

# Komplexe Werkstoffausnutzung im Ingenieurholzbau<sup>1)</sup>

Dr.-Ing. Wolfgang Rug, Bauakademie der DDR, Institut für Industriebau Berlin,  
Vorsitzender des Fachausschusses Ingenieurholzbau bei der KDT

## Einleitung

Die Forderung nach bewußtem Umgang des Menschen mit seiner Umwelt beinhaltet auch eine kritische Haltung zum Einsatz von Baustoffen für Gebäude und bauliche Anlagen – nicht nur in bezug auf ihre technisch-technologischen und ökonomischen – sondern auch auf ihre ökologischen Eigenschaften.

Dabei ist die Langlebigkeit dieser Produkte menschlichen Wirkens zum einen eine grundlegende Forderung an das Bauen, andererseits überträgt sie den Ingenieuren und Architekten eine große Verantwortung für die Gestaltung der Lebensräume der Menschen.

In der DDR wurden in der Vergangenheit Stahlbetonbauweisen, insbesondere unter Anwendung von Fertigteilen, zu Lasten anderer Bauweisen, wie Stahl- und Holzbau sowie Mauerwerksbau, vorrangig entwickelt und eingesetzt. Das Ergebnis stellt sich in einer kaum noch zu überbietenden Monotonie der Gebäudelösungen sowohl für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau als auch im Industriebau dar. Gleichzeitig verfügt unser Land über ein gewaltiges Produktionspotential für die Vorfertigung dieser Elemente sowie über eng spezialisierte Montagekapazitäten. Traditionelle Gewerke des Baugewerbes sind nur noch unterprivilegiert vorhanden und sind bei der Realisierung der anstehenden Aufgaben zur Instandhaltung der historischen Bausubstanz überlastet und auch überfordert.

Die Holzbaueise verfügt im deutschen Raum über eine lange Tradition, die sich in einer Vielzahl von historischen Bauten widerspiegelt. Neben einer Reihe von historischen Funktions- und Sakralbauten sowie Holzbrücken, die teilweise noch aus dem Mittelalter stammen und – dank dem hohen meisterlichen Können unserer Vorväter – bis in die Gegenwart standsicher und nutzungsfähig sind, existiert eine Vielzahl und Vielfalt von Funktionsgebäuden und Konstruktionen in der Industrie sowie im kommunalen Bereich. Diese Objekte stammen zum überwiegenden Teil aus dem Zeitraum vom Ende des 19. Jahrhunderts bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts (Bilder 1 und 2) und befinden sich – abgesehen von hauptsächlich durch eine fehlende planmäßige Instandsetzung sowie willkürliche physische Eingriffe hervorgerufene Schäden – im allgemeinen in nutzungsfähigem Zustand. Historische Konstruktionen sind gleichzeitig immer wieder gute Beispiele für funktions- und anforderungsgerechtes Bauen, deren Werkstoffausnutzung im Zusammenhang mit dem historischen Wissen der damaligen Baumeister steht (s. auch [8]).

Die komplexe Werkstoffausnutzung im Ingenieurholzbau beschränkt sich also auf zwei Bereiche, die rationelle Instandsetzung und Rekonstruktion alter Holztragwerke und die effektive Fertigung und Errichtung neuer Holzkonstruktionen bzw. deren sinnvolle Nutzung.

Bei beiden Entwicklungsrichtungen stehen wir gerade unter dem Aspekt der veränderten politischen Rahmenbedingungen vor völlig neuen Herausforderungen.

## Stand der Werkstoffverwendung im Bauwesen

Mit einem Anteil von 15 % am Verbrauch des Roh- und Werkstoffes Holz gehört das Bauwesen zu einem der großen Holzverbraucher in der DDR [9]. Bei aller Anerkennung für den hohen Entwicklungsstand (Bilder 3 und 4) auf dem Gebiet des Ingenieurholzbaues in den anderen deutschsprachigen Ländern Österreich, BRD und der Schweiz muß man berücksichtigen, daß das Bauwesen dieser Länder einen Anteil am Holzverbrauch von 50 % einnimmt. Für die anderen westeuropäischen Länder ergeben sich ähnliche Anteile.

Von unserem Aufkommen im Bauwesen werden 70 % für industrielle Produkte, wie Fenster, Türen, Binder, montagefähige Bauten, Verpackung und 20 % für die Bauproduktion, d. h. für Dachschalungen, Lattung, Fußböden und Eigenheimbau sowie 10 % für Hilfsmaterialien (Schalungs- und Rüstarbeiten) verwendet.

