

# Zum aktuellen Stand von Forschung und Entwicklung im Holzbau

W. Rug, K. Lißner

240

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Karlheinz Zimmer zum 70. Geburtstag gewidmet

**Zusammenfassung** Die Faszination des Holzbau ergibt sich einsteils aus seinen architektonischen und technischen Möglichkeiten und andererseits aus seinem noch nicht ausgeschöpften Innovationspotentials. Dank einer intensiven Forschung verfügt der Holzbau heute über leistungsfähige Holzbaustoffe und -Verbindungsmitte. Neue Entwicklungen in Forschung und Praxis und eine hohe Qualität in der Gestaltung und Konstruktion werden die Renaissance des uralten Baustoffes Holz weiter voranbringen.

## Timber engineering, state and development

**Abstract** The fascination of timber engineering results on the one hand from the architectural and technical possibilities and on the other hand from the great potential of innovations. Intensive research in timber engineering has lead to a high standard of timber materials and timber connections. New developments in research and application and a high quality in architecture and construction will increase the renaissance of structural use of timber as an ancient building material.

## 1 Einleitung

Vor achtzig Jahren baute man Luftschiffhallen ausschließlich in Holz. Wenn heute die Hallen für eine neue Generation von Luftschiffhallen (wie z. B. die Halle für die CargoLifter AG in Brand/Brandenburg) mit einer Spannweite von 210 m bei einem Achsabstand der Binder von 35 m in Stahl gebaut werden, so liegt das keineswegs an der mangelnden Leistungsfähigkeit des Holzbau [1]. Denn der moderne Holzbau wagt sich schon seit 1920 an große Spannweiten im Brücken- und Hallenbau heran.

Holz, ein Material, welches auf natürlichem Wege durch Photosynthese entsteht und dabei  $\text{CO}_2$  speichert, hat bezogen auf seine Herstellung und bauliche Verwendung bzw. Nutzung eine sehr gute Energiebilanz (**Bilder 1 und 2**).

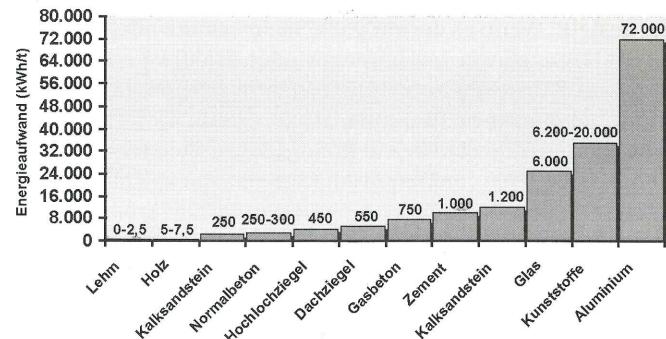
Dazu steht es bei verantwortungsvoller Forstpolitik in nahezu unbegrenztem Maße dem

### Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug

Fachhochschule Eberswalde  
Fachbereich Holztechnik, Fachgebiet Holzbau  
Alfred-Möller-Str. 1; 16225 Eberswalde  
[www.fh-eberswalde.de](http://www.fh-eberswalde.de) und  
[www.holzbau-statistik.de](http://www.holzbau-statistik.de)

### Dr.-Ing. Karin Lißner

Ingenieurbüro Dr. Lißner  
Forstr. 35, 01099 Dresden  
[www.altbauplanung.de](http://www.altbauplanung.de)

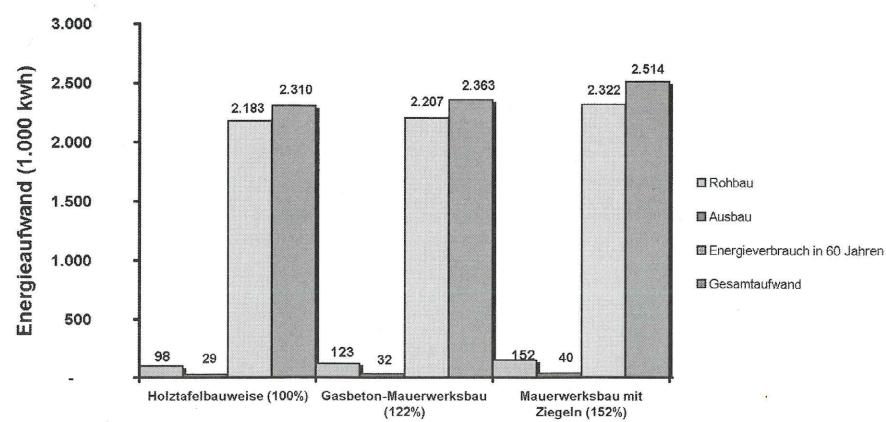


**Bild 1. Energiebedarf zur Herstellung von Baustoffen, bezogen auf eine Tonne Gewicht (Zahlenwerte aus bauen mit holz 12/98)**

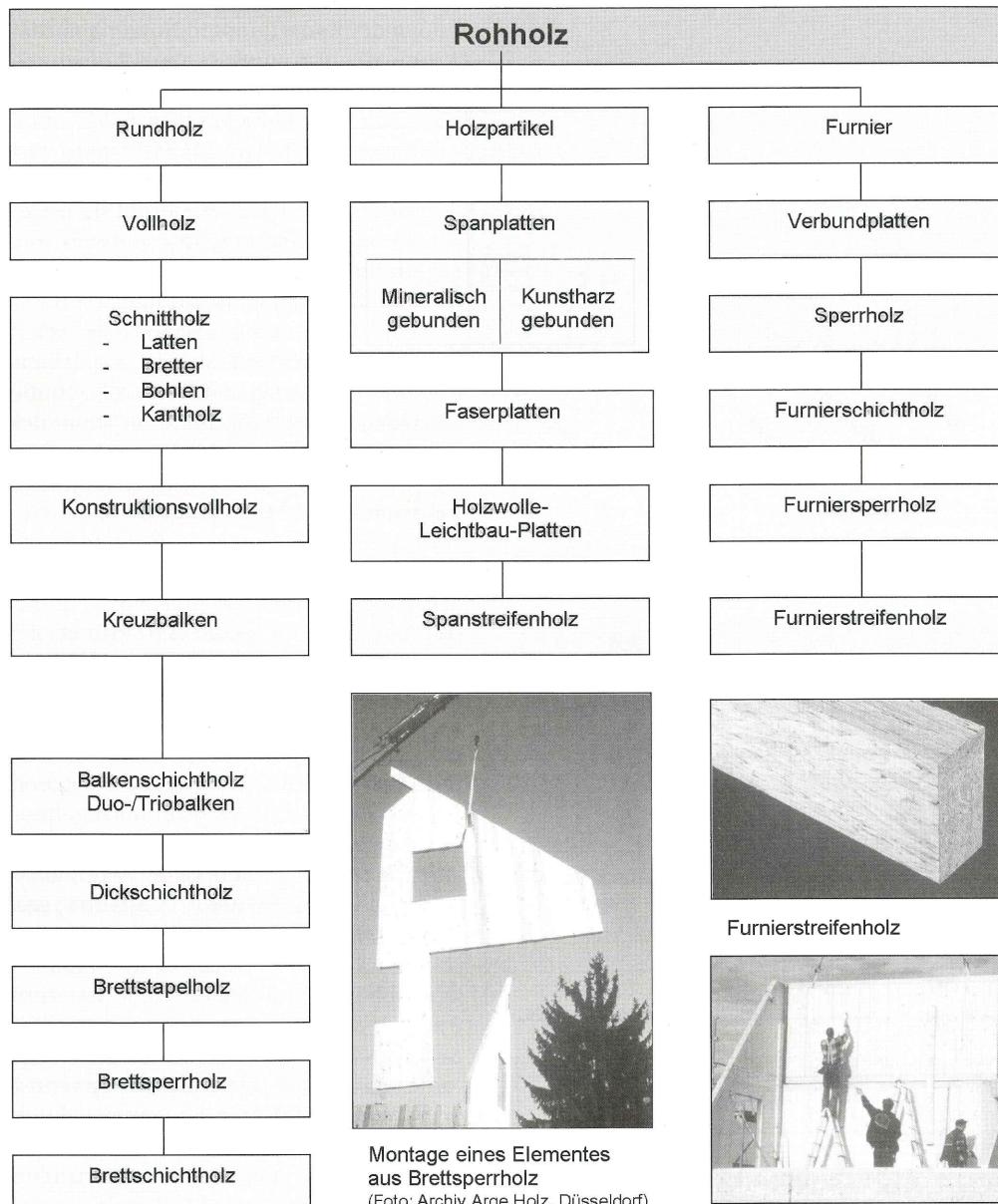
Fig. 1. Energy consumtion for production of building materials in relation to a weight of one ton (figures from bauen mit holz 12/98)

Bauwesen zur Verfügung. Zur Zeit werden nach Glos (in [2]) nur 1,5 % des in den Wäldern Deutschlands stehenden Holzvorrates jährlich genutzt. Wer also Ökologie und Nachhaltigkeit im Bauen ernst nimmt, kommt am Baustoff Holz nicht vorbei.

Der entwerfende Architekt oder Ingenieur kann heute unter einer umfangreichen Palette an Hölzern und Holzwerkstoffen mit den unterschiedlichsten Eigenschaften wählen (**Bild 3**), angefangen vom Rundholz, Vollholz bis hin zum Brettschichtholz. Gerade das Brettschichtholz, vor neunzig Jahren erstmals durch den Weimarer Hofzimmermeister Otto Hetzer (1846 – 1911) industriell hergestellt, eröffnete dem Holzbau neue Spannweiten und architektonische Möglichkeiten. Die Produktionskapazitäten wurden in den letzten Jahren in Deutschland wesentlich erweitert (**Bild 4**). Gegenüber 1961 ( $31.000 \text{ m}^3$ ) verfügt Deutschland heute über eine ca. 22-fache Kapazität ( $700.000 \text{ m}^3$  Angabe für 2001). Aber auch in anderen Ländern Europas gibt es eine hochmoderne



**Bild 2. Energieaufwand für unterschiedliche Bauweisen (Zahlenwerte aus bauen mit holz 12/98)**



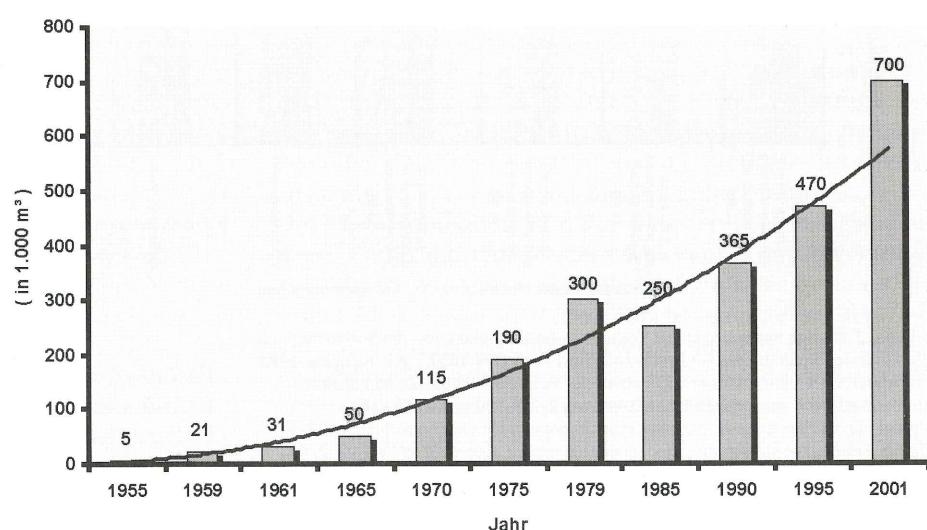
Brettschichtholzproduktion. Bild 5 gibt einen Überblick über die Kapazitäten einiger Länder pro 1000 Einwohner. Beachtlich waren auch die Produktionserweiterungen in Österreich, weshalb dieses Land die führende Stellung vor Dänemark, Schweden und Deutschland bei der Produktion, bezogen auf 1000 Einwohner, einnimmt.

