



Leseprobe

Wolfram Scheiding, Peter Grabes, Tilo Haustein, Vera Haustein, Norbert
Nieke, Harald Urban, Björn Weiß

Holzschutz

Holzkunde - Pilze und Insekten - Konstruktive und chemische
Maßnahmen - Technische Regeln - Praxiswissen

ISBN (Buch): 978-3-446-44240-5

ISBN (E-Book): 978-3-446-44000-5

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44240-5>

sowie im Buchhandel.

Inhalt

Vorwort	9
1 Einführung	11
1.1 Bedeutung des Holzschutzes	11
1.2 Geschichte des Holzschutzes	14
2 Gebrauchsklassen	17
Quellen und weiterführende Literatur	21
3 Holzkundliche Grundlagen	23
3.1 Aufbau und Struktur des Holzes	23
3.1.1 Aufbau des Stammquerschnitts	23
3.1.2 Kernholzbildung	24
3.1.3 Makroskopischer und mikroskopischer Aufbau des Holzes	25
3.1.4 Zellwandfeinbau	28
3.1.5 Chemischer Aufbau des Holzes	28
3.2 Eigenschaften von Holz	29
3.2.1 Natürliche Dauerhaftigkeit	29
3.2.2 Holzfeuchte; Quellung und Schwindung bei Vollholz	30
3.3 Holzarten, Holzartenauswahl	33
3.3.1 Wichtige Bauholzarten im Überblick	33
3.3.2 Holzauswahl und Sortierung für die Verwendung als Bauholz	34
3.3.3 Verwendung von Holz in den Gebrauchsklassen (ohne chemischen Holzschutz)	35
3.4 Beschreibung wichtiger Holzarten	36
3.4.1 Fichte	36
3.4.2 Kiefer	38
3.4.3 Lärche	39
3.4.4 Douglasie	41
3.4.5 Eiche	42
3.4.6 Robinie	44
3.4.7 Buche	45
Quellen und weiterführende Literatur	47

4	Biotische und abiotische Schadfaktoren	49
4.1	Holzerstörende und holzverfärbende Pilze und Mikroorganismen	49
4.1.1	Taxonomische Zuordnung der Pilze	49
4.1.2	Entwicklung und Fortpflanzung	50
4.1.3	Einteilungsmöglichkeiten der Pilze und Fäuletypen	52
4.1.4	Lebensbedingungen	56
4.1.5	Übersicht der wichtigsten Pilze und Mikroorganismen	58
4.1.6	Pilzbestimmung und Probenahme	61
4.1.7	Beschreibung und Dokumentation holzerstörender und holzverfärbender Pilze und Mikroorganismen	63
4.1.7.1	Echter Hausschwamm (<i>Serpula lacrymans</i>)	63
4.1.7.2	Wilder Hausschwamm (<i>Serpula himantoides</i>)	67
4.1.7.3	Fältlingshäute (<i>Leucogyrophana</i> spp.)	68
4.1.7.4	Brauner Kellerschwamm (<i>Coniophora puteana</i>)	70
4.1.7.5	Weißer Porenschwamm (<i>Antrodia vaillantii</i>)	73
4.1.7.6	Ausgebreiteter Hausporling (<i>Donkioporia expansa</i>)	75
4.1.7.7	Sternsetenpilze (<i>Asterostroma</i> spp.)	77
4.1.7.8	Tannen-, Zaun- und Balkenblättling (<i>Gloeophyllum</i> spp.)	78
4.1.7.9	Muschelkrempling (<i>Paxillus panuoides</i>)	82
4.1.7.10	Eichenwirrling (<i>Daedalea quercina</i>)	83
4.1.7.11	Schuppiger Sägeblättling (<i>Lentinus lepideus</i>)	85
4.1.7.12	Zimtbrauner Porenschwamm (<i>Phellinus contiguus</i>)	87
4.1.7.13	Austernseitling (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	88
4.1.7.14	Schichtpilze (<i>Stereum hirsutum</i> , <i>Stereum</i> spp.)	90
4.1.7.15	Schmetterlingsporling (<i>Trametes versicolor</i>)	91
4.1.7.16	Fichtenwurzelschwamm (<i>Heterobasidion annosum</i>)	93
4.1.7.17	Kiefernbaumschwamm (<i>Phellinus pini</i>)	94
4.1.7.18	Rindenpilze (<i>Phlebiopsis gigantea</i>)	95
4.1.7.19	Moderfäuleerreger (z. B. <i>Chaetomium globosum</i>)	97
4.1.7.20	Bläuepilze	99
4.1.7.21	Schimmelpilze	101
4.1.7.22	Gemeiner Spaltblättling (<i>Schizophyllum commune</i>)	103
4.1.7.23	Gallerträne (<i>Dacrymyces stillatus</i>)	103
4.1.7.24	Tintlinge (<i>Coprinus domesticus</i> , <i>C. spp.</i>)	104
4.1.7.25	Becherlinge (<i>Peziza</i> spp.)	105
4.1.7.26	Schleimpilze (<i>Reticularia lycoperdon</i> , ...)	106
4.1.7.27	Algen	106
4.1.7.28	Bakterien	107
4.2	Holzschädigende Insekten und Meeresorganismen	109
4.2.1	Entwicklung und Lebensbedingungen	110
4.2.2	Beschreibung der Arten	111
4.2.2.1	Trockenholzinsekten	111
4.2.2.2	Frischholzinsekten	131
4.2.2.3	Feucht- und Faulholzinsekten	147
4.2.2.4	Sonstige holzschädigende Insekten	156
4.2.2.5	Holzerstörende Meerestiere	162

4.3	Chemische und physikalische Schadfaktoren	164
4.3.1	Chemische Schädigungen	164
4.3.2	Physikalische Schädigungen	165
4.3.2.1	Temperatur	165
4.3.2.2	Feuchteinfluss	166
4.3.2.3	Mechanische Beanspruchung	167
4.3.2.4	Strahlung	168
	Quellen und weiterführende Literatur	168