Rund 45 % des im Bauwesen eingesetzten Schnittholzes verwendet man für statisch tragfähige Holzbauteile und -konstruktionen. Für



Bild 1. Fachwerkhaus

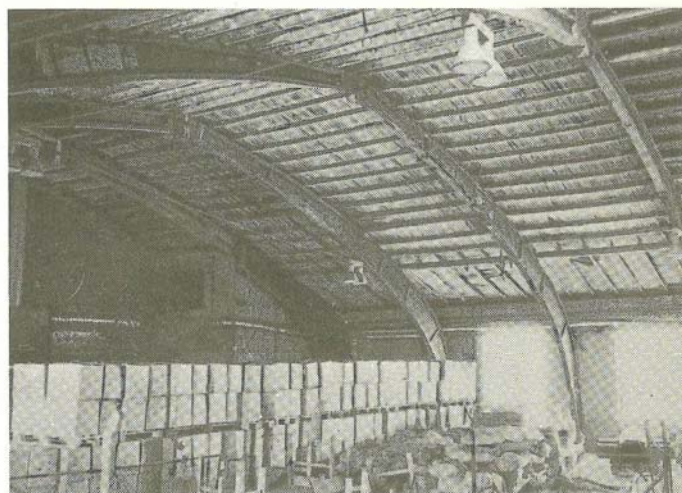


Bild 2. Lagerhalle in Original-Hetzerbauweise (Baujahr etwa 1920)

<sup>1)</sup> Vortrag anlässlich des VII. Holztechnischen Kolloquiums am 22. und 23. 2. 1990 in Dresden

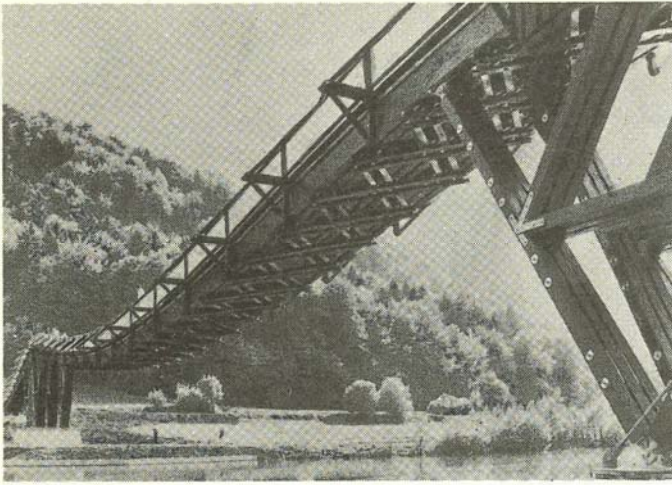


Bild 3. Fußgängerbrücke über dem Main-Donau-Kanal bei Esslingen, Spannweite des Mittelfeldes 73 m

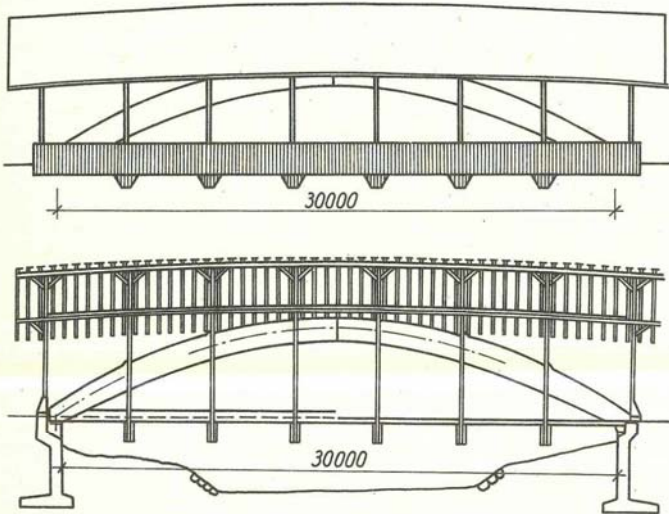


Bild 4. Beispiel für eine moderne Straßenbrücke in Holz

tragende Holzkonstruktionen wird in der DDR ausschließlich Nadelnschnittholz eingesetzt. Nach der alten Baupolitik wurden fast 90 % des Anteils für die Bauproduktion im örtlichen Bauwesen (im Eigenheimbau 23 %, für Instandsetzung der Wohnhausdächer 44 % und für die örtliche Versorgung 33 %) verwendet.

### Spezifik des Holzbaues

#### Materialbasis

Das für tragende Holzkonstruktionen eingesetzte Nadelnschnittholz wurde bisher aus Importen bereitgestellt.

Das Nadelnschnittholz weist in den letzten Jahren verstärkt die Qualitätsmerkmale der Güteklasse (GKI) III nach TGL 1170767 bzw. den Charakter von Minderholz auf. Die zulässigen Spannungen liegen für Nadelnschnittholz (NSH) der GKI I und II im Bereich international üblicher Werte, für GKI III deutlich darunter. Im Bereich des Kombirates BAUFA wurden jährlich etwa 30000 m<sup>3</sup> Nadelnschnittholz zu Brettschichtholz verklebt.

