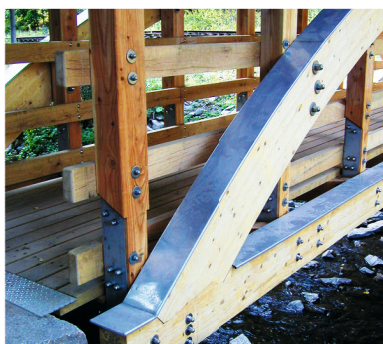
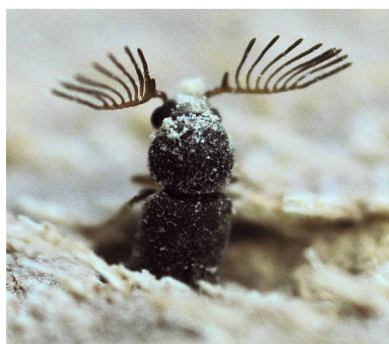


Scheidung · Grabes · Haustein  
Nieke · Urban · Weiß

# Holzschutz

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



3., überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER



Scheidung / Grabes / Haustein / Haustein / Nieke / Urban / Weiß

**Holzschutz**



**Blieben Sie auf dem Laufenden!**

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

**[www.hanser-fachbuch.de/newsletter](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)**



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

3., überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

## Autoren:

Dr. rer. silv. Wolfram Scheiding, Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD)

Dr.-Ing. Tilo Haustein, Sachverständigenbüro Haustein, Dresden und Nürnberg

Dipl.-Ing. Vera H. Haustein, Sachverständigenbüro Haustein, Dresden und Nürnberg

Dipl.-Ing. Norbert Nieke, Ingenieurbüro Holzschutz Nieke, Dresden

Dipl.-Ing. Harald Urban, Dresden

Dipl.-Ing. Björn Weiß, Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD)

Dipl.-Ing. Peter Grabes, Ingenieur für Baudiagnose, Radebeul



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über

<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: [www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Anne Kurth

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Titelbild: © Scheiding, W; Grabes, P.; Haustein, T.; Haustein, V.; Nieke, N.; Urban, H.; Weiß, B.

Satz: Eberl & Koesel Studio, Altusried-Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-46578-7

E-Book-ISBN 978-3-446-47044-6

E-Pub-ISBN 978-3-446-47151-1

# Vorworte

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. Auch wird auf holzverfärbende Mikroorganismen und die Sanierung von Schimmelpilzbefall eingegangen; Fragen des Brandschutzes werden jedoch nicht behandelt.

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

### **Vorwort zur zweiten Auflage**

Nach einer sehr positiven Aufnahme der Erstauflage liegt nun bereits die zweite Auflage vor, die überarbeitet und deutlich erweitert wurde. Dabei wurden auch verschiedene Hinweise von Rezensenten und Lesern berücksichtigt. Zahlreiche Abbildungen wurden graphisch überarbeitet oder ersetzt, insbesondere im Abschnitt zum baulich-konstruktiven Holzschutz. Dieser wurde insgesamt neu gestaltet, wobei Ludwig Nieke für die technische Umsetzung der Grafiken besonders zu danken ist. Deutlich ausführlicher sind auch die Abschnitte zur Modifizierung und Hydrophobierung von Holz sowie zu Besonderheiten bei Kunstgut und der Denkmalpflege; hier finden sich jetzt z. B. Erläuterungen zu Bekämpfungsmaßnahmen und zum Schimmelpilzbefall. Der Abschnitt zu den holzschädigenden Insekten wurde um deren natürliche Feinde (Antagonisten) erweitert. Für die Hinweise bei der Bearbeitung der holzerstörenden Insekten in der zweiten Auflage danken wir sehr Frau Dr. Veronika Pohris (TU Dresden, Institut für Waldbau und Waldschutz, Tharandt). Ein Dank gebührt auch Frau Dr. Angelika Mann, ebenfalls vom Institut für Waldbau und Waldschutz, welche uns mit der Bereitstellung von ausgewählten Tierpräparaten unterstützte.

Dresden, im Juli 2016

### **Vorwort zur dritten Auflage**

In der nunmehr dritten, überarbeiteten und erweiterten Auflage wurden die neuesten Ausgaben relevanter Regelwerke berücksichtigt. Dies betrifft insbesondere die Ausgaben der Teile 1–4 der Holzschutznorm DIN 68800 aus den Jahren 2019 bis 2021, aktuelle Ausgaben der einschlägigen WTA-Merkblätter sowie Änderungen im Baurecht (MVV TB) und bei den Holzschutzmittelzulassungen.

Dresden, im September 2021



# Inhalt

<b>Vorworte</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Bedeutung des Holzschutzes .....	11
1.2 Geschichte des Holzschutzes .....	14
<b>2 Gebrauchsklassen</b> .....	<b>17</b>
<b>3 Holzkundliche Grundlagen</b> .....	<b>23</b>
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 Gemeine Fichte .....	36
3.4.2 Gemeine Kiefer .....	38
3.4.3 Europäische Lärche .....	39
3.4.4 Douglasie .....	41
3.4.5 Europäische Eiche .....	42
3.4.6 Robinie .....	44
3.4.7 Buche, Rotbuche .....	45
<b>4 Biotische und abiotische Schadfaktoren</b> .....	<b>48</b>
4.1 Holzzerstörende und holzverfärbende Pilze und Mikroorganismen .....	48
4.1.1 Taxonomische Zuordnung der Pilze .....	48
4.1.2 Entwicklung und Fortpflanzung .....	49

4.1.3	Einteilungsmöglichkeiten der Pilze und Fäuletypen	51
4.1.4	Lebensbedingungen	55
4.1.5	Übersicht der wichtigsten Pilze und Mikroorganismen	57
4.1.6	Pilzbestimmung und Probenahme	60
4.1.7	Beschreibung und Dokumentation holzerstörender und holzverfärbender Pilze und Mikroorganismen	62
4.1.7.1	Echter Hausschwamm ( <i>Serpula lacrymans</i> )	62
4.1.7.2	Wilder Hausschwamm ( <i>Serpula himantioides</i> )	66
4.1.7.3	Fältlingshäute ( <i>Leucogyrophana</i> spp.)	67
4.1.7.4	Brauner Keller- oder Warzenschwamm ( <i>Coniophora puteana</i> )	69
4.1.7.5	Weißer Porenschwamm ( <i>Antrodia vaillantii</i> )	72
4.1.7.6	Ausgebreiteter Hausporling ( <i>Donkioporia expansa</i> )	74
4.1.7.7	Sternsetenpilze ( <i>Asterostroma</i> spp.)	76
4.1.7.8	Tannen-, Zaun- und Balkenblättling ( <i>Gloeophyllum</i> spp.)	77
4.1.7.9	Muschelkrempling ( <i>Paxillus panuoides</i> )	81
4.1.7.10	Eichenwirrling ( <i>Daedalea quercina</i> )	82
4.1.7.11	Schuppiger Sägeblättling ( <i>Lentinus lepideus</i> )	84
4.1.7.12	Zimtbrauner Porenschwamm ( <i>Phellinus contiguus</i> )	86
4.1.7.13	Austernseitling ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	87
4.1.7.14	Schichtpilze ( <i>Stereum hirsutum</i> , <i>Stereum</i> spp.)	89
4.1.7.15	Schmetterlingsporling ( <i>Trametes versicolor</i> )	90
4.1.7.16	Fichtenwurzelschwamm ( <i>Heterobasidion annosum</i> )	92
4.1.7.17	Kiefernbaumschwamm ( <i>Phellinus pini</i> )	93
4.1.7.18	Rindenpilze ( <i>Phlebiopsis gigantea</i> )	94
4.1.7.19	Moderfäuleerreger (z. B. <i>Chaetomium globosum</i> )	96
4.1.7.20	Bläuepilze	98
4.1.7.21	Schimmelpilze	100
4.1.7.22	Gemeiner Spaltblättling ( <i>Schizophyllum commune</i> )	102
4.1.7.23	Gallerträne ( <i>Dacrymyces stillatus</i> )	102
4.1.7.24	Tintlinge ( <i>Coprinus domesticus</i> , <i>C.</i> spp.)	103
4.1.7.25	Becherlinge ( <i>Peziza</i> spp.)	104
4.1.7.26	Schleimpilze ( <i>Reticularia lycoperdon</i> , ...)	105
4.1.7.27	Algen	105
4.1.7.28	Bakterien	106
4.2	Holzerstörende Insekten und Meerestiere	108
4.2.1	Entwicklung und Lebensbedingungen	109
4.2.2	Beschreibung der Arten	111
4.2.2.1	Trockenholzinsekten	111
4.2.2.2	Frischholzinsekten	129
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	Natürliche Feinde der Holzzerstörer	164
4.4	Chemische und physikalische Schadfaktoren	169
4.4.1	Chemische Schädigungen	169
4.4.2	Physikalische Schädigungen	170

