hrsg.) Holzfenster. R. Müller, Köln, S. 163-208
- Huckfeldt, T. (2010) Schäden an Holzfenstern und geeignete Schutzmaßnahmen. In: Mankel W. (Hrsg.) Schutz des Holzes IV; Beiträge aus der Praxis, Forschung und Weiterbildung. Forum Eipos, Band 23, Expert Verlag, Renningen, S. 25-43
- Huckfeldt, T.; Rehbein, M. (2010\*) Biotische Schäden an Holz- und Fachwerkfassaden. In: Venzmer H. (Hrsg.) Fassadensanierung, Beuth, Berlin, S. 123-141

## Fachwerk-Schäden durch Fäulepilze – IF-Holz, Hamburg

- Huckfeldt, T.; Schmidt, O. (2015) Hausfäule- und Bauholzpilze. 2. Aufl., Rudolf Müller, Köln, 610 S.
- Huckfeldt, T.; Schröter, Ch. (2005) Baumschwämme, seltene „Gäste“ im Haus. *Schützen Erhalten* 2005 (3), S. 6-8
- Ingold, C. T. (1971) *Fungal Spores*. Oxford University Press
- Janotta, O. (1973) Die Wasserdampfdurchlässigkeit von Anstrichmitteln. Teil 2. *Holzforschung und Holzverwertung* 25, S. 35-38
- Kempe, K. (1999) *Dokumentation Holzschädlinge*. Bauwesen, Berlin, 168 S.
- Kriegerowski, L. (2008) Biotische Schäden an Fachwerkgebäuden. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) *Historische Holzbauwerke und Fachwerk. Instandsetzen – Erhalten*. IRB Verlag, Stuttgart, S. 115-127
- Krus, M.; Künzel, H. M. (2003) Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach Hydrophobierungsmaßnahmen. *WTA-Journal* 1 (2), S. 149-166
- Küllmer, M. (1995) Freigelegte Holzfachwerkfassaden; Holzzerstörung durch Schwamm. In: Zimmermann, G. (Hrsg.) *Bauschäden Sammlung*, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, Band 10, S. 66-69
- Künzel, H. (1996) *Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden*. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 85 S.
- Lamers, R.; Rosenzweig, D.; Abel, R. (2000) Bewährung innen wärmegeämmter Fachwerkbauten – Problemstellung und daraus abgeleitete Konstruktionsempfehlungen. *Bauforschung für die Praxis* 54, IRB-Verlag, Stuttgart
- Lißner, K.; Rug, W. (2000) *Holzsanierung, Grundlagen und Praxis der sicheren Ausführungen*. Springer, Berlin, 484 S.
- Müller, J.; Schmidt, O.; Melcher, E. (2015) Evaluierung von frei bewitterten, tragenden Holzbauteilen ohne Erdkontakt, die mit Holzschutzmitteln behandelt wurden. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 289 S.
- Nebel, H. (1981) Sanieren und modernisieren von Fachwerkbauten. *Schriftenreihe des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, AZ: 04.069*, 157 S.
- Nebel, H. (1988) Erneuerung von Fachwerkbauten. (Hrsg.: EGH, DGfH, CMA, ZDB), *Informationsdienst Holz, Holzbau Handbuch Reihe 3*, München, Bonn, 24 S.
- Nicke, H. (1999) Fachwerk zwischen Wupper und Sieg – Studien zum bergischen Fachwerkbau. *Martina Galunder-Verlag, Wiehl*, 202 S.
- Noldt, U. (2005) Insekten. In: Müller, J. (Hrsg.) *Holzschutz im Hochbau*. Fraunhofer IRB, Stuttgart, 73-100
- 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
- Rapp, A. O.; Augusta, U.; Brand, K.; Melcher, E. (2012) *Natürliche Dauerhaftigkeit verschiedener Holzarten*. DHV Mitgliederversammlung, 9 S.
- Reiß, J. (1997) *Schimmelpilze, Lebensweisen, Nutzen, Schaden, Bekämpfung*. Springer, Berlin, 2. Auflage, 308 S.
- Reuß, H.; Hein, J. T. (2008) Sanierung von zierreich beschnitzten Deckenbalken der Stiftskirche Gernrode; Bekämpfung des Echten Hausschwamms mit feuchtegeregelter Warmluft. In: Ansorge, D.; Geburtig, G. (Hrsg.) *Historische Holzbauwerke und Fachwerk*. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, S. 47-61
- Ridout, B. (2000) *Timber decay in buildings. The conservation approach to treatment*. E & FN Spon, London, 232 S.
- Rieche, G. (1981) Deckende Anstriche auf Holzfenstern, Rissbildung und Ablösung des Anstriches. In: Zimmermann, G. (Hrsg.) *Bauschäden Sammlung*. IRB, Stuttgart, Band 4, S. 89-99
- Runge, A. (1986b) Pilzsukzession auf Kiefernstümpfen II. *Z. f. Mykologie* 52 (2), S. 429-437
- Rypáček, V. (1966) *Biologie holzerzetzender Pilze*. G. Fischer, Jena, 211 S.
- Scheidemantel, H. (1986) Holzzerstörenden Pilzen den Nährboden entziehen. *Bauen mit Holz* 88, S. 530-533
- Schmidt, O. (1994) *Holz- und Baumpilze. Biologie, Schäden, Schutz, Nutzen*. Springer, Berlin, 246 S.
- Schmidt, O. (2006) *Wood and tree fungi, biology, damage, protection, and use*. Springer, Heidelberg, 334 S.
- Seifert, E. (1974) Die Ursachen von Schäden an Holzfenstern. *Holz Roh- Werkstoff* 32, S. 85-89
- Seifert, K. (1964) Die Veränderung der chemischen Holzzusammensetzung durch den Bläuepilz *Pullularia pullulans* (de Bary) Berkhout (= *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud). *Holz Roh- Werkstoff* 22, S. 405-409
- Sutter, H.-P. (1997) *Holzschädlinge an Kulturgütern erkennen und bekämpfen*. 3. Aufl., P. Haupt, Bern, 164 S.
- Tietz, H.-J.; Nennoff, P.; Ullmann, A. J. (2005) *Organismen auf einen Blick*. Thieme, Stuttgart, 98 S.
- Tretter, A. (2004) *Holzlaackschäden, Beschichtungsmängel an Fenstern*. DRW, Leinfelden-Echterdingen, 125 S.
- Walbe, H. (1979) *Das hessisch-fränkische Fachwerk*. 2. Auflage, Verlag der Brühlschen Universitätsdruckerei, Gießen-Wieseck, 464 S.
- Wälchli, O. (1978) Prüfung und Bewertung der pilzwidrigen Wirkung von Imprägniermitteln nach Bewitterung. *Applica* 17, S. 6-11
- Wetzel, J. (1996) *Historische Holzfachwerkbauten. Erhalt und Sanierung, Band 1*. Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim, 151 S.
- Willeitner, H.; Schwab, E. (1981) *Holz-Außenverwendung im Hochbau*. Verlagsanstalt A. Koch, Stuttgart, 148 S.
- Vitruvius Pollio, Marcus (1987) *Vitruvii: De architectura libri decem*. In: *Fensterbuch, C. [Übers.], Vitruv: Zehn Bücher über Architektur*. 4. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 585 S.
- WTA Merkblatt 1-2-05/D (2005) Grosser, D.; Flohr, E.; Eichhorn, M. (2005) WTA-Merkblatt 1-2-05-D „Echter Hausschwamm“. *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*