Das Brettschichtholz wird in 3 Sorten hergestellt, wobei 2 Sorten (Sorten 1 und 2) etwa die gleichen zulässigen Festigkeiten wie in der neuen Holzbaunorm der BRD (DIN 1052, Ausgabe 1988) aufweisen.

Die Fertigung von Brettschichtholz nach Sorten erfordert die Sortierung des Schnittholzes nach Güteklassen.

Zur Zeit wird in den Fertigungsbetrieben ausschließlich die visuelle Sortierung angewendet.

Laubholz und Rundholz werden international wieder mit Erfolg für Holzkonstruktionen verwendet. Im Bauwesen der DDR finden

beide Holzarten für industriell gefertigte Konstruktionen bisher keine Verwendung, obwohl die erforderlichen mechanischen Kennwerte im Standardwerk verankert sind.

Holzwerkstoffe, besonders Span- und Faserplatten, werden in der DDR ausschließlich als Ausbaumaterialien ohne Zuordnung statisch tragender Funktion eingesetzt.

Im Bauwesen werden nur etwa 5 % der in der DDR produzierten Spanplatten und etwa 30 % der in der DDR produzierten Faserplatten verwendet. Das ist vergleichsweise wenig, wenn man internationale Werte für Spanplatten im Bauwesen betrachtet:

Finnland	73 %
Schweden	49 %
Großbritannien/Schweiz/BRD	35...40 %

Die mechanischen Kennwerte der einheimischen Fabrikate entsprechen den in den internationalen Vorschriften als Mindestanforderung angegebenen Werten.

Die Ursache für den Nichteinsatz von Holzwerkstoffen, insbesondere von Spanplatten, aber auch von Faserplatten und Sperrholz als Konstruktionsmaterial ist darin zu sehen, daß diese Materialien für das Bauwesen bisher nicht in ausreichendem Maße und – besonders bei Spanplatten – nicht in der erforderlichen Qualität bereitgestellt werden konnten. So gewährleistet der für Spanplatten eingesetzte Harnstoff-Formaldehydleim keine feuchtigkeitsbeständige Verleimung der Platten und schränkt deren Einsatz im Innenraum von Gebäuden durch Formaldehydabgabe stark ein. Ausschließlich für den Einsatz im Fertighausbau (Bild 5) werden in der DDR in begrenztem Umfang Spanplatten mit modifizierten Eigenschaften, d. h. mit reduzierter Formaldehydabgabe, mit erhöhter Feuchtigkeits- und Feuerbeständigkeit hergestellt. Diese Platten entsprechen in ihren mechanischen Eigenschaften dem internationalen Stand. Sie sind allerdings ausschließlich für den genannten Einsatz verfügbar und können sowohl aus diesem Grunde als auch infolge Fehlens von Berechnungs- und Konstruktionsvorschriften im nationalen Vorschriftenwerk nicht für tragende Holzkonstruktionen eingesetzt werden.

Untersuchungen wurden zur Aufarbeitung von Abbruch- bzw. Altholz für tragende Baukonstruktionen, d. h. zur direkten Rückführung des Bauholzes in den Stoffkreislauf durchgeführt.

Es zeigt sich allerdings, daß

1. mit der traditionellen Sägewerktechnik das mit z. T. vielen metallischen Einschlüssen versehene großkalibrige Altholz schwierig zu bearbeiten ist,

2. neue technologische Verfahren, obwohl teilweise erprobt, nicht in die Praxis übergeführt wurden.

Die Baupolitik der letzten Jahre orientierte auf einen verstärkten Abriß der Gebäude, was zu einer jährlichen Vernichtung von Altholz in einer Menge von 15000 m<sup>3</sup> allein in Berlin führte.

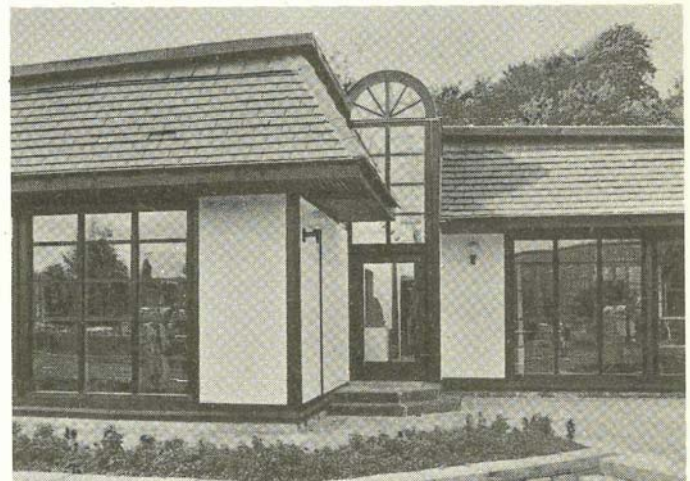


Bild 5. Pavillonbauweise; bei den Wandelementen und der Unterdecke werden Spanplatten eingesetzt