Bei den Holzwerkstoffen sind es die Spanplatten und das Sperrholz, welche als Plattenmaterial Anwendung finden. Deutschland gehört zu den führenden Ländern in der Produktion von Spanplatten. Hauptabnehmer ist neben der Möbelindustrie das Bauwesen. Sperrholz wird im Holzbau eher selten eingesetzt und wenn, dann kommen ausschließlich impor-

tierte Sperrholzplatten zur Anwendung. Zunehmend Anwendung findet dagegen, auch wegen ihrer dekorativen Wirkung, die OSB-Platte - eine preiswerte Spanplatte mit größeren Spänen. Furnierschichtholz, Furnier-spanholz und Furnierstreifenholz können sowohl als stabförmiges Element (z. B. als Träger) als auch als Plattenmaterial Anwendung finden. Bei diesen Produkten handelt es sich um hochver-edelte Holzwerkstoffe mit we-sentlich höheren Festigkeiten als normales Vollholz, wes-halb es auch als Verstär-kungsmaterial bei Tragwer-ken oder selbst als Tragkon-struktion sehr wirtschaftlich ist.

Der uralte Baustoff Holz hat es immer noch in sich und man mag es nicht glauben, trotz aller Fortschritte in For-schung und Entwicklung, ins-besondere auf dem Gebiet der Veredlung des Materials und der Verbindungs-tech-niken ist sein Leistungs-potential bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Die welt-weiten Forschungsbemühun-gen zur immer höheren Ver-edelung werden hier noch manche Innovation hervor-bringen.

Schon heute könnte die ge-genwärtige Wertschöpfung höher sein, mangelt es doch



**Bild 4. Produktion von Brettschichtholz in Deutschland seit 1955 ( bis 1990 gelten die Zahlen für die alten Bundesländer )**  
Fig. 4. Production of glued laminated timber in Germany since 1955

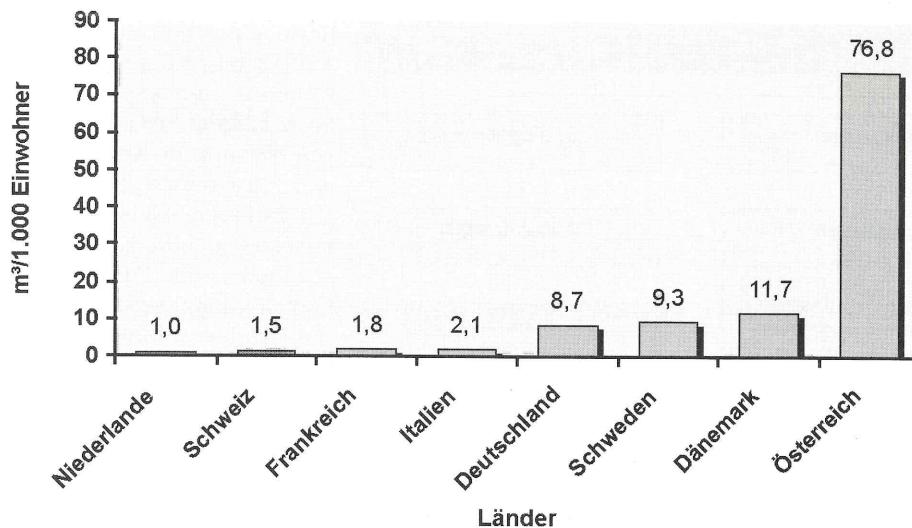
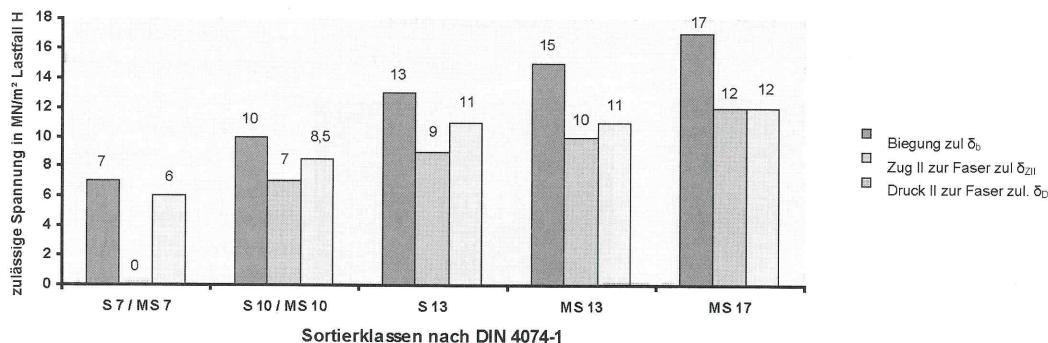


Bild 5. Produktion von Brettschichtholz in verschiedenen Ländern für 2001, bezogen auf 1000 Einwohner  
Fig 5. Production of glued laminated timber in several european countries for 2001, in relation of 1000 inhabitants



Visuell sortiertes Holz	S 7 (frühere GK III)	S 10 (frühere GK II)	S 13 (frühere GK I)		
Maschinell sortiertes Holz	MS 7	MS 10		MS 13	MS 17

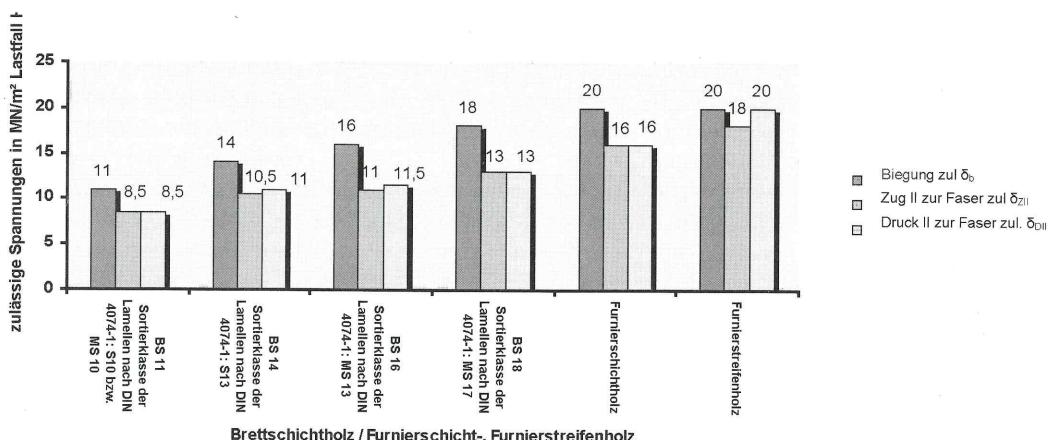


Bild 6a. Zulässige Spannungen für Vollholz in Abhängigkeit von der Sortiermethode  
6b. Zulässige Spannungen für Brettschichtholz nach DIN 1052 / A1, Ausgabe 1989 mit Änderung 1 vom Oktober 1996 sowie für Furnierschichtholz und Furnierstreifenholz nach bauaufsichtlicher Zulassung Z.9.1-100 und Z.9.1-241

Fig 6a. Permissible stresses for solid timber in dependance to the sorting method  
Fig 6b. Permissible stesses for glued laminated timber according to DIN 1052/A1, Draft 1989 and for parallel laminated veneer according to permit of the Building control

an der konsequenten Nutzung vorliegender Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung (s. Glos in [3]). Ein schneller Forschungstransfer wird durch die handwerkliche Struktur der Zimmerei- und Holzbaubetriebe behindert. Welcher Stand auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung im Holzbau erreicht wurde, soll nachfolgend untersucht werden.

Für den interessierten Leser seien zum Entwicklungsstand des Holzbau in Berechnung und Konstruktion die Quellen [3] - [15] und zum Stand der nationalen und internationalen Forschung die Quellen [16] - [26] zum weiteren Studium empfohlen.

## 2 Normung im Holzbau

Zur Zeit erfolgt die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Bauteilen oder Tragwerken aus Holz vorwiegend nach der noch gelgenden DIN 1052 [27] auf der Grundlage zulässiger Spannungen und Verformungen. Vollholz für Baukonstruktionen ist zum überwiegenden Teil aus Fichte und Kiefer. Für Brettschichtholz wird hauptsächlich Fichte eingesetzt. Verwendung finden auch Lärche und Douglasie. Nach der gültigen Berechnungsnorm können auch Laub- oder Importholzer mit noch höheren Festigkeiten als Nadelholz eingesetzt werden. Brettschichtholz unter Verwendung von Laubholzern (z. B. Buche) bietet zusätzliche Möglichkeiten zur Erhöhung der Festigkeiten, was aber noch weiterer Forschungen bedarf. Um die Eigenschaftsstreuungen des natürlichen Baustoffs Holz zu begrenzen, wird das Holz seit 1933 nach den von Otto Graf (1881 – 1956) aufgestellten Regeln visuell sortiert. Wie die internationale Entwicklung zeigte, führt die Anwendung von maschinellen Sortiermethoden zu einer zuverlässigeren Sortierung des Holzes. Die 1989 in Deutschland mit der Novellierung der DIN 4074 [30] eingeführte maschinelle Sortierung gestattete die Festlegung höherer zu-

lässiger Spannungen (für Vollholz und Brettschichtholz aus Nadelhölzern). Noch höhere zulässige Festigkeiten wie bei Voll- oder Brettschichtholz können bei Verwendung von Furnierstreifen- oder Furnierschichtholz mit bauaufsichtlicher Zulassung ausgenutzt werden (Bilder 6a und 6b).

Aus Wettbewerbsgründen bietet heute der deutsche Holzbau neue Vollholz-Produkte an. Das neue Produkt „Konstruktionsvollholz“ für sichtbare und nicht sichtbare Konstruktionen erfüllt über die DIN 4074 - 1 hinausgehende Anforderungen und zusätzliche Sortierkriterien. Als zusätzliches Sortierkriterium ist für sichtbares Konstruktionsvollholz bei Querschnittsdicken bis 100 mm herzfreier Einschnitt durch das Heraustrennen einer mindestens 40 mm dicken Herzböhle vorgeschrieben. Für alle anderen Querschnittsdicken und das gesamte Sortiment ist herzgetrennter Einschnitt festgelegt (Tabelle 1).