5 Baulich-konstruktiver Holzschutz 177

5.1	Grundlagen	177
5.2	Organisatorische Holzschutzmaßnahmen	178
5.3	Baulich-konstruktiver Schutz von Holzbauteilen	183
5.3.1	Wetterschutz	187
5.3.2	Konstruktions- und Fassadenschutz	193
5.3.3	Schutz vor Feuchte von außen	199
5.3.4	Schutz vor Feuchte von innen	202
5.3.5	Tauwasserschutz	204
5.4	Besondere Bauteile	207
5.4.1	Balkenköpfe	207
5.4.2	Dächer	209
5.4.2.1	Kaltdach	210
5.4.2.2	Warmdach	210
5.4.3	Kriechkeller	212
	Quellen und weiterführende Literatur	213

6 Chemischer Holzschutz 215

6.1	Holzschutzmittel	215
6.1.1	Zulassungen von Holzschutzmitteln	215
6.1.2	Unterteilung der Holzschutzmittel entsprechend ihrer Wirksamkeit	221
6.1.3	Einstufung und Kennzeichnung von Holzschutzmitteln	223
6.2	Einbringverfahren für Holzschutzmittel	225
6.2.1	Voraussetzungen und Ziele	225
6.2.2	Druckverfahren im vorbeugenden Holzschutz	227
6.2.3	Nichtdruckverfahren	228
6.2.4	Bohrlochverfahren	231
6.3	Qualitätssicherung	231
6.4	Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz	232
6.4.1	Richtiger Umgang mit Holzschutzmitteln	232
6.4.2	Inverkehrbringen von behandelten Hölzern	233
6.4.3	Umgang mit Altlasten und Entsorgung von behandelten Hölzern ..	235
	Quellen und weiterführende Literatur	236

7	Modifizierung und Hydrophobierung	239
	7.1 Grundlagen der Holzmodifizierung	239
	7.2 Thermische Modifizierung	241
	7.3 Chemische Modifizierung	243
	7.4 Hydrophobierung	244
	Quellen und weiterführende Literatur	245
8	Oberflächenbehandlung	246
	8.1 Beschichtungssysteme	247
	8.2 Kombination von chemischem Schutz und Beschichtung	252
	Quellen und weiterführende Literatur	256
9	Bekämpfender Holzschutz und Sanierung	257
	9.1 Grundsätzliches	257
	9.1.1 Schadensdiagnose	257
	9.1.2 Untersuchungsbericht	263
	9.1.3 Vorbereitung der Sanierung	265
	9.2 Bekämpfung eines Pilzbefalls	265
	9.3 Maßnahmen bei Schäden durch holzerstörende Insekten	268
	9.4 Besonderheiten Kunstgut und Denkmalpflege	270
	9.5 Konstruktive Ertüchtigung	272
	Quellen und weiterführende Literatur	274
	Index	276

Vorwort

Holz ist ein seit Jahrtausenden verwendeter und bewährter Roh- und Werkstoff und auch im heutigen Industrie- und Computerzeitalter aus vielen Bereichen der Wirtschaft und des täglichen Lebens nicht wegzudenken.

Als Naturstoff unterliegt auch Holz den natürlichen Kreislaufprozessen; durch Einwirkung abiotischer und biotischer Faktoren wird es letztlich wieder zu seinen elementaren Bestandteilen abgebaut. Zum Zwecke der Nutzung und für die angestrebte Gebrauchsdauer müssen diese natürlichen Abbauprozesse verhindert oder zumindest verzögert werden. Die hierfür erforderlichen Kenntnisse, Strategien sowie die technischen und auch organisatorischen Maßnahmen werden unter dem Begriff Holzschutz (engl. *wood protection*) zusammengefasst.

In verständlicher Form sind in diesem Lehrbuch alle wichtigen Aspekte des vorbeugenden und bekämpfenden Holzschutzes zusammengestellt und verständlich aufbereitet. Ausgehend von den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Holzes und den abiotischen und biotischen Schadfaktoren, werden der Stand der Technik baulich-konstruktiver und chemischer Schutzmaßnahmen erläutert und dabei die aktuellen gesetzlichen, normativen und technischen Regelungen berücksichtigt.

Das Buch entstand in Zusammenarbeit des Sächsischen Holzschutzverbandes e. V. und des Instituts für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH und baut auf den langjährigen Erfahrungen der Autoren in Theorie und Praxis des Holzschutzes auf.

Dieses Werk soll sowohl Lehrbuch als auch Ratgeber und Nachschlagewerk für die Praxis sein. Es richtet sich daher vor allem an Auszubildende und Studenten, aber auch an Architekten, Bauingenieure und Bauausführende, Sachverständige im Holz- und Bautenschutz sowie an Beschäftigte im Garten- und Landschaftsbau und im Holzhandel.

Wir Autoren wünschen dem Leser Erkenntnis und Erbauung mit diesem Lehrbuch; möge es ein nützlicher Helfer und Begleiter bei Ausbildung, Weiterbildung und im Berufsalltag sein und zur Verwendung des schönen Werkstoffs Holz beitragen.

Dresden, im November 2014

4

Biotische und abiotische Schadfaktoren

■ 4.1 Holzerstörende und holzverfärbende Pilze und Mikroorganismen

Björn Weiß

4.1.1 Taxonomische Zuordnung der Pilze

Pilze besitzen im Gegensatz zu Pflanzen kein Chlorophyll, und es findet keine Photosynthese statt. Daher werden Pilze nicht den Pflanzen zugeordnet, sondern bilden ein eigenes Organismenreich, das Reich der Pilze (lat. Fungi). Ihre Energie gewinnen Pilze durch die Verwertung organischer Stoffe. Pilze können einzellig (Hefen) und vielzellig (niedere und höhere Pilze) sein. Sie bestehen aus Zellfäden, die als Hyphen bezeichnet werden. Die Hyphenwände bestehen aus Chitin; im Inneren befinden sich das flüssige Zytoplasma und die Zellkerne.

