

# holz technologie

**Wissenschaftlich-  
technische Zeitschrift  
für die  
holzverarbeitende  
Industrie**

**6 · 86**



**VEB Fachbuchverlag Leipzig**

ISSN 0018-3881  
Holztechnologie  
Leipzig 27 (1986) 6, Nov./Dez.  
S. 281-336

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift  
für die Holzverarbeitende Industrie

### Herausgeber

VEB Wissenschaftlich-Technisches Zentrum  
der Holzverarbeitenden Industrie, Dresden

### VEB Fachbuchverlag Leipzig

Verlagsdirektor: Dr. Erhard Walter  
Karl-Heine-Straße 16  
Postschließfach Nr. 67, Leipzig, DDR-7031  
Fernruf 4 95 00 · Fernschreiber 051 451

### Redaktion

Chefredakteur der Zeitschriftengruppe:  
Wolfgang Hujer  
Dieter Zemmrich, verantwortlicher Redakteur  
Karl-Heine-Straße 16, Leipzig, DDR-7031  
Fernruf 4 95 01 34  
Christoph Pollmer, Redakteur  
Zellescher Weg 24, Dresden, DDR-8020  
Fernruf 4 66 22 42

### Redaktionsbeirat

Vorsitzender:  
Doz. Dr.-Ing. Olaf Merker  
Mitglieder:  
Dipl.-Forsting. Konrad Fischer  
Prof. Dr. sc. techn. Roland Fischer  
Dr.-Ing. Roland Grüner  
Ing. Hans Hauser  
Dr.-Ing. Richard Kusian  
Ökon. Richard Laue  
Dr. rer. silv. Günter Lehmann  
Ing. Karl-Heinz Lehmann  
Dipl.-Ing. Bernd Mammitzsch  
Ing. Wolfgang Nörthemann  
Dipl.-Ing. Fritz Peschka  
Dipl.-Ing. Wolf Scheibert  
Dr.-Ing. Hubert Watzke  
Dr. rer. nat. Günter Zeppenfeld

Korrespondierende Mitglieder:  
Prof. Dr. sc. B. S. Čudinov, Krasnojarsk  
Prof. Dr. W. Fabiszewski, Warschau  
Dr. J. Hadnagy, Budapest  
Dr. M. Matejak, Warschau  
Dipl.-Ing. J. Perláč, CSC., Bratislava  
Prof. Dr. Dr. h. c. A. N. Pesockij, Leningrad  
Prof. Dr. M. Wnuk, Poznań

### Lizenz

Veröffentlicht unter Lizenz-Nr. 1136  
des Presseamtes beim Vorsitzenden  
des Ministerrates der Deutschen  
Demokratischen Republik

### Gesamtherstellung

LVZ-Druckerei „Hermann Duncker“

### Urheberrechtsvorbehalt

Alle Rechte vorbehalten.  
Nachdruck, Auszüge und Übersetzungen nur  
mit Quellenangabe und Zustimmung der  
Berechtigten über den Verlag gestattet.

### Bezugsbedingungen

Artikel-Nr. (EDV) 14220  
Erscheint sechsmal jährlich.  
Jahresbezugspreis für das Ausland 51,- DM,  
Preis je Heft 8,50 DM. Diese Preise gelten  
ausschließlich Mehrwertsteuer, Verpackungs-  
und Versandkosten.  
Der gültige Jahresbezugspreis für die DDR  
ist der Postzeitungsliste zu entnehmen.

Rug, W.

Stand und Entwicklungstendenzen im Holzbau . . . . . 281

Anlage zur Hochfrequenz-Zahnschärfung . . . . . 287

Badstube, M.; Rug, W.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Bemessung nach Grenzzuständen in  
Vorbereitung auf den neuen DDR-Standard Holzbau . . . . . 288

Ivanov, J. M.; Slavik, Ů. Ů.

Festigkeit einer Klebeverbindung in Holzkonstruktionen unter Langzeitbe-  
lastung . . . . . 295

Nozynski, W.

Einfluß der Anzahl der Klebfugen auf die Durchbiegung von Brettschicht-  
holz (BSH) . . . . . 296

Apitz, R.

Vorschlag von Festigkeitsklassen für Nadelschnittholz und Möglichkeiten der  
Sortierung . . . . . 299

Ronai, F.

Zeitabhängige Eigenschaften von Holzkonstruktionen bei Dauerbelastung . . 300

Steller, S.; Lexa, J.

Zur Problematik der Lebensdauer von Holz und Holzwerkstoffen . . . . . 303

Müller, B.-G.; Schaarschmidt, M.

Bohrautomat für das axiale Tieflochbohren von Rundstäben großer Länge . . 306

Jahresregister 27 (1986) . . . . . 307

Götze, H.; Schultze-Dewitz, G.

Strukturuntersuchungen an Holz einer 250 Jahre alten Kiefer (*Pinus sil-  
vestris* L.) . . . . . 311

Geißler, W.; Kornmann, P.

Zur Methodik der Entwicklung von Einrichtungen und Prozessen für die Her-  
stellung geschäumter Schmelzklebstoffe . . . . . 313

Dobrowolska, E.; Neumüller, J.; Kühne, G.