Durch die Wahl der Einschnittart wird die Rissbildung und zum großen Teil auch die Verdrehung des trocknenden Holzes deutlich verringert. Konstruktionsvollholz wird in Standardquerschnitten (Tabelle 2) produziert, was eine wirtschaftliche Herstellung und Planung, eine Lagervorhaltung und kurze Lieferzeiten garantiert. Gleichzeitig wird das Holz in einer Einbauholzfeuchte von  $15\% \pm 3\%$  geliefert. Mit diesen Querschnitten können die meisten Konstruktionen besonders im modernen Holzhausbau hergestellt werden.

Keilzinkenverbindungen sind zulässig, damit werden Lieferlängen bis 13,5 m möglich.

Wenn Keilzinkenverbindungen aus optischen Gründen nicht erwünscht sind, ist dies im Einzelfall zu vereinbaren. Konstruktionsvollholz wird generell in allen einheimischen Nadelholzarten in der Sortierklasse S 10 nach DIN 4074, T 1 angeboten. Konstruktionsvollholz wird güteüberwacht. Erstprüfung und Fremdüberwachung werden durch anerkannte Materialprüfanstalten durchgeführt. Weitere neue Holzsortimente sind Balkenschichthölzer, sogenannte Duo- oder Trio-Balken, die aus zwei oder drei verklebten Bohlen entstehen und in allen einheimischen Nadelholzarten in Standardlängen bis 13,5 m lieferbar sind.

Alternativ zur DIN 1052 ist seit der Herausgabe des Nationalen Anwendungsdokumentes (NAD Richtlinie [28] zur Anwendung von DIN V ENV 1995 Teile 1-1 im Jahre 1995) eine Bemessung nach DIN ENV 1995 Teil 1-1 (Eurocode 5, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. Teil 1-1; Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau, 1994, [29]) auf der Basis von Grenzzuständen (Teilsicherheiten) möglich. Der EC 5 repräsentiert den internationalen Stand der Forschung, an dessen Grundlagen die CIB-W18A-Gruppe (s. auch [16]) maßgeblich mitgewirkt hat.

**Tabelle 1. Zusätzliche Sortiermerkmale für Konstruktionsvollholz**  
Table 1. Additional sorting criteria for structural timber

### Zusätzliches Sortiermerkmal für Konstruktionsvollholz

Konstruktionsvollholz, sichtbar (KVH- Si )	$b \leq 100 \text{ mm}$	$b \geq 100 \text{ mm}$
	herzfrei	herzgetrennt
Konstruktionsvollholz, nicht sichtbar (KVH- NSi)		herzgetrennt

**Tabelle 2. Standardquerschnitte für Konstruktionsvollholz**  
Table 2. Standard cross sections for solid timber

Dicke (mm)	Breite (mm)					
	120	140	160	180	200	240
60	■	■	■	■	■	■
80	■	■	■		■	■
100	■				■	
120	■				■	■

Das Nationale Anwendungsdokument bildet ein wichtiges Bindeglied zwischen den nationalen Normen für die Baustoffe und die Lastannahmen sowie den Eurocode 5. Es enthält ergänzende Regelungen, die bei der Anwendung des Eurocodes 5 zu beachten sind (s. auch [4], [6], [24] und [28]). In Vorbereitung ist die Einführung einer Neufassung der DIN 1052 [31]. Diese Norm wird voraussichtlich im Jahre 2003 die alte Norm ersetzen und die Methode der Grenzzustände im deutschen Holzbau endgültig einführen.

Die Norm beinhaltet dann die neuesten Forschungsergebnisse. Sie bringt eine weitere Differenzierung der Festigkeitsklassen für Voll- und Brettschichtholz. Sie normiert die bisher über bauaufsichtliche Zulassungen geregelten Balken- und Furnierschichthölzer sowie die OSB- oder zementgebundenen Holzwerkstoffplatten. Für die Bemessung der Verbindungsmittel können durch Einführung völlig neuer Berechnungsgrundlagen die Materialgegebenheiten differenzierter als bisher erfasst werden. Völlig neu sind die Regeln zur Berechnung von Dübeln besonderer Bauart und für eingeklebte Stahlstäbe (s. auch Blaß in [3]).

Eine sogenannte „heile Bemessung“ von Holzbauteilen nach DIN 4102, Teil 4 oder nach EC 5, Teil 1-2 berücksichtigt die geforderte Feuerwiderstandsdauer im Brandfall bei der

**Tabelle 3. Hallen in Holzbauweise**  
Table 3. Halls in timber construction

Jahr	Ort/ Land	Spannweite[m]	Tragwerksart	Bemerkungen
1990	Köln, Deutschland	50,0	Fachwerkträger	Flugzeughangar
1992	Hamar, Norwegen	48,0 ... 96,4	Dreigelenk- Fachwerk- bogen	Olympiahalle
1993	Bad Neuenahr, Deutschland	30,0	Rippenschale	Ahr -Therme
1995	Wien, Österreich	63,0	Raumfachwerk	Mehrzweckhalle
1995	Berlin, Deutschland	33,0	Zweigelenk-Rahmen	Speerwurf-Halle
1997	Oslo, Norwegen	2x54,0	Fachwerkträger	Flughafengebäude
1997	Lissabon, Portugal	120,0	Fachwerk-Bogen	Mehrzweckhalle
1997	Izumo, Japan	150,0	Kuppel-Konstruktion	Mehrzweckhalle
1997	Odate, Japan	157,0 Breite 178,0 Länge	Kuppelkonstruktion	Sporthalle
1999	Rimini, Italien	60,0	Stab-Netzwerk	Messehalle
2000	Nürnberg, Deutschland	84,8	Räumliches Fachwerk	Messehalle
2000	Erfurt, Deutschland	85,0	Zweigelenkbogen	Eiskunstlaufhalle

Bemessung der Bauteile. In Abhängigkeit von der Abbrandgeschwindigkeit des verwendeten Werkstoffes und der Brandeinwirkung wird damit sicher gestellt, dass bei Einhaltung der Feuerwiderstandsdauer ein statisch tragfähiger Restquerschnitt erhalten bleibt. Da die DIN 4102, Teil 4 auf die jeweilige Berechnungsnorm Bezug nimmt muss diese auf die Belange der neuen DIN 1052 angepasst werden. Die Nachweisführung für die „Heiße Bemessung“ nach den Eurocode 5, Teil 1-2 wird in Zukunft wesentliche Teile der DIN 4102-4 ersetzen. Ein Zeitpunkt hierfür kann aber noch nicht genannt werden (s. Scheer in [59]).

Auf dem Gebiet des Schallschutzes wird es, ausgelöst durch die europäische Harmonisierung, eine Reihe von grundsätzlichen Anpassungen und Änderungen der zur Zeit noch geltenden DIN-Normen geben (s. auch Scholl in [59]).

Für den vorbeugenden Holzschutz gelten die bauaufsichtlich eingeführten Normen DIN 68800-2; 1996 und DIN 68800-3; 1990. Neu einzubauendes Holz kann gegen Feuchtigkeit dauerhaft durch eine entsprechende baulich-konstruktive Gestaltung und bauphysikalische Maßnahmen geschützt werden. Im Wesentlichen geht es um das Fernhalten von Feuchtigkeit und die Vermeidung einer langdauernden Feuchteinwirkung bzw. -entstehung (z. B. infolge Tauwasser). Die DIN 68800-3; 1990 spricht in diesem Zusammenhang immer dann von einer unzuträglichen Veränderung des Feuchtgehaltes, wenn die Voraussetzung für einen Pilzbefall geschaffen und die Brauchbarkeit der Konstruktion durch Quell- und Schwundvorgänge (z. B. Risse) beeinträchtigt wird. Die Möglichkeit eines Insektenbefalls wird unter bestimmten Voraussetzungen toleriert, wenn dadurch keine Gefahr für die Standsicherheit des Bauteiles besteht. Zum vorbeugenden Holzschutz gehört neben der Einhaltung bewährter konstruktiver Grundsätze auch die Auswahl des Holzes (s. auch DIN EN 350-2). Nach Abschnitt 2.2. der DIN 68800-3; 1990 kann auf chemischen Holzschutz bei den Gefährdungsklassen 1 bis 3 (4) verzichtet werden, wenn resistente Holzarten (nach DIN 68364) verbaut werden. Prinzipiell ist es dadurch möglich, mit einheimischen Hölzern und der richtigen Holzart bis zur Gefährdungsklasse 3 (4) ohne chemischen Holzschutz zu bauen, was aus ökologischen

Gründen sehr zu begrüßen ist. Das Holz muss dann aber splintfrei sein. Bekämpfende Holzschutzmaßnahmen sind bei aktivem Befall des verbauten Holzes durch Schädlinge zu ergreifen. Diese Maßnahmen sind in der DIN 68800-4; 1992 geregelt. Der Teil 4 der Norm ist nicht bauaufsichtlich eingeführt. Voraussetzung für Bekämpfungsmaßnahmen ist gemäß Abschnitt 2.3. der DIN 68800-4 die eindeutige Feststellung der Art der Schadorganismen und des Befallsumfangs durch dafür qualifizierte Fachleute oder Sachverständige.

### 3 Holzbauwerke genügen höchsten Anforderungen

Holz kommt zunehmend auch wieder für weit gespannte Hallen- und Brückentragwerke zur Anwendung. Gerade mit Bogen-, Kuppel-, oder Rippen-, bzw. Netzwerkstrukturen lassen sich im Hallenbau Spannweiten bis 160 m realisieren. Projektstudien zeigen, dass Spannweiten bis 250 m möglich sind. Tabelle 3 dokumentiert ausgewählte Beispiele im Hallenbau. Zu den eindrucksvollsten Leistungen zählt ohne Zweifel das EXPO-Dach in Hannover (Bild 7 und Natterer u. a. in [37] und [38] bzw. Herzog in [39]), zeigt es doch, welche konstruktiven und architektonischen Möglichkeiten mit Rippen-Schalen möglich sind.

In Norwegen haben die Holzbauer schon mit den Hallen für die Olympischen Winterspiele in Lillehammer und hier insbesondere mit der in der Form eines umgedrehten Wikingerbootes konstruierten Halle in Hamar für Aufsehen gesorgt. Nicht weniger interessant und anspruchsvoll ist der Bau eines Flughafengebäudes in Holz in Gardermoen bei Oslo (Bilder 8 und 9).