Die heute in der Praxis übliche Einteilung der Pilze basiert auf taxonomischen und morphologischen Grundlagen und unterteilt das Reich der Pilze in verschiedene Abteilungen. Von besonderer Bedeutung aus holzschutztechnischer Sicht sind die Abteilungen Basidiomycota (Ständerpilze), Ascomycota (Schlauchpilze) und Deuteromycota (Fungi imperfecti). Die Zuordnung der Pilze in diese Abteilungen basiert auf der unterschiedlichen Art ihrer Fortpflanzung.

Basidiomycota (Ständerpilze)

Zu den Basidiomycota gehören auch die holzerstörenden Pilze. Sie können am lebenden Stamm, an lagerndem oder an verbautem Holz, so auch in Gebäuden, vorkommen und sind in der Lage, die Hauptbestandteile der Holzzellwände (Lignin, Cellulose, Hemicellulose) enzymatisch abzubauen. Außerdem vermögen sie große Fruchtkörper auszubilden. Die Fortpflanzung kann sowohl ungeschlechtlich als auch geschlechtlich erfolgen.

Ascomycota (Schlauchpilze)

Zu den Ascomycota gehören Bläue- und Schimmelpilze. Sie greifen die Faserwände des Holzes nicht an und bewirken in der Regel keine Fäulnis und damit Festigkeitsverluste, sondern Holzverfärbungen. Zu den Ascomycota gehören aber auch holzerstörende Moderfäulepilze; sie verursachen einen von der Erscheinung her ähnlichen Abbau wie die Braunfäulepilze. Die Fortpflanzung kann sowohl ungeschlechtlich als auch geschlechtlich erfolgen.

Deuteromycota (Fungi imperfecti)

Zu den Deuteromycota gehören ebenfalls Bläue- und Schimmelpilze sowie Moderfäulepilze. Bei den Pilzen dieser Abteilung ist nur der ungeschlechtliche Teil der Fortpflanzung bekannt.

Die Einteilung und Zuordnung der Pilze befindet sich derzeit im Umbruch, sodass verschiedene Klassifizierungssysteme parallel verwendet werden. Neueste Systematiken beziehen phylogenetische und molekularbiologische Erkenntnisse ein. Ascomycota und Basidiomycota bilden hierbei die beiden größten Abteilungen im Reich der Pilze. Die bisher eigenständige Abteilung Deuteromycota (Fungi imperfecti) entfällt; diese Pilze werden nun der Abteilung Ascomycota zugeordnet.

4.1.2 Entwicklung und Fortpflanzung

Nach der Art der geschlechtlichen Fortpflanzung unterscheidet man bei den höheren Pilzen zwischen den Basidiomycota (Ständerpilzen) und den Ascomyceten (Schlauchpilzen).

Stamm-, Lager- und Hausfäuleerreger gehören zu den der Basidiomycota an und können sich sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich fortpflanzen. Die Basidiomycota können große Fruchtkörper ausbilden, in deren Fruchtschicht (Hymenium) verschieden geschlechtliche Sporen heranreifen.

Die Sporen sind über kleine Stielchen (Sterigmen) an keulenförmig angeschwollene Endhyphen, die sogenannten Basidien, gebunden und dienen der geschlechtlichen (sexuellen) Vermehrung. Bei ausreichender Reife fallen die Basidiosporen aus bzw. werden abgeworfen und durch Wind, Luftbewegungen und Wasser verbreitet. Damit sind Sporen, die arttypische Formen, Farben und Abmessungen aufweisen, allgegenwärtig vorhanden (Schmidt, 1994).

Bei geeigneten Umgebungsbedingungen keimen die Sporen aus und bilden zunächst ein aus einzelnen Hyphenzellen bestehendes, monokaryontisches Pilzgeflecht (Einkernmyzel). Treffen zwei verschiedengeschlechtliche Myzelien einer Pilzart aufeinander, verschmelzen ihre Zellen und es entsteht ein sogenanntes dikaryontisches Myzel (Zweikernmyzel).

Typisch für die Zellteilung dieses Myzels ist die Bildung seitlicher Ausstülpungen, den sog. Schnallen. Diese Schnallen sind ein wichtiges Merkmal der holzerstörenden Basidiomycota.

Das Myzelwachstum selbst erfolgt durch vegetative (ungeschlechtliche) Vermehrung der Hyphenzellen, die jeweils an ihrer Spitze wachsen und bei ausreichender Größe durch Ausbildung von Querwänden neue Zellen bilden. Damit ist jeder Teil eines Myzels potentiell wachstumsfähig.

Bei einigen Pilzen können auch innerhalb der Myzelien ungeschlechtliche Keimzellen, die sogenannten Arthrosporen, entstehen, oder auch dickwandige Clamydosporen. Alle Sporenformen, auch die geschlechtlichen, sind gegenüber Hitze, Austrocknung oder Bioziden in der Regel resistenter als das vegetative Myzel.

Die Pilzhyphen vernetzen sich miteinander und bilden so ein Oberflächenmyzel, das meist aus dünnwandigen, schmalen Hyphen (Grundhyphen) besteht. Um Nährstoffe zu gewinnen, wachsen die Hyphen als Substrathyphen aktiv in die Holzzellen ein. Sie gelangen z. B. durch die Tüpfel in die Holzzellen, aber auch direkt durch Zellwände, indem sie dabei die für den Holzabbau erforderlichen Enzyme ausscheiden. Die durch den enzymatischen Abbau der Zellwandbestandteile freigesetzten Nährstoffe werden von den Substrathyphen aufgenommen, verstoffwechselt/assimiliert und zum weiteren Wachstum des Pilzes verwendet.