4.4.2.1	Temperatur .....	170
4.4.2.2	Feuchteinfluss .....	171
4.4.2.3	Mechanische Beanspruchung .....	172
4.4.2.4	Strahlung .....	173

## **5** **Baulich-konstruktiver Holzschutz** ..... **182**

5.1	Einführung .....	182
5.2	Planungs-, Bau- und Nutzungsphase .....	185
5.2.1	Lagerung, Transport, Verarbeitung und Trocknung des Holzes ...	185
5.2.2	Bauplanung, Bauüberwachung .....	187
5.2.3	Instandhaltung .....	188
5.3	Schutz vor Feuchtigkeit von außen .....	190
5.3.1	Allgemeine Maßnahmen an Bauwerken .....	190
5.3.2	Abdichtungen .....	196
5.3.3	Spezielle Maßnahmen an Bauteilen .....	200
5.4	Schutz vor Feuchtigkeit von innen .....	207
5.4.1	Feuchtetransport durch Diffusion .....	207
5.4.2	Feuchtetransport durch Konvektion .....	209
5.4.3	Nassbereiche .....	210
5.5	Besondere Bauteile und Bereiche .....	212
5.5.1	Dächer .....	212
5.5.2	Balkenköpfe .....	215
5.5.3	Kriechkeller .....	217

## **6** **Chemischer Holzschutz** ..... **221**

6.1	Zulassung von Holzschutzmitteln .....	221
6.1.1	Gesetzliche Regelung der Zulassung von Holzschutzmitteln über die europäische Biozidverordnung .....	221
6.1.2	Zulassung von Holzschutzmitteln in Deutschland durch das DIBt .	224
6.1.3	Zulassung von Holzschutzmitteln durch die BAuA .....	226
6.2	Einteilung, Einstufung und Kennzeichnung von Holzschutzmitteln .....	228
6.2.1	Einteilung der Holzschutzmittel entsprechend ihrer Wirksamkeit	228
6.2.2	Einstufung und Kennzeichnung von Holzschutzmitteln .....	230
6.3	Einbringverfahren für Holzschutzmittel .....	232
6.3.1	Voraussetzungen und Ziele .....	232
6.3.2	Druckverfahren im vorbeugenden Holzschutz .....	234
6.3.3	Nichtdruckverfahren .....	236
6.3.4	Bohrlochverfahren .....	238
6.4	Qualitätssicherung .....	238
6.5	Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz .....	239
6.5.1	Richtiger Umgang mit Holzschutzmitteln .....	239
6.5.2	Inverkehrbringen von behandelten Hölzern .....	242
6.5.3	Umgang mit Altlasten und Entsorgung von behandelten Hölzern .	244

<b>7</b>	<b>Modifizierung und Hydrophobierung von Holz</b>	<b>248</b>
7.1	Grundlagen der Modifizierung	248
7.2	Thermische Modifizierung	249
7.2.1	Definition und Wirkprinzip	249
7.2.2	Herstellungsverfahren	250
7.2.3	Eigenschaften	251
7.3	Chemische Modifizierung	253
7.3.1	Definition und Wirkprinzip	253
7.3.2	Herstellungsverfahren	253
7.3.3	Eigenschaften	254
7.4	Verwendung modifizierter Hölzer	255
7.5	Entsorgung modifizierter Hölzer	258
7.6	Hydrophobierung	259
7.7	WPC/NFC, Bambusprodukte	259
<b>8</b>	<b>Oberflächenbehandlung</b>	<b>262</b>
8.1	Beschichtungssysteme	263
8.2	Kombination von chemischem Schutz und Beschichtung	268
<b>9</b>	<b>Bekämpfender Holzschutz und Sanierung</b>	<b>274</b>
9.1	Grundsätzliches	274
9.1.1	Schadensdiagnose	274
9.1.2	Untersuchungsbericht	280
9.1.3	Vorbereitung der Sanierung	282
9.2	Bekämpfung eines Pilzbefalls	282
9.3	Maßnahmen bei Schäden durch holzerstörende Insekten	285
9.4	Besonderheiten Kunstgut und Denkmalpflege	287
9.4.1	Allgemeines	287
9.4.2	Anwendung von Bekämpfungsverfahren nach DIN 68 800-4	288
9.4.3	Thermische Verfahren	290
9.4.4	Begasungsverfahren und modifizierte Atmosphären	292
9.4.5	Schimmelpilzbefall	294
9.5	Konstruktive Ertüchtigung	297
	<b>Index</b>	<b>301</b>

# 1

## Einführung

Norbert Nieke

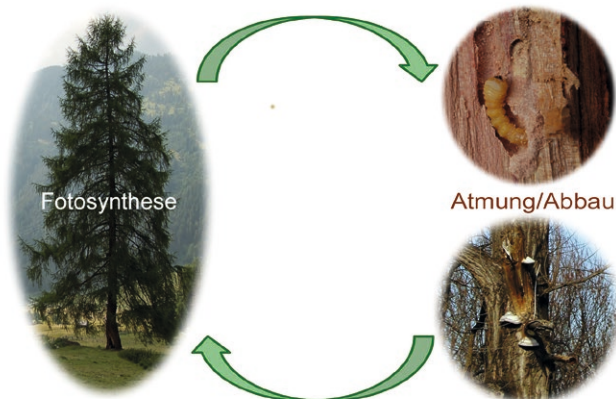
### ■ 1.1 Bedeutung des Holzschutzes

Seit tausenden von Jahren wird Holz durch die Menschen als Baustoff genutzt. Doch genauso lange wissen die Menschen, dass Holz ein sehr vergänglicher Werkstoff ist, wenn man es nicht richtig schützt. Warum ist das so?

Holz ist ein Teil der Natur, genauer: verholztes Gewebe der autotrophen Pflanzen im weiteren Sinne und von Bäumen im engeren Sinne.

