

Birkhäuser

Baukonstruktionen
Sonderband

Herausgegeben von
Anton Pech

Anton Pech
Martin Aichholzer
Matthias Doubek
Bernd Höfferl
Karlheinz Hollinsky
Alexander Passer
Martin Teibinger
Richard Woschitz

Holz im Hochbau

Theorie und Praxis

unter Mitarbeit von
Gerald Bauer
Viola John
Helmuth Kreiner
Reinhold Steinmaurer

Birkhäuser
Basel

Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton PECH | Arch. Dipl.-Ing. Martin AICHHOLZER
Zmstr. Dipl.-Ing. Matthias DOUBEK | Zmstr. Ing. Bernd HÖFFERL, MSc.
Dipl.-Ing. Dr. techn. Karlheinz HOLLINSKY | Dipl.-Ing. Dr. techn. Martin TEIBINGER
Dipl.-Ing. Dr. techn. Richard WOSCHITZ
Wien, Österreich

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Alexander PASSER, MSc.
Graz, Österreich

unter Mitarbeit von

Bmstr. Dipl.-Ing. Gerald BAUER | Dipl.-Ing. Reinhold STEINMAURER
Wien, Österreich

Dr. sc. Viola JOHN | Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmuth KREINER
Graz, Österreich

Korrektorat: Karin Huck, Allschwil, Schweiz | Mag. Angelika Heller, Wien, Österreich

Layout und Satz: Dr. Pech Ziviltechniker GmbH, Wien, Österreich

Reihencover: Sven Schrape, Berlin, Deutschland

Druck und Bindearbeiten: Holzhausen Druck GmbH, Wien, Österreich

Library of Congress Cataloging-in-Publication data

A CIP catalog record for this book has been applied for at the Library of Congress.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Der Abdruck der zitierten ÖNORMen erfolgt mit Genehmigung des Austrian Standards Institute (ASI), Heinestraße 38, 1020 Wien.

Benutzungshinweis: ASI Austrian Standards Institute, Heinestraße 38, 1020 Wien

Tel.: ++43-1-21300-300, E-Mail: sales@austrian-standards.at

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

Dieses Buch ist auch als E-Book (ISBN PDF 978-3-0356-0752-9; ISBN EPUB 978-3-0356-0750-5) erschienen.

© 2016 Birkhäuser Verlag GmbH, Basel

Postfach 44, 4009 Basel, Schweiz

Ein Unternehmen von Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston

Gedruckt auf säurefreiem Papier, hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff. TCF ∞

Printed in Austria

ISSN 1614-1288

ISBN 978-3-0356-0936-3

9 8 7 6 5 4 3 2 1

www.birkhauser.com

Vorwort zur 1. Auflage

Holz ist seit Jahrtausenden ein faszinierender Baustoff, der nicht nur als Werk- und Brennstoff, sondern auch für die Errichtung von Tragwerken und Gebäuden verwendet wurde. Holz ist ein natürlich gewachsener, organischer und inhomogener Werkstoff, der sich von anderen Baustoffen in vielerlei Hinsicht maßgeblich unterscheidet. Es ist hygroskopisch und anisotrop und die Themen Zeit und Alterung sind sehr wesentliche Qualitätskriterien. Die im Holzbau immer wieder auftretenden Problemkreise sind Feuchtigkeit, Schädlinge und Brandwiderstand, wobei die Vergangenheit gezeigt hat, dass selbst moderne Holzschutzmittel keine Möglichkeit darstellen, Fehlstellen mit mangelndem konstruktivem Holzschutz durch chemische Methoden zu kompensieren.

Holz wird sowohl handwerklich, vorwiegend als Bauholz, aber auch veredelt bzw. industriell gefertigt als Holzwerkstoff eingesetzt. Durch die am Markt erhältlichen, technologisch erstklassigen Produkte wird ein hoher Vorfertigungsgrad bei gleichzeitig hohen Fertigungsqualitäten erzielt. Wie mit Holz gebaut werden soll, ist stets eine Frage, die bereits im Planungsprozess entschieden werden muss. Dabei ist speziell zu berücksichtigen, welche Besonderheiten die unterschiedlichen Arbeitsmethoden und Vorfertigungsgrade mit sich bringen. Die richtigen Informationen an die Planenden und Ausführenden sind hier meist entscheidend.

Dieser Sonderband der Fachbuchreihe Baukonstruktionen soll oft komplex erscheinende Zusammenhänge bei Holzbauweisen auf einfache und verständliche Weise erläutern, in der Praxis gebräuchliche und erprobte Möglichkeiten darstellen und Vorurteile gegenüber modernen Holzbauweisen, aufbauend auf aktuellen Erfahrungen, entkräften. Auch wenn die Zusammenarbeit und Kooperation zwischen einzelnen holzspezifischen Vereinigungen und Verbänden nicht immer reibungslos erfolgt, ist es den Autoren gelungen, ein gemeinsames Werk zum Thema Holz im Hochbau zu verfassen und damit einen Versuch für eine höhere Marktakzeptanz des wie eingangs angeführten „faszinierenden Baustoffs Holz“ zu starten.

Der Herausgeber

Fachbuchreihe BAUKONSTRUKTIONEN

Band 1:	Bauphysik	1. Auflage 2004
	010.1 Grundlagen	
	010.2 Winterlicher Wärmeschutz	
	010.3 Tauwasserschutz	
	010.4 Sommerlicher Wärmeschutz	
	010.5 Schallschutz	
	010.6 Brandschutz	
	010.7 Tabellen	
Band 1/1:	Bauphysik – Erweiterung 1	2. Auflage 2012
	Energieeinsparung und Wärmeschutz, Energieausweis – Gesamtenergieeffizienz	
	011 1 Grundlagen	
	011 2 Heizwärmebedarf	
	011 3 Beleuchtungsenergiebedarf	
	011 4 Kühlbedarf	
	011 5 Heiztechnikenergiebedarf	
	011 6 Raumlufttechnikenergiebedarf	
	011 7 Befeuchtungsenergiebedarf	
	011 8 Heiztechnikenergiebedarf – Alternativ	
	011 9 Kühltechnikenergiebedarf	
	011 10 Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz	
	011 11 Tabellen	
Band 2:	Tragwerke	1. Auflage 2007
	020.1 Grundlagen	
	020.2 Einwirkungen	
	020.3 Sicherheit	
	020.4 Linientragwerke	
	020.5 Flächentragwerke	
	020.6 Raumtragwerke	
	020.7 Bauwerke	
	020.8 Tabellen	
Band 3:	Gründungen	1. Auflage 2006
	030.1 Baugrund	
	030.2 Erddruck	
	030.3 Flachgründungen	
	030.4 Tiefgründungen	
Band 4:	Wände	1. Auflage 2006
	040.1 Grundlagen	
	040.2 Gemauerte Wände	
	040.3 Homogene Wände	
	040.4 Pfeiler und Stützen	
	040.5 Holzwände	
	040.6 Trennwände	
Band 5:	Decken	1. Auflage 2006
	050.1 Grundlagen	
	050.2 Massivdecken	
	050.3 Holzdecken	
	050.4 Verbunddecken	
	050.5 Balkone und Loggien	
	050.6 Unterdecken	
Band 6:	Keller	1. Auflage 2006
	060.1 Funktion und Anforderung	
	060.2 Konstruktionselemente	
	060.3 Feuchtigkeitsschutz	
	060.4 Detailsbildungen	
	060.5 Schutzräume	

Band 7:	Dachstühle	1. Auflage 2005
	070.1 Holztechnologie	
	070.2 Dachformen, Beanspruchungen	
	070.3 Verbindungsmittel	
	070.4 Dachstuhlarten	
	070.5 Sonderformen	
Band 8:	Steildach	1. Auflage 2015
	080.1 Grundlagen	
	080.2 Dachdeckungen und Materialien	
	080.3 Ungedämmte Dachflächen	
	080.4 Gedämmte Dachflächen	
	080.5 Metalldeckungen	
	080.6 Dachentwässerung	
Band 9:	Flachdach	1. Auflage 2011
	090.1 Grundlagen	
	090.2 Konstruktionsschichten und Materialien	
	090.3 Nicht belüftete Dächer	
	090.4 Zweischaliges Dach	
	090.5 Genutzte Dachflächen	
	090.6 Dachentwässerung	
Band 10:	Treppen / Stiegen	1. Auflage 2005
	100.1 Grundlagen	
	100.2 Entwurfskriterien	
	100.3 Barrierefreie Erschließungen	
	100.4 Konstruktionsformen	
	100.5 Aufzüge	
Band 11:	Fenster	1. Auflage 2005
	110.1 Grundlagen	
	110.2 Typenentwicklung	
	110.3 Funktionen und Anforderungen	
	110.4 Verglasungs- und Beschlagstechnik	
	110.5 Baukörperanschlüsse	
Band 12:	Türen und Tore	1. Auflage 2007
	120.1 Grundlagen	
	120.2 Funktionen und Anforderungen	
	120.3 Materialien	
	120.4 Beschläge und Zusatzbauteile	
	120.5 Türkonstruktionen	
	120.6 Torkonstruktionen	
Band 13:	Fassaden	1. Auflage 2014
	130.1 Grundlagen und Anforderungen	
	130.2 Putzfassaden	
	130.3 Wärmedämmverbundsysteme	
	130.4 Leichte Wandbekleidung	
	130.5 Massive Wandbekleidungen	
	130.6 Selbsttragende Fassaden	
	130.7 Glasfassaden	
Band 14:	Fußböden	in Vorbereitung
Band 15:	Heizung und Kühlung	1. Auflage 2005
	150.1 Grundlagen	
	150.2 Wärmeversorgungsanlagen	
	150.3 Abgasanlagen	
	150.4 Kälteversorgungsanlagen	
	150.5 Wärme- und Kälteverteilung	
	150.6 Planung von Heizungs- und Kühlungssystemen	
	150.7 Nachhaltigkeit	

Band 16:	Lüftung und Sanitär	1. Auflage 2006
	160.1 Grundlagen der Lüftungs- und Klimatechnik	
	160.2 Lüftungs- und Klimaanlage	
	160.3 Wärmerückgewinnung	
	160.4 Planung von Lüftungs- und Klimaanlage	
	160.5 Begriffsbestimmungen zur Sanitärtechnik	
	160.6 Wasserversorgung	
	160.7 Entwässerung	
	160.8 Planung von Sanitäranlagen	
Band 17:	Elektro- und Regeltechnik	1. Auflage 2007
	170.1 Grundlagen der Elektrotechnik	
	170.2 Erdungs- und Blitzschutzanlagen	
	170.3 Stromversorgung	
	170.4 Schalter, Steckgeräte, Leuchten, Lampen	
	170.5 Messwertgeber und Stellgeräte	
	170.6 Mess-, Steuer- und Regelanlagen	
	170.7 Kommunikationsanlagen	
	170.8 Planung Elektro- und Regelanlagen	
Sonderband:	Garagen	2. Auflage 2009
	1 Problematik Verkehr	
	2 Planungsprozess	
	3 Gesetzliche Rahmenbedingungen	
	4 Entwurfsgrundlagen Garage	
	5 Entwurf Bauwerk	
	6 Mechanische Parksysteme	
	7 Oberflächengestaltung	
	8 Technische Ausrüstung	
	9 Benützung und Betrieb	
	10 Ausführungsbeispiele	
Sonderband:	Ziegel im Hochbau	1. Auflage 2015
	1 Ziegelarchitektur	
	2 Baustoffe, Produkte	
	3 Bauphysik	
	4 Gebäudephysik	
	5 Mauerwerk – ein Verbundwerkstoff	
	6 Mauerwerksbemessung	
	7 Ausführung, Verarbeitung, Details	
	8 Nachhaltigkeit	
Sonderband:	Holz im Hochbau	1. Auflage 2016
	1 Holzarchitektur	
	2 Holztechnologie – Baustoffe und Produkte	
	3 Bauphysik	
	4 Gebäudephysik	
	5 Konstruktionen des Holzbaus	
	6 Bemessung von Holzbauten	
	7 Bauteile, Aufbauten und Details	
	8 Ausführung und Vorfertigung	
	9 Verarbeitung und Qualitätssicherung	
	10 Ausschreibung	
	11 Nachhaltigkeit	

Inhaltsverzeichnis Sonderband: Holz im Hochbau

1 Holzarchitektur	1
1 1 Zur Geschichte des Holzbaus.....	2
1 2 Typologien und Systeme, Werkzeuge der Planung	9
1 3 Erscheinungsbild und Wahrnehmung.....	13
1 4 Vorfertigung und Serienfertigung	15
2 Holztechnologie – Baustoffe und Produkte	19
2 1 Aufbau und Struktur des (Bau-)Holzes.....	19
2 1 1 Rohstofflieferant Wald.....	19
2 1 2 Makroskopische Struktur, Wuchseigenschaften, Anisotropie.....	20
2 1 3 Mikroskopische Struktur.....	21
2 1 4 Chemischer Aufbau von Holz.....	24
2 1 5 Heimische Hölzer für den konstruktiven Hochbau	24
2 2 Eigenschaften von Holz – Holzphysik	25
2 2 1 Grundlegende (physikalische) Eigenschaften	25
2 2 1 1 Dichte (Rohdichte).....	25
2 2 1 2 Temperaturdehnung.....	26
2 2 1 3 Wärmeleitfähigkeit.....	26
2 2 1 4 Brennbarkeit	27
2 2 2 Elastomechanische Eigenschaften	27
2 2 2 1 Festigkeit.....	27
2 2 2 2 Elastizitäts- und Schubmodul, Kriechverhalten.....	27
2 2 2 3 Zusammenstellung elastomechanische Eigenschaften.....	28
2 2 3 Feuchtetechnische Eigenschaften und ihr Einfluss.....	28
2 2 3 1 Wassersättigung, Fasersättigung, Darrzustand.....	28
2 2 3 2 Hygroskopisches Gleichgewicht.....	29
2 2 3 3 Luftfeuchtigkeit und Holzfeuchtigkeit im Fasersättigungsbereich.....	30
2 2 3 4 Natürliche Dauerhaftigkeit.....	30
2 2 4 Schwinden und Quellen	31
2 2 4 1 Gesamtschwindmaß.....	31
2 2 4 2 Differenzielles Schwind- und Quellmaß.....	32
2 2 4 3 Dimensionsstabilisierende Maßnahmen.....	32
2 2 5 Bestimmung der Holzfeuchte.....	33
2 2 5 1 Darrverfahren.....	33
2 2 5 2 Elektrische Messung.....	33
2 2 5 3 Sonstige.....	34
2 2 6 Werkstoffprüfungen	35
2 2 6 1 Druckfestigkeit.....	35
2 2 6 2 Zugfestigkeit.....	36
2 2 6 3 Biegefestigkeit	36
2 2 6 4 Scherfestigkeit	36
2 2 6 5 Nagel- und Schraubenauszieh Widerstand	37
2 2 6 6 Verklebungen – Eignung von Klebeverbindungen.....	37
2 3 Holz Trocknung.....	38
2 3 1 Natürliche Trocknung / Lufttrocknung.....	38
2 3 2 Technische Trocknung	39
2 3 2 1 Grundprinzipien der Konvektionstrocknung.....	39
2 3 2 2 Trocknungsfehler.....	40
2 3 3 Gebrauchsfeuchtigkeit.....	42
2 4 Holzschädlinge und Holzschutz	42
2 4 1 Gefährdungsklassen	42
2 4 2 Holzschädlinge.....	42
2 4 2 1 Holzverfärbende Pilze.....	43
2 4 2 2 Holzzerstörende Pilze.....	43
2 4 2 3 Tierische Schädlinge (Insekten)	44