Eine besondere Form des Oberflächenmyzels stellen die Stränge der Hausfäulepilze dar. Sie dienen der schnellen Ausbreitung des Pilzorganismus und gewährleisten die Nährstoff-

und Wasserversorgung auch in Bereichen mit schlechten Wachstumsbedingungen. Die Stränge sind meist aus mehreren, spezialisierten Hyphenarten (Grund-, Faser- oder Gefäßhyphen) aufgebaut, die miteinander verklebt und verquollen sind. Sie weisen artspezifische Merkmale auf und lassen sich daran mikroskopisch unterscheiden. Diese Merkmale sind Durchmesser, Wandigkeit, Verzweigungen, Farbe, Septen und Schnallen.

Mit ihrem Myzel- bzw. Strangsystem können verschiedene Hausfäuleerreger Mauerwerk durchwachsen. Dazu in der Lage sind der Echte und der Wilde Hausschwamm, Fähtlingshäute, der Braune Kellerschwamm, der Weiße und der Gelbe Porenschwamm sowie die Sternsetenpilze.

Nach hinreichendem Myzelwachstum werden unter geeigneten Bedingungen Fruchtkörper ausgebildet. Fruchtkörper sind Scheingewebe (Plectenchyme), die durch Verklebung und Verquellung von Pilzhypen entstehen. Innerhalb der Fruchtschicht entwickeln sich die Basidiosporen. Fruchtkörper sind sehr unterschiedlich in Größe, Farbe, Form, Ausbildung der Fruchtschicht und stellen ein wichtiges Bestimmungsmerkmal dar.

Der Entwicklungszyklus bzw. die Fortpflanzung der Basidiomyceten von den Sporen, Hyphen, Oberflächenmyzelien bis zu den Fruchtkörpern ist in nachfolgender Abbildung (Bild 4.1) dargestellt.

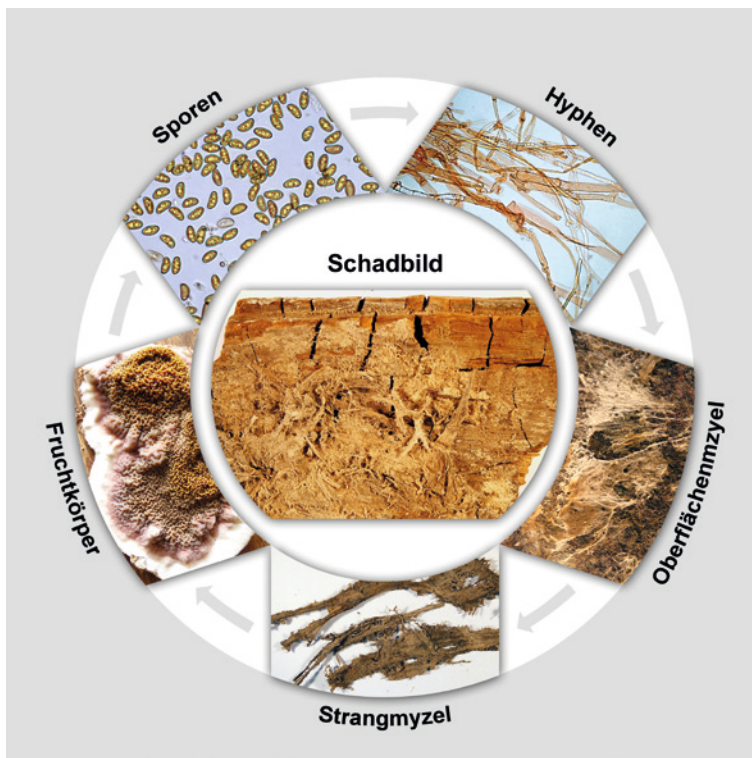


Bild 4.1 Entwicklungszyklus von holzerstörenden Basidiomycota am Beispiel des Echten Hausschwamms

Zu den Ascomycota gehören verschiedene Moderfäuleerreger, aber auch Schimmel- und Bläuepilzarten. Die geschlechtlichen Sporen werden bei den Ascomycota im Inneren von schlauchähnlichen Endhyphen (Asci) gebildet.

4.1.3 Einteilungsmöglichkeiten der Pilze und Fäuletypen

Je nach Betrachtung und Sichtweise sind aus holzschutztechnischer Sicht verschiedene Einteilungen der Pilze möglich. Nachfolgend werden wichtige Unterteilungen vorgestellt und erläutert.

Einteilung hinsichtlich der Verwertung/Energiegewinnung

Energie gewinnen die Pilze durch Verwertung organischer Stoffe. Sie leben als Saprophyten, als Parasiten oder in Symbiose mit Pflanzenwurzeln oder Algen und Flechten.

Saprophyten leben von totem organischem Material; z. B. Echter Hausschwamm, Brauner Kellerschwamm, Weißer Porenschwamm, Tannen-, Zaunblättling, Ausgebreiteter Hausporling, Sägeblättling, Muschelkrempling.

Parasiten schädigen und verwerten lebende Organismen; z. B.: Fichtenwurzelschwamm, Kiefernbaumschwamm, Echter Zunderschwamm, Spaltblättling, Hallimasch.

Symbionten leben in Symbiose mit Wurzelwerk, werden auch als Mykorrhizapilze bezeichnet; tragen zur verbesserten Nährstoff-, Mineralien- und Wasserversorgung der Bäume bei, z. B. Speisepilze und andere Waldpilze und werden mit Kohlenhydraten versorgt.

Einteilung hinsichtlich der Holzschädigung

Hierbei werden die Pilze in holzzerstörende Pilze (Braun-, Weiß- und Moderfäuleerreger) und in holzverfärbende Pilze (Bläue- und Schimmelpilze) unterteilt.

