

10. Auflage

Holzbau-Taschenbuch

Grundlagen



Stefan Winter, Mandy Peter (Hrsg.)

Holzbau-Taschenbuch

*Herausgegeben von
Stefan Winter und Mandy Peter*

Holzbau – Taschenbuch

Grundlagen

10. Auflage

Herausgegeben von Stefan Winter und Mandy Peter

Herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Arcisstraße 21
80333 München

Dr.-Ing. Mandy Peter

bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Engschalkingerstraße 14
81925 München

Titelbild

Komplexe, runde Dachkonstruktion für ein
Einfamilienhaus in Singen

Foto

Brüninghoff Holz GmbH & Co. KG, Heiden

Fotograf

Florian Fluck, Fluck Holzbau GmbH

Alle Bücher von Ernst & Sohn werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

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.

© 2021 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN 978-3-433-01805-7

ePDF ISBN 978-3-433-60851-7

ePub ISBN 978-3-433-60853-1

Mobi ISBN 978-3-433-60852-4

oBook ISBN 978-3-433-60850-0

Umschlaggestaltung Petra Franke/Ernst & Sohn unter Nutzung eines Entwurfs von Sonja Frank, Berlin.

Satz le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 10. Auflage *XI*

Autorenverzeichnis *XIII*

- 1 Zur Geschichte des Holzbaus** *1*
Robert Halász (†), überarbeitet und erweitert von Stefan Winter

- 2 Holzbau heute** *13*
Stefan Winter
 - 2.1 Ressourcenverfügbarkeit und Nachhaltigkeit *13*
 - 2.2 Entwurfssystematik – vom Stab zur Fläche *18*
 - 2.3 Holzbauweisen *22*
 - 2.4 Die Anwendungsbereiche des Holzbaus heute *30*
 - 2.5 Bauwerke – weitere Beispiele aktueller Anwendungsbereiche *35*
 - 2.6 Entwurfssystematik im Holzbau – der wichtige Vorentwurf *44*
 - 2.7 Industrielles Bauen – eine Utopie oder eine Chance für den Holzbau? *45*
 - 2.8 Ausblick *51*

- 3 Holz, Holzwerkstoffe und Klebstoffe im konstruktiven Holzbau** *57*
Borimir Radovic (†), durchgesehen von Stefan Winter
 - 3.1 Einführung *57*
 - 3.2 Gesetzliche Voraussetzungen zur Anwendung im Bauwesen *57*
 - 3.3 Physikalische Eigenschaften des Holzes *58*
 - 3.3.1 Rohdichte *58*
 - 3.3.2 Holzfeuchte *59*
 - 3.3.3 Quellen und Schwinden *62*
 - 3.3.4 Thermische Ausdehnung *63*
 - 3.3.5 Wasserdampf-Diffusionswiderstand *63*
 - 3.3.6 Wärmeleitfähigkeit *63*

- 3.4 Tragende Vollholzprodukte 64
 - 3.4.1 Vollholz 64
 - 3.4.2 Vollholz mit Keilzinkenstoß 70
 - 3.4.3 Brettschichtholz 72
 - 3.4.4 Balkenschichtholz 75
 - 3.4.5 Brettsperrholz 77
- 3.5 Holzwerkstoffe 80
 - 3.5.1 Massivholzplatten 81
 - 3.5.2 Sperrholz 82
 - 3.5.3 Furnierschichtholz 84
 - 3.5.4 OSB-Platten 86
 - 3.5.5 Spanplatten 87
 - 3.5.6 Harte Faserplatten 88
 - 3.5.7 Mittelharte Faserplatten 89
 - 3.5.8 MDF-Platten (Faserplatten nach dem Trockenverfahren) 90
 - 3.5.9 Zementgebundene Spanplatte 91
 - 3.5.10 Faserverstärkte Gipsplatten (früher Gipsfaserplatten) 92
 - 3.5.11 Gipsplatten (früher Gipskartonplatten) 92
- 3.6 Klebstoffe im Konstruktiven Holzbau 94
 - 3.6.1 Phenoplast- und Aminoplastklebstoffe 94
 - 3.6.2 Einkomponentenklebstoffe auf Polyurethanbasis (PUR) 97
 - 3.6.3 Emulsion-Polymer-Isocyanat-Klebstoffe (EPI) 100
- 4 Holzschutz 109**
Thorsten Kober
 - 4.1 Holzschutz = intelligentes Bauen 109
 - 4.2 Holzschutznormung aktuell 110
 - 4.2.1 Holzschutz europäisch 111
 - 4.2.2 Beziehungen zwischen europäischer und nationaler Holzschutznormung 112
 - 4.3 Bauaufsichtlicher Status und Aufbau der DIN 68800 114
 - 4.3.1 Bauaufsichtlich eingeführte Teile der DIN 68800 114
 - 4.3.2 Struktur der Normenreihe DIN 68800 115
 - 4.4 Die wesentlichen Holzschädlinge 116
 - 4.4.1 Pflanzliche Holzschädlinge 117
 - 4.4.2 Tierische Holzschädlinge 119
 - 4.5 Kernaspekte des Holzschutzes nach DIN 68800 124
 - 4.5.1 Klasseneinteilung nach DIN 68800 124
 - 4.5.2 Zuordnung der Nutzungsklassen (NKL) nach DIN EN 1995-1-1 zu den Gebrauchsklassen (GK) nach DIN 68800 124
 - 4.5.3 Verantwortlichkeiten für den Holzschutz 129

- 4.6 Wesentliche Regeln des baulichen Holzschutzes für Holz und Holzprodukte 130
- 4.6.1 Grundsätzliche und besondere bauliche Maßnahmen 130
- 4.6.2 Die „Vorzugsregel“ für bauliche Maßnahmen (DIN 68800-1, 8.1.3) 132
- 4.6.3 Die „Trockenholzregel“ – Ausnahmen für technisch getrocknete Hölzer (DIN 68800-1, 4.1.3) 132
- 4.6.4 Die „20%-Regel“ 135
- 4.6.5 Die „60°-Regel“ 137
- 4.7 Verwendbarkeit von Holz und Holzprodukten in den Gebrauchsklassen ohne Behandlung mit Holzschutzmitteln 137
- 4.8 Robustheit von Holzbaukonstruktionen 138
- 4.9 Robustheit von geschlossenen Bauteilen und Konstruktionen 141
- 4.9.1 Die „Dichtheitsregeln“ – Diffusionswiderstände der Bauteilschichten in mehrschichtigen Konstruktionen in Holzbauweise 142
- 4.9.2 Die „Verhältnisregel“: außen diffusionsoffen – innen moderat dampfbremsend 145
- 4.9.3 Die „eher überholte Regel“: Werte nach Zeile 1 der Tabelle 145
- 4.9.4 Die „kritische Regel“: außen dichter – innen noch dichter 145
- 4.9.5 Differenzierte Trocknungsreserven für Wände, Decken und Dächer – die Lage im Bauwerk ist entscheidend 146
- 4.9.6 Hinweise zu den Konstruktionen im Anhang A der DIN 68800-2 147
- 4.10 Robustheit von offenen und frei bewitterten Bauteilen und Konstruktionen 159
- 4.10.1 Natürliche Dauerhaftigkeit von Hölzern = Widerstand gegen Schädlingsbefall 159
- 4.10.2 Bauliche Maßnahmen zum Schutz von Holz in GK 3.1 161
- 4.11 Hinweise zu nachträglicher Behandlung von Holz mit Holzschutzmitteln 163