2 4 3	Grundprinzip Holzschutz – vorbeugende Maßnahmen.....	45
2 4 3 1	Baulich-konstruktiver Holzschutz.....	45
2 4 3 2	Chemischer Holzschutz.....	46
2 4 4	Bekämpfung von Holzschädlingen.....	47
2 5	Nomenklatur, Einteilung und Sortierung.....	48
2 5 1	Bezeichnungen.....	48
2 5 2	Einteilung und Sortierung von Holz.....	49
2 5 2 1	Rundholz.....	49
2 5 2 2	Schnittholz gemäß der Festigkeit.....	50
2 5 2 3	Schnittholz gemäß der Oberfläche.....	51
2 6	Holz und Holzwerkstoffe.....	52
2 6 1	Produkte vorwiegend für die Primärkonstruktion.....	53
2 6 1 1	Festigkeitssortiertes Bauholz (MH).....	53
2 6 1 2	Keilgezinktes Konstruktionsvollholz (KVH).....	54
2 6 1 3	Balkenschichtholz.....	54
2 6 1 4	Brettschichtholz (BSH).....	55
2 6 1 5	Kreuzholbalken (Kreuzholz, Kreuzbalken).....	56
2 6 1 6	Brettspertholz (BSP).....	56
2 6 1 7	Furnierschichtholz.....	57
2 6 1 8	Spanwerkstoffe.....	58
2 6 2	Produkte vorwiegend zur Aussteifung und Beplankung.....	58
2 6 2 1	Hobelware.....	58
2 6 2 2	Massivholzplatte breitenverleimt.....	59
2 6 2 3	Mehrschichtplatten.....	59
2 6 2 4	Sperrholz.....	59
2 6 2 5	OSB-Platten (Oriented Strand Board).....	59
2 6 2 6	Spanplatte.....	60
2 6 2 7	Holzfaserplatte.....	60
2 6 3	Holzweichfaser-Putzträgerplatte.....	61
2 7	Sonstige gängige Baustoffe für den Holzbau.....	61
2 7 1	Dämmstoffe.....	61
2 7 1 1	Holzfaserdämmstoffe.....	61
2 7 1 2	Mineralwolle.....	62
2 7 1 3	Zellulosedämmstoff.....	62
2 7 2	Bekleidungsstoffe.....	62
2 7 2 1	Gipskartonplatte.....	62
2 7 2 2	Gipsfaserplatte.....	63
2 7 2 3	Zementgebundene, bewehrte Leichtbetonplatte.....	63
2 7 2 4	Holzwolle-Leichtbauplatte (HWL).....	63
2 7 3	Folien/Abdichtungen.....	63
2 7 3 1	Dampfbremse.....	63
2 7 3 2	Diffusionsoffene Folie.....	64
3	Bauphysik.....	69
3 1	Wärmeschutz.....	69
3 1 1	Wärmestrom, Wärmefluss.....	70
3 1 2	U-Wert.....	72
3 1 2 1	Berechnung homogene Bauteile.....	72
3 1 2 2	Berechnung inhomogene Bauteile.....	73
3 1 2 3	Vorabschätzung des U-Wertes.....	75
3 2	Feuchteschutz.....	76
3 2 1	Wasserdampf.....	76
3 2 1 1	Wasserdampf-Sättigungsdruck.....	76
3 2 1 2	Wasserdampf-Partialdruck.....	77
3 2 1 3	Relative Luftfeuchtigkeit.....	77
3 2 1 4	Absolute Luftfeuchtigkeit.....	77
3 2 2	Diffusion.....	77
3 2 2 1	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl.....	78
3 2 2 2	Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke.....	78

3 2 3	Konvektion	78
3 2 4	Nachweisführung	80
3 2 4 1	Konstruktionen ohne weitere Nachweise	80
3 2 4 2	Glaserverfahren	80
3 2 4 3	Hygrothermische Simulation	81
3 2 5	Baupraktische Empfehlungen bei diffusionsoffenen Konstruktionen	81
3 2 6	Maßnahmen bei Konstruktionen mit außenseitig hohen s_{d1} -Werten	81
3 2 6 1	Planungsfehler „Dicht-dicht“-Aufbau	81
3 2 6 2	Einflussfaktoren	82
3 2 6 3	Nachweispyramide	82
3 3	Schall	84
3 3 1	Schallschutz	84
3 3 1 1	Grundlagen der Akustik	85
3 3 1 2	Bewertung der Bauakustik	86
3 3 2	Luftschall	86
3 3 2 1	Luftschalldämmung einschaliger, mineralischer, massiver Bauteile	88
3 3 2 2	Luftschalldämmung einschaliger, massiver, aber leichter Bauteile	89
3 3 2 3	Luftschalldämmung mehrschaliger, leichter Bauteile	90
3 3 2 4	Vorsatzschalen zur akustischen Verbesserung von Bauteilen	92
3 3 2 5	Holzbau und tiefe Frequenzen	92
3 3 3	Körperschall	93
3 3 3 1	Reduktion von Körperschall	94
3 3 4	Anforderungen	95
3 3 4 1	Anforderungen an Außenbauteile	95
3 3 4 2	Anforderungen an Innenbauteile	96
3 3 5	Baupraktische Regeln	97
3 3 5 1	Außenwände	97
3 3 5 2	Trennwände	99
3 3 5 3	Trenndecken	99
3 4	Brandschutz	101
3 4 1	Brandphasen	102
3 4 2	Brandverhalten von Baustoffen	103
3 4 3	Abbrand von Holz	104
3 4 3 1	Abbrandraten gemäß ÖNORM EN 1995-1-2 [196]	105
3 4 3 2	Abbrandrate für Brettsperrholz	105
3 4 3 3	Varianten der Dimensionierung durch Beplankung	106
3 4 4	Feuerwiderstand	107
3 4 5	Fassaden	108
4	Gebäudephysik	109
4 1	Wärmeschutz	109
4 1 1	Winterlicher Wärmeschutz	109
4 1 2	Luft- und Winddichtheit	109
4 1 3	Sommertauglichkeit	110
4 1 3 1	Luftwechselrate	110
4 1 3 2	Solare Einträge, Sonnenschutz	112
4 1 3 3	Bauweise	112
4 1 3 4	Fensterdiagramme	114
4 2	Schallschutz – Flankenübertragung	118
4 2 1	Durchlaufende Decken	119
4 3	Brandschutz	120
4 3 1	Anforderungen	120
4 3 1 1	Fassaden	123
4 3 1 2	Abweichungen von Anforderungen der OIB-Richtlinien	124
4 3 2	Durchdringungen und Abschottungen	124
4 3 2 1	Vertikale Verteilung	124
4 3 2 2	Horizontale Verteilung	126
4 3 2 3	Abschottungssysteme durch Brandabschnitte	126

5	Konstruktionen des Holzbaus.....	129
5 1	Tragwerksmodelle.....	129
5 1 1	Gebäudestabilität.....	130
5 1 2	Tragstrukturkombinationen.....	133
5 2	Bauweisen, Wand- und Deckenkonstruktionen.....	134
5 2 1	Holzskelettbau.....	134
5 2 2	Holzfachwerksbau.....	136
5 2 3	Holzrahmenbau, Holzriegelbau.....	136
5 2 4	Blockbauweise.....	138
5 2 5	Brettstapelbauweise.....	139
5 2 6	Brett-Sperrholz-Bauweise.....	139
5 2 7	Holzbetonverbunddecken.....	140
5 2 8	Kontaktfugen Brettsperrholzplattenelemente.....	142
5 2 8 1	Decke-Decke.....	143
5 2 8 2	Wand-Decke-Wand.....	143
5 2 8 3	Eckstoß Wand-Wand.....	144
5 2 8 4	Wand-Fundierung.....	144
5 3	Dachtragwerke.....	145
5 3 1	Arten von Dachtragwerken.....	146
5 3 2	Sparrendächer.....	146
5 3 3	Pfettendächer.....	147
5 4	Fügetechnik.....	148
5 4 1	Zimmermannsmäßige Verbindungen.....	149
5 4 2	Ingenieurmäßige Verbindungen.....	150
5 4 2 1	Stiftförmige Verbindungsmittel.....	150
5 4 2 2	Flächenhaft wirkende Verbindungsmittel.....	154
5 4 2 3	Klebeverbindungen.....	154
5 4 3	Konstruktive Gestaltung der Verbindungsmitteltechnik.....	155
6	Bemessung von Holzbauten.....	161
6 1	Bemessungsgrundlagen.....	162
6 1 1	Anwendung des EC5 und des EC8.....	162
6 1 2	ÖNORMEN EN 1990 – CC – Klassen.....	163
6 1 3	ÖNORM EN 1990 – Überwachungsmaßnahmen.....	164
6 1 3 1	Überwachungsmaßnahmen bei der Planung (DSL).....	164
6 1 3 2	Überwachungsmaßnahmen bei der Herstellung (IL).....	164
6 1 4	Sicherheitskonzept.....	165
6 2	Einwirkungskombinationen – Bemessungswerte.....	166
6 2 1	Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkung.....	167
6 2 2	Bemessungswerte der Einwirkungen.....	167
6 2 2 1	Ständige oder vorübergehende Bemessungssituationen (Grundkombinationen).....	167
6 2 2 2	Außergewöhnliche Bemessungssituationen.....	168
6 2 2 3	Bemessungssituationen bei Erdbebeneinwirkungen.....	168
6 3	Einwirkungen.....	168
6 3 1	Eigengewichtslasten.....	168
6 3 2	Nutzlasten.....	171
6 3 2 1	Lotrechte Nutzlasten.....	171
6 3 2 2	Horizontale Nutzlasten.....	173
6 3 3	Windkräfte.....	173
6 3 4	Schneelasten.....	178
6 3 5	Erdbebenkräfte.....	179
6 3 6	Außergewöhnliche Einwirkungen.....	183
6 3 6 1	Anprallkräfte.....	183
6 3 6 2	Zwänge.....	183
6 4	Widerstände nach ÖNORM EN 1995 – EC 5.....	183
6 4 1	Charakteristische Festigkeiten.....	184

6 4 2	Nutzungsklasse	186
6 4 3	Modifikationsfaktor k_{mod}	187
6 4 4	Verformungsbeiwert k_{def}	187
6 4 5	Teilsicherheitsbeiwert γ_M	187
6 4 6	Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften	188
6 5	Tragfähigkeitsnachweise	188
6 5 1	Druck in Faserrichtung	189
6 5 2	Zug in Faserrichtung	189
6 5 3	Biegebemessung – einachsige Biegung	189
6 5 4	Biegebemessung – zweiachsige Biegung	190
6 5 5	Biegung und Normalkraft	191
6 5 5 1	Biegung – zweiachsig und Zug	191
6 5 5 2	Biegung – zweiachsig und Druck	192
6 5 6	Druck normal zur Faserrichtung	192
6 5 7	Druck unter einem Winkel zur Faser	193
6 5 8	Schubbemessung	194
6 5 9	Stabilitätsnachweise	195
6 5 9 1	Knicken von Druckstäben	195
6 5 9 2	Kippen von Biegestäben	199
6 5 9 3	Knick- und Kippbeanspruchung	203
6 5 10	Holzbetonverbunddecken	204
6 5 10 1	Bemessung – Nachweiskonzept	204
6 5 10 2	Bedeutung und Grenzen des Gamma-Verfahrens	206
6 6	Gebrauchstauglichkeitsnachweise	206
6 6 1	Schadensvermeidung	207
6 6 2	Erscheinungsbild	207
6 6 3	Schwingungen	207
6 6 3 1	Frequenzkriterium	208
6 6 3 2	Steifigkeitskriterium	209
6 7	Verbindungsmittelbemessung	210
6 7 1	Zimmermannsmäßige Verbindungen	210
6 7 2	Metallische Verbindungsmittel	211
6 7 2 1	Nägels	216
6 7 2 2	Holzschrauben, Kammnägels	217
6 7 2 3	Stabdübel, Schrauben- und Passbolzens	218
6 8	Konstruktionsgrundsätze und Bemessung von Aussteifungselementen	224
6 8 1	Wandscheibens	224
6 8 2	Dach- und Deckenscheibens	228
6 8 2 1	Konstruktionsregels	228
6 8 2 2	KräfteSpiel und Schubfluss in Deckenscheibens	229
6 8 2 3	Regelungen für vereinfachten Nachweis	230
6 8 3	Bemessungsnachweise des Schubflusses bei Holztafelns	230
6 8 4	Verbänders	231
6 8 4 1	Stabilisierungskraft eines beanspruchten Einzelbauteils	231
6 8 4 2	Aussteifung von Trägern und Fachwerkens	232
6 9	Brandbemessung	233
6 9 1	Abbrandberechnung von Holz	233
6 9 2	Einwirkungen im Brandfall	234
6 9 3	Widerständens im Brandfall	234
7	Bauteile, Aufbauten und Details	235
7 1	Bauteile und Aufbautens	235
7 1 1	Wand	236
7 1 1 1	Außenwand	237
7 1 1 2	Innenwand	241
7 1 1 3	Trennwand / Wand an Grundgrenze (Brandwand)	243
7 1 2	Decke	245