Holzzerstörende Pilze (Basidiomycota, Moderfäulepilze) sind als Hauptakteure beim Abbau des Lignins, der Cellulose und anderer Holzkomponenten ein wichtiges Glied im ökologischen Kreislauf der Natur. Gleichzeitig stellt ihr hohes Zerstörungspotential die Menschen vor Probleme, wenn es um den Erhalt der Sicherheit und Langlebigkeit baulicher Holzkonstruktionen geht.

Holzverfärbende Pilze (Asco- und Deuteromycota) greifen die Zellwände des Holzes nicht an und bewirken weder Fäulnis noch Festigkeitsverluste. Sie verändern jedoch das Aussehen des Holzes oftmals so nachteilig, dass eine beachtliche Wertminderung die Folge ist. Schimmelpilze wachsen i. d. R. auf der Oberfläche, können aber auch in poröse Materialien (z. B. Dämmstoffe) einwachsen. Bläuepilze können je nach Pilzart tief in das Holz einwachsen oder sich auf der Oberfläche ausbreiten und Beschichtungen unterwandern.

Einteilung nach dem Vorkommen

Stammfäuleerreger kommen im Wald am stehenden Stamm vor. Dazu gehören z. B. Hallimasch, Kiefernbaumschwamm, Fichtenwurzelschwamm und Schwefelporling.

Lagerfäuleerreger können bei schlecht gestapeltem Holz aber auch an Konstruktionen im Freien vorkommen. Dazu gehören z. B. Blättlinge, Muschelkrempling, Eichenwirrling, Spaltblättling und Schichtpilze.

Hausfäuleerreger treten überwiegend in und an Gebäuden auf. Dazu gehören z. B. Echter Hausschwamm, Fältlingshäute, Brauner Kellerschwamm, Weiße Porenschwämme, Ausgebreiteter Hausporling und Sternsetenpilze.

Überschneidungen dieser Kategorien bezüglich des Vorkommens holzzerstörender Pilze sind in der Praxis möglich!

Einteilung nach dem Fäuletyp

Braunfäule (BF)

- wird von den wichtigsten Gebäudepilzen wie Echter Hausschwamm, Wilder Hausschwamm, Fältlingshäute, Brauner Kellerschwamm, Weißer Porenschwamm oder Blättlinge verursacht,
- Cellulose und Hemicellulose des Holzes werden durch Enzyme (Zellulasen, Hemizellulasen) abgebaut, Holz verfärbt sich braun (das braune Lignin bleibt zurück); dies führt zu Rohdichte- und Festigkeitsminderungen bis zum völligen Zerfall des Holzes,
- durch Schwinderscheinungen kommt es zu Rissen im Holz parallel und längs zur Faserichtung, dem sogenannten Würfelbruch; die Würfelbruchlängen sind tw. pilzartentypisch nur wenige Millimeter bis zu mehreren Zentimetern lang (Bild 4.2 und Bild 4.3),
- starke Volumenschwindung führt auch zu Bauteilverformungen, es kommt zur Erhöhung der Wasseraufnahmefähigkeit, kurzfasrige Brüche können auftreten.



Bild 4.2 Braunfäule mit kleinem Würfelbruch



Bild 4.3 Braunfäule mit sehr groben Würfelbruch beim Echten Hausschwamm

Weißfäule (WF)

- wird nur von wenigen Hausfäulepilzen (z. B. Ausgebreiteter Hausporling, Sternsetenpilz) verursacht, tritt meist an lebenden Bäumen auf (z. B. Schwefelporling, Kiefernbaumschwamm, Fichtenwurzelschwamm),
- kommt häufig auch an lagerndem oder im Freien verbaute Holz vor (z. B. durch den Spaltblättling, Schmetterlingsporling oder Schichtpilze),
- der Abbau von Lignin, Cellulose und Hemicellulose im Holz wird durch Enzyme (Oxidase, z. B. Laccase) hervorgerufen, das Holz lockert fasrig auf, verfärbt sich hell bis weiß (siehe Bild 4.4), häufig werden dunkle Pilzgrenzlinien ausgebildet (siehe Bild 4.5),
- führt zu einer Rohdichte- und Festigkeitsminderung des Holzes sowie einer erhöhten Wasseraufnahmefähigkeit; Volumenschwindung und Verformung sind meist gering.



Bild 4.4 Weißfäule mit faserartiger Zersetzung des Holzes

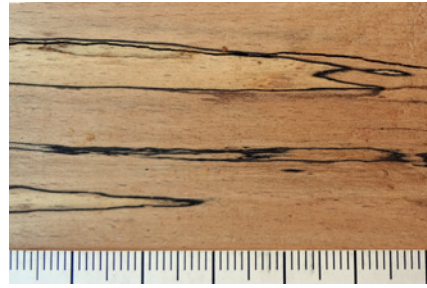


Bild 4.5 Weißfäule an Buche, mit schwarzen Pilzgrenzlinien

Eine Sonderform der WF ist die sogenannte Weißlochfäule. Hier kommt es zu einem partiellen, kleinräumigen Ligninabbau. In den länglichen Löchern bleibt die helle Cellulose erhalten (Bild 4.6) und wird z.B. durch den Kiefernbaumschwamm oder den Mosaik-Schichtpilz hervorgerufen.

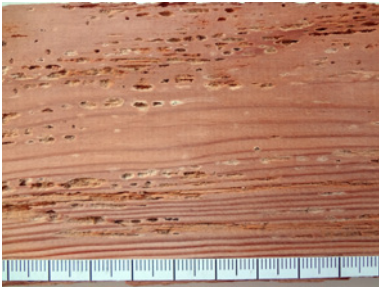


Bild 4.6 Weißlochfäule

Hinweis: die Bezeichnung Rotfäule ist im klassischen Holzschutz unüblich, weil es sich trotz der Rotfärbung um eine Weißfäule handelt, die durch den Fichtenwurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*) als Stammfäuleerreger an lebenden Bäumen verursacht wird (Bild 4.7).