- 5 Entwurf und Bemessung 167**
Mandy Peter, Philipp Dietsch, Peter Mestek, Klaus Holschemacher, Stefan Winter, Matthias Gerold, Patrik Aondio, Heinrich Kreuzinger
- 5.1 Stabtragwerke 167
- 5.1.1 Stäbe 167
- 5.1.2 Binder mit geometrischen Besonderheiten 190
- 5.2 Flächentragwerke 222
- 5.2.1 Tafelbauweise 222
- 5.2.2 Platten und Scheiben aus Massivholz/Bemessung von Brettsperrholz 237
- 5.2.3 Holz-Beton-Verbund 260
- 5.3 Räumliches Zusammenwirken 269
- 5.3.1 Grundsätze der Aussteifung 269
- 5.3.2 Steifigkeit und Schwerpunktbestimmung von Aussteifungssystemen 275
- 5.3.3 Hinweise zur Aussteifung von Dächern 278
- 5.3.4 Aussteifungssysteme in Hallentragwerken 280

- 5.4 Verbindungen 286
 - 5.4.1 Einleitung und Überblick 286
 - 5.4.2 Eigenschaften von Verbindungen 289
 - 5.4.3 Stiftförmige Verbindungsmittel 301
 - 5.4.4 Bauteilnachweise 325
 - 5.4.5 Dübel besonderer Bauart 334
 - 5.4.6 Zimmermannsmäßige Verbindungen 341
 - 5.4.7 Zusammenwirkung mehrerer verschiedener Verbindungsmittel 350
- 5.5 Berechnung von Holztragwerken mit Computerprogrammen – Beispiele zur Überprüfung der Anwendbarkeit der verwendeten Programme 351
 - 5.5.1 Einleitung 351
 - 5.5.2 Materialparameter und Materialbeschreibung 351
 - 5.5.3 Steifigkeiten 354
 - 5.5.4 Steifigkeitsüberprüfung bei Stabberechnungen 358
 - 5.5.5 Steifigkeitsüberprüfung bei Flächenberechnungen 362
- 5.6 Zusammenfassung 368

- 6 Brandschutz von Holzbauteilen und Verbindungen 379**
Mandy Peter
 - 6.1 Grundsätze 379
 - 6.2 Brandschutznachweise und Brandschutzkonzepte 379
 - 6.3 Bemessung 380
 - 6.3.1 Holzbauteile 380
 - 6.3.2 Verbindungen 384

- 7 Bauphysik 397**
Robert Borsch-Laaks, Joachim Hessinger, Andreas Rabold
 - 7.1 Wärmeschutz 397
 - 7.1.1 Beste Lösungen für den Wärmeschutz 397
 - 7.1.2 Sommerlicher Wärmeschutz von Holzbauweisen 406
 - 7.2 Feuchteschutz – Tauwasserschutz bei Holzbauteilen 419
 - 7.2.1 Dampfdurchgang sperren, bremsen oder managen? 419
 - 7.2.2 Holzbauwände und ihre bauphysikalische Konstruktionsphilosophie 424
 - 7.2.3 Nachweisfreie Flachdächer – Gibt es das? 428
 - 7.2.4 Fazit zum Feuchteschutz 435
 - 7.3 Schallschutz im Holzbau 436
 - 7.3.1 Einführung 436
 - 7.3.2 Holzdecken 446
 - 7.3.3 Wände in Holzbauweise 463
 - 7.3.4 Steildächer 479

- 8 Mehrgeschossiger Holzbau 503**
Stefan Winter, Mandy Peter
- 8.1 Allgemeine Hinweise 503
- 8.2 Vertikale Beanspruchungen – Stützen und Wände, Decken
und Unterzüge 505
- 8.3 Horizontale Beanspruchungen 510
- 8.4 Begrenzung der Setzungen 515
- 8.5 Hinweise zu Konstruktion und Modellierung der Tragwerke 518
- 8.6 Vorspannung im Holzbau 522
- 8.7 Hybride Bauweisen vielgeschossiger Holzhäuser 527
- 8.8 Brandschutz im mehrgeschossigen Holzbau und Hinweise
zu nichttragenden Fassadenelementen 529
- 8.9 Feuchteschutz im mehrgeschossigen Holzbau 532
- 8.10 Qualitätssicherung und Planungshilfen 534

- Stichwortverzeichnis 539**

Vorwort zur 10. Auflage

Diese inzwischen 10. Auflage des Holzbau-Taschenbuchs erscheint zu Ehren und im Andenken an die beiden früheren Herausgeber, die Professoren *Robert von Halász* und *Claus Scheer*. Beide haben an exponierter Stelle den Holzbau über Jahrzehnte begleitet und geprägt. In besonderem Maße widmen wir diese Ausgabe dem leider viel zu früh verstorbenen Kollegen *Claus Scheer*. Die Neuauflage hätten wir ihm sehr gern zu einem runden Geburtstag überreicht. Wir danken ihm besonders für die wertvollen inhaltlichen Impulse zu Beginn der Überarbeitung dieser Auflage.

Beide hochverehrten Kollegen wären wohl über die heutige Entwicklung im Bereich des Holzbaus sehr erfreut. Standen die ersten Ausgaben des Holzbau-Taschenbuchs noch unter dem Eindruck der infolge des Zweiten Weltkriegs zerstörten Wälder und einer ausgesprochenen Holzknappheit sowie der damit verbundenen Einschränkung des Holzbaus auf Konstruktionen, für die er aufgrund seines herausragenden Leistungsgewichts besonders geeignet ist – z. B. weit gespannte Dachkonstruktionen –, haben wir es heute aufgrund der hervorragenden Waldwirtschaft der letzten Jahrzehnte eher mit einem Überangebot an Holz auf dem Markt zu tun. Gleichzeitig erlebt der Holzbau weltweit eine Renaissance, da seine positiven umweltrelevanten Eigenschaften sich inzwischen einer hohen gesellschaftlichen Akzeptanz erfreuen, allen voran die durch die Speicherung des Kohlenstoffs erzeugte atmosphärische CO₂-Senkung und der geringe Primärenergieaufwand bei der Herstellung. Dies führt u. a. weltweit zum Bau von ersten Hochhäusern aus Holz und zur vielfältigen Verwendung von Holz in vielgeschossigen Bauwerken aller Art. Der Fortschritt der letzten zwei Jahrzehnte basiert zudem auf einer rasanten Entwicklung von Verbindungsmitteln, Holzbaustoffen und Fertigungstechnologien, die den Holzbau in einigen Bereichen des Bauwesens technologisch weit nach vorn, wenn nicht an die Spitze gebracht haben.