	7 1 2 1	Geschoßdecke innerhalb Wohn-/Betriebseinheit.....	245
	7 1 2 2	Trenndecke zwischen Wohn-/Betriebseinheiten.....	249
	7 1 2 3	Decke gegen ungedämmten Dachraum	250
	7 1 2 4	Kellerdecke	251
	7 1 3	Dach	252
	7 1 3 1	Steildach	253
	7 1 3 2	Flachdach - Blecheindeckung.....	255
	7 1 3 3	Flachdach - Foliendeckung.....	257
	7 1 4	Besonderheiten der Fassadenbekleidung/-verkleidung.....	259
	7 1 4 1	Holzfassaden.....	259
	7 1 4 2	Geputzte Fassaden - Holzfaser-Wärmedämmverbundsystem.....	262
7 2		Bauteilanschlüsse und Details	263
	7 2 1	Dachanschluss	264
	7 2 2	Wand-Decken-Knoten.....	265
	7 2 3	Sockelanschluss	266
	7 2 4	Außenwand-Ecke.....	267
	7 2 5	Außenwand-Innenwand	268
	7 2 6	Fensteranschluss.....	269
	7 2 7	Besonderheiten Nassbereich.....	270
	7 2 8	Besonderheiten bei brandabschnittsbildenden Bauteilen	270
	7 2 8 1	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zur Außenwand.....	271
	7 2 8 2	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trenndecke zur Außenwand.....	271
	7 2 8 3	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zur Decke.....	272
	7 2 8 4	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zum Dach.....	272
7 3		Zusammenhang zwischen Komplexität und Kosten	273
	7 3 1	Vorstehender Balkon.....	273
	7 3 2	Rückspringendes Geschoß - Terrassenausgang	273
8		Ausführung und Vorfertigung	275
	8 1	Entwicklung der Ausführung.....	275
	8 2	Systeme und deren Vorfertigungsgrad.....	279
	8 2 1	Holzskelettbau	279
	8 2 2	Holzrahmenbau	280
	8 2 3	Massivholzbau.....	281
	8 2 3 1	Holzblockbau.....	281
	8 2 3 2	Brettsperrholzbauweise.....	282
	8 3	Schnittstellen in der Vorfertigung	284
	8 3 1	Vorfertigung ohne Übergriff im Gewerk	285
	8 3 2	Vorfertigung mit Gewerkübergriff	285
	8 3 3	Transportfähigkeit im Rahmen der Vorfertigung.....	287
	8 4	Planungsverhalten im modernen Holzbau	289
	8 4 1	Technische Anforderungen	290
	8 4 2	Leitungsführung/Installationen/Durchdringungen/Schächte.....	292
	8 4 3	Luftdichtheit.....	294
	8 5	Ablauf von Vorfertigung und Montage.....	294
9		Verarbeitung und Qualitätssicherung	299
	9 1	Holz, ein Baustoff mit besonderen Anforderungen.....	299
	9 1 1	Egalisierung oder Optimierung.....	299
	9 1 2	Qualität bewerten - Holz verstehen	300
	9 1 3	Verarbeitungs- und Qualitätsmaßstäbe im Wandel der Zeit.....	300
	9 2	Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen	301
	9 2 1	Opferbretter im Sockelbereich.....	302
	9 2 2	Wahl der Einbaufeuchte.....	303
	9 2 3	Klimatisch definierte Produktionsbedingungen	303
	9 3	Qualitätsdefinitionen	304

9 3 1	Die österreichischen Holzhandelsusancen 1973.....	304
9 3 2	Einfache Kontrollen, richtiger Einbau.....	305
9 3 3	Ebenheit von Holzteilen.....	306
9 3 4	Montage verformter Hölzer.....	306
9 3 5	Holzoberflächen.....	307
9 3 6	Offenheit bei Information.....	308
9 3 7	Überlängen bei Schnittholzlieferungen.....	308
9 3 8	Metallspäne verursachen Fleckenbildung.....	308
9 3 9	Information sorgt für Mehrwert.....	309
9 4	Verarbeitungsregeln.....	312
9 4 1	ÖNORM B 2320 Wohnhäuser aus Holz.....	312
9 4 2	ÖNORM B 1995-1-1 Eurocode 5.....	314
9 4 3	Bauprodukteverordnung.....	315
9 4 4	ÜA-Zeichen – Vorläufer der CE-Kennzeichnung.....	316
9 4 5	Eigen- und Fremdüberwachung.....	317
9 5	Bauteilprüfungen.....	317
9 6	Bauwerksprüfungen.....	317
9 6 1	Baustellendokumentation.....	318
9 6 2	Blower-Door-Messung.....	318
9 6 3	Gebäudethermografie.....	319
9 6 4	Kombinationsdiagnostik Blower-Door-Messung und Thermografie.....	319
9 6 5	Leckageortung.....	320
10	Ausschreibung.....	325
10 1	Ökologisch-nachhaltige Ausschreibungskriterien.....	325
10 1 1	Implementierung ökologischer Aspekte.....	325
10 1 1 1	Zuschlagskriterien.....	326
10 1 1 2	Auftragsausführungsklauseln.....	326
10 1 1 3	Technische Spezifikationen der Leistung.....	327
10 1 1 4	Umweltkriterien.....	327
10 2	Bauvertragliche Grundlagen.....	328
10 2 1	Vertragsarten.....	328
10 2 2	Arten der Leistungsbeschreibung.....	329
10 2 3	Preisarten.....	330
10 2 4	Kalkulation.....	330
10 2 5	Leistungsabweichungen und ihre Folgen.....	331
10 2 6	Dokumentation – „Wer schreibt, der bleibt“.....	333
10 3	Ausschreibung mit Standard-Leistungsbeschreibung.....	335
10 3 1	Struktur und Inhalt der LB Hochbau LG 36 Holzbau.....	336
10 3 2	Leistungsbeschreibung Hochbau LG 36 Allgemeines.....	336
10 3 2 1	Wählbare Vorbemerkungen.....	336
10 3 2 2	Sonderkosten der Baustelle.....	337
10 3 3	Gesamtaufbau LG 36 – Wand, Decke, Dach.....	337
10 3 4	Ausschreibung Wand.....	337
10 3 4 1	Fassade.....	337
10 3 4 2	Dämmpaket Wand.....	337
10 3 4 3	Rohbauelement Holzrahmenwand.....	338
10 3 4 4	Rohbauelement Holzmassivwand.....	338
10 3 4 5	Rohbauelement konventionell.....	338
10 3 4 6	Innenverkleidung Wand.....	339
10 3 5	Ausschreibung Decke.....	339
10 3 6	Ausschreibung Dach.....	339
10 3 7	Ausschreibung Sonstiges.....	340
10 3 7 1	Holztragwerke Einzelbauteil.....	340
10 3 7 2	Stahlbauteile.....	340
10 3 7 3	Holztreppen.....	340

10 3 7 4	Balkonstruktion und Geländer aus Holz	340
10 3 7 5	Terrassen- und Balkonbeläge	340
10 3 7 6	Einfriedungen	340
10 3 7 7	Sonstiges, Dacheinbauten	340
10 3 7 8	Imprägnierung mit Oberflächenverfahren	341
10 3 7 9	Imprägnierung mit Kesseldruckverfahren	341
10 3 8	Beispiele für die Ausschreibungen von Holzbauleistungen	341
10 3 8 1	Beispiel 1: Wandelement gemäß Bauteilkatalog „dataholz“	341
10 3 8 2	Beispiel 2: Kalkulation Wandelement	342
10 3 8 3	Beispiel 3: Dachkonstruktion	343
11	Nachhaltigkeit.....	345
11 1	Strategien und deren Umsetzung	346
11 1 1	Nachhaltigkeitsstrategien	346
11 1 2	Implementierung ökologischer Aspekte in die Projektphasen	347
11 1 2 1	Null-Phase, Vorprojekt, Machbarkeitsstudie	348
11 1 2 2	Wettbewerb, Architektenwettbewerb	348
11 1 2 3	Vorentwurf, Entwurf, Genehmigungsplanung	348
11 1 2 4	Ausführungsplanung, Leistungsbeschreibungen, Vergabe	349
11 1 2 5	Bauausführung, Baufertigstellung	349
11 2	Regionale Wertschöpfung	349
11 3	Nachhaltiger Bewertungsansatz auf Gebäudeebene	350
11 3 1	Europäische Normung zum nachhaltigen Bauen	353
11 3 1 1	ÖNORM EN 15978 [226]: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bestimmung der Umweltleistung von Gebäuden – Berechnungsmethode	355
11 3 1 2	ÖNORM EN 15804 [215]: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte	357
11 3 2	Zertifizierungssysteme für Gebäude	358
11 3 2 1	BREEAM	358
11 3 2 2	LEED	359
11 3 2 3	DGNB	360
11 3 2 4	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB)	360
11 3 2 5	ÖGNI	361
11 3 2 6	ÖGNB	361
11 3 2 7	klima:aktiv	362
11 3 2 8	Vergleichender Überblick der Gebäudezertifizierungssysteme	362
11 4	Nachhaltigkeitsbewertung von Schadstoffen aus Holz- und Holzwerkstoffen	364
11 5	Holz als CO ₂ - und Energiespeicher	366
11 6	Ökobilanzierung von Baustoffen und Gebäuden	369
11 6 1	Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	370
11 6 2	Sachbilanz	371
11 6 3	Wirkungsabschätzung	371
11 6 4	Auswertung	372
11 6 5	Infoplattformen	372
11 7	Beispiel TQ-Bewertung – Plusenergieverbund Reininghaus Süd TQB/klimaaktiv ...	373
	Quellennachweis.....	375
	Literaturverzeichnis	377
	Sachverzeichnis	387
	Autoren	394

Holz ist Sympathieträger, ein Material, das uns derart vertraut ist, dass wir uns gar nicht mehr bewusst sind, in welchen Lebensbereichen es unser ständiger Begleiter ist. Holz gehört seit den Anfängen unserer Kultur, neben Stein, Metall, Keramik und Pflanzenfasern, zu den grundlegenden Werkstoffen. Holz ist oft unser erstes Spielzeug, Fortbewegungsmittel, wird in der Küche als Besteck, oder Behältnis verwendet, umgibt uns in der Form von Möbeln und noch viel intimer als Bekleidung aus Viskose, einem Holzderivat. Noch immer gibt es Fortbewegungsmittel aus Holz wie Skateboards, Boote und sogar Flugzeuge. Die edelsten Musikinstrumente bestehen aus Holz.

Immer sind es spezielle Eigenschaften dieses besonderen Naturstoffs, der alle Sinne wie Optik, Geschmack, Geruch, Haptik durch seinen Klang anspricht, dem Menschen ein vertrautes allgegenwärtiges Material ist. Diese flexible Einsatzmöglichkeit vom Spielzeug bis zum Hochleistungsbaustoff verdankt Holz seinen vielfältigen Baumarten, die in den verschiedenen Regionen der Welt unterschiedlich beansprucht sind und sich dementsprechend verschiedenartig in ihren Eigenschaften ausdifferenzieren. So kann sich das Raumgewicht von Holz um den Faktor 10 unterscheiden und damit einhergehend auch mit dem Feuchtegehalt z. B. die Wärmeleitfähigkeit verändern. Die verschiedenen Nutzhölzer und deren Eigenschaften werden im Kapitel 2 näher betrachtet.

Bild 1-01: Innenraum mit Holzoberflächen – Gemeindezentrum St. Gerold



Ein gelungenes Beispiel der „reinen“ Verwendung des Baustoffs Holz aus dem Pionierland Vorarlberg.

Holz ist im Vergleich zu anderen Basisbaustoffen wie Beton, Ziegel oder Stahl der Baustoff, zu dessen Gewinnung kein Feuer verwendet wird. Das weist schon auf die geringe Energiemenge hin, die notwendig ist, um den „Rohstoff Baum“ in den Baustoff Holz zu verwandeln und dessen Produkte zu generieren. Aber „Holz lebt“, es hat Eigenschaften die, wenn man sie versteht, berechenbar sind und sich in einer stetig wachsenden Anzahl von Produkten niederschlagen.

In Österreich ist seit etwa 30 Jahren eine Entwicklung hin zum vermehrten Einsatz vom Baustoff Holz zu beobachten. Eine Entwicklung durch Kampagnen und gezieltes Marketing sowie eine neue Holzarchitektur. Die Fülle an

herausragenden Projekten, dokumentiert in den Einreichungen zu den Holzbaupreisen und in Veröffentlichungen diverser Fachzeitschriften, beweist, dass sich in Österreich eine Vielzahl an Planern und Architekten mit dem Baustoff Holz auseinandersetzen, die es verstehen, die Vorzüge dieses Materials für hervorragende Architektur zu nutzen.

Bild 1-02: Vorarlberger Holzbaupreis 2015 – Arch. Kaufmann



Holzbaupreise sind ein Gradmesser für den hohen Standard des österreichischen Holzbaus.

Zur Geschichte des Holzbaus

Seit Jahrtausenden bauen Handwerker, Architekten, Bau- und Zimmermeister, eben seit der Mensch sich seine „Höhle“ selbst errichtet, mit Holz. Überall dort, wo es vorkommt, war es als Bau-, Werk- und Brennstoff allgegenwärtig. Holz war die Schlüsselressource der vor- und frühindustriellen Gesellschaften. Ob als Brennstofflieferant, für das Kochen und Backen und das Brennen von Ton oder die Produktion und Verarbeitung von Eisen mittels Holzkohle. Selbst mit den Verbrennungsresten wurde Pottasche gewonnen und diese zum Waschen, Färben und Bleichen von Textilien verwendet. Die ersten Werkzeuge zur Holzbearbeitung waren einfache Faustkeile, die als Schab-, Schneide- und Bohrwerkzeug Verwendung fanden.

Die leichte Bearbeitbarkeit ermöglichte dem Steinzeitmenschen, mit diesen einfachen Werkzeugen Bäume zu fällen und das Holz zu bearbeiten. Die Urform der Axt, ein auf einem Stab befestigter Steinkeil, ist der erste „Technologiesprung“ bei der Holzbearbeitung. Die (Er-)Findung von Metall löste die Kette von Innovationen in der handwerklichen Bearbeitung von Holz aus. Erst durch die Entwicklung von Handwerkzeugen entsteht die technische Grundlage für die Kultivierung von Land und die Errichtung fester Behausungen, die wiederum zur Sesshaftigkeit des Menschen führt. Holz war von Anfang an Werk- und Baustoff und, in Verbindung mit Stein und Metall, Werkzeug.