Im „Normalfall“ existiert es solange wie die Pflanze. Nach dem Ende von deren Lebensdauer wird die Pflanze einschließlich der verholzten Bestandteile dem Lebenskreislauf wieder eingegliedert. Das erledigen unter anderem Pilze, Insekten und Bakterien, die sich infolge der Evolution auf das Holz spezialisiert haben.

Auch wenn das Holz vor dem Zerfall der Pflanzen geerntet und durch den Menschen als Baumaterial genutzt wird, machen diese Pilze und Insekten nicht Halt vor dem Holz. Im Gegenteil, die Evolution hat dafür gesorgt, dass es Pilze und Insekten gibt, die sich auf den Abbau von verbautem Holz spezialisiert haben und zum Teil auch mit den Klimabedingungen in unseren Gebäuden gut zurechtkommen. Holz ist und bleibt Teil eines globalen Naturkreislaufes (Bild 1.1).



**Bild 1.1** Naturkreislauf

Autotrophe Pflanzen binden mithilfe der Photosynthese den Kohlenstoff, heterotrophe Lebewesen (Tiere, Pilze) bauen diese Pflanzen wieder ab und produzieren dabei u. a. Kohlendioxid.

Aus dieser Grundbetrachtung lassen sich viele für den Holzschutz wichtige Schlüsse ziehen:

- Die Zerstörung oder besser der Abbau von Holz durch Pilze und Insekten ist in der Natur für den Fortbestand des Lebens auf der Erde notwendig.
- Der Kreislauf darf nur unterbrochen werden, solange das Holz genutzt werden soll.
- Der Kreislauf kann nicht „zurückgedreht“ werden: Holzsubstanz, die einmal durch Pilze oder Insekten abgebaut ist, kann nicht zurückgewonnen werden.
- Pilze sind keine Pflanzen: sie haben kein Chlorophyll und betreiben keine Photosynthese; sie erzeugen aus dem gebundenen Kohlenstoff mithilfe von Enzymen Kohlendioxid.
- Alle Maßnahmen, die dazu beitragen, diesen Kreislauf – egal zu welchem Zeitpunkt und wie dauerhaft – zu unterbrechen, können als Holzschutzmaßnahmen bezeichnet werden.

Holz kann auf unterschiedliche Weise geschützt werden. Man spricht von organisatorischem, baulich-konstruktivem und chemischem Holzschutz. Die Priorität der Maßnahmen entspricht genau dieser Reihenfolge.

### Organisatorischer Holzschutz

Von der Ernte im Wald bis zur Pflege und Erhaltung im eingebauten Zustand kann Holz durch einfache Maßnahmen geschützt werden. Das setzt Kenntnisse und Erfahrungen von allen Beteiligten im Umgang mit dem natürlichen Werkstoff voraus: richtiger Fällzeitpunkt, fachgerechte Lagerung vom Wald bis zum Einbauort (Bild 1.2), korrekte Logistik auf der Baustelle, korrektes Management aller Feuchtprozesse beim Bauen, fachgerechte Pflege aller Holzprodukte während der Nutzung. Dies sind nur einige Beispiele für Maßnahmen, die bei meist wenig Aufwand einen großen Beitrag zum Schutz des Holzes leisten.



**Bild 1.2** Fachgerechte Holzlagerung im Wald

### Baulich-konstruktiver Holzschutz (vgl. Abschnitt 5)

Hierunter werden alle Maßnahmen verstanden, die den Materialeigenschaften des Holzes baukonstruktiv Rechnung tragen. Das beginnt damit, dass in bestimmten Bereichen gezielt auf Holz verzichtet wird (z. B. im Spritzwasserbereich durch Aufständern von Pfosten auf Stahlfüße). Weiterhin gehört dazu die Auswahl der richtigen Holzart unter Beachtung der natürlichen Dauerhaftigkeit, des richtigen Einschnittes und der richtigen Einbaufeuchte. Bei der Auslegung der Konstruktion sind Belange des Wetterschutzes (Bild 1.3) genauso zu beachten wie die der Bauphysik. Gerade im Zeitalter des energiebewussten Bauens kommt bauphysikalischen Problemen eine steigende Bedeutung zu. Baulich-konstruktiver Holzschutz endet jedoch nicht am Computer, sondern alle am Bau Beteiligten müssen die planerischen Vorgaben fachgerecht umsetzen. So sollte es z. B. selbstverständlich sein, dass bei frei bewitterten Konstruktionen scharfe Holzkanten vor der Beschichtung abzurunden sind.



**Bild 1.3** Baulicher Holzschutz bei einer Brücke

### Chemischer Holzschutz (vgl. Abschnitt 6)

Vielfach wird Holzschutz in erster Linie als chemische Maßnahme wahrgenommen. Fachleute bemühen sich mindestens seit den 80er bis 90er Jahren des 20. Jahrhunderts, dieses Vorurteil zu beseitigen. Das Normenwerk und das ökologische Bewusstsein verlangen, zunächst alle organisatorischen, planerischen und konstruktiven Möglichkeiten auszuschöpfen. Nur wenn darüber hinaus weiterer Schutzbedarf besteht, der sich mit den vorgenannten Maßnahmen nicht realisieren lässt, werden chemische Holzschutzmittel eingesetzt.

Nach wie vor besteht dieser Bedarf, womit chemische Holzschutzmaßnahmen, vorbeugender und bekämpfender Art, in vielen Bereichen unumgänglich sind.

Dabei gilt: So wenig wie möglich – so viel wie nötig!

Genauso wie der übertriebene Einsatz chemischer Produkte zu Gefährdungen führen kann, ist dies auch durch unterlassenen chemischen Holzschutz möglich, etwa wenn die Standicherheit gefährdet ist.

Daher ist der zielgerichtete und fachgerechte Einsatz von Biozidprodukten bis auf weiteres unerlässlich (Bild 1.4). Allerdings wird in Wissenschaft und Praxis nach Alternativen gesucht. Hierzu zählen z.B. neuartige Schutzkonzepte wie die Holzmodifizierung (vgl. Abschnitt 7).

Durch Kenntnisse der biologischen und physikalischen Zusammenhänge rund um das Holz im Bauwerk und durch bautechnisch-konstruktive und chemische Maßnahmen ist es möglich, den Werkstoff Holz als langlebigen, ökologischen und ästhetischen Baustoff einzusetzen. Dazu muss der Widerspruch zwischen Holz als natürliche, vergängliche Substanz und unserem Nutzungsanspruch als Baustoff gelöst werden. Auf der Grundlage von Kenntnissen der Holzeigenschaften, möglicher schädlicher Einflüsse auf das Holz und der Einsatzbedingungen, kann das Holz wirksam geschützt werden.



**Bild 1.4** Imprägnierte Holzmasten

## ■ 1.2 Geschichte des Holzschutzes

Holz ist einer der ältesten Bau- und Werkstoffe des Menschen. Genau so lange, wie Menschen das Holz nutzen, wissen sie, dass sie es schützen müssen. Es sind sowohl chemische und physikalische Maßnahmen wie Tauchen oder Lagern in Meerwasser oder Salzsole, Beflammen, Ankohlen, Behandlung mit Erdpech, Bitumen, Naturasphalt, toxischen Ölen (z.B. Nardenöl) als auch konstruktive Maßnahmen wie Niedrighalten der Baufeuchte oder Auswahl des richtigen Fällzeitpunktes bis 5000 v. Chr. belegt (Bild 1.5).