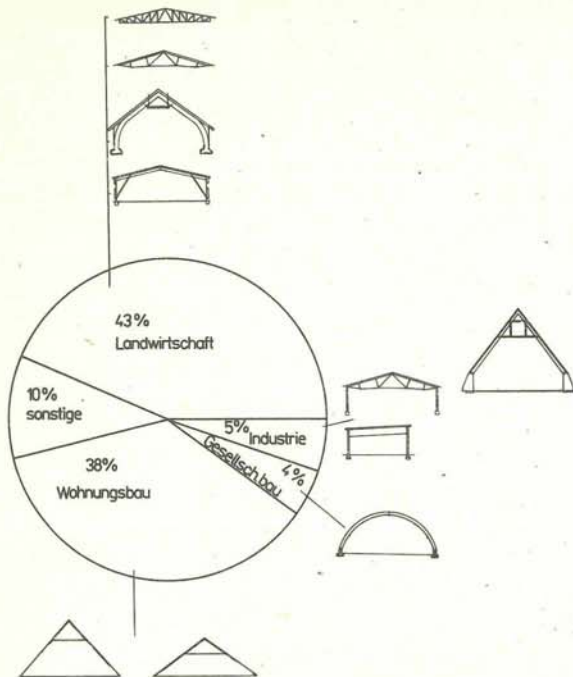
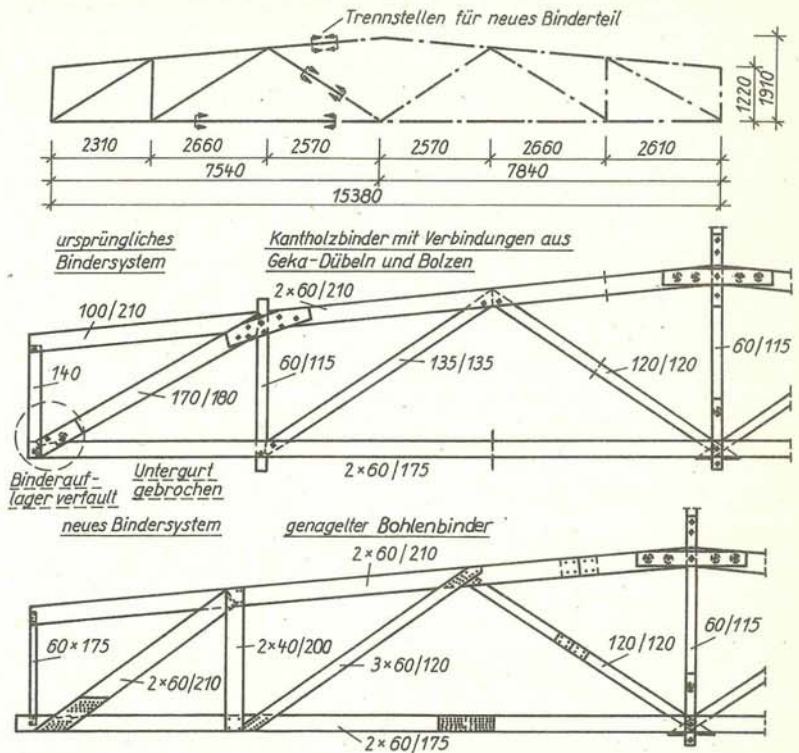


Bild 6. Anteil von Holzkonstruktionen nach Einsatzbereichen

Bild 7. Bauschäden an einem Fachwerkbinder einer Produktionshalle 160 m x 60 m infolge eingemauerter Binderauflager



Daß die Bevölkerung den Abriß von Gebäuden künftig einschränken will, ist zu begrüßen. Das Problem muß aber trotzdem gelöst werden.

#### Haupterzeugnisse und Konstruktionssysteme

Im Vergleich zum internationalen Stand läßt sich der nationale Entwicklungsstand der Holzbauweise folgendermaßen darstellen [6, 9, 10]:

##### *national*

- auf Zweckbauten orientierte Tragwerksformen
- vorrangig gerade geklebte Bauteile
- konsequente Vereinheitlichung der Konstruktionsprinzipien
- auf hohe Materialökonomie orientierte Entwicklung (Material ist bestimmender Kostenanteil)
- traditionelle Arten der Verbindungsmittel mit geringer Effektivität

##### *international*

- Vielzahl an Formen und Tragwerken, insbesondere bei geklebten Bauteilen
- Vereinheitlichung bestimmter Konstruktionsgrundsätze und Prinzipien, besonders hinsichtlich teilautomatisierter Fertigungsverfahren (Lohn ist der bestimmende Kostenanteil)
- Entwicklung einer Vielzahl neuer effektiver Verbindungen

In der DDR verlief die Entwicklung im Holzbau anders als in anderen Ländern. Auf der Grundlage einer traditionell starken Bindung des Holzbaues an nur zwei Anwendungsbereiche, den Landwirtschafts- und Wohnungsbau, blieb das Sortiment an Holzkonstruktionen sehr eingengt.