In der Natur vorgefundene Materialien wie Naturstein, Lehm, die daraus geformten Ziegel und Holz sind die Grundlage für konstruktive Vorstellungen und technologische Möglichkeiten. Holz als natürlicher Baustoff wird dabei immer wieder neu genutzt, verändert und nach den neuesten Erkenntnissen be- und verarbeitet. Mit dem Werkstoff Holz werden von vielen regional geprägte und traditionelle Bauformen vergangener Epochen assoziiert. So verwundert es

nicht, dass archaische Muster aus dieser Zeit bis heute unsere Vorstellung vom Haus beeinflussen.

Bild 1-03: mittelalterliche Fachwerkhäuser



Wer kennt sie nicht, die Bilder von mittelalterlichen Fachwerkhäusern, von der Witterung gegerbten Bauernhäusern und Almhütten, der filigranen, historischen Tempelanlagen aus Japan oder der Stabkirchen im Norden Europas. Viele dieser Holzbauten beweisen bis heute ihre Funktionsfähigkeit durch Dauerhaftigkeit. Der Einsatz dieses Werkstoffs führt zu unterschiedlichsten und variantenreichen Holzkonstruktionen, begleitet die gesamte Menschheitsgeschichte in allen Kulturkreisen und unterstreicht die Bedeutung der Holzbearbeitung und Holzverarbeitung in der Technikgeschichte der vorindustriellen Zeit.

Bild 1-04: Zubau Einfamilienhaus Waidhofen/Y (A) – Österr. Holzbaupreis 1998



Typische mittelalterliche Fachwerkhäuser in Rinteln, Nordrhein-Westfalen, Deutschland.

Ausbau eines 200 Jahre alten Stadls in Blockbauweise und Zubau in moderner Blocktafelbauweise.

War zu Beginn der Holzbearbeitung der natürliche Wuchs der Bäume ein wesentlicher Faktor, eine Technik, die auch noch bei der Konstruktion der mittelalterlichen Fachwerkhäuser eingesetzt wurde, war es möglich, mit den vorhandenen Werkzeugen aus Baumstämmen rechteckige Profile herzustellen und in Fachwerkbauten wie auch bei der Blockbauweise, anzuwenden.

Viele Handwerker in dieser Zeit waren auf die besonderen Materialeigenschaften bestimmter Hölzer angewiesen, denn jede Holzart hat bestimmte Eigenschaften und eignete sich etwa zum Möbelbau oder als Wagnerholz. Die leichte Verarbeitbarkeit, die Verfügbarkeit, wo klimabedingt vorhanden, und die damit verbundene Erfahrung mit diesem Baustoff führten dazu, dass z. B. in Mittel- und Nordeuropa der Baustoff Holz den größten Anteil am gebauten Bestand hatte.

Tragwerke aus Baumstämmen

Das einfachste Dachtragwerk ist das Balkendach. Aus den einfach zu gewinnenden Baumstämmen werden mit wenig technischem Aufwand Decken aus Vollholzquerschnitten produziert. Die Balken werden untereinander verdübelt, später ausgedünnt und mit Blindboden und Untersichtschalung versehen. Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts hält sich diese Technik, bis sie durch Stahlbeton ersetzt wird. Der Baum bzw. die Abmessungen des nutzbaren Teils eines Baumstammes bestimmen die Dimension des Bauteils und somit sein Einsatzfeld. Früh wurde damit begonnen, Holzbalken zu verlängern und zu koppeln. Das Ziel, größere Spannweiten bzw. eine höhere Auflast zu erhalten wurde zum Beispiel durch Verbinden mittels Bastseilen erreicht. Da bei dieser Methode keine Schubkräfte übertragen werden, konnten bei weitem nicht die statischen Werte wie bei massiven Balken erreicht werden. Durch zimmermannsmäßig hergestellte Verzapfungen und Verzahnungen erreicht man eine Verbesserung der Kraftübertragung und somit eine Steigerung der Effizienz. Seit dem Mittelalter entwickeln sich die Techniken durch handwerkliche Verbesserung der Verbindungen und Anschlüsse sowie neue Kombinationen wie Hänge- und Sprengwerke zum Erreichen größerer Spannweiten.

Bild 1-05: Blockbau und moderner Holzbau



Fachwerkbau

In Europa war es der Fachwerkbau, von Generation zu Generation getragen, der sich durch die Fertigkeit der Zimmererzünfte weiterentwickelte. Das Fachwerk ist ein stabförmiges Tragwerk, dessen Zwischenräume mit Lehm oder anderen vor Ort gewonnenen Materialien „ausgefacht“ werden. Regional bedingte unterschiedliche Entwicklungen kann man an nach wie vor intakten Gebäuden ablesen.

Blockbau

Eine wesentlich geringere Bedeutung bei den historischen Konstruktionen hat der Blockbau, bei dem übereinandergestapelte, mehr oder weniger bearbeitete Balken die Tragkonstruktion und den Raumabschluss bilden. Das Arbeiten des Holzes, besonders „quer zur Faser“ führt bei dieser Bauweise zum steten „Wachsen und Schrumpfen“ des in dieser Bauweise errichteten Gebäudes.

Nicht nur ländliche Wirtschaftsgebäude und Fachwerkbauten wurden aus Holz gebaut, es wurde auch in Steinhäusern eingesetzt.

Bild 1-06: „waldnaher“ Einsatz von Holz im landwirtschaftlichen Kontext – Laufstall für Pferde/ Weyer ÖÖ (A)



Konstruktiv in Form von Deckenbalken und im Dachstuhl, im Ausbau als Boden, Treppe und Türen, Fensterrahmen und Läden. Darüber hinaus waren die meisten Verkehrs- und Transportmittel wie Schiffe und Boote, Kutschen, Wagen und Karren bis zum Ende des 19. Jahrhunderts größtenteils aus Holz gebaut. Diese Universalität der Anwendungsmöglichkeiten für unterschiedlichste Bauaufgaben, die handwerklich präzise, individuelle Gestaltbarkeit bis ins kleinste Detail, des über Generationen weitervererbten Handwerks, erzeugen eine eigene, naturgegebene Ästhetik und kennzeichneten diesen Werkstoff. In der vorindustriellen Zeit begleitete der Bau- und Werkstoff Holz den Menschen sein ganzes Leben, von der hölzernen Wiege bis zur Bahre.

Holz ist trotz seiner außerordentlich vielseitigen Einsatzmöglichkeiten und seiner Tradition als Baustoff während des 19. Jahrhunderts immer mehr zurückgedrängt worden. In Europa nahm der Marktanteil von Holz in der geschichtlichen Entwicklung des Holzbaus bei Hochbaukonstruktionen im 19. und 20. Jahrhundert kontinuierlich ab. Der Grund war der Aufschwung der

konkurrierenden Baustoffe wie Stahlguss, Stahl und Stahlbeton. Die handwerklichen Verarbeitungsprozesse von Holz waren gegenüber den industrialisierten Fertigungsmethoden für Stahl und Stahlbeton zu zeitaufwändig und damit zu teuer. Holz wurde in dieser Zeit hauptsächlich als Nebenbaustoff oder als Energieholz verwendet.

Während in Europa Holz als primärer Baustoff immer mehr zurückgedrängt wurde, entwickelten sich in Nordamerika zur gleichen Zeit die Timber-Frame-Bauweisen (Holzrahmenbau), die sich in den Vereinigten Staaten aus der Fachwerkbauweise entwickelt haben. Die Grundlage für diese Entwicklung waren einerseits die technologische Weiterentwicklung der Holzbearbeitung und Halbzeuggewinnung durch das dampfmaschinenbetriebene Sägegatter und die damit einhergehende Massenproduktion standardisierter Querschnitte, andererseits die Massenproduktion des Drahtstiftes.

Bild 1-07: typisches nordamerikanisches Holzhaus

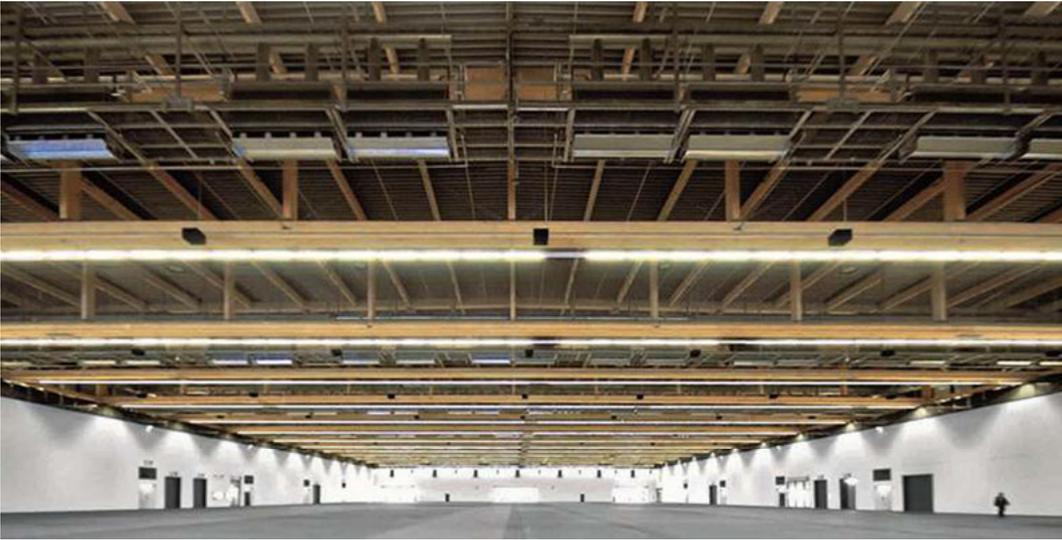


Die Holzständer werden dabei beidseitig mit Holzschalung beplankt und als Wandscheibe aufgerichtet und verschalt. Die industrialisierte Produktion der Holzhalbzeuge und der Verbindungsmittel, in diesem Fall des Drahtstiftes, ermöglichte eine Massenproduktion, die zu dieser Zeit konkurrenzlos war. Alle Vorteile des Baustoffs Holz, wie leichte Bearbeitbarkeit und geringes Transportgewicht, kamen bei diesen Bauweisen zum Tragen. Ende des 19. Jahrhunderts wird diese Bauweise auch in Europa eingeführt und kontinuierlich weiterentwickelt. Im Holzrahmenbau amerikanischer Prägung unterscheidet man nach Konstruktionsart zwei Systeme. „Plattform-Framing“ und „Ballon-Framing“, die sich durch die Art des Aufbaus unterscheiden (siehe auch Kapitel 5). Beide Aufbauprinzipien sind abgewandelt in allen Bauweisen zu finden. Die nordamerikanischen Holzbauweisen ermöglichten es, mit einfachen Werkzeugen und geringem handwerklichem Geschick Wohnraum zu schaffen, der in der Neuen Welt in den rasant wachsenden Städten benötigt wurde.

Der nächste große Sprung in der technischen Entwicklung ist die Verklebung von Holzlamellen mittels Leim. Erst mit dieser sehr effizienten Methode gelingt es, Holzteile kraftschlüssig zu verbinden. Die Herstellung von Brettschicht-holzträgern in allen erdenklichen Dimensionen und Ausformungen und Kombinationen ermöglicht den Holzbauingenieuren, Tragwerke mit

Spannweiten zu entwickeln, die in ihrer Effizienz und Wirtschaftlichkeit kaum zu übertreffen sind.

Bild 1-08: Holzträger Messe Frankfurt (D)



In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kam es durch den Siedlungsdruck nach dem Ersten Weltkrieg zu Weiterentwicklungen, beispielsweise dem General-Panel-System von Konrad Wachsmann und Walter Gropius. Sie konnten sich ebenso wenig auf dem Markt etablieren wie das Holzbausystem von Paul Schmitthenner, dem trotz seiner hohen Wirtschaftlichkeit kein Durchbruch gelang. In Europa gewann Holz kurzfristig nur in einer kurzen Periode nach den beiden Weltkriegen wieder an Bedeutung, da sich der leicht verfügbare und günstige Baustoff für den schnellen Wiederaufbau eignete. Dieser Aufschwung war jedoch nicht von langer Dauer. Der Holzbau blieb bis in die Sechzigerjahre des vorigen Jahrhunderts primär ein Produkt aus Stäben. Erst die Verfügbarkeit von kostengünstigen industriell hergestellten Plattenmaterialien wie Span-, Sperrholz- und OSB-Platten ermöglichen eine kostengünstige Massenproduktion im konstruktiven Holzbau.

Bild 1-09: Wohnhausanlage Hamburg (D)



Viele neue Produkte werden entwickelt, vom Plattenbalken bis zum Kastenträger und Brettsperholz. Seit den Neunzigerjahren des letzten Jahrhunderts vergrößert sich die Palette der Holzwerkstoffplatten, die mit

Große Spannweiten sind seit jeher eine Domäne des Holzbaus. Im Obergeschoß überbrücken 78 m weit spannende, knapp 7 m hohe Holzfachwerkbinder die gesamte Fläche stützenfrei.

hohen Festigkeiten und Produktionsformaten neue Perspektiven des Konstruierens ermöglichen. Diese Platten, ob alleine oder in Kombination mit stabförmigen Querschnitten, ergeben konstruktiv einsetzbare zweidimensionale Bauteile, die mehrere Funktionen übernehmen. Sie sind nicht nur zur Lastabtragung und als Aussteifung einsetzbar, sondern auch raumbildend als Hülle mit sehr positiven bauphysikalischen Eigenschaften.

Die Brettsper Holzplatten werden in Dicken von 80 bis ca. 300 mm eingesetzt. Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Aussteifung wie beim Holzrahmenbau ist damit nicht mehr gegeben. Bauen mit Brettsper Holz wird als „Holzmassivbau“ kategorisiert. Die Vorteile dieser Bauweise reichen vom vereinfachten Schichtaufbau über hohe Dimensionsstabilität bis zur Möglichkeit der zweiachsigen Lastabtragung. Brettsper Holz wird zwar aus kostengünstiger Seitenware produziert, der hohe Materialanteil am Baustoff und somit am jeweiligen Element bewirkt einen vergleichbar höheren Preis.