Bereits im Alten Testament der Bibel sind Empfehlungen zum Schutz des Holzes zu finden. So steht im 1. Buch Mose, Kap. 6 Vers 14, dass Noah für den Bau der Arche Zypressenholz verwenden und dieses mit Pech schützen soll. Aber auch mit der Beseitigung von Holzschäden mussten sich die Menschen frühzeitig auseinandersetzen. Der bekannteste Hinweis auf bekämpfende Holzschutzmaßnahmen findet sich ebenfalls in der Bibel. Im 3. Buch Mose, Kap. 14 Vers 33 – 54 wird im „Gesetz über Aussatz an Häusern“ beschrieben, wie Hauschwamm zu bekämpfen ist.





**Bild 1.5** Sonnenobservatorium Goseck, 5000 v. Chr., Rekonstruktion

Über Jahrtausende wurde das Wissen um die Eigenschaften des Holzes und die entsprechenden Schutzmöglichkeiten als Erfahrungsschatz weitergegeben und erweitert. In der Blüte des Holzbaues im Hochmittelalter (15./16. Jh.) entstanden Fachwerkstädte, die uns heute noch beeindruckend. Konstruktive Schutzmaßnahmen wie überkragende Geschosse, Wasserschenkel, Tropfkanten usw. trugen dazu bei, dass viele der Bauwerke bis heute erhalten geblieben sind.

Auch chemische Holzschutzmaßnahmen wurden ständig weiterentwickelt, wobei die Entwicklung hier ab dem Mittelalter vor allem aus dem Bereich der Alchemie vorangetrieben wurde (Einsatz von Quecksilber, Kupfer, Arsen usw.). Ab dem 19. Jh. begann jedoch auch eine systematische Holzschutzforschung. 1832 wurde das erste britische Patent für Quecksilberchlorid erteilt. 1838 wurden das Kesseldruckverfahren und die industrielle Anwendung von Steinkohlenteeröl patentiert.

Im 20. Jh. beeinflusst die Entwicklung der Chemie den Holzschutz noch stärker. In den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts beginnt der Einsatz chlorierter Naphthaline als organisches Holzschutzmittel; der Markenname „Xylamon“ wird zum Inbegriff des Holzschutzes. Es folgen in den 40er Jahren die Entdeckung des DDT (Dichlordiphenyltrichlormethylmethan) als Insektizid, die Übernahme von Wirkstoffen aus der chemischen Kampfstoffindustrie während und nach dem 2. Weltkrieg, wie HCH (Hexachlorcyclohexan, auch bekannt als Lindan), und der Import des Pilzgiftes PCP (Pentachlorphenol) aus den USA (50er Jahre).

Der Einsatz von Holzschutzmitteln wird zum Sinnbild für den Begriff „Holzschutz“.

In den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts ist der Höhepunkt des Holzschutzmitteleinsatzes zu sehen. Danach beginnt durch die negativen Begleiterscheinungen dieser Entwicklung ein generelles Umdenken; man besinnt sich stärker auf die Möglichkeiten des baulichen Holzschutzes.

Die Neufassung der einzelnen Teile der DIN 68800 von 1990 – 96 belegt die steigende Bedeutung des konstruktiven Holzschutzes; damit einher geht seitdem das Bemühen um die Minimierung des Wirkstoffanteiles in Holzschutzmitteln bzw. der Aufwandmengen.

Der Einfluss der europäischen Biozidgesetzgebung und die erneute (erstmalig komplette) Überarbeitung der DIN 68800 und deren Erscheinen 2011/12 haben nachhaltigen Einfluss auf die Entwicklung des Holzschutzes. Mit der aktuellen Überarbeitung der Holzschutznorm 2019–2021 wird diese Entwicklung fortgeschrieben. Chemische Holzschutzmaßnahmen sollen auf das notwendige Minimum reduziert und die Einsatzmöglichkeiten nichtchemischer Verfahren weiter verbessert werden.

# 2

## Gebrauchsklassen

Norbert Nieke

Um Holz richtig schützen zu können, muss zunächst festgestellt werden, vor welcher Gefährdung es überhaupt geschützt werden muss. Dies ist vor allem vom Einbauort bzw. den Bedingungen an diesem Ort abhängig. Eine wichtige Hilfe und Grundlage bildet die (DIN 68800-1, 2019), die, basierend auf der Europäischen Normung (DIN EN 335, 2013), sechs Gebrauchsklassen (GK, früher: „Gefährdungsklassen“) definiert (Tabelle 2.1). Diese gehen von kumulierenden Gefahrenfaktoren aus.

**Tabelle 2.1** Gebrauchsklassen nach DIN 68800-1:2019

GK	Holzfeuchte/ Exposition	Allgemeine Gebrauchs- bedingungen	Gefähr- dung durch Insekten	Gefähr- dung durch Pilze	Aus- waschbe- anspru- chung	Gefähr- dung durch Moder- fäule	Holz- schäd- linge im Meer- wasser
0	Trocken (ständig $\leq 20\%$ ) mittlere relative Luftfeuchte bis 85 %	Holz oder Holzpro- dukt unter Dach, nicht der Bewitte- rung und keiner Be- feuchtung ausge- setzt, die Gefahr von Bauschäden kann entsprechend 5.2.1 ausgeschlossen wer- den *)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
1	Trocken (stän- dig $\leq 20\%$ ) mitt- lere relative Luftfeuchte bis 85 %	Holz oder Holzpro- dukt unter Dach, nicht der Bewitte- rung und keiner Be- feuchtung ausgesetzt	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
2	Gelegentlich feucht ( $> 20\%$ ) mittlere relative Luftfeuchte über 85 % oder zeitweise Be- feuchtung durch Konden- sation	Holz oder Holzpro- dukt unter Dach, nicht der Bewitte- rung ausgesetzt, eine hohe Umgebungs- feuchte kann zu gele- gentlicher aber nicht dauernder Befeuch- tung führen	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein

**Tabelle 2.1** Gebrauchsklassen nach DIN 68800-1 (Fortsetzung)

GK	Holzfeuchte/ Exposition	Allgemeine Gebrauchs- bedingungen	Gefähr- dung durch Insekten	Gefähr- dung durch Pilze	Aus- waschbe- anspru- chung	Gefähr- dung durch Moder- fäule	Holz- schäd- linge im Meer- wasser
3.1	Gelegentlich feucht (> 20%) Anreicherung von Wasser im Holz, auch räumlich be- grenzt, nicht zu erwarten	Holz oder Holzpro- dukt nicht unter Dach, mit Bewitte- rung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, An- reicherung von Was- ser im Holz, auch räumlich begrenzt, ist aufgrund von ra- scher Rücktrocknung nicht zu erwarten	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein
3.2	Häufig feucht (> 20%) Anrei- cherung von Wasser im Holz, auch räumlich be- grenzt, zu er- warten	Holz oder Holzpro- dukt nicht unter Dach, mit Bewitte- rung, aber ohne ständigen Erd- oder Wasserkontakt, An- reicherung von Was- ser im Holz, auch räumlich begrenzt, zu erwarten	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein
4	Vorwiegend bis ständig feucht (> 20%)	Holz oder Holzpro- dukt in Kontakt mit Erde oder Süßwasser und so bei mäßiger bis starker Beanspru- chung vorwiegend bis ständig einer Be- feuchtung ausgesetzt	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
5	ständig feucht (> 20%)	Holz oder Holzpro- dukt ständig Meer- wasser ausgesetzt	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

GK = Gebrauchsklasse

\*) Punkt 5.2.1 besagt sinngemäß: Das Risiko von Bauschäden durch Insekten wird vermieden, indem Holz in Räumen mit üblichem Wohnklima oder vergleichbaren Räumen verbaut ist oder die Bauteile in entsprechender Weise beansprucht werden,

oder

indem das Holz gegen Insektenbefall allseitig durch eine geschlossene Bekleidung abgedeckt ist, oder indem das Holz ... so offen angeordnet ist, dass es kontrollierbar bleibt und entsprechend darauf hingewiesen wird.