Bild 4.7 Rotfäule an einem Fichtenholzstamm

Auch die sogenannte Rotstreifigkeit, die an unsachgemäß lagerndem Holz z.B. durch Schichtpilze (*Stereum*-Arten) verursacht werden kann, wird durch Weißfäuleerreger hervorgerufen. Rotstreife gilt bei der Festigkeitssortierung von Holz lediglich als Farbfehler, wenn das Holz noch nagelfest ist (Bild 4.8).



Bild 4.8 Rotstreifigkeit; Verfärbungen auf Längs- und Querschnitt

Moderfäule (MF)

- eigenständiger Fäuletyp welcher durch Ascomycota und Deuteromycota verursacht. Dazu gehören z. B. durch *Chaetomium* sp., *Petriella* sp., *Trichurus* sp.,
- tritt besonders bei sehr hohen Holzfeuchten im Erdkontakt oder bei starken Verunreinigungen auf,
- die Oberfläche ist dunkel, schmierig und nach Austrocknung entsteht ein sehr feiner, schollenartiger Würfelbruch (Bild 4.9),
- insbesondere die Zellulose des Holzes wird abgebaut und in den Holzzellen kommt es zu kavernenartigen Abbauerscheinungen,
- kann zu kurzfasrigen, muschelartig geformten Brüchen bei Bauteilen führen, wobei Laubholz stärker gefährdet ist als Nadelholz.



Bild 4.9 Moderfäule; sehr kleiner, schollenartiger Würfelbruch

Einteilung nach dem Ort der Schädigung und der Ausbildung des Myzels

Substratpilze: Dazu gehören z. B. Balken-, Zaun- und Tannenblättling, Schuppiger Sägeblättling, Eichenwirrling, Fichtenwurzelschwamm und Kiefernbaumschwamm. Auch der Echte Hausschwamm kann an Bauteilen Innenfäulen verursachen.

Oberflächenpilze: die meisten Hausfäulepilze, z. B. Echter Hausschwamm, Brauner Kellerschwamm, Weißer Porenschwamm und Ausgebreiteter Hausporling.

Einteilung nach den Maßnahmen bzw. dem Aufwand bei der Sanierung

Unterschieden wird in Schädigungen, die durch Nassfäuleerreger und den Echten Hausschwamm (*Serpula lacrymans*) verursacht werden.

Der Begriff Nassfäuleerreger kennzeichnet eine Gruppe holzerstörender Pilze mit ähnlich hohem Feuchteanspruch (z. B.: Weißer Porenschwamm, Ausgebreiteter Hausporling, Blättlinge, ...); der Echte Hausschwamm zählt nicht zu den Nassfäuleerregern!

Bei Befall durch Nassfäuleerreger sollte das Abschneiden des geschädigten Holzes bei der Sanierung 30 cm über den letzten sichtbaren Befall hinaus erfolgen. Gegebenenfalls ist ein Abbeilen von nicht mehr tragfähigen Schichten möglich.

Bei Befall durch den Echten Hausschwamm sollte das Abschneiden des geschädigten Holzes 1 m über den letzten sichtbaren Befall hinaus erfolgen, wobei ein Abbeilen von nicht mehr tragfähigen Schichten nicht zulässig ist. Gegebenenfalls ist auch eine Mauerwerksbehandlung erforderlich.

4.1.4 Lebensbedingungen

Für die Entwicklung und das Wachstum von holzerstörenden Pilzen sind mehrere Voraussetzungen notwendig. Einflussfaktoren sind in erster Linie das Substrat und die Substratfeuchte, aber auch die Temperatur, Licht und der pH-Wert. Es ist von Bedeutung, diese zu kennen, weil im Umkehrschluss vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung von Pilzbefall oder flankierende Maßnahmen zur Bekämpfung von Pilzbefall abgeleitet werden können. Die wichtigsten Einflussfaktoren werden nachfolgend betrachtet und bewertet.

Substrat (Nährstoffe)

Ihre Energie gewinnen Pilze aus organischen Materialien wie z. B. Holz mit seinen Hauptbestandteilen Cellulose, Hemicellulose, Lignin, aus Holzwerkstoffen oder auch aus Pappe und Papier, die sie enzymatisch abbauen und verwerten.

Dabei besitzen Holzarten unterschiedliche natürliche Dauerhaftigkeiten gegenüber holzerstörenden Pilzen. Splintholz ist aufgrund der Zellinhaltsstoffe (Zucker, Stärke) deutlich anfälliger gegenüber Pilzschädigungen als Kernholz.

Benötigt werden auch Nährsalze, Stickstoff, Phosphat, die der Pilz z. B. aus Putzen, Mauerwerk oder Schüttungen gewinnt.

Feuchtigkeit (Substratfeuchte)

Grundvoraussetzungen für die Pilzentstehung, Wachstum und Holzabbau sind lokale Holzfeuchten meist ab Fasersättigungsbereich (FSB), der bei Fichten- oder Kiefernholz etwa bei 30 % liegt.

Die optimale Holzfeuchte für den Holzabbau ist bei den Pilzen unterschiedlich; z. B. Echter Hausschwamm 35...55 %, Weißer Porenschwamm 40...90 %, Brauner Kellerschwamm 45...80 % und Moderfäulepilze 80...200 %.

Wie in Laboruntersuchungen nachgewiesen wurde (Huckfeld & Schmidt, 2006), kann Myzel vom Echten Hausschwamm – von einer Feuchtequelle aus – bereits ab 21 % Holzfeuchte auf Kiefersplintholz überwachsen. Bereits ab 26 % Holzfeuchte sind etwa 2 % Holzabbau in 16 Wochen möglich.