Bild 1-10: Bibliothek Vennesla (N)



Auch in Regionen mit vergleichbar geringer Holzbau tradition setzt sich der Baustoff sukzessive durch.

Die Durchgängigkeit der CAD/CAM-basierenden Planung in Kombination mit innovativen Produkten führt zu immer neuen Ansätzen in der Holzarchitektur.

Erst aufgrund von Entwicklungen der letzten drei Jahrzehnte kann man eine Revitalisierung des Holzbaus beobachten. In den europäischen Wäldern steht deutlich mehr Holz zur Verfügung, als in der Wirtschaft Verwendung findet. Aktuelle Förderprogramme verschiedener Länder sowie der Europäischen Union versuchen, die Attraktivität zu erhöhen. Die Besinnung auf die Qualitäten dieses natürlichen Baustoffes, ökologische Aspekte und der Wunsch nach natürlichen, regenerativen heimischen Baustoffen führten zu einem Aufschwung der Holzindustrie. Zwar hat bei vielen Planern längst ein Umdenken eingesetzt, dennoch ist der Imagewandel in der breiten Bevölkerung ein zäher Prozess. Diese Ressentiments haben verschiedene Ursprünge, die in der Ausführungsqualität bestimmter Bauten und der geschichtlich gewachsenen Angst vor dem Feuer in Dörfern und Städten liegen.

Die hochwertig handwerklich erstellten, jedoch aufwändigen traditionellen Systeme Blockbau, Fachwerk- bzw. Ständerbau wie auch die in Angloamerika eingesetzten Timber-Frame-Bauweisen haben schon vor längerer Zeit ihre Bedeutung weitgehend eingebüßt oder sind nur noch vereinzelt anzutreffen. Der moderne Holzbau entfernt sich immer weiter von den traditionellen Bauformen, ohne sich an die Vorteile der jeweiligen Systeme zu erinnern.

Typologien und Systeme, Werkzeuge der Planung

1|2

„Schneller, höher, stärker“ ist der Leitspruch der modernen Olympischen Spiele. Auf die Entwicklung im Holzbau umgelegt müsste es „schneller, höher, weiter“ heißen, wie das olympische Motto auch im deutschen Sprachgebrauch verwendet wird. „Schneller“ für den immer größeren Vorfertigungsgrad im Holzbau und die damit verbundenen kürzeren Bauzeiten, „höher“ für die immer größer werdende Geschoßanzahl von Holzbauten und „weiter“ für die immer größer werdenden Spannweiten von Hallen, die ein hölzernes Tragwerk erhalten. Der Holzbau kämpft gegen das Image des ärmlichen, mit bauphysikalischen Problemen behafteten, ländlichen Baustoffs, der im urbanen Kontext keine Berechtigung erfährt, aus diesen Gründen bedarf es hoher Anstrengungen aller Beteiligten, will man dem Baustoff Holz einen größeren Marktanteil sichern.

Nach Festlegung der städtebaulichen Einbettung (Erschließung, Dichte, Belichtung, Höhe usw.) und der inneren Organisation des Gebäudes (Raumprogramm, Organisation, System, Funktion, Form) und organisatorischer Aspekte wie Barrierefreiheit, Brandschutz, Fluchtwege sind technische Aspekte wie Statik, thermische Bauphysik maßgebend für die Wahl des Bausystems. Faktoren wie ein enger Zeitplan oder sehr begrenzte Platzverhältnisse auf dem Bauplatz bedingen möglicherweise einen erhöhten Vorfertigungsgrad.

Die vielfältigen Möglichkeiten, die der Holzbau bietet, stellen für den im Holzbau unerfahrenen Planer die größte Herausforderung dar. Aus dem vorhandenen Angebot an Konstruktionstypen und -systemen die „richtige“ Lösung für die gestellte Bauaufgabe herauszufinden, ist entscheidend für den Verlauf des weiteren Projekts.

Bild 1-11: Passivhaus Wien 2005 – Holzrahmenbau (A)



„Natürlich“ mit Holz, Lehm und Schafwolle gebaut, eines der ersten Passivhäuser in Wien.

Dabei sollte die Entscheidung für die Ausführung eines Projektes in Holz sehr früh fallen, um das ganze Spektrum der Vorzüge dieses Baustoffs auch nutzen zu können. Holzkonstruktionen optimieren und somit die wirtschaftlich beste Lösung finden, kann man jedoch nur, wenn man den Entwurf früh „in Holz denkt“, also auf die Eigenschaften des Baustoffs und seiner Produkte eingeht.

Das bedeutet eine frühe Einbeziehung der Tragwerksplanung und der Planung für die technische Gebäudeausrüstung. Es ist der Systemgedanke, der die Struktur von Holzbauten immer schon determiniert. Schon die traditionellen Bauweisen haben sich als Systeme entwickelt. Heute geplante Bauten müssen aufgrund ihrer größeren Volumina und Höhe wesentlich komplexere konstruktive, funktionale und vor allem auch fertigungstechnische Anforderungen erfüllen, umso mehr ist das System gefordert.

Sondiert man den aktuellen Markt und analysiert die gebauten Projekte vom Einfamilienhaus über den Wohnbau, zu Kindergarten, Bildungsbauten von der Volksschule bis zu universitären Einrichtungen bzw. sonstigen öffentlichen und halböffentlichen Bauten, so ist festzustellen, dass im Wesentlichen bei den unterschiedlichen Tragsystemen und somit bei den eigentlichen Holzbausystemen eine Neuorientierung erkennbar ist. Die gebräuchlichsten Systeme basieren auf den Grundtypen: Rahmenbau, Skelettbau, Massivholzbau. Die historisch gewachsenen Systeme wie der Blockbau, der Fachwerkbau oder der Ständerbau sowie die amerikanischen Timber-Frame-Bauweisen sind hingegen entweder gar nicht mehr oder nur in Nischen eingesetzt.

Die konzeptionelle Planung eines Baus, und somit die Wahl des Systems, wird weitgehend durch die Lastabtragung beeinflusst. Einerseits wird Holz wie bei den klassischen Konstruktionen als stabförmiger Bauteil verwendet, der meistens durch Stahlverbindungsmittel zu einem Skelett gefügt wird (punktuelle Lastabtragung). Andererseits findet man mehrschichtige kreuzweise aus Brettern verleimte und verpresste Plattenwerkstoffe (Massivbau), die in Dimensionen produziert werden können, die durch ihre Größe nur den Transport zur Baustelle als limitierenden Faktor haben. Diese Platten ermöglichen, durch ihre speziellen Eigenschaften als flächiger und massiver Baustoff, für den Baustoff Holz ein völlig neues Tragverhalten sowie bauphysikalische Möglichkeiten. Zusammen mit dem klassischen Rahmenbau sind dies Elemente der linearen Lastabtragung.

In der Planung sollte man sich für eines der beiden Systeme entscheiden. Konzepte, in denen sowohl lineare als auch punktuelle Abtragungen vorkommen, das heißt das Durchbrechen der einmal gewählten Ordnung, sind nur im Falle spezieller Situationen empfehlenswert.

Bild 1-12: Restaurant Katamaran Rust (A)

Transparenz, offene Räume, eine Kombination, für die der Holzskelettbau wie geschaffen ist.



Gesamtsysteme werden in Bezug auf ihre Bestandteile – Wände, Decken und Dächer – in Bauteilsysteme gegliedert. Dabei können Bauteilsysteme ein Gesamtsystem bilden oder miteinander kombiniert werden, wobei der Bezug zum Gesamtsystem nicht verloren geht. Den Rahmenbau wie den Massivholzbau kann man als geschlossenes System bezeichnen, da alle Einzelelemente des Bauwerks gleichartig sind, ähnlich verhält es sich bei den historisch gewachsenen Systemen Block- und Fachwerkbau. Gerade der Rahmenbau und der Massivbau werden, da sie im Wesentlichen ähnlich wirken, bei modernen Holzbauten oft kombiniert. Beim Skelettbau sind solche Kombinationen systemimplizit, will man das stabförmige Tragwerk durch eine Hülle aus Holz ergänzen.

Restaurant Katamaran Rust (A)

Der Holzskelettbau ermöglicht die Erlebbarkeit des Panoramas, des Schilfgürtels, der Segelboote und nicht zuletzt des Sees. Eine transparente Holz-Stahl-Konstruktion mit einem weit auskragenden Flachdach schützt und ermöglicht zugleich maximale Rundumsicht wie auf einem Bootsdeck. Das Hauptgebäude steht auf duktilen Pfählen mit einer Stahlbetonplatte, Terrassen und Stege lagern auf Holzpfählen. Die Konstruktion des Gebäudes ist ein stahlverstärktes (Aussteifung, Knoten) Holzskelett. Die Innenwände und opaken Außenwände sind Holzrahmenelemente, die mit Lärchenfassadentafeln verkleidet sind. Das Gebäude beherbergt das Restaurant mit den zugehörigen Nebenräumen und zwei Wintergärten. Das Obergeschoß beinhaltet eine kleine Bar mit Technikraum und weitere Sitzplätze. Beide Bereiche sind getrennt nutzbar (Wettbewerb 1. Preis 2008).

Systemkombinationen dienen dabei nicht dem Selbstzweck, sondern werden zur Optimierung des Gesamtsystems eingesetzt. Dies kann mit der Produktion, mit Kosten, mit bauphysikalischen Verbesserungen, Statik, Brand- und Schallschutzanforderungen, Flächenoptimierung oder auch den Kombinationen aus den angeführten Anforderungen in Zusammenhang stehen. Der Sektor Einfamilienhaus und Fertighaus ist seit den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts eine Domäne des Holzbaus.

Bild 1-13: Wohnbau Wagramer Straße, Wien 2013 (A)

Holzbau im urbanen Kontext ist längst keine Ausnahme mehr, wie viele Projekte in europäischen Städten beweisen.



Der Einsatz von Holz im mehrgeschoßigen Wohnbau, Schulbau und Bürobau, den Typologien, die den größten Anteil am verbauten Volumen besitzen, wird unter anderem durch die stetige Entwicklung der Halbzeuge und die damit verbundene Verbesserung der Gesamtpformance von Holzbauten ermöglicht. Die neu entwickelten Baukonzepte, mit Vorfertigung, schnellerer Montage durch industriell hergestellte Halbzeuge, sind erst durch den bewussteren Umgang mit Holz im Zuge der Ökologiebewegung möglich geworden.

Wohnbau Wagramer Straße Wien

Die Tragkonstruktion stellt auf beeindruckende Weise die Möglichkeiten des Holzbaues im langen Riegel des siebengeschoßigen Baukörpers dar. Die drei Treppenhauskernere übernehmen die Gesamtaussteifung des hohen Gebäuderiegels und die Abtragung der Erdbebenlasten. Sie bestehen wie der Sockel aus Betonfertigteilen. Zwischen den Aussteifungskernen wurden die Wohnungen auf sechs Geschoßen als vorgefertigter Holzbau errichtet. Die Decken sind als vorgefertigte HBV-Elemente (Holzbetonverbund) konzipiert, wobei sich die Vorzüge der beiden Baumaterialien, mit den bekannten Vorfertigungsmöglichkeiten des Holzbaues, kombinieren. Der Verbundbaustoff aus Holz und Beton ergibt ein sehr effizientes Biegetragsystem für eine Spannweite von 6,25 m.

Bild 1-14: Wohnbau Wagramer Straße, Wien 2013 (A)



Die tragenden Wohnungstrennwandelemente und die nicht tragenden Außenwandelemente in Massivholzbauweise ermöglichen ebenfalls einen hohen Grad der Vorfertigung. Beim niedrigen Bauteil wurden aufgrund der geringeren Deckenspannweiten die Decken in reiner Massivholzbauweise ausgeführt. Nur die oberen Geschoße werden über mineralische Laubengänge erschlossen. Die Decken sind als Durchlaufsysteme konzipiert, welche auf den Wohnungstrennwänden und den stirnseitigen Außenwänden aufliegen. Für eine maximale Reduktion der Setzungen und eine optimale Aussteifung der Baukörper wurde für die tragenden Innenwände und Außenwände eine Brettsperrholzkonstruktion gewählt. Einerseits ist es der hohe bauklimatische Standard (behagliches Raumklima) und andererseits der hohe Vorfertigungsgrad (Witterungsunabhängigkeit) und die kurze Bauzeit (geringe Baustellengemeinkosten), die für den Holzbau im urbanen Kontext sprechen.

Projektdaten:

- Standort: 1220 Wien, Wagramer Straße 151–155
- Architekten: Schluder Architektur ZT GmbH / Hagemüller Architekten

- Tragwerksplanung: RWT Plus ZT GmbH
- Bauträgerwettbewerb: Fertigstellung Februar 2013
- Heizwärmebedarf: 27,65 kWh/m²a
- Endenergiebedarf: 58,66 kWh/m²a
- Energiesysteme: Fernwärme

Die voranschreitende Professionalisierung durch Kostensicherheit und Termintreue hilft dem Holzbau, sich am Markt zu etablieren. Architekten und Planer schaffen es zudem, mit dem Baustoff ein hohes Maß an architektonischer Qualität umzusetzen.

Erscheinungsbild und Wahrnehmung

Der Baustoff Holz wird im aktuellen Baugeschehen auf verschiedene Arten eingesetzt und kann demnach unterschiedlich wahrgenommen werden. Das „reine Holzgebäude“ zeigt das Material innen und außen, die Tragstruktur ist möglicherweise sichtbar, jedenfalls lesbar, der Werkstoff ist präsent, außen wie innen. Die Gestaltung wird vom Werkstoff dominiert. Viele hervorragende Beispiele beweisen, dass es möglich ist, Holz für sehr viele Bereiche eines Gebäudes einzusetzen. Ein gelungenes Beispiel ist das in Vorarlberg errichtete:

Gemeindezentrum St. Gerold (A)

Das Vorarlberger Architektenteam Andreas Cukrowicz und Anton Nachbaur-Sturm entwickelte für die im Biosphärenpark Großes Walsertal gelegene Gemeinde ein ausgeklügeltes nachhaltiges Gesamtkonzept in Bezug auf Gestaltung, Organisation und Ökologie. Der kompakt an den Hang gesetzte Baukörper fügt sich harmonisch in die ländliche Umgebung ein. Der lokal verfügbare, konsequent eingesetzte Baustoff Holz bildet sowohl Tragkonstruktion als auch Innenausbau.