Die Gefahr eines Insektenbefalls ist fast immer gegeben. Unter bestimmten Bedingungen kann diese Gefahr jedoch ohne weitere Maßnahmen toleriert werden, wenn das Holz ständig kontrollierbar, insektendicht bekleidet oder technisch getrocknet ist. Letzteres ist in der Praxis allerdings umstritten.

Bei gelegentlicher Befeuchtung bzw. einer umgebenden Luftfeuchte von über 85 % kommt die Gefährdung durch holzzerstörende Pilze hinzu.

Weiter steigt die Gefährdung bei frei bewittertem Holz, wo zusätzlich eine Auswaschbeanspruchung in der Regel zusammen mit UV-Strahlung einwirkt. Dabei wird hier noch unterschieden, ob sich Feuchtigkeit im Holz anreichern kann oder nicht.

Schließlich liegt die höchste Gefährdung vor, wenn Holz im ständigen Kontakt mit Erde oder Süßwasser steht und damit zusätzlich der Gefahr durch Moderfäuleerreger ausgesetzt ist.

Für den maritimen Bereich wird darüber hinaus noch eine Gebrauchsklasse definiert, bei der Holz ständig dem Meerwasser ausgesetzt ist. Hier besteht die Gefahr der Schädigung z. B. durch Bohrmuscheln oder Bohrasseln.

Die Zuordnung zu einer Gebrauchsklasse erscheint auf den ersten Blick einfach und übersichtlich. Doch am Beispiel eines einfachen Dachstuhls wird sichtbar, dass sehr differenziert herangegangen werden muss, um wirklich jedes Bauteil richtig zuzuordnen:

- Sichtbare Sparren/Pfetten im Wohnbereich – GK 0
- Sparren im Kaltdachbereich (z. B. Spitzboden) – GK 0 oder 1
- Sparren/Pfetten im kondensatgefährdeten Bereich (Durchdringungspunkte durch das Außenmauerwerk) – GK 2
- Flugsparren und relativ geschützt eingebaute Pfettenköpfe – GK 3.1
- Ungeschützte Pfettenköpfe (Wetterseite) – GK 3.2

Der Dachstuhl befindet sich also in 5 verschiedenen Gebrauchsklassen.

Das heißt, ein einheitlicher Holzschutz für die gesamte Konstruktion ist nicht sinnvoll. Vielmehr müssen unter genauer Risiko-Nutzen-Abwägung differenzierte Maßnahmen geplant werden. Dabei spielen auch örtliche Faktoren (Wetterbeanspruchung, Befallsdruck in der Umgebung, eventuelle Vorschäden usw.) und nicht zuletzt der Wunsch der Bauherren eine Rolle. Immer wichtiger wird die Aufgabe, die Auftraggeber umfassend zu beraten und in die Entscheidungen einzubeziehen.

Auch sollte bei der Einordnung in die Gebrauchsklassen die Entwicklung des Bauwerkes nach der Fertigstellung bedacht werden. So kann sich z. B. eine für die GK 3.1/3.2 geplante Brücke durch intensive Begrünung oder Verschmutzung unter den Bedingungen der GK 4 wiederfinden.

Der Gefährdung kann durch konstruktive Maßnahmen zur Reduzierung der Gebrauchsklasse (z. B. Abdeckung von bewitterten Pfettenköpfen), durch Auswahl dauerhafter Hölzer (entsprechende Farbkernhölzer in der GK 1 und 2) oder durch den Einsatz entsprechend zugelassener Holzschutzmittel begegnet werden. Dabei können anhand der Gebrauchsklasse die notwendige Dauerhaftigkeit des Holzes bzw. die Eigenschaften und das richtige Einbringverfahren des Holzschutzmittels bestimmt werden.

Neben den Gebrauchsklassen gibt es weitere Klassifizierungen und Zuordnungen der Holzbauteile, die je nach Kontext von Bedeutung sein können (Hähnel, 2010):

Klassifizierung	Normhinweis
▪ Baustoffklasse	DIN 4102
▪ Dauerhaftigkeitsklasse	DIN EN 350-2
▪ Dimensionsklasse	EN 1315-2
▪ Eindringtiefenklasse	EN 351-1
▪ Festigkeitsklasse BS-Holz	DIN 1052
▪ Festigkeitsklasse NSH	DIN EN 1912; EN 338
▪ Feuerwiderstandsklasse	DIN 4102-2
▪ Gebrauchsklasse	DIN EN 335-1
▪ Gefährdungsklasse	DIN 68800 Teil 3 bis 20121
▪ Güteklasse (Baurundholz)	DIN 4074, 1958
▪ Güteklasse (Bauschnittholz)	DIN 4074, alt
▪ Holzwerkstoffklasse	DIN 68754 7 1
▪ Maßtoleranzklasse	DIN EN 336
▪ Nutzungsklasse	Eurocode 5
▪ Schutzklasse	Fachregeln des Zimmererhandwerkes 02
▪ Penetrationsklasse	DIN 68800 Teil 3
▪ Qualitätsklasse (Laubschnittholz)	EN 975-1
▪ Resistenzklasse (zuk. Dauerhaftigkeitsklasse)	DIN 68364, DIN EN 350-2
▪ Schnittklasse	DIN 68365, DIN 18334
▪ Sortierklasse	DIN 4074
▪ Tränkbarkeitsklasse	DIN EN 350-2
▪ Zifferngüteklasse	nur nach Tegernseer Gebräuchen

Von besonderer Bedeutung sind neben den Gebrauchsklassen die Nutzungsklassen entsprechend Eurocode 5 (DIN EN 1995, 2004), die nachfolgend in Gegenüberstellung zu den Gebrauchsklassen nach (DIN 68800-1, 2019) aufgeführt sind (Tabelle 2.2).