Auswahl



### Zur Person:

Jahrgang 1970, Diplom der Biologie 1999: „Vitalitätsansprache holzerstörender Gebäudepilze ...“; Promotion 2003: „Ökologie und Cytologie des Echten Hausschwamms ...“; derzeit Sachverständiger zur Bestimmung von Hausfäulepilzen, Referent der Handwerkskammer Hamburg, Bundesbildungszentrum der Zimmerer, Kassel und des DHBV, Köln, zudem Autor u. a. von: „Hausfäule- und Bauholzpilze“ 2006 / 2015, Herausgeber von „Holzfenster: Band 1 und 2“ (Rudolf Müller, 2006 und 2009) und „Holzspielplätze (Beuth, 2011)“. Mykologe und Publizist im Bauwesen seit 2000, seit 2003 Durchführung von Seminaren zur Thematik „Hausfäulepilz-Bestimmung“ und „Biologie von Hausfäulepilzen“ und seit 2012 am Institut für Holzqualität und Holzschäden – Dr. Rehbein und Dr. Huckfeldt GbR tätig.

### Anschrift/Kontakt:

Tobias Huckfeldt, Dr. rer. nat. Dipl.-Biol., Mykologe,  
Institut für Holzqualität und Holzschäden IF-Holz – Dr. Rehbein und Dr. Huckfeldt GbR,  
Essener Straße 4, Haus D2, 22419 Hamburg  
Tel: 040 / 49200-989 // Fax: 040 / 49200-992 // Mobil: 0160 / 32 62 615,  
Netz: [www.ifholz.de](http://www.ifholz.de) // [www.hausschwamminfo.de](http://www.hausschwamminfo.de); E-Mail: [huckfeldt@hausschwamminfo.de](mailto:huckfeldt@hausschwamminfo.de)