Hohe Holzfeuchten in Gebäuden können sich einstellen z. B. durch zu feucht eingebaute Baustoffe (Holz, Lehm), Putz- und Mauerarbeiten, Undichtigkeiten im Dach, defekte Abdich-

Index

A

Abdichtungen 203
Acetylierung 244
Actinobakterien 61, 108
Actinomycota
– Actinobakterien 108
Afrikanische Splintholzkäfer 126
Algen 61, 106, 243
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung 216
Ameisen 156
Anobium punctatum 117
Antrodia vaillantii 73
Antrodia xantha 73
Arthrosporen 50
Ascomycota 49
Aspergillus niger 101
Asterostroma 77
Aureobasidium pullulans 99
Ausgebreiteter Hausporling 59, 75
Austernseitling 60, 88

B

Bakterien 61, 107
Balkenblättling 59, 78
Balkenkopfaufleger 207
Basidiomycota 49, 242
bauliche Maßnahmen zum Holzschutz 177
– direkte 177
– organisatorische 177
Becherlinge 61, 105
Begasung 269
Beschichtung
– Farblos 250
– Grundbeschichtung 252
– Lasierend 250
– Schlussbeschichtung 252
– Wasserdampfdiffusionswiderstand 249
– Zwischenbeschichtung 252

Beschichtungssystem 247
– Deckend 250
Betriebsanweisung 233
Biozid-Produkte-Richtlinie
– BPD 217
Biozid-Produkte-Verordnung 217
– BPR 217
Blaue Fichtenholzwespe 137
Blaue Kiefernholzwespe 137
Bläuepilze 61, 99, 242
Blauer Scheibenbock 132
Bläueschutz 240
Blutender Schichtpilz 90
Bodentermiten 159
Bohrassel 162
Bohrlochverfahren 231
Bohrwiderstandsmessung 261
Borkenkäfer 141
Bostrychopsis jesuita 131
Bostrychus capucinus 129
Brauner Kellerschwamm 59, 70
Brauner Splintholzkäfer 126
Braunfäule 53
Buche 45
Buchennutzholzborkenkäfer 146

C

Callidium violaceum 132
Camponotus herculeanus 156
Chaetomium globosum 97
Chemische Modifizierung 243
Chemischer Holzschutz 13
Chemische Schädigungen 164
Clamydosporen 50
CMT (chemically modified timber) 244
Coniophora puteana 70
Coprinus domesticus 104
Coprinus radians 104
Criocephalus rusticus 135

D

Dacrymyces stillatus 103
 Daedalea quercina 83
 Dampfbremse 206
 Dauerhaftigkeit 239
 DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) 235
 Dendrobium pertinax 150
 Deuteromycota 49
 DMDHEU 244
 DNA-Analysen 262
 Donkioporia expansa 75
 Douglasie 41
 Druckverfahren
 - Doppelvakuumverfahren 228
 - Rüping-Verfahren 228
 - Vakuum-Druck-Verfahren 227
 - Wechseldruckverfahren 228
 Dünnfleischiger Rindenpilz 96

E

Echter Hausschwamm 58, 63
 Eiche 42
 Eichenkernholzkäfer 146
 Eichennutzholzborkenkäfer 146
 Eichenporling 75
 Eichenwirrling 59, 83
 Einschnitt 179
 Entsorgung 236
 Ergatus faber 155
 Ernobius mollis 124

F

Fagus sylvatica 45
 Fältlingshäute 59, 68
 Feuchtholztermiten 159
 Fichte 36
 Fichtenwurzelschwamm 60, 93
 Frischholzinsekten 131
 Fuge 207
 Furfurylierung 244

G

Gallerträne 60, 103
 Gebrauchsklassen 17, 35
 Gefährdungsklassen 17
 Gekämmter Nagekäfer 121
 Gelber Porenschwamm 73

Gemeiner Spaltblättling 103
 Gescheckter Nagekäfer 147
 Gestreifter Nutzholzborkenkäfer 144
 Gewöhnlicher Nagekäfer 117
 Gewöhnlicher Werftkäfer 139
 Glänzenschwarze Holzameise 156
 Gleichgewichtsfeuchte 242
 Gloeophyllum abietinum 78
 Gloeophyllum cupiarum 78
 Gloeophyllum trabeum 78
 Großer Achtzähliger Fichtenborkenkäfer 141
 Großer Buchdrucker 141
 Großsporiger Feuerschwamm 87
 Grubenhalziger Splintholzkäfer 129
 Grubenholzkäfer 151

H

Haarrisse 203
 Hadrobregmus pertinax 150
 Halsgrubenbock 135
 Hauptschnittrichtungen 27
 Hausbockkäfer 112
 Hausfäuleerreger 53
 Hemicellulosen 239, 241
 Heterobasidion annosum 93
 Heterobostrychus aequalis 131
 Hexarthrum exiguum 151
 Holzbrütende Borkenkäfer 141
 Holzeinschnitt 179
 Holzfenster 254
 Holzfeuchte 30
 Holzfeuchtebestimmung 260
 Holzmodifizierung 239
 Holzschutz, baulich-konstruktiver 13, 177
 Holzschutzmittel 215
 - Bekämpfungsmittel 216
 Holzschutzmittelverzeichnis 216
 Holzschutzverfahren
 - Druckverfahren 226
 - Nichtdruckverfahren 226
 Holzverfärbende Pilze 52
 Holzwespen 137
 Holzzerstörende Pilze 52
 Hydrophobierung 240, 244
 Hydroxylgruppen 239
 Hylecoetus dermestoides 139
 Hylotrupes bajulus 112

I

Innendämmung 207
 Insekten 109
 Ips amitinus 143
 Ips typographus 141
 Isoptera 159

K

Kaloterme flavicollis 159
 Kaldach 210
 Kanteln 179
 Kapuzinerkäfer 129
 Kernholz 23
 Kernholzbildung 24
 Kernholzkäfer 146
 Kiefer 38
 Kiefernbaumschwamm 60, 94
 Kleiner Buchdrucker 143
 Kriechkeller 212
 Kupferstecher 143