**Tabelle 2.2** Gegenüberstellung Gebrauchsklassen nach DIN 68800-1 und Eurocode 5 (nach Rüpke)

Nutzungsklassen nach Eurocode 5/DIN EN 1995-1-1 Abschn. 2.3.1.3			entspricht etwa
Nutzungs- klasse	Klimabedingungen	Anwendungsbereiche	GK
1	Die Nutzungsklasse 1 ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65 % übersteigt (bei den meisten Nadelhölzern nicht mehr als 12 % Holzfeuchte).	z. B. in allseitig geschlossenen und beheizten Bauwerken	GK 1
2	Die Nutzungsklasse 2 ist gekennzeichnet durch einen Feuchtegehalt in den Baustoffen, der einer Temperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 85 % übersteigt (bei den meisten Nadelhölzern nicht mehr als 20 % Holzfeuchte).	z. B. bei überdachten offenen Bauwerken	GK 2
3	Die Nutzungsklasse 3 erfasst Klimabedingungen, die zu höheren Feuchtegehalten als in Nutzungsklasse 2 führen.	z. B. für Konstruktionen, die der Witterung ausgesetzt sind	GK 3 und höher

Die Zuordnung von Bauteilen zu Nutzungsklassen ist für den Nachweis der Standsicherheit und Tragfähigkeit erforderlich, da die Festigkeitseigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen unter verschiedenen Klimabedingungen unterschiedlich sind. Im Gegensatz dazu steht bei der Einordnung nach den Gebrauchsklassen der Schutzgedanke im Vordergrund. Die Zuordnung von Holzwerkstoffen zu Nutzungsklassen bezieht sich auf die Feuchtebeständigkeit der Verklebung. Eine Eignung für eine bestimmte Gebrauchsklasse kann hieraus nicht abgeleitet werden, denn diese hängt ebenso von der natürlichen Dauerhaftigkeit des verwendeten Holzes oder der Ausrüstung mit einem geeigneten Holzschutzmittel ab. Gemäß DIN 68800-2 sollen Holzwerkstoffe nur dort eingesetzt werden, wo aufgrund der Feuchtebedingungen keine Gefahr eines Pilzbefalls besteht. Fassadenbekleidungen aus plattenförmigen Holzwerkstoffen benötigen einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis. Dieser ist ebenfalls erforderlich, wenn Holzwerkstoffe für tragende Bauteile unter höheren Feuchtebelastungen als in DIN 68800-2 angegeben verwendet werden sollen. Bei Verwendung für nicht tragende Bauteile sollte je nach Anwendungsbereich ein Schutz nach DIN 68800-3 erfolgen. Wie diese Tabelle zeigt, ist es in der Praxis schwierig, die verschiedenen Zuordnungen und Klassifizierungen in Einklang zu bringen, da sie aus verschiedenen Herangehensweisen und Interessenlagen entstanden sind.

### Quellen und weiterführende Literatur

*Clausnitzer, K.-D.:* Historischer Holzschutz – Zur Geschichte der Holzschutzmaßnahmen von der Steinzeit bis in das 20. Jahrhundert. – und Werkholzschädlinge, Staufeuern bei Freiburg, ökobuchverlag, 1990

DIN 68800-1:2019-06: Holzschutz – Teil 1: Allgemeines

DIN 68800-4:2020-12: Holzschutz – Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten

DIN EN 13183-1:2002-07: Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz – Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren; Deutsche Fassung EN 13183-1:2002

DIN EN 1995-1-2:2010-12: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1 – 2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1995-1-2:2004 + AC:2009

*Erler, K.:* Alte Holzbauwerke beurteilen und sanieren, Berlin, Huss-Medien GmbH, 3. Auflage, 2004

*Hähnel, E.:* Fachwerkinstandsetzung – ein Praxishandbuch, Berlin, Huss-Medien GmbH, 2003

*Hähnel, E.:* Holzbau und Holzschutz von A bis Z, Berlin, Huss-Medien GmbH, 2007

*Hähnel, E.:* Holzbau. Tagungsmappe Sächsischer Holzschutzverband e.V. Leipzig: Sächsischer Holzschutzverband e.V., 2010

*Marutzky, R. (Herausg.):* Holzschutz – Praxiskommentar zur DIN 68800 Teile 1 bis 4, 2. vollständig überarbeitete Auflage, Berlin, Beuth-Verlag 2013

*Plarre, R.:* Thermische Bekämpfungsverfahren im Holzschutz durch Elektromagnetismus. Tagungsmappe Sächsischer Holzschutzverband e.V. Leipzig: Sächsischer Holzschutzverband e.V.; 2013

*Rüpke, H.-J.:* [www.holzfragen.de](http://www.holzfragen.de). Abgerufen 2014

WTA-Merkblatt 1-1-06/D.: Heißluftverfahren zur Bekämpfung tierischer Holzzerstörer in Bauwerken, 2008

WTA-Merkblatt 1-2-21/D.: Der Echte Hausschwamm, 2021



# 3

## Holzkundliche Grundlagen

*Björn Weiß*

### ■ 3.1 Aufbau und Struktur des Holzes

#### 3.1.1 Aufbau des Stammquerschnitts

Holz (Xylem) wird vom Kambium erzeugt und besteht aus Zellgewebe mit den Aufgaben der Stütz- und Festigkeitsfunktion, der Leitung von Wasser und Mineralsalzen und der Speicherung von Reservestoffen. Kein Holz im eigentlichen Sinne bilden, trotz ihrer verholzten Gewebe, Palmen- und Bambusarten, die den Süßgräsern zugeordnet werden.

Von außen nach innen betrachtet, besteht der Stamm aus der Rinde, dem Kambium, dem Splintholz, dem Kernholz und der Markröhre (Bild 3.1).

**Rinde:** setzt sich aus Borke (außen) und Bast (innen) zusammen. Die Borke dient dem Schutz des Baumes vor Austrocknung, UV-Strahlung und mechanischen Beschädigungen. Der Bast (Phloem) leitet die in den Blättern bzw. Nadeln gebildeten Assimilate zu den Orten des Bedarfs, z. B. über die Holzstrahlen in das Holz oder bis zu den Wurzeln.

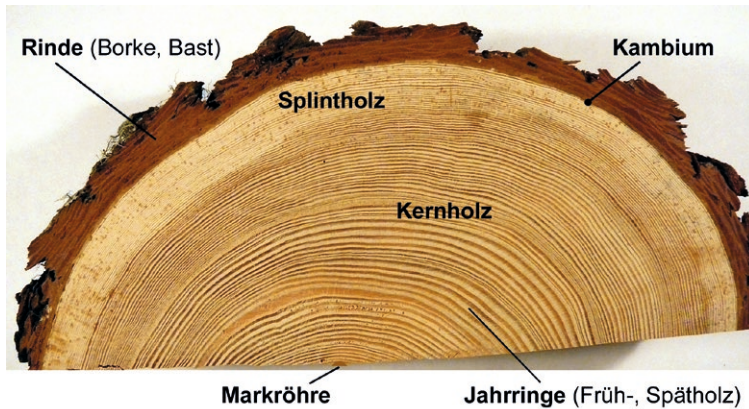
**Kambium:** ist nur wenige Zellreihen breit (makroskopisch nicht erkennbar) und wird als Wachstumsgewebe bezeichnet, welches nach außen Bastzellen und nach innen Holzzellen bildet (Früh- und Spätholz). Somit ist es für das Dicken- und Längenwachstum des Baumes zuständig.

**Splintholz:** ist äußerer, meist heller, wenig dauerhafter Teil des Holzes. Es dient der Nährstoffleitung des Baumes von den Wurzeln bis zur Krone und weist eine hohe Holzfeuchte und einen hohen Anteil primärer Inhaltsstoffe (Stärke, Zucker, Eiweiße) auf.

**Kernholz:** ist zentraler, stützender Teil des Baumes, welcher sich nicht mehr am Nährstofftransport beteiligt. Es ist meist dunkler, dauerhafter, dekorativer, trockener und schwieriger zu imprägnieren als das Splintholz.

**Jahrringe:** sind die jährlichen ringförmigen Zuwachsschichten des Baumes. Sie entstehen infolge eines durch Ruhepausen unterbrochenen Wachstums aufgrund der Jahreszeiten in den gemäßigten und kalten Zonen. Bei tropischen Holzarten wird von Zuwachszonen gesprochen, weil sich ggf. mehrere Trocken- und Regenzeiten in einem Jahr abwechseln.