Der konstruktive Entwicklungsstand im Holzbau der DDR war durch eine konsequente Typen- und Serienentwicklung von Dachtragwerken in Nagel- und Klebebauweise gekennzeichnet, wobei sich der Anteil der genagelten Dachkonstruktionen von 87% (1977) auf etwa 60% (1984) reduziert hat. Die Konstruktionsgrundsätze und Prinzipien sind stark vereinheitlicht (Bild 6).

#### Forschungsergebnisse zur komplexen Werkstoffausnutzung im Ingenieurholzbau

Die komplexe Werkstoffausnutzung zeigt sich nicht in einer abschließlichen Orientierung auf eine Materialreduzierung.

Die Rationalisierung der serienmäßig hergestellten Holzkonstruktionen war jedoch durch die bisherige Preispolitik von einer stark einseitigen Orientierung geprägt. Komplexe Werkstoffausnutzung ist nur in konsequenter Einheit von Berechnung, Konstruktion und Technologie zu realisieren.

Einige Beiträge der seit 8 bis 10 Jahren wieder intensiver betriebenen Forschung auf dem Gebiet des Holzbaues zur komplexen Werkstoffausnutzung sollen an dieser Stelle vorgestellt werden:

#### Erarbeitung ingenieurtheoretischer und konstruktiver Grundlagen

Hauptschwerpunkt der Forschungsarbeit während der letzten Jahre war die Erarbeitung ingenieurtheoretischer und konstruktiver Grundlagen für eine neue Generation von Standards (Tabelle 1) für Entwurf und Berechnung von Holzbauten. Mit der Einführung dieser Standards wird das teilprobabilistische Sicherheitskonzept erstmals im Holzbau der DDR eingeführt.

Das neue Sicherheitskonzept ermöglicht es, den Beanspruchungsgrad genauer rechnerisch zu erfassen und damit die Effektivität des Materialeinsatzes zu erhöhen [1, 15-22].

Das Standardwerk entspricht dem Eurocode 5 der künftigen EGNorm. Die Annäherung an die weltweiten Harmonisierungsbestrebungen erforderte zahlreiche spezielle Untersuchungen, wie zur Klassifizierung des Bau- und Brettschichtholzes nach der Festigkeit [2, 15], dem Langzeitverhalten [16], dem Einfluß der Feuchte und Trägerhöhe auf die Festigkeit von Brettschichtholz [2, 16], zur Tragfähigkeit der Verbindungsmittel [20] oder zur Wirkung aggressiver Medien auf die Festigkeit von Holz [4, 18].

Erstmals enthält das neue Standardwerk auch Festlegungen zum Entwurf und zur Berechnung von Holzwerkstoffkonstruktionen. Im Zusammenhang mit der Annäherung an den internationalen Trend wurden auch neue Sortierverfahren untersucht. Die maschinelle Sortierung von Bau- und Brettschichtholz ist ein zuverlässiges und ökonomisches Verfahren zur Sortierung von Holz, insbesondere bei schlechter werdender Güte des Holzes oder eines verstärkten Einsatzes von Laubhölzern [2, 20].

#### Bauzustandserfassung, Instandsetzung, Rekonstruktion

Die Erhaltung der vorhandenen Bauwerke (Bild 7) und ihre sinnvolle Weiternutzung gewinnen in der Bautätigkeit europaweit Priorität. Die in den vergangenen 25 Jahren auf dem Gebiet der Bauzustandserfassung, Instandsetzung und Rekonstruktion von

Tabelle 1. Holzbaunormen in der DDR in den 90er Jahren

Bereich	Zeit: 1990 bis 2000
Berechnung und bauliche Durchbildung nach zulässigen Spannungen	Tragwerke TGL 33135/01: Holzbau, Tragwerke, Berechnung, Bauliche Durchbildung (Ausg. 1/84, 1. Änd. 5/87, 2. Änd. 9/89)
	Holzbrücken TGL 42704: Brücken im Verkehrsbau, Holzbrücken, Berechnung und bauliche Durchbildung (Ausg. 7/86)
Sortierung	TGL 33135/03: Bauschnittholz, Gütebedingungen
Berechnung und bauliche Durchbildung nach Grenzzuständen	TGL 33135/04: Holzbau, Tragwerke, Berechnung, bauliche Durchbildung
	Tragwerke TGL 33135/05: Bauzustandsanalyse, Instandsetzung, Verstärkung, Berechnung, bauliche Durchbildung
	TGL 33135/06: Bauteile in Tafelbauart, Berechnung, bauliche Durchbiegung (Holzwerkstoffkonstruktionen)
Sortierung	TGL 33135/07: Sortiermaschinen, Prüfung und Registrierung
	TGL 33135/08: Maschinelle Sortierung, Eignungsnachweise
Technische Forderungen, Qualitäts-sicherung	Verb.-mittel TGL 33135/02: Holzbau, Tragwerke, Techn. Forderungen am Verbindungsteil
	Bauteile TGL 33136/01: Holzbau, Bauteile aus Brettschichtholz geklebt, Techn. Bedingungen
	TGL 33136/02: Holzbau Bauteile aus Brettschichtholz geklebt, Qualitätssicherung