Bild 1-15: Gemeindezentrum St. Gerold (A)



Holz sorgt auch in Form der rauen Weißtannenschalung für das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes. Der viergeschoßige Solitär beherbergt die Funktionen des neuen Gemeindezentrums, die Bereiche Kindergarten, Kinderspielgruppe, Dorfladen, Mehrzweckraum und Gemeindeverwaltung. Sie werden vertikal über vier Geschoße gestapelt und orientieren sich nach der Frequenz der Benutzer beziehungsweise aus der Zuordnung der

1|3

Holzbaukunst aus Vorarlberg besticht nicht nur durch seine historischen Bauernhäuser, eine lange Tradition, die in moderne Architektur umgesetzt weltweit Beachtung findet.

Außenräume. Nur die geländeberührenden Stützwände sind aus Stahlbeton, sonst besteht der Bau aus Massivholz, großteils aus gemeindeeigenen Wäldern und komplett unbehandelt verarbeitet. An den Oberflächen außen wie innen dominieren Weißtanne und Eiche, konstruktive Elemente wie die Rahmenbauwand, die Verstärkungen aus Brettschichtholz und die gedübelte Brettstapeldecke sind in Fichtenholz errichtet.

„Der kompakte Baukörper ist als Passivhaus konzipiert und energietechnisch nahezu autark. Das Gebäude gilt als Musterbeispiel zu den Themen Ökologie, Nachhaltigkeit und heimische Wertschöpfung“ (CN-Architekten), Wettbewerb 2007, 1. Preis, Fertigstellung 2009.

Wenn der Baustoff zwar im Gebäude eingesetzt, jedoch nicht unbedingt sichtbar für den Nutzer, also auch nicht wahrnehmbar ist, bleibt der Werkstoff Holz anonym. Es gibt viele Gründe, wie wirtschaftliche, ökologische oder Gründe der Zeitökonomie, Holz auf diese Weise einzusetzen. Man baut mit Holz, ohne es jedoch zu „zelebrieren“. Diese Sichtweise birgt zwar die Gefahr der Austauschbarkeit, da gerade die sinnlichen Aspekte des Einsatzes von Holz emotional ansprechen, auf diese Weise den Nutzer berühren, verfehlt jedoch nicht den eigentlichen Zweck, den Einsatz von Holz als Baustoff. Ein historisches Beispiel für diesen Einsatz ist das Gründerzeithaus, bei dem fast alle horizontalen Bauteile, also Decken und Dächer aus Holz sind, jedoch nicht als solche wahrgenommen werden. Ein Beispiel für diese Herangehensweise ist das:

Kinderbetreuungszentrum Maria Enzersdorf (A)

Durch die Ausformulierung der Baukörper werden mittels Verschneidung mit den Freiflächen Bereiche geschaffen, die den unterschiedlichen Bedürfnissen des Tageszyklus Rechnung tragen. Die äußere Form und die Ausrichtung der Baukörper ergeben sich aus den inneren Funktionen (Raumprogramm und Funktionsabläufe), den äußeren und inneren Blickbeziehungen, der Belichtung (Sonne) bzw. den Himmelsrichtungen und dem umgebenden Gelände.

Bild 1-16: Kinderbetreuungszentrum Maria Enzersdorf (A)



Das Kinderbetreuungszentrum bestehend aus den neu zu errichtenden Gebäudeteilen (zwölf Klassen Volksschule, vier Hortgruppen und sechs Kindergartengruppen) sowie dem technisch sanierten Turnsaalbereich und der integrierten alten Volksschule ist in seiner Funktion als Gesamtanlage konzipiert. Um einen ungestörten Betrieb zu gewährleisten und eine einfache Projektabwicklung in Etappen (Bebauung bis Besiedelung) zu ermöglichen, wurden Baukörper als funktionsbezogene Elemente entwickelt. Das zwei- bis dreigeschoßige Gebäude ist nach den Vorgaben

Kindergärten, Schulen und Wohnbau sind die Gebäudekategorien mit dem größten Potenzial für den Baustoff Holz.

des Wettbewerbs ein Passivhaus in Holz-Mischbauweise. Die erdberührenden Teile sowie ein Großteil der Zwischendecken sind in Ortbeton ausgeführt, die Außenwände sind Holzrahmenbauwände, Trennwände im Inneren teilweise aus Brettsper Holz, wie die gesamte Dachfläche. In Summe wurden in etwa 800 Kubikmeter Holz verbaut. Architekten: ARGE MAGKlliz (Aichholzer, Klein, Schlömer Peters Wögrath), Fertigstellung 2011.

Den Effekt des „Ansprechens der Sinne“ nutzen Planer, wenn sie Holz als oberflächliches „reines Gestaltungselement“ für Fassaden, Innenverkleidungen oder Fußböden einsetzen. Diese Bauten besitzen eine konventionelle Baustruktur, umgeben sich mit einem „hölzernen“ Image und nutzen so die Vorteile des Werkstoffs, ohne ihn konstruktiv einzusetzen.

Bild 1-17: Kinderbetreuungszentrum Maria Enzersdorf (A)



Wie auch immer mit dem Baumaterial Holz umgegangen wird, so hilft jede dieser Einsatzarten, den Baustoff stärker zu etablieren und das schlechte Image, das im letzten Jahrhundert entstand, abzuschütteln. Die Argumente, die für den Einsatz von Holz als konstruktives und wahrnehmbares Baumaterial sprechen, liegen jedoch auch bei Produktion und Montage.

Vorfertigung und Serienfertigung

Holz ist ein leichter Baustoff und dadurch transportfreundlich. Da große Elemente leicht manipuliert werden können, eignet sich der Holzbau zur Vorfertigung mit einem hohen Vorfertigungsgrad. Dies ergibt in der Folge eine hohe Qualität der Ausführung, da der Großteil der Produktion in witterungsgeschützten Hallen erfolgt. Die leichte Bearbeitbarkeit dient der Ökonomie durch schnellere Produktion und Manipulation.

Der Holzbau hat sich geschichtlich „planend-konstruktiv“ entwickelt, begünstigt also ein hohes Maß an Vorplanung, gepaart mit einem hohen Maß

an Vorfertigung, man könnte von einer „Tradition in der Vorfertigung“ sprechen (siehe Kapitel 8). Als Vorfertigung oder als Fertigung im Werk bezeichnet man das Zusammenfügen einzelner Teile und Schichten zu einem ganzen Bauteil in gewerblichen Produktionshallen.

Bild 1-18: Hotel Ammerwald / Reutte (A)



Die Fertigungstiefe oder der Vorfertigungsgrad bezeichnet, wie weit eine solche Methode betrieben wird. Vorfertigung ist im Holzbau „systemimplizit“. Holz ist durch sein geringes Gewicht gepaart mit hohen Festigkeiten und der leichten Bearbeitbarkeit der Baustoff für Vorfertigung. Es wurde bei allen Holzbausystemen eine, wenn auch zum Teil bescheidene, Vorfertigung betrieben. Beispiele sind der Fachwerkbau und die nordamerikanischen Systeme. Halbzeuge werden vorbearbeitet (abgebunden) und auf die Baustelle geliefert, wo dann in kurzer Zeit die Tragkonstruktion errichtet wird. Die teilweise automatisierte Fertigung in der Halle erhöht nicht nur die Qualitätsstandards, sondern reduziert auch Schnittstellen und die Bauzeit, was wiederum zu größerer Termin- und Kostensicherheit führt. Ein weiteres Beispiel für Effizienz durch Vorfertigung im Holzbau ist die:

Wohnbebauung Reininghaus Süd, Graz (A)

Im Südwesten von Graz entsteht ein neuer Stadtteil, ein Vorzeigeprojekt in vielerlei Hinsicht, da er als einer der ersten energieautark werden soll. Wenig verwunderlich, dass hier auch die ersten fünfgeschoßigen Holz-Wohnbauten der Steiermark im Plus-Energie-Bauweise entstanden sind. Die zwölf Punkthäuser sind in teilweise sichtbar gelassenen Brettsperrholzelementen und lehmverputzten Wänden in Passivhausstandard errichtet. Der Heizwärmebedarf (HWB) der Wohnungen liegt bei ca. 10 kWh/m² und Jahr, und ist somit bis zu 90 % geringer als bei herkömmlichen Gebäuden. Dieser sehr niedrige Heizwärmebedarf wird durch eine bautechnisch und energetisch optimierte Gebäudehülle (hochwärmedämmte Außenhülle,

Durch Vorfertigung konnte die Bauzeit wesentlich reduziert werden. Die Boxen sind mit Installationen, Sanitäreinrichtungen und Möblierung im Werk versehen, Brettsperrholzplatten bilden die Konstruktion, die innen auch in den Nasszellen die fertige Oberfläche bildet.

3-Scheibenisolierverglasungen etc.) und durch eine kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung (Komfortlüftung) erreicht.

Die aus Brandschutzgründen in Stahlbeton ausgeführten Treppenhauserne werden zur Aussteifung mitgenützt. Die Wände sind aus Gründen des Brandschutzes zum Teil mit Gipsplatten beplankt. In Verbindung mit der gewählten Holzkonstruktion sorgt der Lehmputz durch seine temperatur- und feuchteregulierende Eigenschaft für ein besonders behagliches und gesundes Raumklima.

Die zwölf Punkthäuser des Plusenergieverbundes [256] liegen im südlichen Teil der Liegenschaft und sind durch einen multifunktionalen, zweigeschoßigen Büro- und Geschäftskomplex von der Peter-Rosegger-Straße abgeschirmt. Die Lösung für den Plusenergieverbund basiert auf einer Kombination aus Effizienzmaßnahmen, Eigenversorgung, Synergien der „Punkthäuser“ untereinander und Synergien mit dem vorgelagerten Büro- und Geschäftskomplex. Durch diese Verbindung – Gebäude mit minimiertem Energiebedarf (Passivhausstandard), die Verwendung energieeffizienter Haustechnik sowie der Heiz- bzw. Kühlenergieproduktion am Grundstück (Geothermie mit Wärmepumpen, Solarthermie) und dem Zusammenschluss zu einem Energieverbund – kann eine (Plus-)Energiebilanz erreicht werden, bei der per anno mehr Energie erzeugt, als verbraucht wird.

Nicht nur energetische Aspekte, auch die Baustoffwahl spielte bei der „ökologischen Optimierung“ dieses Projekts eine Rolle.

Bild 1-19: Wohnbebauung Reininghaus Süd, Graz (A)



Projektdaten:

- Standort: 8010 Graz, Peter-Rosegger-Straße
- Fertigstellung Frühjahr 2014
- Bauherr: Aktiv Klimahaus Süd GmbH
- Nussmüller Architekten ZT GmbH (Architektur & Generalplanung)

- AEE INTEC Institut für Nachhaltige Technologien (Energiekonzept, wissenschaftliche Projektleitung Forschungsprojekt +ERS)
- TBH Ingenieur GmbH (HKLSE Planung)
- rosenfelder & höfler consulting engineers GmbH & Co KG (Bauphysik)
- TU Graz (Institut für Städtebau und Arbeitsgruppe Nachhaltigkeitsbewertung des Instituts für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA: wiss. Projektleitung, Nachhaltigkeitsprojektbegleitung und Nachhaltigkeitszertifizierung TQB)
- Gütesiegel Total Quality Building (TQB) der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (ÖGNB): 869 Punkte (Kapitel 11)
- Klima:aktiv Zertifizierung: 910 Punkte

Serienfertigung ermöglicht wirtschaftliches Bauen, doch industrielle Serienfertigung wie in der Automobilindustrie gibt es bis dato in Österreich nur bei Halbzeugen. Das sind Elemente, die dann in Gewerbetrieben weiterbearbeitet und assembliert werden um später auf der Baustelle zu einem Gebäude gefügt zu werden. Diese Standardisierung der Bauelemente lässt durch unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten eine differenziertere Planung und verschiedenste Nutzungen zu. Betrachtet man den Markt, ist festzustellen, dass es heute wenige Systeme gibt, die unabhängig von konkreten Bauaufgaben seriell produziert werden.

Bild 1-20: Wohnbebauung Reininghaus Süd, Graz (A)



Der Wunsch nach individueller Gestaltung scheint den Vorgaben der Serie zuwiderzulaufen. Auch sind die Struktur der österreichischen Betriebe wie auch die relativ kleinen Bauaufgaben nicht geeignet, kontinuierlich in Serie zu produzieren. Es sind Projekte gemeint, die auf die Serienfertigung von vorgegebenen Grundrisstypen, also ganzen Raumzellen abzielen. Im Gegensatz dazu entwickelt sich der Bereich der produktbezogenen Systeme rasant weiter. Diese kleinformigen Wand- und Deckenteile werden in großen Serien produziert. Die meisten Verarbeiter haben sich jedoch auf eine elementweise objektbezogene Fertigung eingestellt. Die steuerbare Gebäudequalität in Planung und Ausführung derartiger Bauvorhaben geht mit einer besonders gut vorhersagbaren Nachhaltigkeitsqualität einher, beispielsweise durch den Nachweis mit Gebäudezertifikaten (siehe Beispiele im Kapitel 11). Wissenschaft und Forschung sind in diesem Bereich noch lange nicht am Ende. Aber schon heute ist unumstritten, dass diese Entwicklungen im Holzbau den Planern neue architektonische Möglichkeiten eröffnen und zugleich veränderte Gestaltungsprinzipien verlangen werden – Potenziale, die es auszuschöpfen gilt.

Holz ist ein natürlich gewachsener, organischer und inhomogener Werkstoff, der sich von anderen Baustoffen in vielerlei Hinsicht maßgeblich unterscheidet. Diese Unterschiede stehen nicht nur mit der Gattung bzw. der Baumart (Holzart) und der biologischen Systematik in Zusammenhang, sondern sind auch von physikalischen und mechanischen Eigenschaften sowie von Umwelteinflüssen während des Wachstums abhängig. So haben beispielsweise das Tempo des Wachstums, Bodenbeschaffenheiten, klimatische Umgebungen sowie geografische Lage wesentlichen Einfluss auf die spätere Holzstruktur und die damit verbundenen Verwendungsmöglichkeiten als Baustoff. Neben einer Vielzahl von speziellen Eigenschaften sind in Bezug auf das Bauwesen bzw. die Auswirkungen darauf insbesondere die hygroskopische Beschaffenheit sowie die Anisotropie von Holz zu erwähnen. Als Naturprodukt weist Holz Schwankungen in allen seinen Eigenschaften auf, die bei der Anwendung durch entsprechende Sicherheiten abgedeckt und berücksichtigt werden müssen.