Diese Veränderungen sind hoch dynamisch und werden uns auch in den nächsten Jahren begleiten, u. a. verursacht durch die notwendige Umstellung von der bisherigen Hauptbaumart Fichte auf die zunehmende Verwendung von Laubhölzern im Bauwesen. Denn gerade die Fichte ist derzeit sehr stark von den durch den Klimawandel bedingten Veränderungen der Wuchsbedingungen betroffen.

Mit Blick auf diese Randbedingungen freuen wir uns sehr, Ihnen als neue Herausgeber des Holzbau-Taschenbuchs zusammen mit dem Verlag und allen Co-Autoren

diese nun vollständig überarbeitete Neuauflage vorstellen zu können. Wir bedanken uns für die hervorragende Unterstützung durch unsere Co-Autoren, mit deren Hilfe der derzeitige Stand der Technik im Holzbau aus nationalem und internationalem Blickwinkel abgebildet werden konnte.

Da die Entwicklung auch in Zukunft sicher dynamisch bleiben wird, hoffen wir auf eine deutlich kürzere Zeitspanne bis zur nächsten Neuauflage des Holzbau-Taschenbuchs.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Gewinn beim Lesen und freuen uns auf Kritiken und Anregungen.

Mandy Peter und Stefan Winter

München, im September 2020

Autorenverzeichnis

Dr.-Ing. Patrik Aondio

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und
Baukonstruktion
Arcisstraße 21
80333 München

Robert Borsch-Laaks

Sachverständiger für Bauphysik
Drei-Rosen-Straße 32
52066 Aachen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Philipp Dietsch

Universität Innsbruck
Institut für Konstruktion und
Materialwissenschaften
Arbeitsbereich für Holzbau
Technikerstraße 13
6020 Innsbruck
Österreich

Dipl.-Ing. Matthias Gerold

Harrer Ingenieure GmbH
Gesellschaft Beratender Ingenieure
VBI mbH
Reinhold-Frank-Straße 48b
76133 Karlsruhe

Dr. Joachim Hessinger

ift Rosenheim GmbH
Labor Bauakustik
Theodor-Gietl-Straße 7–9
83026 Rosenheim

Prof. Dr.-Ing. Klaus Holschemacher

Hochschule für Technik, Wirtschaft und
Kultur Leipzig
Institut für Betonbau (IfB)
Karl-Liebknecht-Str. 132
04277 Leipzig

Dipl.-Ing. Thorsten Kober

bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Beratende Ingenieure
Käthe-Niederkirchner-Straße 6
10407 Berlin

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heinrich Kreuzinger

Am Stadtpark 45b
81243 München

Dr.-Ing. Peter Mestek

Sailer Stepan und Partner GmbH
Beratende Ingenieure für Bauwesen VBI
Ingolstädter Straße 20
80807 München

Dr.-Ing. Mandy Peter

bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Engschalkingerstraße 14
81925 München

Prof. Dr.-Ing. Andreas Rabold

Technische Hochschule Rosenheim
Fakultät Angewandte Natur- und
Geisteswissenschaften
Hochschulstraße 1
83024 Rosenheim

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und
Baukonstruktion
Arcisstraße 21
80333 München

1

Zur Geschichte des Holzbaus

Robert Halász (†), überarbeitet und erweitert von Stefan Winter, München

Die Technik des Bauens geht von sieben Urformen menschlichen Handelns aus:

Graben, Schütten, Schichten, Stellen, Legen, Wölben und Spannen.

Von Anbeginn stehen den Menschen als Baustoffe zur Verfügung: Steine, Lehm und Holz. Höhlen, von Natur gegeben oder durch Graben geschaffen, dienten und dienen heute noch als Wohnungen. Zahlreiche griechische und römische Amphitheater sind durch geschickte Ausnutzung der natürlichen Geländeformen durch Graben als „offene Höhlen“ entstanden und eindrucksvolle Leistungen ihrer Zeit. Das einfachste, durch Schütten und Schichten entstandene Bauwerk ist der Erdhügel. Die alten mittelalterlichen amerikanischen Kulturen entwickelten eine großartige Architektur allein mit den Mitteln der Erdbewegung: Die Tzaqualli, von einem Steinmantel gegen Erosion geschützt, sind nichts anderes als geschüttete Erdhügel, die eine Kultstätte tragen. Noch mehr Bewunderung fordern die ägyptischen Pyramiden, über einem Grab geschichtete Steinpackungen. Sowohl die Erdhügelarchitektur Mittelamerikas als auch die Steinpackungen der ägyptischen Pyramiden haben durch mehrere Jahrtausende hindurch Kulturen geprägt und brauchten als Baustoff nur Erde und Steine. Keinesfalls ist also hoch entwickelte Technik notwendige Voraussetzung „großer Architektur“.

Das Holz, dem Menschen in den meisten Regionen seines Lebensraums verfügbar, war der einzige Baustoff, der stabförmige Bauelemente lieferte. Es lehrte den Menschen das Bauen mit Stäben, Pfählen, Ständern, Stielen, Pfosten und Stützen, schräg mit Streben oder waagrecht mit Schwellen, Riegeln und Balken. Holz als Holzwerkstoff und damit als Scheibe oder Platte trat erst im 20. Jahrhundert dazu.

Stellen und Legen: Das lernte der Mensch mit dem Baumstamm, er lernte das Gefach, das Fachwerk, das Holzgerippe zu errichten und so konnte er Brücken, Hütten, Zelte, Dächer und Häuser bauen. Stellen und Legen von Stützen und Balken führte den Menschen zu dem, was wir heute „Errichten“ oder „Richten“ oder unbeseelter oder genauer „Konstruieren“ nennen, d. h. ingenüoses Überwinden von Abgründen und Flüssen, Errichten von Räumen oder Erstreben schlanker Höhe durch zusammenschließende Stabwerke.

Mit dem Holz wuchsen der Baumeister und der Ingenieur.