Ausgeschrieben war eine Abfertigungshalle in der Abmessung 136 x 180 m. Im Wettbewerb mit der Stahlbauweise war die Holzbauweise die teurere Alternative. Trotzdem favorisierten norwegische Regierungsstellen den Baustoff Holz als einheimischen Wirtschafts- und Umweltfaktor (s. [48] und Bjerknes, S. 25 ff in [22]). Am Ende spannt die einem Flugzeugflügel nachempfundene Holzkonstruktion über zwei mal 54 m mit beidseitiger Auskragung bis 16,50 m. Es ist eine Fachwerkkonstruktion auf eingespannten Stahlbetonstützen mit vorgefertigten Stahl-Holz-Dachelementen, die

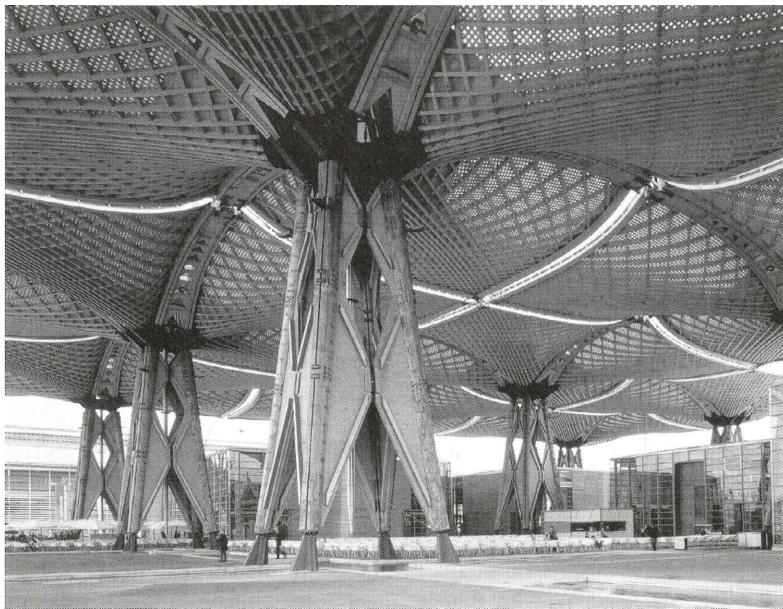


Bild 7. EXPO-DACH Hannover, zehn quadratische Schirme in Holz-Rippenbauweise überdecken 16 000 Quadratmeter (Seitenlänge eines Schirmes 39 m; Höhe der Stützen 26m) Foto: Archiv Arge Holz, Düsseldorf

Fig 7. EXPO- ROOF Hannover, ten square shell structures in timber rib construction cover 16 000 square metres (length of one shell: 39 metres; height: 26 metres)

bauten wusste, musste diese im Vorfeld erforscht und beim Entwurf berücksichtigt werden. Das Haupttragwerk des Saales bilden vier Rahmen mit zweiteiligen Stützen und einem Fachwerkriegel aus Brettschichtholz. Sie nehmen auch die Lasten aus den Rängen auf. Das Gebäude ist großflächig verglast, die Glasflächen tragen senkrecht stehende zweifach unterspannte Brettschichtholzstützen (Bild 10).

Aber nicht nur in den skandinavischen Länder hat man weit gespannte Holzbauten errichtet, sondern auch in den anderen Ländern, wie in Nordamerika, Frankreich, Italien und Japan. (s. Tabelle 1).

In den USA bestehen ca. 6,5 % aller Straßenbrücken und 45 % aller Wegebrücken im Forst aus Holz. Seit Beginn der neunziger Jahre gibt es ein Initiativprogramm des amerikanischen Kongresses zur verstärkten Anwendung von Holzbrücken im Verkehrswesen durch staatlich geförderte Forschung und Entwicklung (s. auch Duwadi u. a. auf S. 32 ff in [17], Volume 1). Zu Forschungsergebnis-

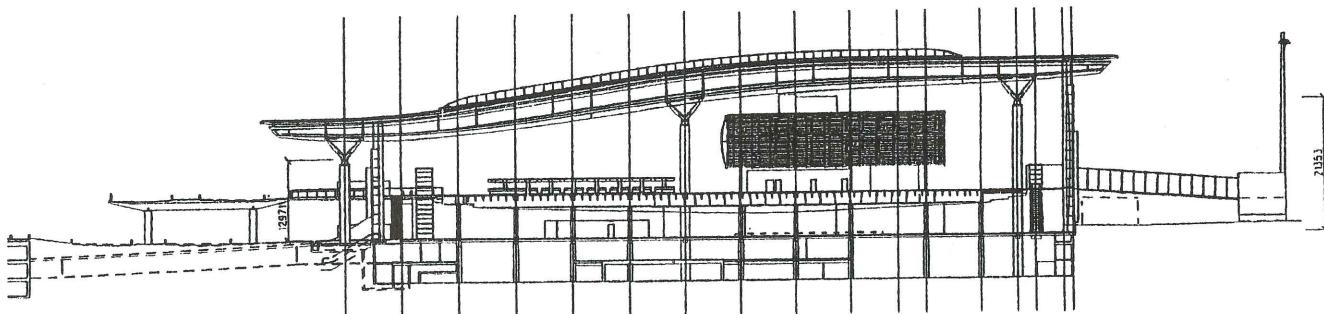


Bild 8. Querschnitt des Abfertigungsgebäudes und Querschnitt Tragkonstruktion der Abfertigungshalle (aus [48]).

Fig 8. Airport building and supporting structure

bei einem Achsabstand von 9 m und einer Schneelast von 5,8 kN/m<sup>2</sup> sehr hohe Knotenkräfte aufnehmen muss. Bei der Konstruktion der Knotenpunkte griffen die Konstrukteure auf ihre Erfahrungen mit optimierten mehrschichtigen Stabdübelverbindungen mit hohem Tragvermögen zurück, die sie anlässlich der konstruktiven Durchbildung der Fachwerkkonstruktion der bis 96 m weitspannenden Olympiahalle in Hamar gewonnen hatten. Sowohl die Holzbauteile als auch die Verbindungen haben einen Feuerwiderstand von F 60. Auch der neu gebaute Bahnhof für die Anbindung des Flughafens an Oslo wurde in einer Holz-Stahl-Bauweise errichtet.

Ein sehr außergewöhnliches Beispiel unter Verwendung von Brettschicht- und Furnierschichtholz ist das Konzerthaus für 1250 Besucher in Lahti/Finnland (s. [49]). Eine Stadt, die bewusst Holz als Baustoff für den Saal mit 22 m Höhe und 36 x 51 m Grundrissfläche und weiteren Anbauten einsetzen wollte, lebt sie doch von der dort ansässigen Holzindustrie. Da man nichts über die Akustik von Holz-

sen an hölzernen Eisenbahnbrücken in den USA s. Gutkowski, u. a. S. 203 ff; - Messungen an bestehenden Eisenbahnbrücken s. Gutkowski u. a.; S. 213 ff und Messungen zum Tragverhalten an einer bestehenden Straßenbrücke in Japan s. Sasaki u. a., S. 223 ff in [18].

Bei einem derart fortgeschrittenen Stand ist es daher nicht verwunderlich, wenn aus Nordamerika wichtige Impulse für den europäischen Brückenbau ausgingen, wie zum Beispiel die Brettstapelbauweise, die Herstellung von Brückenfahrbahnplatten aus quervorgespannten senkrecht stehenden Brettlagen oder die Herstellung eines Verbundes zwischen Holztragwerk und Brückenfahrbahnplatten aus Beton. Auch im europäischen Brückenbau hat man seit Beginn der siebziger Jahre selbst bei Schwerlastverkehr wieder Holz eingesetzt (Tabelle 4). So gehört heute die an der ETH Zürich entwickelte quervorgespannte Fahrbahnplatte zum Standard im Holzbrückenbau. Auch sie hat sich bei verschiedenen Schwerlastbrücken seit ihrem ersten Einsatz bei der Brücke in Eggiwil/Schweiz immer wieder bewährt.



Bild 9. Abfertigungsgebäude (Foto: Archiv Arge Holz Düsseldorf, Innenaufnahme)

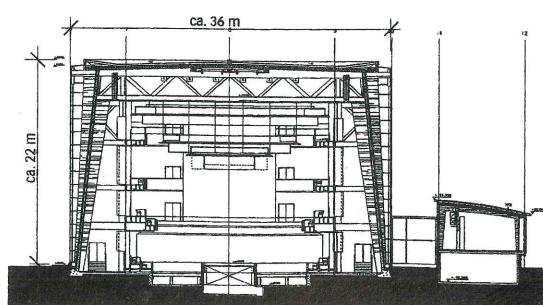
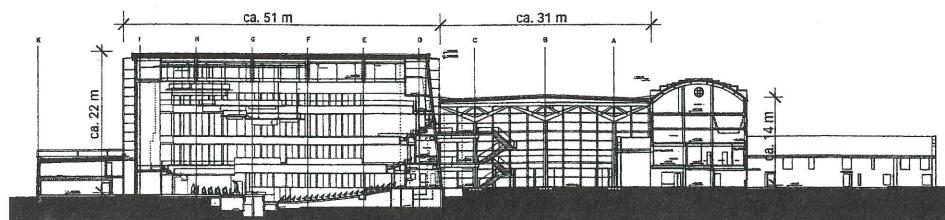


Bild 10. Konzerthaus in Holzbauweise (aus [49]).  
 a) Längsschnitt durch Konzerthaus, Foyer und bestehendes Gebäude  
 b) Querschnitt durch den Konzertsaal  
 Fig 10. Concert hall in timber construction  
 a) longitudinal section  
 b) cross section

geben [41]. In Paris plant man die Errichtung eines 200 m hohen Turmes aus Holz, bestehend aus acht hölzernen Säulen, ausgesteift mit Stahlstäben; oder das Projekt für ein 25-geschossiges Gebäude im Zentrum von Brüssel (s. Normier, S. 72 ff und Samyn u. a., S. 416 ff, in [17], Volume 2). Soeben wurde auf der Baumesse in Basel eine Studie für ein 40-geschossiges Hochhaus in Holz mit einer Tragkonstruktion aus Brettschichtholz vorgestellt [41]. Wie im Bauen überhaupt, gibt es für den Holzbau heute auch den Bereich der Altbausanierung, der in den letzten Jahren wegen seines stetig steigenden Bauvolumens an Bedeutung gewonnen hat. Tragende Holzkonstruktionen instand zu setzen oder zu verstärken ist auch eine Herausforderung, gerade

Tabelle 4. Brücken in Holzbauweise  
 Table 4. Bridges in timber construction

Jahr	Ort/Land	Spannweite [m]	Tragwerksart	Nutzung		Bemerkungen
				FB <sup>1)</sup>	SB <sup>2)</sup>	
1991	Glomma, Norwegen	5x36,0	Fachwerk-Bogen		X	Brückenklasse 60
1992	Thalkirchen, Deutschland	13,0 x 13,0	Raumfachwerk		X	Ersatz einer 1003 erbauten Holzbrücke auf bestehenden Pfeilern
1993	St. Georgen, Österreich	45,0	Dreigelenk-Bogen		X	Brückenklasse 60, BSH, Lärche
1994	Djidda, Saudi-Arabien	59,0	Dreigelenkbogen	X		
1996	Frankfurt/Oder, Deutschland	70,0	Dreigelenk-Bogen	X		
1998	Punt la Reggia, Schweiz	45,7	Zweigelenk-Bogen		X	Brückenklasse 60/30, BSH Lärche; Fahrbahn Stahlbeton-vorgefertigt

Seit Mitte der neunziger Jahre nutzt man auch die mittragende Wirkung von Betonplatten auf Holzträgern - im Brückenbau (so z. B. nach [14] bei der Brücke in Punt la Reggia/Schweiz). Eine Entwicklung, die inzwischen auch bei der Errichtung von Gebäuden oder der Ertüchtigung von Holzbalkendecken im Altbau Bedeutung erlangt hat (s. auch Abschnitt 5). Gleichzeitig beweisen eine ganze Reihe von Brückenbauten den Willen, die Bauwerke harmonisch in die Umgebung bzw. Landschaft einzufügen, so zum Beispiel die Brücke in Essing oder Thalkirchen (s. [15]). Bild 11 zeigt die Fußgängerbrücke in Frankfurt/Oder und Bild 12 zeigt die Straßenbrücke über die Muhr in St. Georgen in Österreich.