**Markröhre:** ist ein parenchymatisches Gewebe von wenigen Millimetern Durchmesser innerhalb des ersten Jahrrings. Es dient anfangs zur Wasserleitung und verläuft über die gesamte Stammlänge.



**Bild 3.1** Teil eines Stammscheibenquerschnittes mit obligatorischem Farbkern; Holzart Lärche

### 3.1.2 Kernholzbildung

Mit zunehmendem Dickenwachstum des Baumes werden Teile des Querschnittes nicht mehr für Speicherung und Wasserleitung benötigt. Daraufhin setzt eine Verkernung des Holzes ein mit dem Ziel, die Dauerhaftigkeit des Holzes gegen Mikroorganismen zu erhöhen und die Festigkeitsfunktion aufrechtzuerhalten. Die Kernbildung beginnt etwa im Alter von 20 ... 35 Jahren bei der Gemeinen Kiefer, nach 5 Jahren bei Douglasie, nach 2 ... 4 Jahren bei Robinie und nach etwa 10 ... 35 Jahren bei Stiel- und Traubeneiche.

Was geschieht bei der Farbkernholzbildung:

- Abtransport der eingelagerten Stärke (Abbau oder Umbau in Kernholzsubstanzen),
- Absterben des Längs- und Radialparenchyms,
- Einlagerung von pigmentierten Kernholzstoffen, Nachdunkeln des Holzes, Oxidation vorhandener Substanzen,
- Thyllenbildung (LH) in den Gefäßen (Verschließen der Wasserleitungsbahnen),
- Hoftüpfelverschluss (NH) durch Einlagerung von Kernstoffen (Wasserleitgewebe wird funktionsuntüchtig),
- Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes,
- Erhöhung der natürlichen Dauerhaftigkeit gegenüber Organismen,
- Erhöhung der Rohdichte, Verringerung der Quellung und Schwindung.

Die Art der Kernholzbildung ist bei den verschiedenen Baumarten unterschiedlich. Die Eigenschaften des Holzes, wie z. B. die natürliche Dauerhaftigkeit oder die Imprägnierbarkeit, hängen entscheidend davon ab (Tabelle 3.1).

**Tabelle 3.1** Einteilung der Holzarten nach der Art der Kernholzbildung

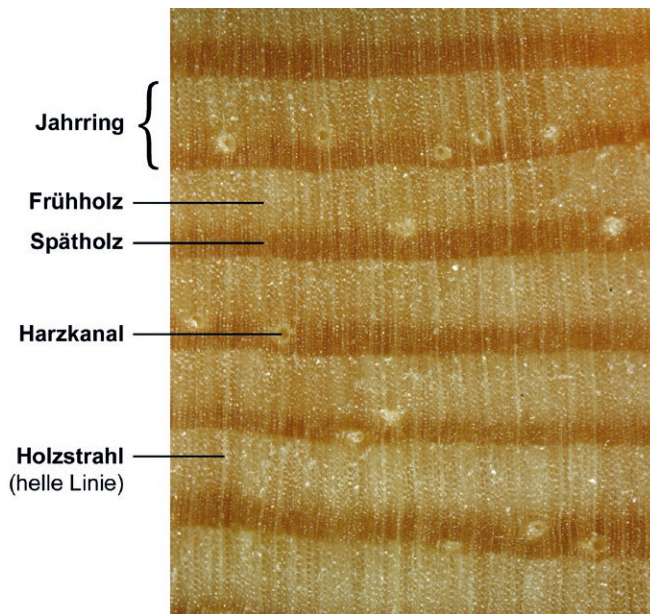
Art der Kernholzbildung	Holzarten
<b>Bäume mit obligatorischer Farbkernbildung (regelmäßige KH-Bildung)</b>	
Farbkernholz ist dunkler, trockener, schwerer, härter, dauerhafter gegenüber Pilzen und Insekten. Es ist attraktiver und schwieriger zu imprägnieren; Quell- und Schwindmaß sind etwas geringer. Die mechanischen Eigenschaften werden durch Farbkernholzbildung nur unwesentlich beeinflusst.	Douglasie, Kiefer, Lärche, Edelkastanienbaum, Eiche, Robinie
<b>Bäume mit fakultativer (oder unregelmäßiger) Farbkernbildung; Falschkern</b>	
Die Bildung eines fakultativen Farbkerns erfolgt meist erst in einem Baumalter von 60 – 90 Jahren. Der Abschluss ist „wolkig“ und hat eine unregelmäßige Form.  Das Splintholz ist feuchter und das Kernholz weist Mineralstoffe oder Thyllen auf, die z. B. eine Tränkung erschweren.  Die natürliche Dauerhaftigkeit gegen Pilze oder Insekten ist im Falschkern nicht verbessert.	Rotbuche (Rotkern), Ahorn, Birke, Erle, Esche (Braunkern), Linde
<b>Bäume mit hellem Kernholz (Reifholzbäume)</b>	
Makroskopisch ist Kern- und Splintholz nicht unterscheidbar. Das Reifholz am Stamm ist trockener als das Splintholz.  Bei Fichte ist durch Ab- und Umbau der Stärke das Reifholz für den Hausbock ( <i>Hylotrupes bajulus</i> ) nicht mehr attraktiv.  Im Rahmen der Reifholzbildung kommt es bei Fichte durch einen irreversiblen Verschluss der Hoftüpfel zur Absenkung der Holzfeuchte.  Nach Einschnitt und Austrocknung des Fichtenholzes tritt der Tüpfelverschluss auch im Splintholz ein, sodass eine Feuchtigkeitsaufnahme, z. B. im Rahmen einer Imprägnierung, praktisch unmöglich wird.	Fichte, Tanne, Rotbuche, Birnbaum, Feldahorn, Linde
<b>Bäume mit verzögerter Kernholzbildung (Splintholzbäume)</b>	
Es sind keine Farb-, Feuchte- und Eigenschaftsunterschiede vorhanden. Das Holz ist anfällig gegenüber Pilzen und Insekten.	Aspe, Berg- und Spitzahorn, Birke, Erle, Weißbuche

### 3.1.3 Makroskopischer und mikroskopischer Aufbau des Holzes

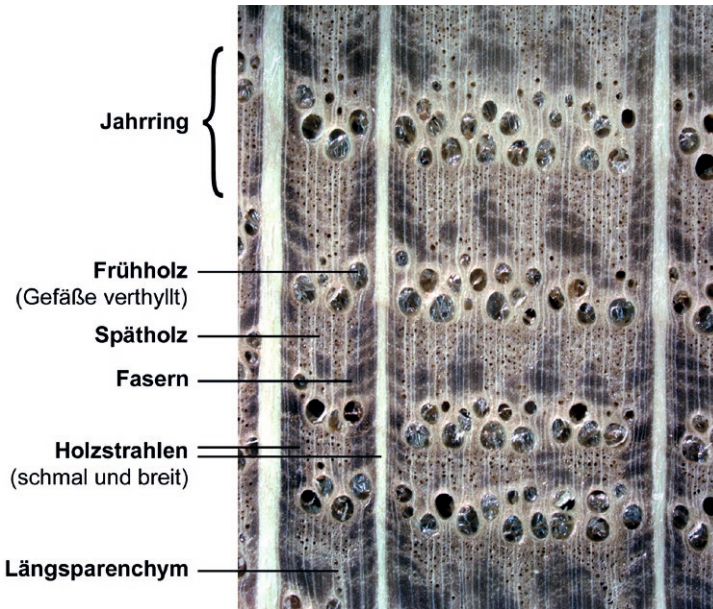
Der strukturelle Aufbau von Nadel- und Laubholz unterscheidet sich voneinander. Die Anordnung und Verteilung der Holzstrukturelemente ist gattungs- oder artspezifisch und wird so auch für die makroskopische und mikroskopische Holzartenbestimmung herangezogen. Nachfolgend werden die Holzstrukturelemente und ihre Funktionen genannt (Tabelle 3.2). Wesentliche Merkmale, wie die Jahrringbreiten, Frühholz/Spätholz, die Harzkanäle oder die Gefäße, sind auf den geglätteten Holzquerschnitten gut zu erkennen (Bild 3.2 u. Bild 3.3).