**Stichwortverzeichnis**

Abdeckungen .....	7	DIBt .....	24	Innenfäule.....	16, 18	Schimmelpilz .....	21
Ablösender		DIN 68800-4 .....	24	Insekten .....	23	Fachwerk.....	21
Rindenschwamm .....	3	<i>Donkioporia expansa</i> 1, 3, 7,		kavernenartige		Innenraum.....	21
Algen .....	4, 6	23		Zerstörungen .....	6	Schleimtrüffel	
anerkannten Regeln der		Dränage .....	6	Kellerschwamm.....	1, 3, 23	im Mauerwerk .....	16
Technik.....	25	Durchfeuchtung .....	6	Kiefer		Schmalporige	
Anstrichbläue .....	20	Durchfeuchtungs-Beispiele	3	Dauerhaftigkeit .....	13	Braunfäuletramete .....	23
<i>Antrodia</i> .....	3	Echter Hausschwamm..	3, 5,	Kiefern-Fältlingshaut..	3, 23	Schmalsporiger	
im Mauerwerk .....	16	10, 15, 23		im Mauerwerk .....	16	Braunfäuletramete .....	3
<i>Antrodia serialis</i> .....	3	Feuchtigkeitsansprüche...	23	Kleine Fältlingshaut.....	3	Schwammbekämpfung.....	24
<i>Antrodia sinuosa</i> .....	3, 23	im Mauerwerk.....	16	Konvektionsstrom .....	9	Schwammsperrmittel .....	24
<i>Antrodia vaillantii</i> .....	23	Eckständer.....	8	Lebensweise von		Schwelle.....	6, 7, 8
<i>Antrodia xantha</i> .....	3	Eiche		Hausfäulepilzen.....	22	<i>Serpula himantoides</i> ...	3, 7,
aRdT .....	25	Dauerhaftigkeit .....	13	Lehmprodukte .....	9	23	
<i>Aspergillus</i> .....	22	Quellen / Schwinden .....	12	<i>Leucogyrophana pinastri</i> ..	3,	<i>Serpula lacrymans</i> ....	1, 3, 7,
<i>Asterostroma cervicolor</i> ...	3	Eichenwirrling.....	3	23		10, 15, 23	
aufsteigende Feuchte .....	2	Fachwerk		<i>Leucogyrophana</i>		Feuchtigkeitsansprüche...	23
Aufsteigende Feuchte .....	23	Schadensorte .....	3	<i>pulverulenta</i> .....	3	Sicherheitsbereich .....	24
<i>Aureobasidium pullulans</i>	20	Fachwerk-Fenster.....	16	Marmorierter		Sorptionsfeuchte.....	9
Ausfachung .....	13	Fachwerk-Riegel .....	15	Kellerschwamm.....	3, 23	Spachtelmasse .....	2, 20
Ausflugloch.....	13	Fachwerkschaden.....	3	<b>Masseverluste von Kiefer</b>	<b>23</b>	Sperrschichten.....	23
Ausgebreiteter Hausporling		Fähigkeiten von		Mauerwerk		Spritzwasser	
.....	3, 23	Hausfäulepilzen		Hausfäulepilze .....	16	Mindesthöhe .....	4
Bedeutung.....	3	Vergleich .....	24	Mehliger Stachelsporling	23	Spritzwasserbereich.....	6
Auswuchs aus dem		Fältlingshäute .....	3	Mehrfachbefall .....	5	Stachelsporling.....	3
Mauerwerk.....	23	Fassade .....	9	Moderfäulepilz .....	6	Stammfäulen.....	13
Bad ohne		Fenster.....	16	Häufigkeit.....	2	Standsicherheit .....	24
Abdichtungsebene .....	10	Feuchteschadensrisiko .....	9	Moderfäulepilze .....	2	Striegelige Tramete .....	19
Balkenblättling .....	23	Feuchtigkeit .....	2	Moos.....	2, 4	Tannenblättling .....	3, 18, 23
Baula .....	24	Feuchtigkeitsansprüche.....	23	Muschel-Krempling.....	3	Tintling .....	3, 4, 5
baulicher Holzschutz		Hausfäulepilze .....	23	im Mauerwerk .....	16	im Mauerwerk .....	16
Fenster bündig in Fassade	17	Feuchtigkeits-Indikator .....	1	Mycel-Abschotten .....	23	<i>Trametes hirsuta</i> .....	19
Fenster-Vordachleiste .....	19	<i>Fibulomyces mutabilis</i> .....	7	<i>Mycena galericulata</i> ..	1, 6, 7	<i>Trichoderma</i> .....	22
Tropfkante .....	20	Fichte		Nadelholz		Tropfkante .....	18, 20
Wandverkleidung.....	14	Dauerhaftigkeit .....	13	Quellen / Schwinden.....	12	<b>Überdauerung im</b>	
Wetterschutzschiene .....	19	Flechten .....	4	Nährstoffquelle		<b>trockenen Holz</b> .....	23