An Kühnheit mangelt es den Holzbauern nicht. Im Jahre 2001 wurde die größte Achterbahn der Welt im Heidepark in Soltau der Bestimmung über-

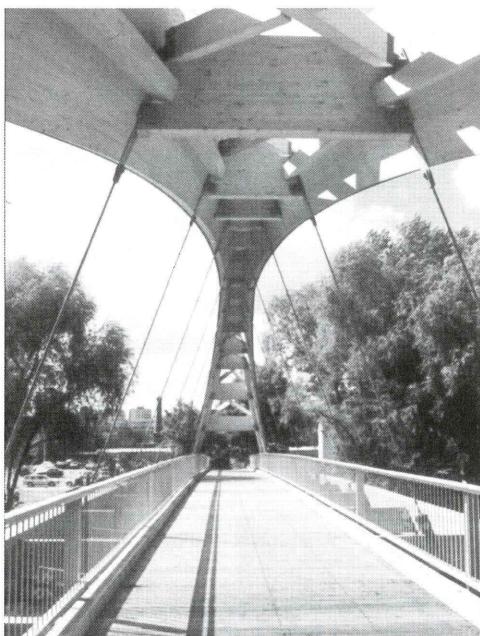


Bild 11. Fußgängerbrücke über die alte Oder in Frankfurt/Oder (Foto: Verfasser)  
 Fig 11. Footbridge in Frankfurt/Oder

für die rund 10.000 deutschen Zimmereibetriebe, gilt es doch nicht nur eine kostengünstige Lösung zu finden, sondern auch einesubstanzschonende bzw. altbaugerechte Lösung auszuführen - ein Anspruch, der ohne die Bewahrung der handwerklichen Tradition nicht erfüllbar ist. Da die Instandsetzung von historischen Konstruktionen in ganz Europa an Bedeutung gewonnen hat, gibt es Bemühungen verschiedener internationaler Fachkollegen zur Verstärkung der Forschung auf diesem Gebiet. Die Forschung konzentriert sich gegenwärtig vor allem auf die Feststellung der technischen Eigenschaften von Altholz und verdeckten Bauschäden mittels zerstörungsfreier Diagnosemethoden, eine möglichst realistische Modellbildung für die Untersuchungen des Tragverhaltens von historischen Konstruktionen und weiterer spezieller Fragen. Die Arbei-

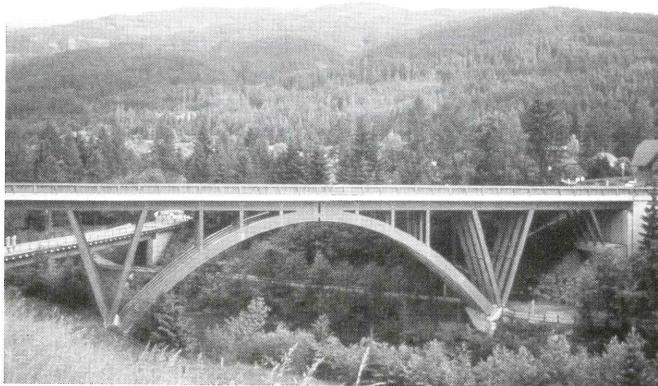


Bild 12. Straßenbrücke über die Muhr, St. Georgen/Österreich, Dreigelenkbogen aus Brettschichtholz Lärche mit 45m Spannweite, Fahrbahnplatte aus vorgefertigten Stahlbetonplatten (Verbindung Stahlbeton/ Holz über eingeklebte Sahlstäbe), Brückenbauklasse 60/30 (s. auch Pischl u. a. in [24]). (Foto: Archiv Arge Holz, Düsseldorf)  
Fig 12. Road bridge over the Muhr, ST Georgen/ Austria, Three- hinged arch, glued laminated Timber, span 45 metres, timber from larch, bridge deck from prefabricated reinforced concrete connections between concrete and timber glued in roads, class of bridge 60/30 (s. Pischl in [24] )

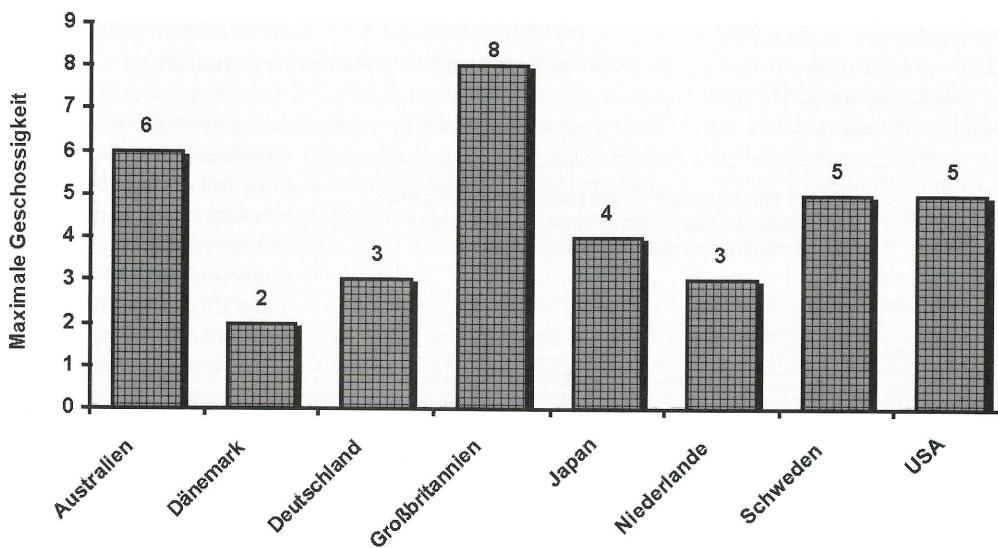


Bild 13. Möglichkeit der Errichtung mehrgeschossiger Holzgebäude nach geltenden Brandschutzvorschriften, Stand 1995  
(Quelle: Riberholt, H. in [23], Vol. 2, S. 2-14)

Fig 13. Allowable storeys for timber buildings according to fire precautions, state 1995 (Riberholt, H. in [23], Vol. 2, S. 2-14)

ten im Sonderforschungsbereich 315 der TU Karlsruhe haben wesentlich zur Klärung bestimmter Sachverhalte beigetragen (s. auch Görlacher in [63]; [5];[8]; [64]; Antony u. a. ab S. 432 ff; Zakic ab S. 448 ff; Bertolini u. a. ab S. 456 ff in [17], Volume 1; Renn u. a. ab S. 275 ff; Uchida u. a. ab S. 295 ff; Li-  
nan u. a. Ab S. 305 ff; Goffi ab S. 681 ff; Bertolini u. a. ab S. 701 ff in [18]).

#### 4 Häuser aus Holz

Häuser aus Holz werden als Chance für die Zukunft gesehen. Insbesondere deshalb, weil der geforderte oder gewünschte Energiestandard ohne größeren Aufwand erreichbar ist. Im Rahmen der geltenden Bauvorschriften sind im verdichteten Holzbau zur Zeit nur Gebäude mit bis zu 3 Vollgeschossen möglich. In anderen europäischen Ländern begrenzt ebenfalls bis in die neunziger Jahre hinein die bestehenden Brandschutzvorschriften die Errichtung mehr-

stöckiger Bauten (Bild 13). In den letzten Jahren haben einige Länder aufgrund neuerer Forschungen ihre Vorschriften derart gelockert, dass die Errichtung von 4 bis 5-geschossigen Gebäuden generell möglich ist. Daraufhin wurden sogar ganze Wohnviertel in mehrgeschossiger Holzbauweise erreichtet, so z. B. in Finnland (s. [60]).

Geändert wurden inzwischen seit 1997 die Brandschutzvorschriften in den skandinavischen Ländern und Großbritannien. Aber auch eine intensive Forschung hat weltweit neue Erkenntnisse zum Entwurf, zur Wirtschaftlichkeit, zum Schallschutz, zum Feuchtverhalten des Holzes, zu den Konstruktionsprinzipien und zum Feuerwiderstand von Holzbauten gebracht (s. Toratti u. a., S. 98 ff; Lehtinen und Rautamäki, S. 106 ff; Collins, S. 114 ff; Mettem u. a., S. 122 ff; ; Thelandersson, S. 130 ff in [17], Volume 1, Heikkilä, S. 424 ff in [17], Volume 2; Heikkilä, S. 411 ff; Toratti, S. 421 ff; Engström, S. 431 ff; Ino und Shimbo, S. 439 ff; Bittencourt, S. 449 ff in [18], Winter, S. 81 ff; Moser S. 95 ff in [22]; Bäuerle, S. 7 ff in [43] oder [44], [47] und [23], Volume 2.

Die novellierte Musterbauordnung [32] enthält jetzt auch für Deutschland die Möglichkeit, Häuser bis zu fünf Vollgeschossen in Holz zu errichten. Dies wird möglich durch

die Einführung einer neuen Gebäudeklasse (Gebäudeklasse 4), die nun die Anwendung von Holz bis fünf Geschossen zulässt (s. [44] und Scheer in [59]). Erste deutsche Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Musterbauordnung zeigen [45] und [60]. Prinzipiell unterscheidet man vier Konstruktionsarten im Hausbau (Bild 14):

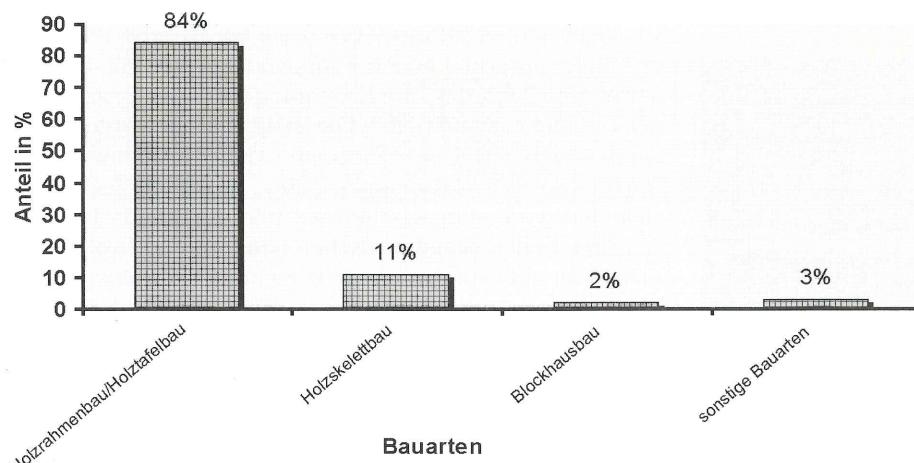
- Holz-Rahmen-Bauweise
- Holz-Tafel-Bauweise
- Skelett-Bauweise
- Massiv-Holz-Bauweise

Die Holz-Tafel-Bauweise besteht aus einzelnen vorgefertigten Tafeln, deren Größe von der jeweils gewählten Montagetechnologie abhängt. Ihre Entwicklung war von Anfang an auf eine maxi-

male Vorfertigung der Elemente ausgerichtet und ihre Ursprünge sind im Barackenbau der achtziger Jahre des 19. Jahrhunderts zu finden (s. [40]).