Die nachfolgenden Abschnitte behandeln die grundlegende Struktur sowie die wesentlichen Eigenschaften des Werkstoffes Holz mit Fokus auf den Einsatz im statisch-konstruktiven Hochbau. Nicht oder nur bedingt erfasst sind Parameter und Anwendungsmöglichkeiten, die außerhalb dieses Einsatzbereichs liegen, insbesondere sind dies zum Beispiel Wasserbau, Treppen- und Möbelbau, Fensterkonstruktionen oder Fußböden. [56]

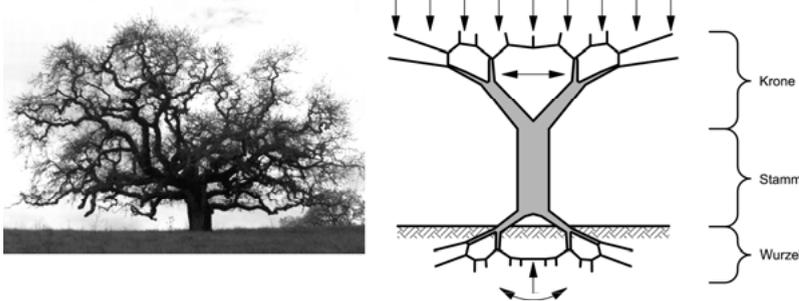
Aufbau und Struktur des (Bau-)Holzes

2|1

Rohstofflieferant Wald

In der Natur ist der Baum das beste Beispiel für eine Stütze, um die Lasten in konzentrierter Weise aufzunehmen und unter Wirkung von Normalkräften und Momenten zum Fundament weiterzuleiten. Dort entsteht dann durch die Wurzeln eine Verteilung der Spannungen, bis der Boden imstande ist, die Sohlpressungen aufzunehmen.

Abbildung 2-01: die Statik des Baumes [20]



2|1|1

Bereits aus der natürlichen Form des Baumes lässt sich die Eignung als Baustoff ableiten. Des Weiteren bilden sich beim lebenden Baum im Hinblick auf seine tragende Struktur stets effiziente Querschnitte ab, ein ebenso effizientes Konstruieren eines Tragwerks kann sich auch an diesem Aufbau orientieren.

Die in Tabelle 2-01 dargestellten Kurzbezeichnungen beinhalten die Holzbezeichnungen entsprechend den unterschiedlichen Normen.

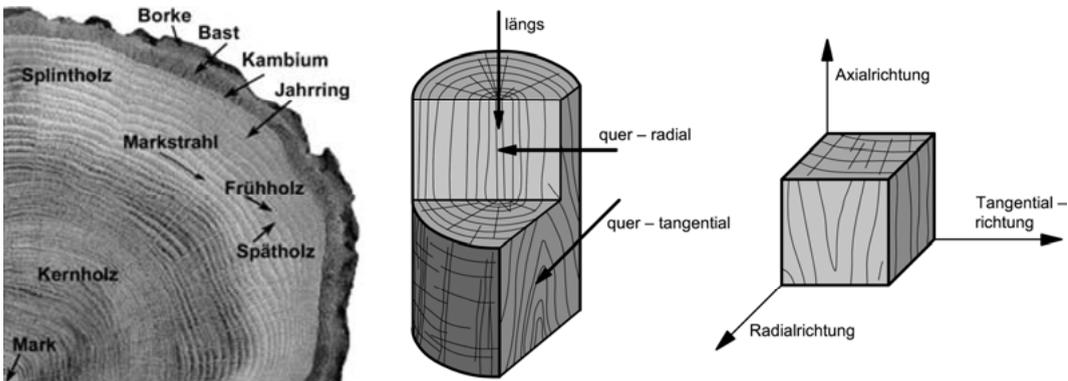
Tabelle 2-01: Holzarten (Bauholz) – Kurzzeichen [121][153][212]

Benennung	DIN 4076	ÖNORM B 4100-1	ÖNORM EN 13556
Nadelholz	NH	NH	
Fichte	FI	FI	PCAB
Kiefer	KI	KI	PNSY
Tanne	TA	TA	ABAL
Lärche (europäische)	LA	LA	LAER
Laubholz	LH	LH	
Eiche (europäische)	EI	EI	OXCE
Buche	BU	BU	FASY

Makroskopische Struktur, Wuchseigenschaften, Anisotropie

Holz hat aufgrund der natürlich gewachsenen Struktur eine ausgeprägte Anisotropie. Dies bedeutet, dass die Eigenschaften von den gewachsenen anatomischen Hauptrichtungen abhängig sind. Bei diesen (Abbildung 2-02) wird zwischen Querschnitt (Hirnholzschnitt), Tangentialschnitt (Fladerschnitt) und Radialschnitt (Spiegelschnitt) unterschieden. Planer und Verarbeiter müssen daher bei ihren Betrachtungen stets in Längsrichtung (Tangential-/Radialschnitt) und Querrichtung (Hirnholzschnitt) unterscheiden. Während der Querschnitt stets senkrecht zur Stammachse liegt, verlaufen Tangentialschnitt und Radialschnitt parallel zur Stammachse. Der Tangentialschnitt liegt tangential zu den Jahrringen, weshalb diese meist als bogenförmige Linien erscheinen, die Holzstrahlen werden rechtwinkelig durchschnitten. Der Radialschnitt verläuft entlang des Radius der Stammscheibe, die Jahrringe zeichnen sich meist als parallele Linien ab. Da die Holzstrahlen quer aufgeschnitten sind, erscheinen diese oft als Flecken oder verlaufende Streifen. [56]

Abbildung 2-02: Stammscheibe, Schnitte und Bezeichnung der Richtungen [1]



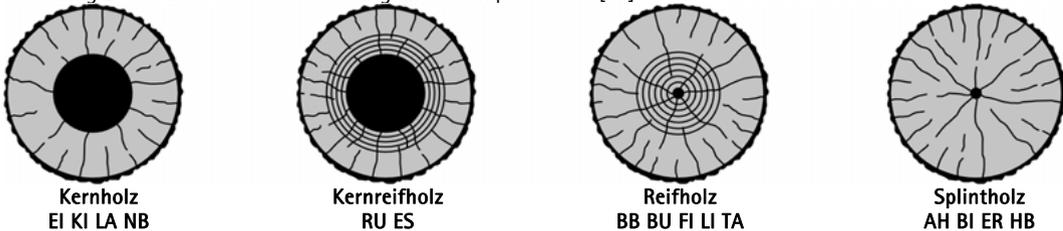
Betrachtet man einen geschnittenen Baumstamm (Abbildung 2-02), kann zwischen mehreren tangentialen Schichten und Strukturen unterschieden werden. Die Rinde besteht aus Bast (innerer, saftführender Rindenteil) und Borke (äußere Rinde). Nach dem Ablösen der Rinde kommt der eigentliche Holzkörper zum Vorschein. Zwischen Rinde und Holzkörper befindet sich das Kambium – dieses baut im jährlichen Zyklus nach außen hin die Rinde ab und nach innen hin den eigentlichen Holzkörper auf. Dieser jährliche Zuwachs wird als Jahrring, die zyklischen Zuwächse in ihrer Gesamtheit werden als sekundäres Dickenwachstum bezeichnet. Bei Nadelhölzern und manchen (ringporigen) Laubhölzern lässt sich hier eine Unterscheidung zwischen Früh- und Spätholz erkennen. [98]

2|1|2

Das Frühholz ist meist durch größere Zellhohlräume und damit verbundenem hellerem Erscheinungsbild gegenüber dem Spätholz charakterisiert. Die jährlichen Zuwächse führen zu einem konzentrischen Erscheinungsbild einer typischen Stammscheibe. Je nach Standortverhältnissen kann diese Holzzunahme unterschiedlich stark ausgebildet sein. In der Mitte befindet sich das sogenannte Mark, oftmals als „Kernröhre“ oder „Markröhre“ bezeichnet. Das Mark ist in seiner Zellstruktur anders aufgebaut als das Holz und wird mit dem Längenwachstum des Baumes stets weitergebildet, sodass eine durchgehende Röhre entsteht. Die Markröhre ist für die Weiterverarbeitung des Holzes ungeeignet und wird deshalb in der Regel herausgeschnitten (z. B. Bezeichnung von Kanthölzern „kernfrei“).

Betrachtet man den Holzkörper in seinem gesamten Querschnitt, so kann zwischen dem äußeren Teil, dem Splint, der noch lebende Speicherzellen beinhaltet, und dem inneren Teil, dem Kern (völlig abgestorben), unterschieden werden. Da der Kern kein Wasser leitet, ist dieser im lebenden Baum wesentlich trockener als der Splint und erfüllt im Wesentlichen nur Aufgaben der Festigkeit. Je nach Ausbildung des Kerns kann zwischen verschiedenen Typen unterschieden werden.

Abbildung 2-03: Arten der Kernausbildung im Stammquerschnitt [98]

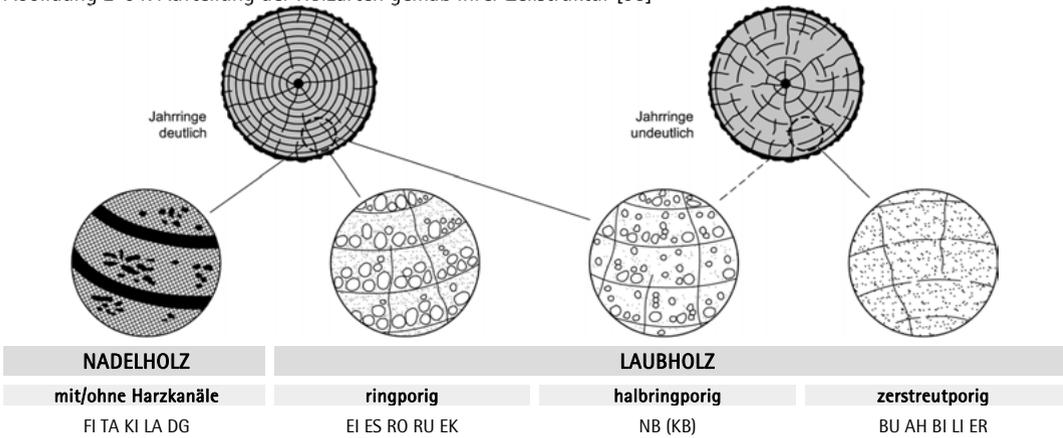


Durch die Einlagerung von sogenannten Kernstoffen (Harze, Gummi, Gerbstoffe, Farbstoffe) erscheint das Kernholz dunkler als der Splint. Gleichzeitig ist der Kernbereich nennenswert härter, schwerer, fester, dauerhafter und meist resistenter gegen Schädlingsbefall – oftmals aber auch schwieriger zu imprägnieren. Hat der Kern die Farbe des Splints und ist nur durch Unterschiede in der Feuchtigkeit charakterisiert, spricht man von Reifholz. Optische Unterschiede sind am Stammquerschnitt des frisch gefällten Baums deutlich erkennbar. Unter bestimmten Voraussetzungen kann sich die seltene Form Kernreifholzbäume oder Farbkernholz ausprägen. Bildet sich der Kern erst sehr spät oder nicht aus, spricht man von Splintholz, welches über den gesamten Querschnitt in etwa gleiche Farbe und gleichen Feuchtigkeitsgehalt aufweist. In allen Hölzern finden sich Äste mit unterschiedlichem Durchmesser. Diese können fest verwachsen oder vom Holz umschlossen, sogenannte Durchfalläste oder Totäste, sein.

Mikroskopische Struktur

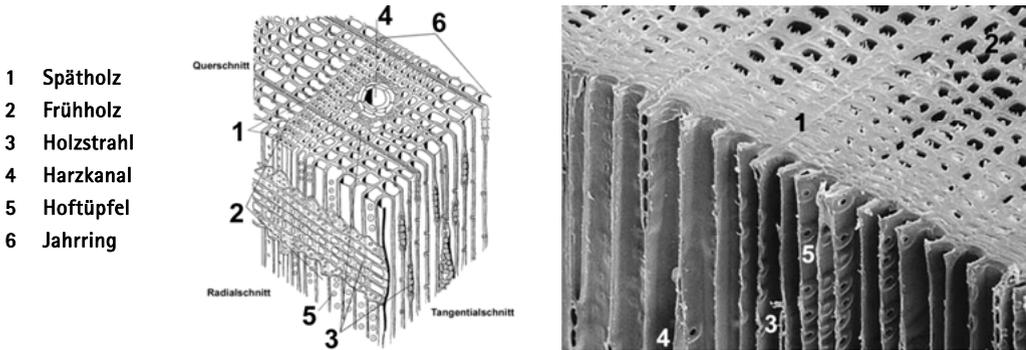
Die Anisotropie des Holzes wird bei vergrößerter Betrachtung besonders deutlich. Weiters zeigen sich auch unter dem Mikroskop deutliche Unterschiede in der Struktur zwischen Nadel- und Laubholz. Zwar ist der typische Holzaufbau sowohl beim Nadel- als auch beim Laubholz durch röhrenförmige, längliche Zellen charakterisiert, bei detaillierter Betrachtung zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede. Grundsätzlich kann zwischen vier Haupttypen der Zellanordnung unterschieden werden, dies wird im Querschnitt deutlich erkennbar.

Abbildung 2-04: Aufteilung der Holzarten gemäß ihrer Zellstruktur [98]



Zur Wasserleitung bei Laubhölzern dienen die sogenannten Gefäße, auch Tracheen oder Poren. Bei Nadelhölzern fehlen diese Gefäße und die Wasserleitung erfolgt durch die Tracheiden – langgestreckte, zu Strängen vereinigte und allseits geschlossene Zellen. Die Querverbindungen bzw. Aussparungen zwischen benachbarten Gefäßen (Zellen) des Nadelholzes entstehen durch sogenannte Tüpfel und haben auch wesentlichen Einfluss auf die spätere Imprägnierbarkeit (siehe 2|4|3|2).