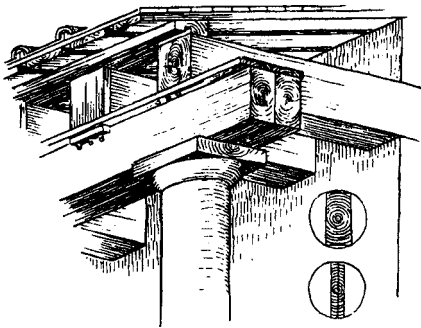


Abb. 1.1 Aus der Abschiedsvorlesung 1948 von Herrmann Phleps.

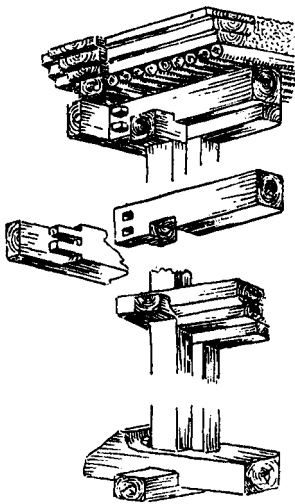


Abb. 1.2 Aus der Abschiedsvorlesung 1948 von Herrmann Phleps.

Graben und Schütten war einfach anzuwenden – Balken zum Überwinden von Räumen einzusetzen, erforderte die erste Erfahrung über die Tragfähigkeit der Hölzer und erstes ingenieures Handeln.

Dass der Holzbau Lehrmeister der späteren Steinbaukunst war, haben Archäologen schon lange bewiesen, wenn sie zeigten, wie Formen des Holzbaus zu Formen des Steinbaus führten, auch wenn sie weiterlebten, wenn sie nur noch formale, aber keine konstruktive Bedeutung mehr hatten (Abb. 1.1 und 1.2).

Das Holz blieb jedoch Baustoff für Decken und Dächer, auch als der Massivbau den Wandbau, vor allem aber den Monumentalbau, für sich beanspruchte.

Wie stark das Empfinden des Menschen vom Holz als dem älteren und ingenieureren Baustoff geprägt war, kann man tausendfältig nachweisen. Zwei historische Beispiele sollen hier erwähnt werden: In Ägypten ging der Holzbau dem Steinbau voraus. So wurden die Königspaläste noch lange als Zeltpalast hoheitsgebietend errichtet, lange nachdem die Monumentalarchitektur der Tempel zum Steinbau übergegangen war. Und dies, obwohl das Holz von weit her herbeigeschafft werden musste. Dem Stein die Achtung gebietende Monumentalität, dem Holz die hoheitsgebietende Königswürde!

Auch die griechische Steinarchitektur zeigt selbst in ihrer Blütezeit immer noch deutliche Erinnerungen an die Holzbaukunst. *Hermann Phleps*, der große Danziger Holzbauer, zeichnete zu seiner Abschiedsvorlesung 1948 die Abb. 1.1 und 1.2 [1.1]. Der urkretische Holzbau hatte sich über die minoische bis zur griechischen Baukunst durch diese Form in Erinnerung gehalten. Die griechische Steinarchitektur war durch Stellen und Legen gekennzeichnet. Wölben, obwohl bekannt und im Tiefbau angewandt, fand im klassischen Tempelbau keine Anwendung. Erst die Römer als die größeren Ingenieure haben das Wölben nicht nur im Tiefbau bei Viadukten und Aquädukten verwendet, sondern zu einer monumentalen Bauweise entwickelt.

Als sich dann die abendländische Kultur nach Norden ausweitete, in waldreiche Gebiete vorstieß, entwickelte sich der Holzbau zu einer Blüte, wie er sie vorher und dann sehr lange nicht mehr erlebt hat.

Berühmt sind die Holzbrücken, die die Römer über den Tiber in Rom und beim Vordringen nach Gallien in den Raum diesseits der Alpen geschlagen haben. Trajans Donaubrücke bei Drobeta Turnu Severin (heutiges Rumänien) besaß einen von steinernen Pfeilern gestützten hölzernen Überbau. Durch die Darstellungen auf der Trajanssäule in Rom wissen wir über den Brückenbau der Römer ziemlich gut Bescheid. Von Cäsars Brücke über den Rhein, die er im Jahre 55 vor Christus schlagen ließ, wissen wir aus *Caesaris Bellum Gallicum*. Von ihr ließ Palladio eine genaue Konstruktionszeichnung anfertigen. Die Brücke war 4,0 m breit und 400 m lang!

Das mitteleuropäische Mittelalter und die frühe Neuzeit waren geprägt von den monumentalen Steinbauten der Brücken, Burgen und Schlösser, Kirchen und Klöster, für welche die von den Römern ererbte Wölbkunst die konstruktive Grundlage bildete. Und von seinem stolzen bürgerlichen Holzbau der Wohnhäuser, welche die Städte prägten und auf meisterlicher Zimmermannskunst gegründet waren. Darüber hinaus ermöglichten in vielen Kirchen und Schlössern erst die meisterhaften Sprengwerk- und Hängewerkkonstruktionen der Zimmerleute die weit spannenden Decken zur Errichtung repräsentativer Räume.

Bei aller Würdigung dessen, was unsere Zeit schafft, muss man gestehen, dass nie mehr später mit so wenigen Grundstoffen (Stein und Holz) so einheitliche große Stile (u. a. Romanik und Gotik) so viele Jahrhunderte hindurch bestanden haben wie im Mittelalter, wobei die noch erhaltenen Stadtbilder bis heute unsere Bewunderung erregen. Das mitteleuropäische Mittelalter fand eine Einheit von Form und Geist.

In dem von *C. Schäfer*, Professor an der Königlichen Technischen Hochschule in Berlin, in den Jahren 1883–1888 verfassten Werk „Die Holzarchitektur Deutschlands vom 14. bis 18. Jahrhundert“ [1.2] gibt es eine eindrucksvolle Liste der bis zu den beiden Weltkriegen erhaltenen städtischen Holzbauten des ausgehenden Mittelalters. Verwiesen wird u. a. auf das Haus in Bacharach 1568, das Haus im Sack in Braunschweig, das Rathaus in Duderstadt 1528, das Salzhaus in Frankfurt am Main, das Brusttuch in Goslar, das Pfarrhaus in Hersfeld, das Knochenhauer Amtshaus in Hildesheim, das Haus Wedekind in Hildesheim, das Haus Kammerzell in Straßburg (Abb. 1.3) und noch viele andere Beispiele.

Ein Teil dieser herausragenden Beispiele der Zimmermannskunst ging insbesondere im Zweiten Weltkrieg verloren, wurde aber zwischenzeitlich teilweise durch z. B. das Knochenhauer Amtshaus in Hildesheim oder durch die im Jahr 2017 his-



Abb. 1.3 Haus Kammerzell in Straßburg (Quelle: Stefan Winter).

torische und historisierende Wiederbebauung des Frankfurter Dom-Römer-Areals rekonstruiert.