Skelettbauten ähneln den traditionellen Fachwerkbauten, bei denen die tragende Funktion dem Holzgerüst und die dämmende Funktion den nichttragenden Gefachfüllungen zugewiesen wird. Mit neueren Entwicklungen sind Dank einer leistungsfähigen Verbindungstechnik auch mehrgeschossige Bauten möglich.

Beim Massivholzbau werden i. a. vorgefertigte Wandelemente aus massivem Holz verwendet. Hierzu rechnet man den uralten Blockbau ebenso, wie auch neuere Bauweisen, wie Brettstapelwände, Dübelholzwände, Brettschichtholz-Wand-Elemente oder die bauaufsichtlich zugelassenen Wandbauweisen „Homogen 80“, „Lignotrend“ oder „Leno-Tec-Massivbau“. Diese Bauweisen sind erst seit einigen Jahren auf dem Markt und ihre Anwendung ist i. a. über bauaufsichtliche Zulassungen geregelt. Deshalb sind sie auch in



**Bild 14.** Bauarten im Holzhausbau (Quelle: Messekatalog „Holzbau und Ausbau“, Nürnberg 2002)  
Fig 14. Type of construction for timber houses (in Messekatalog „Holzbau und Ausbau“, Nürnberg 2002)

der im Bild 14 dargestellten Verteilung der einzelnen Bauweisen noch nicht vertreten. Mit der Holz-Rahmen-Bauweise lassen sich Gebäude mit niedrigem Energieverbrauch konstruieren.

Über neunzig Prozent der 3 bis 5-geschoßigen Wohngebäude an der Westküste Nordamerikas sind hauptsächlich in Holz-Rahmen-Bauweise erreicht (s. Heikiilä, auf S. 542 ff; in [17], Volume 2). Der Holzrahmenbau ist bekanntlich ein

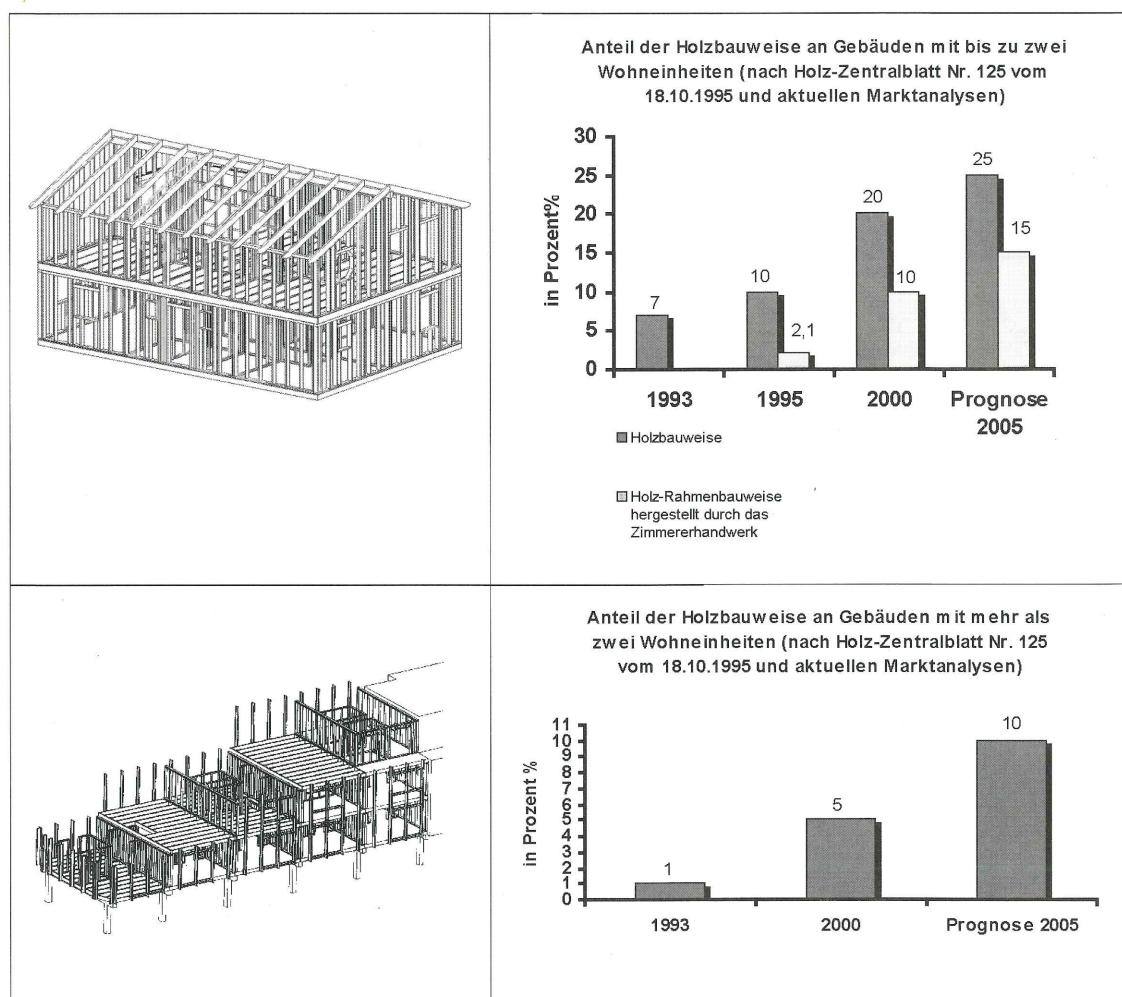
standardisiertes Bausystem, dessen Tragwerk aus Holz und Holzwerkstoffen besteht und bei dem der Ausbau in trockener Bauweise erfolgt. Aufbau und Bildungsprinzip entsprechen den in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts in Deutschland praktizierten Konstruktionsprinzipien (s. auch [40]). Die damalige Entwicklung wurde 1985 auf Initiative des Bundes Deutscher Zimmermeister e. V. aufgegriffen und weiterentwickelt. Heute werden durch die immer noch in dieser Bauweise handwerklichen strukturierten Zimmereien ungefähr die Hälfte aller Ein- und Zweifamilienhäuser errichtet. Das Bausystem bietet in hohem Maße individuelle Gestaltungsfreiheit und hat aber auch

für die verdichtete Bauweise noch ausreichend Zukunftspotential (Bild 15). Eine Reihe von mehrgeschoßigen Gebäuden wurde in den letzten Jahren vor allem als Wohngebäude erprobt.

## 5 Holz im Verbund mit anderen Materialien

Die Streuung der Holzeigenschaften lässt sich durch die Herstellung eines elastischen oder starren Verbundes zu homogeneren Materialien mindern. Dadurch kann aber auch gleichzeitig die Tragfähigkeit und Steifigkeit erhöht werden. Bei Holzbauteilen sind Verstärkungen im örtlichen Bereich (im Bereich von Querzug- oder Querdruckbeanspruchung) aber auch bei Biegeträgern durchaus sinnvoll. So hat die Verstärkung von Holzbauteilen mittels kohlefaserverstärkten Werkstoffen inzwischen weltweit eine zunehmende Forschungsintensität erreicht (Bild 16).

Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen dabei vor allem Arbeiten zur Untersuchung der Wirksamkeit solcher Verstärkungen, zum Einfluss auf das Kriechverhalten von Holzträgern, zur Berechnung von derartig verstärkten Trägern, zum praktischen Einsatz bei der Altbausanierung oder der Verstärkung von Brettschichtbindern bei beschränkter Fertigungshöhe oder bei



**Bild 15.** Anteil der Holzbauweise an Gebäuden  
Fig 15. Proportion of timber construction method on houses

bestehenden Bauten, wie zum Beispiel Brückenträgern. Die Wirkung und der Effekt einer FRP-Verstärkung (FRP- Fibre reinforced plastics) ist gerade bei Holz bzw. Brettschichtholz minderer Güte am größten. Seit Mitte der neunziger Jahre sind derartig verstärkte Träger bei über 100 Bauwerken insbesondere bei Brücken in den USA und Japan aber auch vereinzelt in Europa, eingesetzt worden. Zum Stand der Entwicklung s. Gehlhoff [50]; Dagher, Breton ab S. 161 ff in [17]; Volume 1, Thingley ab S. 177 ff; Davalos u. a. ab S. 182 ff; Qiao u. a. ab S. 494; Greenland u. a. ab S. 608 in [17], Volume 2; Davis u. a. ab S. 581 ff und Dagher u. a. ab S. 591 ff in [18]).

Mit Verbundkonstruktionen, z. B. aus Beton und Holz erweitern sich die Anwendungsmöglichkeiten für Holz. Wesentlich für den Wirkungsgrad der Verbundlösung ist die Schubtragfähigkeit/-steifigkeit der Verbindungs Lösung. Sehr sinnvoll ist die Verbundbauweise bei weit gespannten Decken - lassen sich doch Deckenspannweiten von 6 ... 12 m realisieren. Bei Brücken mit obenliegender Fahrbahn ist die Holz-Beton-Verbundbauweise ebenfalls eine kostengünstige Alternative bei gleichzeitiger hoher Tragfähigkeit und Steifigkeit.