Holzbauwerken gewonnenen Erkenntnisse [4–6, 12–15, 25] werden z. Z. zu einem speziellen Standardteil im neuen Normprojekt zusammengefaßt. Die Einführung dieser Standards sichert ein einheitlicheres und zuverlässigeres Herangehen an die Rekonstruktion alter Holztragwerke. Eine sorgfältige Analyse des Bauzustandes ist sehr wesentlich, um die Faktoren, die die Sicherheit der vorhandenen Konstruktionen beeinflussen, zu erkennen.

Bei der Berechnung von neuen Holzbauwerken wird ein Abfall der Festigkeit des Holzes über eine Standzeit von 50 Jahren um 40% berücksichtigt. Wie ist das aber bei Konstruktionen, die 100 bis 400 Jahre stehen?

Zu diesen Problemen wurden spezielle Untersuchungen an Altholz durchgeführt (Bild 8).

Es zeigte sich, daß Altholz, wenn es durch biologische oder chemische Einflüsse nicht geschädigt wurde, die gleiche Festigkeit wie Neuholz hat [13].

#### Verwendung anderer Holzarten

Die fast ausschließliche Verwendung von Nadel-schnittholz ließ bei einer immer prekärer werdenden Versorgung die Frage nach der Verwendung anderer Holzarten aufkommen. Gegenwärtig laufen Untersuchungen zum Einsatz weicher Laubhölzer oder von Rundholz. Bild 9 zeigt ein Raumbachwerk aus Rundholz [26].

Rundholz, das 40% weniger kostet als Schnittholz, aber eine um 15% höhere Festigkeit hat, wurde in den letzten 30 Jahren weniger verwendet. Eine möglichst einfache Verbindung zwischen den Stäben soll die Anwendung für billige Zweckbauten fördern. Mit der im Bild 9 gezeigten Verbindungslösung können stützenfreie Räume von 6 m × 9 m, 9 m × 9 m oder 9 m × 12 m überdacht werden. Rundholztragwerke in gehobelter Ausführung sind auch für Bauwerke mit ästhetischen Ansprüchen verwendbar. In Vorbereitung befindet sich ein Projekt für eine Tribünenüberdachung in Cottbus. Gegenwärtig laufen Untersuchungen in Richtung eines

Verbindungsknotens mit hoher Tragfähigkeit für Spannweiten von 20...30 m × 30 m.

#### Einführung neuer Wirkprinzipien

Durch die Einführung neuer Wirkprinzipien im Holzbau kann der Veredlungsgrad der Konstruktionen erhöht sowie das eingesetzte Material bedeutend besser ausgenutzt werden. Es wurden umfangreiche Grundlagenuntersuchungen an bewehrten und vorgespannten Holzbalken vorgenommen [24]. Untersucht wurde die Bewehrung von Brettschichtholzbauteilen mit flächigen und punktförmigen Verstärkungselementen aus Stahl und Glasfaser bei verschiedenen Bewehrungsanteilen sowie die Vorspannung von Bauteilen mittels in das Holz eingelegter Spannglieder. Das Prinzip der Vorspannung läßt sich weiterhin als Möglichkeit für die nachträgliche Verstärkung von Holzkonstruktionen einsetzen [23].

Das wissenschaftliche Ergebnis der Untersuchungen zur Bewehrung von Holzkonstruktionen ist vor allem durch die mit Glasfaser-materialien erreichbare Verstärkung von biegebeanspruchten Brettschichtholzbauteilen im Bereich der Keilzinkung an der Zugseite praxisrelevant (Bild 10).

Durch die Verstärkung der Keilzinkung in der äußeren Lage steigt die Festigkeit des Trägers gegenüber einem vergleichbaren unverstärkten Träger nicht an, es ist jedoch eine beträchtliche Verringerung der Streuung zu beobachten.

Der Wert des 5%-Quantils der Bruchfestigkeit liegt dadurch für die verstärkten Träger um etwa 10% höher. Die Untersuchungen zur Anwendung der Vorspannung im Holzbau beinhalten die Vorspannung mit und ohne Verbund bei gerader und gekrümmter Spanngliederführung.