Im 18. Jahrhundert erreichte der handwerkliche Brückenholzbau seine höchste Reife, z. B. bei den 11 ausgeführten Brücken des Baumeisters *Hans Ulrich Grubemann* aus Teufen (1709–1782). Sensationell war sein allerdings nicht ausgeführter Entwurf von 1755 für eine Brücke über den Rhein bei Schaffhausen [1.3] mit 119 m Stützweite, auf die von *J. Killer* [1.4] mit Recht würdigend hingewiesen worden ist (Abb. 1.4).

Schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wusste *Emy Bogenbinder* bis zu 100 m Stützweite zu bauen. Die Amerikaner *Long* und *Howe* setzten den bereits im 16. Jahrhundert in Mitteleuropa entstandenen Fachwerkträgerbrückenbau fort. *Howe* entwickelte dazu ein hybrides Fachwerksystem mit Eisenstangen als Zugvertikalen und massiven Holzstreben als Druckdiagonalen für sehr hohe Lasten. Das System wurde sowohl für Landungsbrücken am Hudson River in New York (Abb. 1.5) oder für Eisenbahnbrücken verwendet. Ein eindrucksvolles Beispiel für einen Howe'schen Träger ist die Eisenbahnbrücke über die Iller in Kempten, die

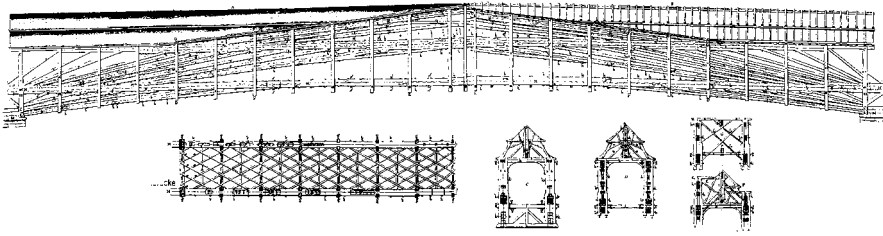


Abb. 1.4 Entwurf einer Brücke über den Rhein bei Schaffhausen, *Grubenmann*, 1755.



Abb. 1.5 Landungsbrücke am Hudson River in New York (Quelle: Stefan Winter).

nach mehr als 150 Jahren immerhin noch mit einem der ehemals beiden Brückenträger erhalten ist. Das Ingenieurdenkmal wurde zwischenzeitlich grundlegend saniert und soll zukünftig weiterhin als Rad- und Fußwegbrücke dienen (Abb. 1.6).

Ein früher Pionier des Ingenieurholzbaus war *Carl Culmann* (1821–1881) [1.5]. Anlässlich seines 100. Todestages hat *Richard Pischl* von der Universität Graz darauf hingewiesen, dass der Ingenieur, Forscher und Lehrer *Culmann* wesentlich dazu beigetragen hat, den Holzbau zu einem Ingenieurholzbau zu entwickeln, als er in Auswertung seiner Amerikareise 1849 die von ihm dort studierten, handwerklich hergestellten Brücken statisch zu analysieren suchte. Unter der Voraussetzung gelenkiger Knotenpunkte entwarf er dabei eine Fachwerktheorie und war damit in der Lage, die Stabkräfte zu berechnen. Es ist interessant, wie *Culmann*, von den nur empirisch, aber theoretisch unklar von durchaus tüchtigen Baumeistern entworfenen Brückensystemen, die Knoten konstruktiv und statisch analysierte. Er führte dabei



Abb. 1.6 Eisenbahnbrücke über die Iller in Kempten (Quelle: Z & M 3D-Welt).

die Bezeichnung „Fachwerk“ ein, die damit in die Fachsprache einging. Er war aber auch ein praktischer Ingenieur und untersuchte z. B. den gusseisernen Schuh, wie er damals zur Ausführung des Knotens üblich war (Abb. 1.7).

Culmann wurde 1855 in das neu gegründete Eidgenössische Polytechnikum in Zürich als Professor für Ingenieurwissenschaften berufen. Hier schrieb er sein Hauptwerk „Die graphische Statik“ 1866 (2. Auflage 1875). Sein Schüler und späterer Nachfolger in Zürich war *Wilhelm Ritter* (1847–1906), der mit den „Anwendungen der graphischen Statik“ in vier Bänden die Arbeit von *Culmann* weiterführte.

Von großer Bedeutung, wenn auch in negativem Sinn für den Holzbau, war die Entwicklung des Eisenbaus in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts. Mit diesem Eisenbau entstand dem Holz zum ersten Mal in der Geschichte der Baukunst ein gewaltiger Konkurrent, indem er mit stabförmigen Bauelementen arbeitete, die man bisher nur in Holz gekannt hatte. Der Stahl verdrängte das Holz.

Stahl bändigt die größeren Kräfte. Gewiss wurden nach wie vor im aufstrebenden Eisenbahnbau unzählige Güter- und Lokschuppen, Bahnsteigdächer usw. aus wirtschaftlichen Gründen in Holz gebaut. Aber schon *Troche* hat 1951 darauf hingewiesen, dass es neben technischen vor allem starke wirtschaftspolitische Tendenzen waren, die dem Stahl Vorteile in einem Umfang verschafften, die über das durch unleugbare Vorzüge des Stahls berechnete Ausmaß hinausgingen [1.6]. Fast meint man bei *Troche* in einer Werbeschrift unserer heutigen Generation zu lesen, schrieb der Erstverfasser bereits in der Einführung einer der ersten Auflagen des Holzbau-Taschenbuchs. Aber selbst aus heutiger Sicht, 2021, stimmt das immer noch:



Abb. 1.7 Knoten einer Landungsbrücke am Hudson River, Howe'scher Träger (Quelle: Stefan Winter).

Der Stahl ist kein naturgewachsener stabförmiger Werkstoff, sondern künstlich erzeugt. Den dadurch unleugbaren Vorzügen namentlich statischer Natur, stehen aber auch fühlbare Nachteile entgegen, von denen hier nur auf das große Eigengewicht, ferner auf die hohen Preise und in vielen Fällen im Gegensatz zu dem dauerhaften Holz vorliegende mangelhafte Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen Einflüssen (z. B. Rauchangriffen) hingewiesen sei. Stahl ist eben – wie alle unedlen Metalle – erst künstlich erschmolzen und dadurch aus seinem chemischen Gleichgewicht im Erz herausgerissen worden, dem es nun durch Sauerstoffaufnahme (Rosten) unaufhaltsam wieder zustrebt. Holz dagegen befindet sich mit seiner Umwelt normalerweise im chemischen Gleichgewicht. ...