Weltweit zielen die Forschungen zum Verbund zwischen Holz und Beton auf die Entwicklung geeigneter Schubdübel, die Untersuchung des Tragverhaltens unter Kurzzeit- oder Dauerlast, sowohl der Dübelverbindungen, als auch ganzer Verbundbauteile, dem Brandverhalten, dem Einsatz von vorgefertigten Bauteilen im mehrgeschossigen Holzbau bzw. der Entwicklung geeigneter Berechnungsverfahren (s. auch Magalhae u. a., S. 62 ff; Fontana, M.; Frangi, A.; S. 76 ff; Kliger, J.R., S. 84 ff; Minztel, S. 92 ff in [17], Volume 1; Schickerhofer, u. a. S. 116 ff; Mungwa, S. 518 ff; Nykyri S. 798 ff in; [17], Volume 2; Amadio und Cecotti, S. 263 ff; Takáć, S. 273 ff; Kuhlmann, S. 287 ff; Soieno, S. 291 ff; Lehmann, S. 301 ff in [19]; Gelfi, S. 245 ff; Takáć, S. 255 ff; Gutkowski, S. 263 ff; Ullian, S. 563 ff; Carvaslo, S. 571 ff in [18]; Kreuzinger in [3], [25] und [43]; Blaß in [53] und [56]; Donat in [61]; Kenel, Meierhofer in [62]; Faust, Selle in [52]; Liebl, Sutterland in [51]; Holschemacher, Rug u. a. in [54]; Postulka, Sandonne in [55]; Lukacz in [57]; Kothe in [58]; Donat in [61]).

Die Nutzung eines Verbundes zwischen Holz und Beton kann auch für die Tragfähigkeits- und Steifigkeitserhöhung von Decken im Altbaubereich sehr wirkungsvoll sein (s. Lüchner, Rug in [5]). Beispielsweise lässt sich mit entsprechenden steifen Verbindungen die Tragfähigkeit verdoppeln und die Steifigkeit verdreifachen. Weiterhin verbessert sich der Schall- und Brandschutz der Decke. Dem praktischen Ingenieur interessiert vor allem, welche der Holz-Beton-Verbundlösung über eine bauaufsichtliche Zulassung geregt ist. Zur Zeit sind das die Zulassungen für die Verbundschrauben Z.9.1-342, Z.9.1-445 und für Holz-Beton-Verbundelemente die Zulassung Z.9.1-331.

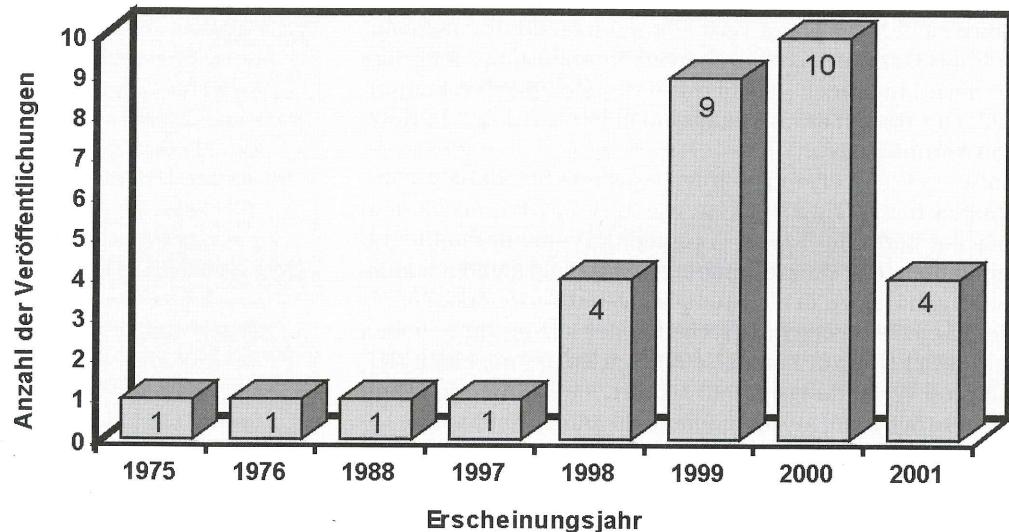


Bild 16. Verstärkung von Holzbauteilen mit kohlefaserverstärkten Kunststoffen, Anzahl der Veröffentlichungen pro Jahr  
Fig 16. Reinforcement of timber elements with fibre reinforced plastics, number of publications per year Tabellenverzeichnis

Träger mit hoher Querzug- oder Querdruckbeanspruchung können in diesen Bereichen wirkungsvoll mit eingeklebten Stahlstäben verstärkt werden. Auch lassen sich mit eingeklebten Stahlstäben biegesteife Verbindungen mit hoher Tragfähigkeit herstellen (z. B. bei Rahmenkonstruktionen oder eingespannten Stützen). Mit den entsprechenden Forschungsarbeiten haben schon vor zwanzig Jahren dänische und russische Forscher begonnen und das Interesse an der Erforschung des Tragverhaltens geeigneter Klebstoffe, der Berechnung der Verbindungen und der Klärung einflussgebender Faktoren auf die Trag- und Verformungsfähigkeit derartiger Verbindungen hat in den letzten Jahren noch zugenommen. Guan, ab S. 265 ff; Aicher, Herr ab S. 273 ff; Gaunt ab S. 281 ff; Batcheker, Mecintosh ab S. 289 ff in Volume 1 von [17]; Aicher, Gustafsson ab S. 369 ff; Kangas, Oksanen ab S. 379 ff; Kemmsien, Streicher ab S. 389 ff in [18]; Inone u. a. ab S. 223 ff; Gustafsson ab S. 323 ff; Gehri ab S. 333 ff; Kuhlmann, Aicher, Lippert ab S. 343 ff; Gathesco, Gubano ab S. 353 ff; Blaß, Laskewitz ab S. 355 ff; Bernasconi ab S. 353 ff; Aicher, Dill-Langen ab S. 383 ff und Bengtsson, Johannson ab S. 393 in [19].

## 6 Die Verbindungen im Holzbau im Spannungsfeld zwischen Tradition und Innovation

Holz als naturbelassenes Material ist stabförmig und bedarf der konstruktiven Verknüpfungen, um Baukonstruktionen zu erhalten. Die traditionellen zimmermannsmäßigen Verbindungen können nur Druck- oder Scherkräfte übertragen. Die Entwicklung von Berechnungsansätzen für historische Verbindungen steckt erst in den Anfängen. Dagegen blickt man bei den neuzeitlichen Verbindungstechniken auf eine intensive Forschung seit Beginn der 20er Jahre des letzten Jahrhunderts zurück.

Nach dem zweiten Weltkrieg begann ab 1960 eine neuerliche Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, die in ihrer Entwicklung keineswegs abgeschlossen ist. International zielen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf die Neu- bzw. Weiterentwicklung der Verbindungsmittel und Verbindungs Lösungen. Ein weiterer Schwerpunkt der Forschung ist die Vertiefung der Kenntnisse über das Trag- und Verformungsverhalten. Zu den neuen Entwicklungen der letzten

Jahre zählen vor allem Verbindungselemente für Holzbau- teile aus Gusswerkstoffen, eingeklebte Stahlstäbe, neuartige Klebeverbindungen, standardisierte Stabdübelverbindungen oder Fragen der wirkungsvollen Verstärkung von Holzbau-Verbindungen.

Entwickelt und erprobt wurden typisierte Stabdübelverbindungen hoher Tragfähigkeit, wie z. B. das Blumer-System [66], der Bertsche-System-Verbinder [67] oder der InduoSystemknoten [68]. Holzverbindungen mit eingeklebten Stahlstäben gehören zu den leistungsfähigsten Verbindungen. Die intensiven Forschungsarbeiten der letzten Jahre haben in Deutschland zur bauaufsichtlichen Zulassung einer Vielzahl von Verbindungsmitteln geführt, die Ballmer und Quitt ab Seite 566 in [3] zusammenfassend aufgelistet haben.