#### Ausblick

Die gesellschaftlichen Veränderungen werden ohne Zweifel zu einer beschleunigten Integration der DDR in die internationale Ent-

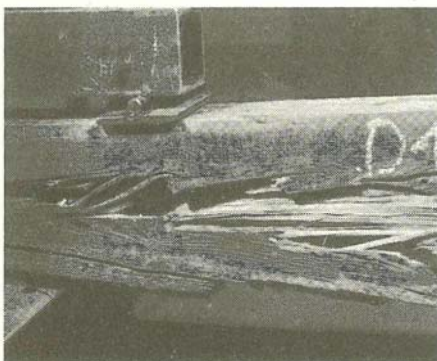


Bild 8. Traglastversuch an Altholzbalken

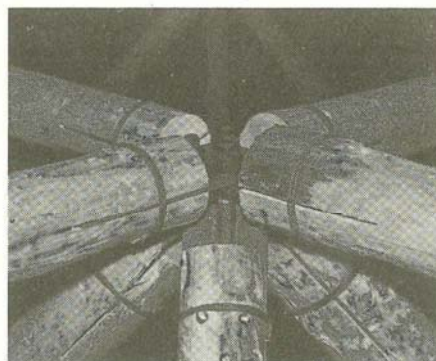


Bild 9. Raumbachwerk aus Rundholz

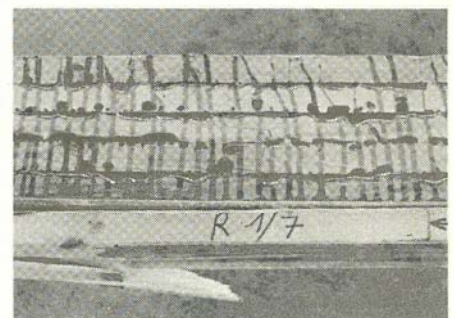


Bild 10. Brettschichtholzbalken mit verstärkter Keilzinkung nach dem Belastungsversuch (Verstärkungsmaterial: glasfaserverstärkter Kunststoff)



Bild 11. Laub-Mischwald als künftige Rohstoffquelle

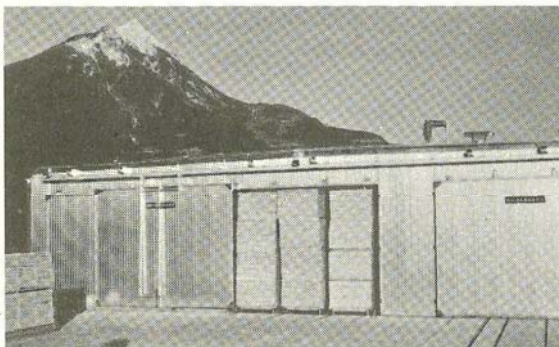
wicklung führen. Dabei sind vor allem auch wesentliche Verbesserungen in der technologischen Erneuerung der DDR-Betriebe und eine notwendige Reorganisation der Zimmereiindustrie zu erwarten.

Deutschland hat eine lange Tradition in der Holzforschung und die vergangene sowie die künftige bauliche Verwendung des in seiner Reproduzierbarkeit unikalenen Roh- und Werkstoffes wirft immer wieder neue Probleme auf. Dies rechtfertigt eine komplexere Erforschung der vielfältigen Verwendung des Holzes, und es wäre zu begrüßen, wenn dies künftig im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprogrammes auf nationaler Ebene unter Leitung einer neuen Körperschaft, z. B. der Gesellschaft für Holzforschung, erfolgen würde.