Der neue Stahlbau übernahm sehr bald den Fachwerkträgerbau, entwickelte ihn zielbewusst weiter, schuf planmäßig konstruktive Neuerungen. So gelang es ihm außerordentlich rasch, den sich kaum rührenden Holzbau fast völlig zum Erliegen zu bringen. Diese Abwärtsentwicklung wurde aber auch durch den Umstand begünstigt, dass mit wachsender Verkehrsdichte auch die Brückenbelastungen und damit die Stabkräfte immer mehr zunahmen, so dass ihnen die seinerzeit noch üblichen zimmermannsmäßigen Bauformen technisch nicht mehr gewachsen waren. ...

Aber auch der vorübergehend entstandene Verlust an technischem und künstlerischem Wissen und Können in der rechten Behandlung und Konstruktion

des Werkstoffes Holz, sei hier erwähnt. Weil diese Kenntnisse nicht mehr gepflegt wurden, gerieten sie teilweise in Vergessenheit. Der Tiefstand war um die letzte Jahrhundertwende erreicht (Anm.: Gemeint ist hier 1899/1900). Holzbaumeister von Format gab es überhaupt nicht mehr.

Einen neuen Aufschwung des Holzbaus brachte die Entwicklung vom handwerklichen zum Ingenieurholzbau durch neue Verbindungsmittel, die Erfindung der Holzleimbauweise, erste Fertighausfabriken oder neue Konstruktionsweisen. Sie ist stark von Deutschen gefördert worden. Es sollen die Namen *Stephan, Tuscherey, Kübler, Christoph & Unmack, Cabröl, Greim, Zollinger, Hetzer* und *Meltzer* ehrend genannt werden.

Mit der wissenschaftlichen Forschung ab der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts sind die Namen u. a. von *Stoy, Graf, Fonrobert, Seidel, Gaber, Trysna, Egner, Sinn, Sahlberg, Kolb* und *Möhler* eng verknüpft.

Die eigentliche Entwicklung des modernen Holzbaus setzt jedoch als Nagelbau, Dübelbau und Leimbau etwa gleichzeitig bereits um 1930 ein.

Von einem Ingenieur Nagelbau kann man sprechen, seit dem *Stoy* mit seinen Versuchen über die Tragfähigkeit der Nägel (1928) die ersten amtlichen Angaben (1933) und endlich die Anerkennung des Nagels als tragendes Verbindungsmittel in [1.7] erreichte.

Vom Dübelbau kann gesprochen werden, seitdem *Otto Graf* 1930 die ersten Ergebnisse seiner Biegeversuche an verdübelten Holzbalken veröffentlichte und durch Runderlass des Reichsarbeitsministers vom 03.03.1939 bestimmt wurde, dass alle Dübelverbindungen an der Materialprüfungsanstalt Stuttgart nach einheitlichen Gesichtspunkten überprüft werden.

Obwohl das erste Patent zum Holzleimbau von *Otto Hetzer* aus dem Jahre 1906 stammt, kann von einem Ingenieurleimbau erst gesprochen werden, seitdem mit den u. a. von der BASF um 1930 entwickelten wasser- und schimmelfesten Kunststoffleimen wetterfeste Bauausführungen möglich wurden und durch die Einführung der Stoßausbildung der Lamellen als Schäftung 1943 und schließlich Keilzinkung 1959 eine praktisch endlose Fertigung der Lamellen für Brettschichtholz möglich wurde.

Bis in die Nachkriegsjahre hinein spielte der Holznagelbau eine überragende Rolle für die Massenfertigung von Brettbindern, Dachtragwerken, Dreigelenkhallenrahmen und anderem. Er wurde teilweise ergänzt durch den Dübelbau. In Reinform existieren beide Bauweisen heute nur noch sehr selten. Die Nagelbauweise wird manchmal noch in Form von Brettbindern, z. B. im landwirtschaftlichen Eigenbau, verwendet. Sie wurde durch die Nagelplattenbauweise abgelöst, die für Dachträger aller Bauformen (Dreiecksbinder, Pultdachbinder, parallelgurtige Binder) und für Zwei- oder Dreigelenkrahmen als sogenannte „Studiobinder“ im Fertigbau eingesetzt wird.

Die großen Ingenieurbauwerke wie Industriehallen, Überdachungen oder Sporthallen werden heute fast ausschließlich aus Brettschichtholz oder Furnierschichtholz errichtet.

Im Zusammenhang mit der Bemessung stabförmiger Verbindungsmittel muss der Däne *K.W. Johansen* besonders erwähnt werden, dessen Theorie zu den unterschiedlichen Tragmechanismen dieser Verbindungsmittel bis heute Gültigkeit besitzt und in der internationalen Normung zur Bemessung verwendet wird.

Aus heutiger Sicht können zur wissenschaftlichen Weiterentwicklung seit etwa den 1970er-Jahren insbesondere folgende Namen mit ihren Arbeitsschwerpunkten genannt werden:

Natterer (Brettstapelbauweise, weit gespannte Tragwerke), *Ehlbeck* (Holzleimbau, Verbindungen) *Brüninghoff* (Holzleimbau, Nagelplatten), *Radovic* (Klebstoffe, Holzwerkstoffe), *Buchanan* (Erdbeben, Brandschutz), *Larsen* (Holzleimbau, Normung), *Blaß* (Schraubenverbindungen), *Kreuzinger* (Mechanik, Schubanalogie) sowie *Scheer* und *Meyer-Ottens* (Brandschutz).

Die Entwicklung des modernen Ingenieurholzbaus wurde zusätzlich von Praktikern beeinflusst. Hier sind z. B. die Unternehmer und Erfinder *Karl Moser* (Brettsperrholz) und *Hermann Blumer* (Ingenieurbauwerke) zu nennen. Eine besondere Erwähnung gebührt einem Maschinenbauer und seinem Unternehmen.

Hans Hundegger begann zu Beginn der 1980er-Jahre die Entwicklung von vollautomatischen Abbundmaschinen. Inzwischen wurden über 5000 Maschinen in 42 Länder geliefert. Die moderne computergestützte Fertigung hat die Entwicklung des Holzbaus besonders unterstützt und führt heute zu einer nie dagewesenen Präzision, die anderen Baustoffen in den bauüblichen Abmessungen deutlich überlegen ist. Darüber hinaus wird dadurch die Herstellung dreidimensionaler, zimmermannsmäßiger Verbindungen kostengünstig ermöglicht.

In den Zeiten nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der Holzbau zunächst sehr stark und fast ausschließlich auf die Errichtung von Haus- und Hallendächern reduziert. Lediglich der Holztafelbau, wie er zum Beispiel von der Fertighausindustrie verwendet wurde und wird, bildete in Mitteleuropa, den nordischen Ländern und Nordamerika eine Ausnahme. Seine Anwendung blieb jedoch bis zur letzten Jahrtausendwende meist auf ein- oder zweigeschossige Ein- und Zweifamilienhäuser beschränkt.