Becherling .....	3	Flugschnee .....	10, 16	Hausfäulepilze.....	22	Umberbrauner	
im Mauerwerk .....	16	Folgeschäden .....	16	Niederschlagsbelastung....	2	Borstscheibling 3, 5, 6, 7	
Befeuchtungs-Situationen ..	2	Fruchtkörper		Oberflächenmycel		Verminderung von	
Beseitigung von		Bläuepilz .....	21	Echter Hausschwamm .....	15	Spritzwasser .....	4
Feuchtequellen .....	23	Gallerträne .....	3, 18	Ozonium .....	4	<b>Wanddurchwuchs</b> .....	23
Birnen-Stäubling		Gefährungsgrad .....	2	<i>Paxillus panuoides</i> .....	3	Wärmedämmputze.....	9
im Mauerwerk .....	16	Gelber Porenschwamm .....	3	im Mauerwerk .....	16	Wartungsbedarf.....	21
Blättling .....	3, 7, 9, 16, 23	Gelbflockiger Hartbovist		<i>Peziza</i>		Wasserdampfdiffusion.....	9
Bläuepilz.....	20, 21	im Mauerwerk.....	16	im Mauerwerk .....	16	Wassereintrittspforte.....	8
Blockrahmen-Fenster.....	20	Gestielten Gallerträne .....	19	Pflegemaßnahmen .....	2	Wasserquellen	
Brauner Kellerschwamm..	3,	<i>Gloeophyllum</i> .....	3, 9	<i>Phellinus contiguus</i> 3, 12, 23		Beseitigung .....	24
16		<i>Gloeophyllum abietinum</i> ..	3,	polarisationsmikroskopische		Wechseldrehwuchs.....	15
Feuchtigkeitsansprüche ...	23	18, 23		Aufnahme .....	6	Weißfäule-Erreger .....	2
im Mauerwerk .....	16	<i>Gloeophyllum sepiarium</i> ..	3,	<i>Pullularia pullulans</i> .....	26	Häufigkeit .....	2
Braunfäule.....	18	23		Putz.....	12	Weißstanne	
Braunfäule-Befall .....	5	<i>Gloeophyllum trabeum</i> ..	7, 23	Putzschaden .....	3, 11, 13	Dauerhaftigkeit .....	13
Braunfäule-Erreger .....	2	Großporiger		Quellen/Schwinden Holz ..	11	Wetterseite .....	10
Braunfäuletramete .....	5	Feuerschwamm..	3, 9, 12,	Quellen/Schwinden.....	2	Wilder Hausschwamm 3, 23	
Breitsporige		23		Quellungs-, Schwind-		im Mauerwerk .....	16
Braunfäuletramete .....	23	Grüner Holzschimmel.....	22	Verhalten Holz.....	12	Wirkung von Spitzwasser	10
Bunter Nagekäfer.....	7, 15	Haariges Filzgewebe		Regenbelastung .....	4	Würfelbruch.....	11
<i>Chaetomium globosum</i> ..	6, 7	im Mauerwerk.....	16	Regenrinne .....	2	<i>Xerocomus</i>	
<i>Coniophora</i>		Häufigkeit		Reihige Braunfäuletramete	3	im Mauerwerk .....	16
im Mauerwerk .....	16	Hausfäulepilze.....	7	Reparatur		<i>Xestobium rufovillosum</i>	7, 13,
<i>Coniophora marmorata</i> ..	3	Häufigkeit von		unzureichend.....	2	15	
<i>Coniophora puteana</i> 1, 3, 7,		Hausfäulepilzen .....	3	<i>Resinicium bicolor</i> .....	3	Zapfen.....	5
16, 23		Hausfäulepilze .....	23	<i>Resupinatus applicatus</i> ..	3	Zapfenloch.....	7
<i>Coprinus</i> .....	1, 3, 4, 5, 16	Heizbedarf.....	24	Rosablättriger Helmling	1, 5,	Zaunblättling .....	3, 23
<i>Cylindrobasidium laeve</i> ..	3	Holzauswahl.....	4, 14	6		Zerfließende Gallerträne	19
Dachüberstand.....	11	Holzfeuchte .....	23	Rotfußbröhring		Zwangslüftung .....	10
<i>Dacrymyces</i> .....	3, 18	Holzschimmel .....	22	im Mauerwerk .....	16	Zweifarbiger Harz-	
<i>Dacrymyces capitatus</i> ..	19	Holzschutzmittel mit		Saftporling .....	3	Rindenpilz.....	3
<i>Dacrymyces stillatus</i> 3, 7, 19		Zulassung.....	5	Sanierung von Fäuleschäden			
<i>Daedalea quercina</i> .....	3	<i>Hymenochaete rubiginosa</i> 1,		.....	24		
Dauerhaftigkeit von		3, 6, 7		Schadensorte .....	2		
Bauhölzer.....	13	Innendämmung.....	9, 10, 11	Schadensschwerpunkte..	2, 15		