## Literatur

- [1] *Rug, W.: Holzbau-Quelle der Inspiration*, Deutsches Ingenieurblatt, Bonn (2002) 8; S. 12
- [2] *Glos, P.: Faszination Holz, bauen mit holz*, Karlsruhe (1998) 12; S. 24-27
- [3] *Ehlbeck, J.: u. a. Schriften: Holzbau-Kalender 2002*, Bruderverlag, Karlsruhe 2001
- [4] *Mönck, W.; Rug, W.: Holzbau*; 14. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin 2000; ([www.holzbau-statik.de](http://www.holzbau-statik.de))
- [5] *Lißner, K.; Rug, W.: Holzbausanierung. Grundlagen und Praxis der sicheren Ausführung*; Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2000; ([www.holzbau-statik.de](http://www.holzbau-statik.de); [www.altbauplanung.de](http://www.altbauplanung.de))
- [6] *Werner, G.; Zimmer, K.: Holzbau Teil 1 und 2*; 2. Auflage Springer Verlag Berlin, Heidelberg 1999
- [7] *Natterer, J.; Herzog, Th.; Volz, M.: Holzbau-Altbau*; 2. verbesserte Auflage Verlag Rudolf Müller, 1996
- [8] *Mönck, W.: Schäden an Holzkonstruktionen*; 3. Auflage Verlag Bauwesen; Berlin 1999
- [9] *Göggel, M.: Bemessung im Holzbau*, Band 1 und 2; 4. Auflage Bruderverlag; Karlsruhe 1999
- [10] *Bund Deutscher Zimmermeister (Hrsg.): Holzrahmenbau - Bewährtes Holzbau-System*; 3. Auflage; Bruderverlag, Karlsruhe 2000
- [11] *Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (Hrsg.): Colling, F.: Lernen aus Schäden im Holzbau*; Bruderverlag Verlag, Karlsruhe 2000
- [12] *Lips-Ambs F.-J.: Holzbau heute*, DRW-Verlag Leinfelden 1999
- [13] *Informationsdienst Holz, Arbeitsgemeinschaft Holz e. V. Postfach 300141, D-40401 Düsseldorf*, ([www.argeholz.de](http://www.argeholz.de))
- [14] *Gerold, M.: Holzbrücken am Weg*. Bruderverlag, Karlsruhe 2001
- [15] *Dietrich, R.-J.: Faszination Brücken*. Verlag G.D.W. Callway, München 1998
- [16] *International Council For Research and Innovation In Building and Construction: Working Commission W 18 - Timber Structures (CIB - W 18)* Proceedings the annually Meetings, Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, Universität Karlsruhe, 1973 - 2001
- [17] *5<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering August 17-20; 1998*; Montreux, Switzerland, Edited by J. Natterer and J.-L. Sandoz, Volume 1 and 2 Presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015 Lausanne, 1998
- [18] *1<sup>st</sup> RILEM Symposium on TIMBER ENGINEERING*; 13-15 September 1999, Stockholm, Sweden, Edited by L. Boström, RILEM Publication, Pro 8, F-94235 Cachan Cedex, France, 1999 ([www.rilem.org](http://www.rilem.org))
- [19] *International RILEM Symposium on Joints in Timber Structures*, edited by S. Aicher and H.-W. Reinhardt, RILEM Publication Pro 22, F-94235 Cachan Cedex, France 2001 ([www.rilem.org](http://www.rilem.org))
- [20] *Bund Deutscher Zimmermeister (Hrsg.): Tagung Denkmalpflege und Bauwerkerhaltung Fachwerkkonstruktionen*; 17./18. März 2000, Quedlinburg, Tagungsband; ([www.bdz.de](http://www.bdz.de))
- [21] Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e. V. (Hrsg.): Fachwerksanierung, 13. Kongress für Altbausanierung, 26./27. Oktober 1989, Nürnberg, ([www.baka-Bonn.de](http://www.baka-Bonn.de))
- [22] *Holz A/R/T 2000*; 17. Dreiländer-Holztagung 18. bis 20. April 2000, Luzern, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz, CH-8008 Zürich
- [23] *International Wood-Engineering Conference New Orleans, Louisiana, USA*, Oktober 28 – 31, 1993 edited by Vijaya, K.A. Gopu, Volume 1 bis 4, Omnipress, 2600 Anderson Street, Madison-W 7
- [24] *Europäische Vereinigung des Holzbau (E.V.H.)*, Luxemburg, Bund Deutscher Zimmermeister e.V. (Hrsg.): 2. Europäische Holzbautag 99 vom 29.04. - 02.05.1999 in Leipzig, Tagungsband zum Ingenieurtag „Stand der Europäischen Normung, Eurocode 5 und der Brandschutz-Vorschriften“ Tagungsband zu den Fachveranstaltungen „ Holzbau in Europa, ([www.bdz.de](http://www.bdz.de))
- [25] *Rudolf Müller Verlag (Hrsg.): Ingenieurholzbau Karlsruher Tage, Forschung in der Praxis*, 28. und 29. September 2000; Tagungsband 2000, Bruderverlag Karlsruhe 2000
- [26] *Rudolf Müller Verlag (Hrsg.): Ingenieurholzbau Karlsruher Tage, Forschung in der Praxis*, 04. und 05. Oktober 2001; Tagungsband, 2001, Bruderverlag Karlsruhe 2001
- [27] *DIN 1052, T 1 bis T 3*, Ausgabe 1988 mit Änderungen 1 von 1996; Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung
- [28] *Nationales Anwendungsdokument (NAD), Richtlinie zur Anwendungsdocument (NAD), Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1995 Teil 1-1, Eurocode 5*, Berlin; Beuth 1995
- [29] *DIN V ENV 1995 Teil 1-1: Eurocode 5, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teile 1-1; Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau*, Berlin: Beuth 1994
- [30] *DIN 4047; Teile 1, Ausgabe 1989; Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit*
- [31] *E DIN 1052, Entwurf 2000, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken*
- [32] *Musterbauordnung (MBO) in der Fassung vom November 2000* ([www.is-argebau.de](http://www.is-argebau.de))
- [33] *Zimmer, K.; Lißner, K.: Zum Stand der Anwendung des Eurocode 5 in Deutschland*, Bauingenieur (72) (1997) Heft 10
- [34] *Czerny, F.: Der Howesche Träger und seine Weiterentwicklung, Bautechnik*, Berlin 77 (2000) 4, S. 278–281
- [35] *Ammer, Th., Brunauer, A.: Zolliger Rauten neue entdeckt, bauen mit holz*, Karlsruhe (1996) 6, S. 24-28
- [36] *Bachmann, W.: Toskanatherme in Bad Sulza*; In: *Ingenieurbaukunst in Deutschland*, Jahrbuch 2001, Juniusverlag Hamburg 2001
- [37] *Natterer, J.; Burger, N., Müller, A., Natterer, J.: Holzrippendächer in Bretttstapelbauweise*, Bautechnik, Berlin 77 (2000) 11, S. 783-792
- [38] *Natterer, J.: Burger, N., Müller, A., Natterer, J.: Das EXPO-Dach in Hannover als Pilotprojekt*, Bautechnik, Berlin 78 (2001) 10, S. 893-705
- [39] *Herzog, Th.: EXPO-Dach*; Prestel Verlag München 2000
- [40] *Rug, W., Held, H.: Lebensdauer von Holzhäusern - Eine Untersuchung zur Lebensdauer von im Zeitraum zw. 1870 und 1945 erreichten Holzhäusern*, Ingenieurbüro Dr. Rug & Partner, Studie ([www.holzbaustatistik.de](http://www.holzbaustatistik.de)) Wittenberge 2001
- [41] Ohne Autor: *Colossos - Größte Achterbahn der Welt*, bauen mit holz, Karlsruhe (2001) 4, S. 18 – 23
- [42] Ohne Autor: *Sonderschau „Dock Tower“* In: *Mikado* (2002) 4, S. 10
- [43] *Arge Holz e. V. (Hrsg.): Fachtagung Holzbau - Holzbau für das neue Jahrhundert* Düsseldorf 1999 ([www.argeholz.de](http://www.argeholz.de))
- [44] *Becker, K.; Hosser, D. u.a.; Theoretische und experimentelle Grundlagen-Untersuchungen zum Brandschutz bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 in Holzbauweise* IRB-Verlag, Stuttgart 2001
- [45] Ohne Autor: *Vorbildlicher Viergeschosser*; bauen mit holz (2201) 12, S. 12 - 15

- [46] Brandner, u. a.: Mehrgeschossiger Holzhausbau Schweizer Ingenieur- und Technikerschule Biel, Biel 1997
- [47] Bredenbals, B.; Hallmann, H.: Holztafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau Bauforschung für die Praxis, Band 18, IRB-Verlag Stuttgart 1996
- [48] Lips-Ambs, F.-J.: Holzbau-High-Light im Norden: Die Abfertigungshalle des neuen Flughafens Gardemon bei Oslo erhält ein Dach aus Holz, bauen mit holz (1996) 2, S. 92 - 98
- [49] Ohne Autor: Ein Konzerthaus wie eine Stradivari bauen mit holz (2001) 109, S. 10 - 16
- [50] Gehlhoff, M.: Untersuchungen zur Verstärkung von Holz-Biegeträgern mittels Kohlefaser verstärkten Werkstoffen – Stand der Technik und Anwendungsbereiche; FH Eberswalde, FB Holztechnik, Diplomarbeit Eberswalde 2002
- [51] Liebe, M.; Steuerwald, Th.: Die Verbunddecke; bauen mit holz (2000); 4; S. 46 - 49
- [52] Faust, Th.; Selle, R.: Er Einfluss verschiedener Verbindungsmitte auf das Tragverhalten der Verbundfugen in Holz-Leichtbeton-Verbunddecken, Bautechnik, Berlin 79, (2002); 1; S. 33 - 41
- [53] DIN –Tagung: Neue Bemessungsregeln für Holzbrücken, 13.04.1999, DIN e. V., Berlin, 1999
- [54] Holschemacher, K.; Rug, W.; u. a.: Holz-Beton-Verbund, In: Holzbauforum Leipzig 2001, Verlag Bauwesen, Berlin 2001
- [55] Postulka, J.; Sandannes, J.: Berechnungsverfahren für eine Holz-Beton-Verbunddecke mit Nägeln als Verbindungsmitte, Bautechnik, Berlin 1999) 11; S. 1026 - 1030
- [56] Blaß, H.-J.; Sellegger, M.; van der Linden, M.: Trag- und Verformungsverhalten von Holz Beton-Verbundkonstruktionen Teil 1: In: bauen mit holz (1996), 5, Teil 2: In: bauen mit holz (1996), 6
- [57] Lukacz, I.: Holz-Beton-Verbundkonstruktionen bei Neubauten und in der Sanierung, In: 5. Eberswalder Holzkonferenz, 16. Nov. 2000; FH Eberswalde, 2000
- [58] Kothe, G.: Tragwerkserüchtigung im Holzbau durch Verbundbauweisen, In: 5. Eberswalder Holzkonferenz, 16. Nov. 2000; FH Eberswalde, 2000
- [59] Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V. (Hrsg.): 3. Hochschultag, Nürnberg, 26. April 2002
- [60] Holzbau-Magazin 2002, DRW-Verlag Weinbrenner, Stuttgart 2002
- [61] Donath, A.: Theoretische Untersuchungen zum Tragverhalten und zu Funktionseigenschaften von Biegeträgern in Beton-Holz-Verbundbauweise, Diplomarbeit; BTU Cottbus, 1998
- [62] Kenel, A.; Meierhofer, K.A.: Holz/Beton-Verbund unter langfristiger Beanspruchung EMPA-Bericht 115/39; Dübendorf 1998
- [63] Görlicher, R.: Historische Holztragwerke – Untersuchung, Berechnen und Instandsetzen, SFB 315; Universität Karlsruhe 1999
- [64] TU Karlsruhe, SFB 315, Erhaltung historischer bedeutsamer Bauwerke; Jahrbücher 1987 - 1998, Verlag Ernst und Sohn
- [65] Fritzen, K.: Eisschnellaufhalle Erfurt, bauen mit holz (2202) 2, S. 16 - 19
- [66] DIBT: Bauaufsichtliche Zulassung Z.9.1-208
- [67] DIBT: Bauaufsichtliche Zulassung Z.9.1-233
- [68] Induo-Systemholztechnik ([www.induo.de](http://www.induo.de))

## Technischer Bericht

## Hochhäuser in Südafrika

Den Kern vieler (der jüngst stark gewachsenen) Städte in der südafrikanischen Republik durchziehen die Straßen in einem rechtwinkligen Netz, überzogen wie ein Teppich mit anfänglich niedrigen Bauten, der später regellos von solitären Bauten durchwebt wurde. So auch in den drei größten Städten der SAR - Durban, Kapstadt und in der „heimlichen“ Hauptstadt Johannesburg. Von einigen maßlich wie wörtlich überragenden Hochhäusern berichtet dieser Beitrag von vier (Miet-) Bürohäusern.

### Bürohochhaus mit gewendelter Achteck-Fassade in Durban

**Örtliches** Das 24-geschossige Bürohaus der Southern Life (Insurance Co) (Bild 1) beherrscht als zweithöchstes Gebäude in Durban den Central Business District CBD (an der Ecke der 88 Field Street zur 362 West Street) mit einem lang gestreckten, rechtwinkligen Hausblock. Der nur



Bild 1. Neu gegen und mit Alt: Ansicht von Osten mit dem Neubau der Southern Life Insurance und dem ehemaligen Kopfbahnhof der National Railways (jetzt Sporthalle) in Durban

mäßig ausgebildete städtebauliche Zusammenhang mündet dort in eine zweistöckige Passage mit Laden Geschäften, welche den Hausblock von zwei seiner Grenzstraßen her durchzieht (von der West und der Pine Street). Die Ladenstraße bietet 2.496 m<sup>2</sup> vermieterbare Grundfläche. Darüber erhebt sich ein Büroturm mit 18.582 m<sup>2</sup> vermieterbarer Nutzfläche. Darunter liegt eine Tiefgarage mit rund 180 Pkw-Stellplätzen. Im Gebäudenkern sind die Aufzüge, Versorgungsschächte u. a. untergebracht.

**Das Tragwerk** wurde an die Außenseite gelegt und gliedert als sichtbare Grobstruktur das Gebäude (Bilder 2, 3). Die Geometrie des Turmes besteht aus zwei konzentrischen Achtecken, wobei deren Äußeres sich schraubenlinienförmig um das Innere im Gegenurzeigersinn emporwendelt (also keine „Spirale“ ab- oder zunehmenden Durchmessers bildet, wie in englischen Bauwerksbeschreibungen behauptet). Die schraubenlini-