Erst heute scheint es so, dass der Holzbau aus vielerlei Gründen eine neue Blütezeit erlebt. Getrieben durch die Nachhaltigkeitsdiskussion, Klimaschutzziele und eine allgemeine, holzbaufreundliche Grundstimmung der Gesellschaft kann das 21. Jahrhundert ein neues Jahrhundert des Holzbaus werden.

Denn es gibt eine Vielzahl von Vorteilen: Haltbarkeit und Lebensdauer von Holzbauten sind bei fachgerechter konstruktiver Ausbildung groß und mit anderen Baustoffen vergleichbar. Jahrhundertalte Brücken- und Dachkonstruktionen zeugen davon. Um- und Anbauten sind ohne Schwierigkeiten ausführbar. Die Unterhaltungskosten von Holz sind gering, die modernen Verbindungsmittel erlauben jeden Zusammenschluss fach- und materialgerecht auszubilden. Die Bearbeitung konnte früher schon in handwerklicher Ausführung leicht und präzise erfolgen. Heutige computergestützte Planungs- und Bearbeitungsmethoden heben den Vorteil der leichten Bearbeitbarkeit des Holzes und seine hohe Maßgenauigkeit hervor.

Grundvoraussetzung für guten und präzisen Holzbau war und ist die Beschränkung der Feuchteschwankungen im Holz. Schon immer hat es sich bewährt, tro-

ckenes Holz zu verwenden, also Holz mit einer Holzfeuchte von unter 20%. Die in Deutschland in den Nachkriegsjahren aus Preisgründen und mangelnden Trocknungskapazitäten weitverbreitete Unsitte, nahezu saftfrisches Holz einzuschneiden und direkt weiter zu verbauen, wurde inzwischen durch die ausreichenden Kapazitäten zur technischen Trocknung von Vollholz, insbesondere repräsentiert durch das Produkt „Konstruktionsvollholz“, und durch die verschiedenen geklebten Produkte vom Brettschichtholz über das Brettsperrholz bis hin zu Holzwerkstoffen wie Furnierschichtholz wieder überwunden. Mit den trockenen Holzbaustoffen werden heute hoch präzise und großformatige Elemente hergestellt, die aufgrund der geringen Maßänderungen auch bei Temperaturschwankungen die industrielle Vorfertigung von Holzbauwerken besonders unterstützen.

Das Brandverhalten von Holzbauteilen muss als gutmütig bezeichnet werden, da das Verkohlen zu einer eigenen, thermisch wirksamen Schutzschicht führt. Wegen der auch im Brandfall sehr geringen Maßänderungen bei Temperaturerhöhung treten nur geringe Verformungen der Tragwerke auf. Der Löschvorgang, insbesondere massiver Holzbauteile, ist problemlos.

Und nicht zuletzt: Gegen viele chemische Einwirkungen, besonders gegen Rauch und Säuren, verhält sich das Holz günstig. Bei Brauereien, Salinen, Salzlagerhallen, Salzsilos und selbst bei Einhausungen von Verrottungsanlagen zeigt Holz eine hohe Dauerhaftigkeit.

Aber Bauen mit Holz will gelernt sein! Zwar setzte inzwischen eine deutliche Entwicklung zur Erhöhung der Holzbauvertretung an Technischen Universitäten und Fachhochschulen ein, aber eine Zimmerer-, Meister- und Technikerausbildung wie im deutschsprachigen Raum fehlt in vielen anderen Ländern.

Erfreulich ist die Tatsache, dass inzwischen auch an Architekturfakultäten spezielle Holzbaulehrstühle geschaffen wurden, z. B. von *Kaufmann* (TU München), *Heikinnen* (Aalto Universität, Helsinki) oder im Jahr 2017 ein neuer Stiftungs-Lehrstuhl an der Technischen Universität in Graz (*Kaden*).

Natürlich macht die Globalisierung nicht vor dem Holzbau halt. Zwischenzeitlich hat eine sehr starke Internationalisierung stattgefunden, die einerseits durch die gemeinsame europäische Normung im Rahmen der Erarbeitung der Eurocodes, hier des Eurocode 5 für Holzbau [1.8], andererseits durch den internationalen Austausch auf Konferenzen unterstützt wird. Besonders zu erwähnen sind hier die World Conference on Timber Engineering (WCTE, 2-jährig) und die jährlichen Konferenzen der früheren CIB-W18-Gruppe [1.9], heute eine selbstständige Gruppe, die sich unter der Bezeichnung INTER – International Network on Timber Engineering Research – zusammenfindet. Hier werden vorwiegend die Ergebnisse pränormativer Forschung diskutiert, die Ergebnisse fließen oft in nationale und internationale Normen ein.

Ob das 21. Jahrhundert nun wirklich ein Jahrhundert des Holzbaus wird, bleibt zu beweisen. Es ist durchaus möglich, wenn man die vielen positiven Randbedingungen von den Klimaschutzaspekten über die nachhaltige Erzeugbarkeit des Rohstoffs bis hin zur industriellen Fertigung und der gesellschaftlichen Akzeptanz berücksichtigt. Aber um die immer noch bestehenden Vorurteile zum Holzbau zu überwinden und um die Bedeutung des Holzbaus zu steigern, bedarf es eines weltwei-

ten Ausbaus des Holzbauwissens, der Holzbaukapazitäten und einer exzellenten Qualitätssicherung. Dazu gehören wissenschaftlich basierte Entwicklungen, z. B. im Brandschutz, der Vorspannung im Ingenieurholzbau, des hybriden Bauens oder zur vermehrten konstruktiven Nutzung von Laubholz.

Der Holzbau ist und bleibt ein spannendes Feld mit großen Entwicklungsmöglichkeiten!

Literatur

- 1.1 Phleps, H. (1950). *Vom Wesen der Architektur*, 1948. Reprint 1950. Karlsruhe: Bruder-Verlag.
- 1.2 Schäfer, C. (1981). *Die Holzarchitektur Deutschlands vom XIV. bis XVIII. Jahrhundert*. 1883–1888. Reprint 1981 Curt, R. Hannover: Vincentz Verlag.
- 1.3 von Mechel, C. (1803). *Plan, Durchschnitt und Aufriß der drey merkwürdigsten hölzernen Brücken in der Schweiz*. Basel.
- 1.4 Killer, J. (1985). *Die Werke der Baumeister Grubenmann*, 3. Aufl. Basel: Birkhäuser.
- 1.5 Pischl, R. (1981). Ein Pionier des Ingenieurholzbaues, *Bautechnik* 58(11):361.
- 1.6 Troche, A. (1951). *Grundlagen für den Ingenieurholzbau*. Hannover: Schroedel-Verlag KG.
- 1.7 DIN 1052:1938-05 (1938). *Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau*. Berlin: Beuth.
- 1.8 DIN EN 1995-1-1:2010-12 (2012). *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. Berlin: Beuth.
- 1.9 International Council for Building research studies and documentation. Working Commission W18 – Timber Structures, siehe www.holz.vaka.kit.edu.