#### Literaturverzeichnis:

- [1] *Apitz, R.*: Beitrag zur Bestimmung der Festigkeitskennwerte von Bauholz bei Biegebeanspruchung für die Bemessung nach der Methode der Grenzzustände. – 1985. – Wismar, Ingenieurhochschule, Diss. A
- [2] *Badstube, M.; Rug, W.; Schöne, W.*: Longterm tests with glued laminated timber girders = CIB W 18 Meeting: CIB W 18 A Paper 22-9-2; Berlin/Academy of Building of the GDR, Institute for Industrial Buildings
- [3] *Erler, K.*: Bauzustandsanalyse und Beurteilung der Tragfähigkeit von Holzkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung der Korrosion des Holzes. – 1988, Wismar, Ingenieurhochschule, Diss. B
- [4] *Kothe, E.*: Methoden zur Bestimmung der Festigkeit von alten Holzkonstruktionen: Forschungsbericht/Technische Universität. – Dresden, 1987
- [5] *Kothe, E.*: Moderne zerstörungsarme Prüfmethode zur Beurteilung verbauten Holzes. – In: *Bauzeitung*. – Berlin 40 (1986) 12. – S. 543–545
- [6] *Mönck, W.*: 40 Jahre im Dienste des Holzbaues. – In: *Bauforschung Baupraxis*. Heft 204. – Berlin, 1987
- [7] *Mönck, W.*: Schäden an Holzkonstruktionen – Analyse und Behebung. – in *Vorbereitung*
- [8] *Rug, W.; Schmidt, H.*: Zur Entwicklung des Holzbaues. – In: *Holztechnologie*. – Leipzig 30 (1989) 4. – S. 186–193
- [9] *Rug, W.; Kreißig, W.*: Zur Weiterentwicklung des Ingenieurholzbaues in der DDR. – In: *Bauen mit Holz*. – Karlsruhe 90 (1989) 11. – S. 758–760, 762–764, 766
- [10] *Rug, W.*: Internationale Holzbautagung, Teil 1. – In: *Bauforschung Baupraxis*, Heft 204. – Berlin, 1987
- [11] *Rug, W.*: Internationale Holzbautagung, Teil 2. – In: *Bauforschung Baupraxis*, Heft 205. – Berlin, 1987
- [12] *Rug, W.; Seemann, A.*: Untersuchungen zur Festigkeit von Altholz. – In: *Bauen mit Holz*. – Karlsruhe 91 (1989) 10. – S. 696–699
- [13] *Rug, W.; Krüger, K.*: Erhaltung alter Holztragwerke. – In: *Bauen mit Holz*. – Karlsruhe 91 (1989) 9. – S. 696–699
- [14] *Rug, W.; Badstube, M.*: Research towards a Future Timber Engineering Design Standard = International Conference on Timber Engineering. Seattle, Washington, 1988
- [15] *Rug, W.; Badstube, M.; Kofent, W.*: New GDR timber design code state and development = CIB-W 18 Meeting: CIB-W 18 A Paper 22-102-1; Berlin/Academy of Building of the GDR, Institute for Industrial Buildings
- [16] *Rug, W.; Badstube, M.; Schöne, W.*: The dependance of the bending strength on the glued laminated timber girder depth = CIB-W 18 A Meeting: CIB-W 18 A Paper 22-12-1; Berlin/Academy of Building of the GDR, Institute for Industrial Buildings
- [17] *Rug, W.; Erler, K.*: Modificationfactor "Aggressive Medien" proposal for a supplement of CIB Model Code = CIB-W 18 Meeting: CIB W 18 A Paper 22-100-4; Berlin/Academy of Building of the GDR; Institute for Industrial Buildings
- [18] *Rug, W.; Badstube, M.; Pleßow, R.*: Reliability-theoretical investigation into timber components = CIB-W 18 Meeting: CIB W 18 A Paper 22-1-1; Berlin/Academy of Building of the GDR, Institute for Industrial Buildings
- [19] *Rug, W.; Pötke, W.*: Raumbachwerk aus Rundholz. – In: *Holztechnologie*. – Leipzig 31 (1990) (in Vorbereitung)
- [20] *Rug, W.*: 22. Jahrestagung „Timber Structures“. – In: *Holztechnologie*. – Leipzig 31 (1990) 3. – S. 161–163
- [21] *Rug, W.*: Holzbau, Jahrestagung CIB W 18 A, Berlin 1989, Bericht RGW-Beiträge und Ausstellung. – In: *Bauforschung Baupraxis* (1990) (in Vorbereitung)
- [22] *Rug, W.*: Bauschäden an verbretterten Holzbindern eines Industriegebäudes. – In: *Bauplanung-Bautechnik*. – Berlin 44 (1990) 3. – S. 116–118
- [23] *Rug, W.*: Bewehrte und vorgespannte Holzkonstruktionen, ein Beitrag zur höheren Veredelung des Baustoffes Holz und zur Weiterentwicklung des Ingenieurholzbaues. – 1986. – Berlin. Bauakademie der DDR, Diss. A
- [24] *Rug, W.; Pötke, W.*: Vorspannung von Holzträgern. – In: *Bauplanung Bautechnik* – Berlin 42 (1988). – S. 252–257
- [25] *Zimmer, K.-H.; Kothe, E.*: Zerstörungsarme Diagnoseverfahren für den Bauzustand von Holzkonstruktionen und deren Interpretation. – In: *Bauzeitung*. – Berlin 39 (1985) 3. – S. 129–131
- [26] *Zimmer, K.-H.*: Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen = 12th Congress: Vortrag Vancouver, SC, September, 1984

## BRUNNER SCHNITTHOLZTROCKNER – DER ERSTE SCHRITT ZUM QUALITÄTSPRODUKT !!



Seit über 40 Jahren bewähren sich unsere Trocknungssysteme auf dem internationalen Markt – auch in der DDR!  
Konsequente Technik, hoher Qualitätsstandard und unsere modernen Computersysteme haben uns weltweit zum Marktführer gemacht.  
Über 10000 gelieferte Trocknungsanlagen sind eindeutiger Beweis unserer Leistungen.

WIR SEHEN UNS – HERBSTMESSE LEIPZIG

Stand: 341      Halle: 5

Dipl.-Ing. BRUNNER GMBH  
Verworkstr. 9  
D-3007 Gehrden-Hannover  
Tel. 05108/7040 Tx 921482 brun d  
Fax 05108/8133

ein Unternehmen der  
Gruppe

**BRUNNER  
HILDEBRAND**