Abbildung 2-05: mikroskopische Struktur des Nadelholzes [1]



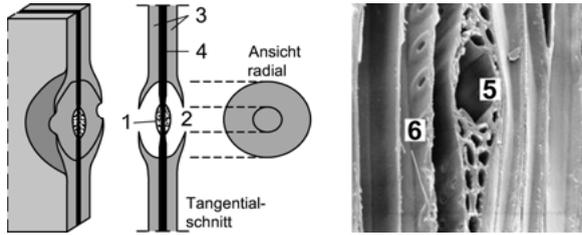
Sowohl bei Laub- als auch bei Nadelhölzern finden sich zwischen den Gefäßen (Zellen) in radialer Richtung – von der Rinde gegen das Mark – sogenannte Holzstrahlen, auch als Markstrahlen bezeichnet. Sie dienen vorwiegend zur Stoffspeicherung und -leitung in radialer Richtung. Der Faserverlauf beeinflusst die Festigkeit des Holzes sehr wesentlich. In der direkten Umgebung von Ästen werden die Holzfasern umgelenkt, wodurch sich örtlich teils nennenswerte Festigkeitsverluste ergeben können.

Die Frühholztracheiden bilden beim Nadelholz den wesentlichen Bestandteil des Leitgewebes, die Spätholztracheiden – dies sind lange dickwandige Zellen – das Festigungsgewebe. Bestimmte Nadelhölzer haben zusätzlich auch Harzkanäle, die in horizontaler und vertikaler Richtung verlaufen. Laubholz besitzt im Vergleich zu Nadelholz eine deutlich heterogenere Struktur. Die Elemente zur

Festigung der Struktur bei Laubhölzern sind die Holzfasern – langgestreckte, faserförmige Zellen mit dickeren oder dünneren Wänden.

Abbildung 2-06: Hoftüpfel im Frühholz Fichte, Radialschnitt REM-Aufnahme [1]

- 1 Torus
- 2 Porus
- 3 Zellwand
- 4 Mittellamelle
- 5 Harzkanal
- 6 Hoftüpfel



Wie in Abbildung 2-04 erkennbar wird je nach Anordnung und Durchmesser der Gefäße beim Laubholz zwischen ringporigen, zerstreutporigen und halbringporigen Laubhölzern unterschieden. Bei ringporigen Laubhölzern ist eine Sammlung der Anordnung von Frühholzgefäßen entlang der Jahringgrenze zu erkennen. Zerstreutporige Hölzer sind vor allem durch gleichmäßige Verteilung der Poren über den gesamten Jahring charakterisiert. Seltener findet man halbringporige Laubhölzer (z. B. Kirsche, Walnuss), bei denen die Gefäße mit großem Durchmesser zwar vermehrt entlang der Jahringgrenze, teils aber auch über den gesamten Querschnitt verteilt zu finden sind.

Abbildung 2-07: mikroskopische Struktur ringporiges Laubholz [1]

- 1 Trachee (Gefäß)
- 2 Librifasern
- 3 Holzstrahl
- 4 Jahring
- 5 Spätholztrachee

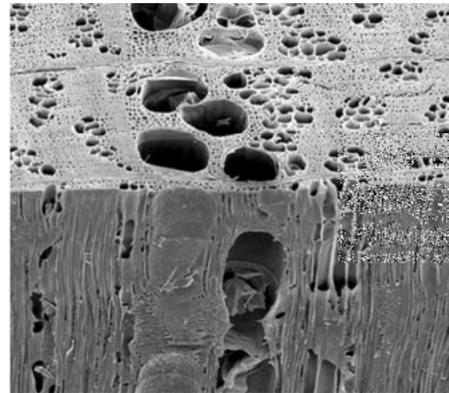
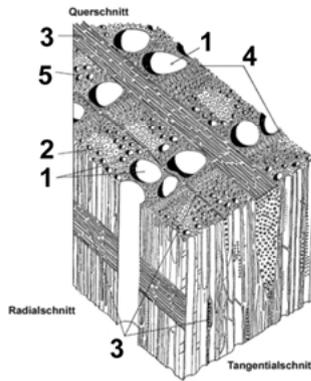
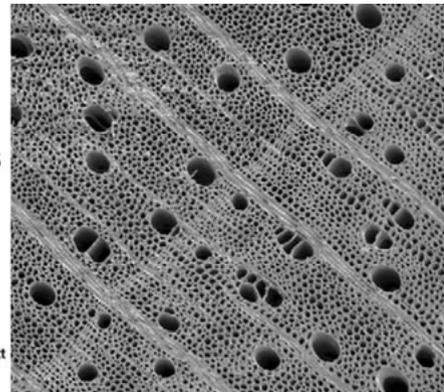
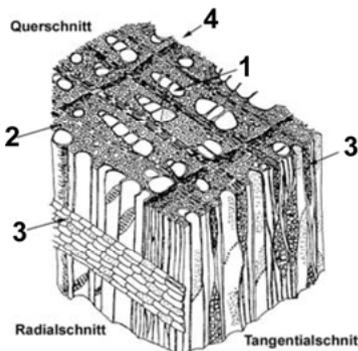


Abbildung 2-08: mikroskopische Struktur zerstreutporiges Laubholz [1]

- 1 Trachee (Gefäß)
- 2 Librifasern
- 3 Holzstrahl
- 4 Jahringgrenze

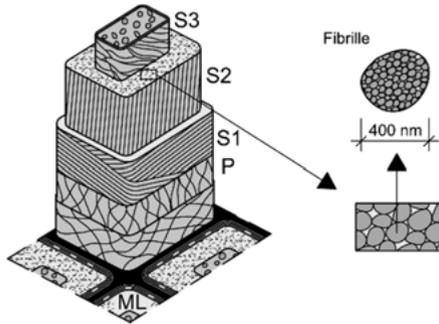


Chemischer Aufbau von Holz

Die Zusammensetzung des Holzes besteht im Wesentlichen aus Zellulose (40–50 % Zellwandsubstanz), Hemizellulose (20–25 %) und Lignin (20–30 %, Kittsubstanz). Weiters finden sich noch sogenannte Holzinhaltstoffe (1–2 %), welche vor allem Farbe, Geruch und natürliche Dauerhaftigkeit beeinflussen. Die Zellulose, sie besteht aus Glukosemolekülen, die sich zu Fäden zusammenschließen, ist hygroskopisch und bildet das Grundelement der gebildeten Fibrillen. Durch die Vernetzung der Fibrillen in unterschiedlicher Richtung zueinander entsteht die Zellwand. In den Zwischenräumen sind Hemizellulose, Lignin und Pektinstoffe eingelagert. [1]

Abbildung 2-09: Aufbau einer Holzzelle, Fibrille [1]

- ML Mittellamelle
- P Primärwand
- S1 Sekundärwand 1
- S2 Sekundärwand 2
- S3 Sekundärwand 3



2|1|4

Heimische Hölzer für den konstruktiven Hochbau

Für Regelanwendungen im Bauwesen haben sich vor allem Baumarten bzw. Holzarten der Tabelle 2-01 und der Tabelle 2-03 etabliert.

Tabelle 2-02: Laubhölzer [1][20]

Buche (BU) (<i>Fagus sylvatica</i>)	Baumbeschreibung	Verwendung
	<p>große rundliche Baumkrone; glatte, dünne, hellgraue Rinde; Blätter oval und ganzrandig</p> <p>Unterscheidung in Rotbuche und Hainbuche/Weißbuche</p>	<p>Möbel; Sperrholz – auch für tragende Strukturen, Furnier, Parkett</p>
Eiche (EI) (<i>Quercus robur</i>)	Baumbeschreibung	Verwendung
	<p>ausladende, unregelmäßige Krone; dunkelgraue Rinde; Blattrand charakteristisch gewellt</p>	<p>widerstandsfähiges Holz (ggü. Witterung); für beanspruchte Außenbauteile, Möbel, Furnier, Parkett, Bottiche (chem. Beständigkeit), Schiffsbau, Holzdübel</p>

2|1|5

Tabelle 2-03: Nadelhölzer [1][20]

Fichte (FI) (<i>Picea abies</i>)	Baumbeschreibung	Verwendung	
	<p>schlanker, pyramidenförmiger Wuchs mit meist herabhängenden Ästen; hängende Zapfen; rot-braun-graue Rinde; Nadeln sind spitz (Fichte sticht)</p>	<p>universell verwendbar im Bauwesen, Innenausbau, für Verpackung, Holzwerkstoffe, Fenster, Möbelbau, Musikinstrumentbau (Resonanzholz)</p>	
Tanne (TA) (<i>Abies alba</i>)	<p>in der Jugend spitzkegelförmig, im Alter schirmförmig (Storchennest); stehende Zapfen; weißlich-graue Rinde; Nadeln sind flach und an der Spitze eingekerbt, zwei Wachsstreifen an der Unterseite (Tannenwachs)</p>	<p>universell verwendbar im Bauwesen, Innenausbau, für Verpackung, Holzwerkstoffe, Fenster, Möbelbau</p>	
Kiefer (KI) (<i>Pinus sylvestris</i>)	<p>gerader, säulenförmiger Stamm, in der Jugend konische, später pyramidenartig ausladende bis schirmartige Krone</p>	<p>universell verwendbar im Bauwesen, Innenausbau, für Verpackung, Holzwerkstoffe, Möbelbau, Fußböden</p>	
Lärche (LA) (<i>Larix decidua</i>)	<p>einziger Nadelbaum, der im Herbst die Nadeln abwirft; stumpfkegelförmiger Wuchs; aufwärts gebogene Astspitzen; mehrere mittellange, weiche Nadeln sitzen auf einem Kurztrieb</p>	<p>widerstandsfähiges Holz (ggü. Witterung); für beanspruchte Außenbauteile (Brückenbau); Möbel, Fußboden; Bottiche (chem. Beständigkeit)</p>	

Eigenschaften von Holz – Holzphysik

2|2

Grundlegende (physikalische) Eigenschaften

2|2|1

Dichte (Rohdichte)

2|2|1|1

Als Dichte wird das Verhältnis zwischen Masse und Volumen bezeichnet. Beim Holz wird das Volumen inklusive aller Hohlräume (z. B. zwischen den Zellen) gemessen. Die so ermittelte Rohdichte ist wesentlich von der Holzfeuchte, also von der Menge des eingelagerten Wassers, abhängig. Deshalb ist es essenziell, bei Angabe der Rohdichte stets die Feuchtigkeit – z. B. in Klammer oder als Index – anzuführen. Bei üblichen Klimaverhältnissen (20 °C / 65 % LF) stellen sich bei heimischen Hölzern Holzfeuchtigkeiten von ca. 12 % ein. Die Rohdichte

der üblicherweise verwendeten Nadelhölzer liegt bei der genannten Holzfeuchtigkeit in der Regel zwischen $\rho(12) = 430 - 600 \text{ kg/m}^3$, die der oft verwendeten heimischen Laubhölzer mit ca. $\rho(12) = 700 \text{ kg/m}^3$ etwas höher.

Rohdichte:	Darrdichte:	Reindichte:	
$\rho(w) = \frac{m_w}{V_w}$	$\rho(0) = \frac{m(0)}{V(0)}$	$\rho = \frac{m(0)}{V_{(\text{Zellwand})}} \approx 1590 \text{ kg/m}^3$	(2-01)
$\rho(w)$	Rohdichte (mit Holzfeuchtigkeit in Klammer angegeben)		kg/m^3
$\rho(0)$	Darrdichte – Rohdichte bei 0 % Holzfeuchtigkeit		kg/m^3
m_w	Masse (bei Holzfeuchtigkeit w)		kg
V_w	Volumen (bei Holzfeuchtigkeit w)		m^3

Die elastomechanischen Eigenschaften des Holzes stehen in starkem Zusammenhang mit der Rohdichte – in der Regel hat dichteres Holz auch eine höhere Festigkeit –, weshalb diesem Wert in der Baubranche besondere Bedeutung zukommt.

Tabelle 2-04: Holzart, Rohdichte gemäß ÖNORM B 3012 [142]

	Fichte (FI)	Tanne (TA)	Kiefer (KI)	Lärche (LA)	Buche (BU)	Eiche (EI)
Mittelwerte $\rho(12)$	441	441	399	583	712	702
Grenzwerte $\rho(12)$	330–680	350–750	340–510	440–850	540–910	430–960

Die Rohdichte bei absolutem Fehlen von Wasser, also bei 0 % Holzfeuchtigkeit, wird als Darrdichte bezeichnet. Die Reindichte ist bei allen Holzarten nahezu gleich und kann mit einem Mittelwert von ca. 1590 kg/m^3 angegeben werden.

Temperaturdehnung

Die geringen Temperaturdehnungen des Holzes werden durch die meist gleichzeitig auftretenden Quell- und Schwindvorgänge bei Änderungen der Feuchtigkeit kompensiert. Üblicherweise kann auf den Nachweis der Temperaturdehnung verzichtet werden, sofern dies bei größeren Bauteilen von Relevanz wäre, kann der Ansatz α_T nach Tabelle 2-05 gewählt werden. [56]

Tabelle 2-05: Temperaturdehnzahlen von Holz [56]

Holzart	$\alpha_{T,0}$	$\alpha_{T,90}$
Nadelholz	3 bis 6×10^{-6}	30 bis 60×10^{-6}
Laubholz	5 bis 10×10^{-6}	40 bis 50×10^{-6}
$\alpha_{T,0}$	Temperaturdehnzahl in Faserrichtung	
$\alpha_{T,90}$	Temperaturdehnzahl normal zur Faserrichtung	

Wärmeleitfähigkeit

Aufgrund der beschriebenen porigen Struktur des Holzes besitzt dieses eine geringe Wärmeleitfähigkeit und eignet sich daher gut für Niedrigenergie- und Passivhausbauten, schlanke, dennoch dämmende Bauelemente sowie wärmebrückenfreie Konstruktionen. Die Wärmeleitfähigkeit ist in axialer Richtung etwa doppelt so groß wie radial/tangential und steigt mit zunehmender Holzfeuchtigkeit. In einschlägiger Literatur bzw. in Normen sind bei Nadelhölzern Werte von ca. $\lambda = 0,11$ bis $0,15 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, bei Laubhölzern ca. $\lambda = 0,17$ bis $0,20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ angegeben (siehe Kapitel 3|1). Gegenwärtig gibt es einschlägige Forschungsuntersuchungen, die geringere Werte in Aussicht stellen.

2|2|1|2

2|2|1|3