**Tabelle 3.2** Nadelholz; Strukturelemente und Funktion

Strukturelemente	Funktion/Erklärung
Tracheiden (Holzfasern mit Hoftüpfeln); dünnwandige Frühholz- und dickwandige Spätholztracheiden	Festigkeitstgewebe; im Frühholz auch mit Leitungsfunktion; nimmt den Hauptanteil des Gewebes ein; Hoftüpfel können offen oder geschlossen sein, dienen der Wasserleitung
Holzstrahlen (parenchymatisches Gewebe)	Speicherung und Stoffleitung in radialer Richtung
Längsparenchym (dünnwandige Zellen)	Speicherung; kommt bei Nadelholz meist weniger häufig vor
Harzkanäle mit Epithelzellen (in axialer und radialer Faserrichtung)	Harzbildung bei Fichte, Kiefer, Lärche, Douglasie, ...); nicht bei Tanne

**Bild 3.2** Querschnitt Nadelholz (Kiefer); M 20:1**Tabelle 3.3** Laubholz; Strukturelemente und Funktion

Strukturelemente	Funktion/Erklärung
Gefäße	Leitgewebe und Nährstofftransport
Fasern (Libriformfasern, Fasertracheiden)	Festigkeitstgewebe
Holzstrahlen (parenchymatisches Gewebe)	Speicherung und Stoffleitung in radialer Richtung
Längsparenchym (dünnwandige Zellen)	Speicherung
Harzkanäle selten (verlaufen in axialer und radialer Faserrichtung)	kommen nur bei einigen nichteinheimischen Holzarten, z. B. Meranti, Bangkirai, vor



**Bild 3.3** Querschnitt Laubholz (Traubeneiche) mit ringporiger Gefäßanordnung; M 20:1

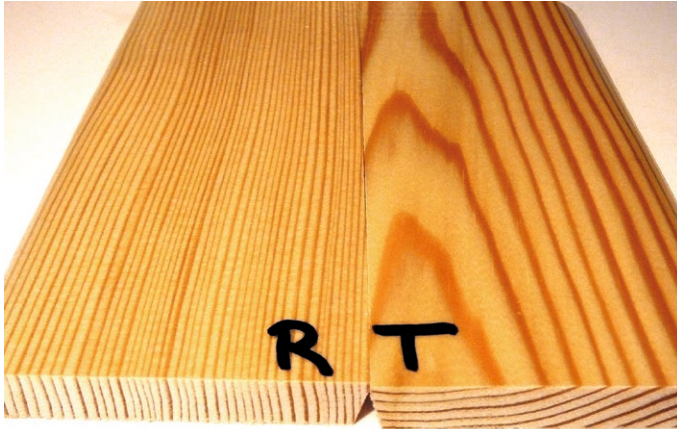
### Hauptschnittrichtungen des Holzes

Holz ist ein anisotropes Material. Es weist in den drei holzanatomischen Hauptschnittrichtungen unterschiedliche Eigenschaften bzgl. Quellung/Schwindung, Verformung und Festigkeit auf. Auch das Erscheinungsbild bzw. die Textur des Holzes wird von der Einschnittrichtung wesentlich beeinflusst (Bild 3.4). Unterschieden werden der Quer-, der Tangential- und der Radialschnitt.

Der Querschnitt (Q) verläuft senkrecht zur Stammachse und zur Faserrichtung und entspricht dem Fällschnitt des Baumes.

Beim Tangentialschnitt (T) handelt es sich um einen Längsschnitt, der auch als Brett- oder Fladerschnitt bezeichnet wird. Er verläuft rechtwinklig zu den Holzstrahlen bzw. in Richtung der Jahresringe. Ein tangential eingeschnittenes Holz weist eine gefladerte Textur und überwiegend liegende Jahresringe auf (Bild 3.4, rechter Teil).

Der Radialschnitt (R), ebenfalls ein Längsschnitt, verläuft in Richtung der Holzstrahlen bzw. rechtwinklig zu den Jahresringen und wird auch als Riftschnitt bezeichnet. Das radial eingeschnittene Holz weist eine gestreifte Textur und eine überwiegend stehende Jahresringlage auf (Bild 3.4, linker Teil).



**Bild 3.4** Bauteileinschnitt radial mit stehenden und tangential mit liegenden bzw. schrägen Jahrringen

### 3.1.4 Zellwandfeinbau

Um Vorgänge am Holz, wie die Wasseraufnahme sowie das Quellen und Schwinden, verstehen zu können, ist es notwendig, auch den Zellwandfeinbau der Holzfasern zu betrachten.

Sowohl bei den Nadelhölzern als auch bei den Laubhölzern setzen sich die Holzfasern aus den Wänden und den Lumina zusammen. Die Faserwände bestehen aus mehreren Schichten. Man unterscheidet die Mittellamelle, die benachbarte Zellen miteinander verbindet, sowie die Primär- und Sekundärwand. Letztere besteht aus drei Schichten: der äußeren Sekundärwand (S1-Schicht), der zentralen Sekundärwand (S2-Schicht), die den Hauptteil der Gesamtzellwand einnimmt, und der inneren Sekundärwand (S3-Schicht), die den inneren Zellwandabschluss zum Lumen hin bildet. Diese Zellwandschichten bestehen wiederum aus mehreren Lamellen. Die Lamellen bestehen aus Mikrofibrillen, zwischen denen Lignin und Hemicellulose eingelagert ist. Die unterschiedlich ausgerichteten Mikrofibrillen ( $\varnothing$  30...40 nm) bestehen aus Elementarfibrillen ( $\varnothing$  2...4 nm) und diese aus langkettigen Cellulosemolekülen. Die Räume zwischen den Elementarfibrillen werden als Intermizellarräume (etwa 1...5 nm) bezeichnet. In diese Räume bzw. an die OH-Gruppen können sich Wassermoleküle anlagern, die das Quellen und Schwinden des Holzes verursachen.

### 3.1.5 Chemischer Aufbau des Holzes

Neben den chemischen Hauptbestandteilen Cellulose (40...53%), Hemicellulose (20...28%) und Lignin (15...35%) sind im Holz geringe Mengen (3...>10%) extrahierbarer Begleitstoffe, sog. Holzinhaltstoffe oder Nebenbestandteile, vorhanden. Der Gehalt und die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe bestimmen wesentlich die Holzeigenschaften, wie die Bearbeitbarkeit oder die natürliche Dauerhaftigkeit (Tabelle 3.4).

Im Splintholz sind „primäre“ Inhaltsstoffe, wie Zucker, Eiweiße und Fette, eingelagert, die sich als Speicherstoffe meist in den Holzstrahlen und dem Längsparenchym befinden. Ein