2

Holzbau heute

Stefan Winter, München

2.1 Ressourcenverfügbarkeit und Nachhaltigkeit

Der Holzbau erfährt zu Beginn des 21. Jahrhunderts einen ungeahnten Auftrieb. Basierend auf umfangreichen Forschungen und Entwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene – neben den Entwicklungen im Ingenieurholzbau insbesondere in den Bereichen Brandschutz und Bauphysik – und der umfangreichen Adaption von CAD/CAM-basierten Fertigungsmethoden gilt er plötzlich wieder als „modern“. Und nicht nur in Europa, sondern auch in vielen anderen Regionen von Asien über Australien und Neuseeland bis nach Süd- und Nordamerika ist die Anwendung des Holzbaus aus politischen Gründen attraktiv geworden. Die Verpflichtungen aus dem Kyoto-Protokoll und dem Pariser Klima-Abkommen von 2016 haben in vielen Staaten von China bis Chile die Erkenntnis reifen lassen, dass mit der zunehmenden Verwendung des nachhaltig verfügbaren Baumaterials Holz ein signifikanter Beitrag zur Reduktion der Energieaufwendungen im Bauwesen und gleichzeitig eine Kohlenstoffspeicherung und damit CO₂-Senkenfunktion erreicht werden kann.

Diese Funktionen können nur dann genutzt werden, wenn das Holz für die stoffliche Verwendung aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt. Die Entnahmemenge des Holzes darf die jährlich nachwachsende Menge nicht überschreiten. In der Bundesrepublik Deutschland ist diese Voraussetzung durch das Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) gegeben [2.1]. Diese gesetzliche Regelung fehlt jedoch in vielen Ländern, wird dort aber zunehmend durch die Nachhaltigkeitszertifizierungen des Forest Stewardship Council (FSC) [2.2] oder des Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC) [2.3] ersetzt. Diese Nichtregierungsorganisationen sind inzwischen international breit anerkannt. Selbst in europäischen Ländern werden trotz vorliegender gesetzlicher Regeln inzwischen zum Teil diese Zusatzzertifizierungen vorgenommen. Entsprechende Vorgaben zum Nachweis der Herkunft der verwendeten Hölzer sind zudem in Ausschreibungen enthalten, um zu vermeiden, dass der gewünschte Klimaeffekt infolge der Holzverwendung durch Holz aus Raubbau konterkariert wird. Grundsätzlich ist rechtlich die Implementierung von Umweltverträglichkeitsnachweisen in Ausschreibungen möglich. Insbesondere der Bund und einzelne Länder und Kommunen verlangen eine gebührende Berücksichtigung

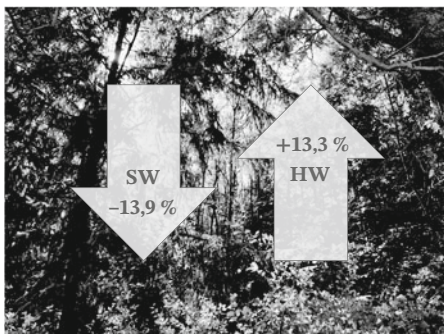


Abb. 2.1 Zunehmende Mischwälder führen zu verändertem Holzaufkommen – Abnahme des Nadelholzaufkommens (Softwood – SW) und Zunahme des Laubholzaufkommens (Hardwood – HW) (Quelle: Katharina Winter).

entsprechend ihren Vergaberichtlinien. Private Bauherren sind selbstverständlich frei darin, diese Anforderungen ebenfalls zu implementieren oder sogar weitergehend die Verwendung regionaler Holzressourcen zu fordern und damit zu fördern.

Aus Sicht der Nachhaltigkeit ist die Situation der Holzverwendung in Mitteleuropa und insbesondere Deutschland noch weitgehend entspannt. Im Jahr 2015 (EUROSTAT: Forstwirtschaftliche Statistik 2015 [2.4]) überstiegen die Zuwächse an Holzmasse in deutschen Wäldern die Entnahmen um 10 Mio. Festmeter bei einer Erntemenge von ca. 70 Mio. Festmetern.

Allerdings lohnt eine genauere Analyse der Zusammensetzung: Durch den fortschreitenden forstwirtschaftlichen Umbau unserer Wälder steigt das Laubholzaufkommen, während das Nadelholzaufkommen zurückgeht. Im Zeitraum von 2008 bis 2013 erhöhte sich das Laubholzaufkommen in deutschen Wäldern um 13,3 %, während das Nadelholzaufkommen um ca. 13,9 % abnahm [2.4] (Abb. 2.1).

Die Zusammensetzung der Nadelholzbestände selbst verschiebt sich ebenso allmählich, da die Forstwirtschaft eine Anpassung an den Klimawandel vornehmen muss und damit Baumarten wie die Douglasie zunehmend Verwendung finden. Sie sind gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels resistenter als beispielsweise der bisherige „Brot-und-Butter“-Baum der Forstwirtschaft, die Fichte.

Die Folgen der Veränderung des Rohholzaufkommens sind bisher noch kaum zu spüren. Aber die zunehmende Verfügbarkeit von Hartholz führt zu einer beginnenden Renaissance der Laubholzverwendung im Holzbau und zur Entwicklung einer Reihe neuer Werkstoffe. Bauhölzer wie die Eiche wurden schon immer dort für konstruktive Zwecke eingesetzt, wo besonders hohe Beanspruchungen aufgenommen werden mussten oder eine erhöhte Dauerhaftigkeit nötig war. Beispiele sind die Fachwerkkonstruktionen von vielgeschossigen Häusern oder Glockentürme. Aber auch punktuell wurde Eiche wegen ihrer hohen Querdruckfestigkeit zur Lastverteilung verwendet, z. B. in dem herausragenden Ingenieurbauwerk der Eisenbahnbrücke über die Iller in Kempten von 1848. In dem Howe'schen Fachwerkträger aus Schweizer Lärchenholz wurde Eiche als Druckknoten der Fachwerkstreben und für die Schirrbalken eingesetzt (Abb. 2.2).

Andere Laubholzarten wie die Buche oder Esche wurden hingegen in historischen Konstruktionen kaum konstruktiv eingesetzt, allenfalls regional, wie z. B. in Oberhessen die Buche als Schindel für Wandbekleidungen. Da jedoch bereits jetzt ein hohes Rundholzaufkommen insbesondere an Buche oder Esche vorhanden