L

Lachsfarbener Sternsetenpilz 77
 Lagerfäuleerreger 52
 Lärche 39
 Larix decidua 39
 Lasius brunneus 156
 Lasius fuliginosus 156
 Laubholzwespe 137
 Lentinus lepideus 85
 Leptura rubra 153
 Leucogyrophana 68
 Limnoria lignorum 162
 Lindan 235
 Liniertes Laubnutzholzborkenkäfer 146
 luftdichte Ebene 207
 Luftfeuchte 205
 Luftschichtdicke 205, 206
 Lyctus africanus 126
 Lyctus brunneus 126
 Lyctus cavicollis 129
 Lyctus linearis 126
 Lymexylonidae 139
 Lymexylon navale 139

M

Marmorierter Kellerschwamm 71
 Maßhaltigkeit 247
 – begrenzt maßhaltig 248
 – maßhaltig 248
 – nicht maßhaltig 247
 Mastotermes darwiniensis 159
 Meeresorganismen 109
 Mindestschichtdicken 256
 Moderfäule 55
 Moderfäuleerreger 60, 97
 Moderfäulepilze 242
 Mosaik-Schichtpilz 90
 Mulmbock 155
 Muschelkrempling 59, 82

N

Natürliche Dauerhaftigkeit 29
 Nichtdruckverfahren 228
 – Fluten 229
 – Heiß-Kalt-Einstelltränkung 229
 – Schaumverfahren 229
 – Sprühen/Spritzen 229
 – Streichen 229
 – Tauch- und Trogränungsverfahren 230
 Nutzungsklassen 20

O

Oberflächentemperatur 251
 Ockerfarbiger Sternsetenpilz 77
 Oligoporus placenta 73
 Ophiostoma 99
 Oregon pine 41

P

Parkettkäfer 126
 Paxillus panuoides 82
 PCP (Pentachlorphenol) 235
 Penicillium 101
 Pentarthrum huttoni 153
 Peziza 105
 Peziza repanda 105
 Phellinus contiguus 87
 Phellinus pini 94
 Phlebiopsis gigantea 95
 Phymatodes testaceus 133
 Physikalische Schädigungen 165

Picea abies 36
Pilzbestimmung 61
Pinus sylvestris 38
Pityogenes chalcographus 143
Platyodidae 146
Platypus cylindrus 146
Pleurotus ostreatus 88
Polycyon stouti 131
Priobium carpini 150
Produktart 217
Prüfprädiat 216
Pseudotsuga menziesii 41
Ptilinus pectinicornis 121

Q

Quellen 32, 179
Querbelüftung 212
Quercus robur 42

R

RAL-Gütezeichen 216
Räuchern 240
Resursa 244
Restfeuchte 206
Reticularia lycoperdon 106
Reticulitermes flavipes 159
Rhagium inquisitor 155
Rhyncolus culinaris 151
Riesenholzwespe 137
Rindenbrütende Borkenkäfer 141
Rindenpilze 60, 95
Rissbildung 179
Robinia pseudoacacia 44
Robinie 44
Rosafarbener Saftporling 73
Rossameise 156
Roteiche 43
Rotfäule 54
Rothalsbock 153
Rotrückige Hausameise 156
Rotstreifigkeit 55
Royal-Verfahren 244

S

Saprophyten 52
Schadensdiagnose 257
Schaumverfahren 267
Schichtpilze 60, 90

Schiffsbohrmuschel 162
Schiffswerftkäfer 139
Schimmelpilze 61, 101, 242
Schizophyllum commune 103
Schleimpilze 61, 106
Schmetterlingsporling 60, 91
Schnittholzlagerung 179
Schrotbock 155
Schuppiger Sägeblättling 59, 85
Schwammholznegkäfer 150
Schwinden 32, 179
Scolytidae 141
Sechszähliger Fichtenborkenkäfer 143
Serpula himantioides 67
Serpula lacrymans 63
Sicherheitsdatenblatt 232
Sirex juvencus 137
Sirex noctilio 137, 139
Siricidae 137
Spaltblättling 60
Sperrbahn 208
Splintholz 23
Stammfäuleerreger 52
Stereum hirsutum 90
Sternsetenpilze 59, 77
Stictoleptura rubra 153
Stieleiche 42
Striegelige Tramete 92
Sydowia 99

T

Tanne 37
Tannenblättling 59, 78
Tapinella panuoides 82
Taupunkt 206
Tauwasserfreiheit 206
Teredo navalis 162
Termiten 159
Thermische Behandlung 269
Thermische Modifizierung 241
Tintlinge 60, 104
TMT (thermally modified timber) 243
Trametes versicolor 91
Tränkbarkeit 225
Traubeneiche 42
Tremex fuscicornis 137
Trichoderma 101
Trockenholzinsekten 111
Trockenholztermiten 159
Trockenschichtdicke 249

Trockenstarre 58
Trotzkopf 150
Trypodendron lineatum 144

U

Ungleiche Holzbohrer 146
Untersuchungsbericht 263
Urocerus gigas 137

V

Veränderlicher Scheibenbock 133
Verbindungsmittel 183
Verbraucherleitfaden Holzschutzmittel 222
Verdunstungsperiode 206
Vergrauung 247
Verwendbarkeitsnachweis 240
Violetter Schichtpilz 90

W

Warmdach 210
Wärmedämmung 205, 208, 212
Wärmeschutz, sommerlicher 205

Wasseraufnahme, kapillare 242
Weicher Nagekäfer 124
Weißer Porenschwamm 59, 73
Weißfäule 53
Weißblochfäule 54
Werftkäfer 139
Wilder Hausschwamm 58, 67
Wirkstoff 217

X

Xestobium rufovillosum 75, 147
Xyleborus dispar 146
Xyloterus domesticus 146
Xyloterus lineatus 144
Xyloterus signatus 146

Z

Zähling 86
Zaunblättling 59, 78
Zimtbrauner Porenschwamm 59, 87
Zottiger Eichenschichtpilz 90
Zweifarbiger Harz-Rindenpilz 96
Zystidenrindenpilz 96