Entwicklung einer Meßmethode zur Untersuchung der Formbeständigkeit  
von Spanplatten . . . . . 316

Leipziger Herbstmesse 1986 im Zeichen des technischen Fortschritts . . . . . 320

Molenda, Z.

DREMA-86 in Poznań – Internationale Fachmesse für Holzbearbeitungsma-  
schinen . . . . . 327

Steigerung der Arbeitsproduktivität im Sägewerk durch Einsatz eines mi-  
kroelektronischen Steuerungssystems . . . . . 330

Kurz berichtet . . . . . 332

Symposien . . . . . 333

Bücher . . . . . 334

Lizenzen . . . . . 334

Dokumentation . . . . . 335

# Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Bemessung nach Grenzzuständen in Vorbereitung auf den neuen DDR-Standard Holzbau<sup>1)</sup>

Dr.-Ing. Manfred Badstube und Dipl.-Ing Wolfgang Rug, Bauakademie der DDR, Institut für Industriebau, Berlin

## Einleitung

Die bessere Ausnutzung der mechanischen Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen bedingt die ständige Verbesserung der Berechnungs- und Bemessungsverfahren bzw. die Einführung neuer Verfahren. Der Übergang vom Bemessungsverfahren nach zulässigen Spannungen zum Verfahren nach Grenzzuständen im Holzbau ist ein erster Schritt in Richtung eines probabilistischen Sicherheitskonzepts, das es allgemein ermöglicht, den tatsächlichen Nutzungszustand und Beanspruchungsgrad des eingebauten Materials genauer rechnerisch zu erfassen und somit die Effektivität des Materialeinsatzes zu erhöhen.

Die Vorschriften der ČSSR, der VR Polen und der UdSSR basieren schon seit Jahren auf diesem semiprobabilistischen Sicherheitskonzept. Sie wurden inzwischen weiterentwickelt. Auch in den nordischen Ländern Europas [10, 24, 35], in Kanada und Frankreich basieren die Holzbaunormen auf der Methode der Grenzzustände. In Großbritannien, den USA, der BRD und Österreich wird an der Umstellung des Normkonzepts gearbeitet (s. auch [12, 33, 34, 39]). Entsprechend einer internationalen Abstimmung innerhalb des RGW [1] besteht die Verpflichtung der DDR, für alle Bauweisen die Berechnungsvorschriften von der Methode der zulässigen Spannungen auf die Methode der Berechnung nach Grenzzuständen umzustellen. Gleichzeitig arbeiten die RGW-Länder gemeinsam an einem einheitlichen Holzbaustandard [11].

Der Holzbau in der DDR hat seit einigen Jahren mit den notwendigen Forschungsarbeiten begonnen [1, 2, 3, 5, 9, 16, 33, 34, 43, 45, 47]. Seit 1984 wird die Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Bemessung nach Grenzzuständen durch einen KDT-Fachausschuß koordiniert [32]. Bei der weiteren Arbeit am zukünftigen Standardwerk ist der internationale Trend auf dem Gebiet der Standardisierung im Holzbau zu berücksichtigen und die Arbeit auf eine weitestgehende Annäherung an den internationalen Stand auszurichten. International wird seit Jahren an einer Harmonisierung der Holzbaunormen gearbeitet [14, 22] (s. auch [31, 36]). Damit sollen vorrangig technische Handelshemmnisse beseitigt werden. Die Harmonisierung der Holzbaunormen wird durch den RGW und die CIB<sup>2)</sup>-Arbeitsgruppe W 18 (Timber Structures) vorangetrieben. Seit 1983 liegen erste Normvorschläge für die Berechnung und Konstruktion von Holzbauten vor [10, 11]. Gegenüber dem RGW-Entwurf [11] ist die Vereinheitlichung bei der CIB-Norm [10] am weitesten fortgeschritten. Der 1983 erschienene Entwurf der ISO<sup>3)</sup> [20] entspricht im wesentlichen dem CIB-Vorschlag. Charakteristisch für die zur Zeit vorliegenden überregionalen Normen [10, 20] ist eine Angleichung der Berechnungsalgorithmen und bestimmter konstruktiver Festlegungen entsprechend dem neuesten wissenschaftlich-technischen Stand. Festlegungen zu den Materialfestigkeiten, obwohl angestrebt [9], enthalten überregionale Normen in der Regel noch nicht, da hier national bei den vorhandenen Materialien, Sortier- und Prüfvorschriften noch zu große Unterschiede bestehen. Die RGW-Norm ist auf die Berechnung nach Grenzzuständen ausgerichtet. Die anderen Normen gelten unabhängig vom Sicherheitskonzept.

Auch bei den Prüfstandards ist durch die Initiative der CIB-W 18-Gruppe die Vereinheitlichung schon weit gediehen.

<sup>1)</sup> Vortrag anlässlich der Tagung „Technisch-technologische Grundlagen für die Anwendung von Ingenieurholzkonstruktionen zur Senkung des spezifischen Holzeinsatzes“ (Dresden, 11. bis 12. 12. 1986)

<sup>2)</sup> CIB – Internationaler Rat für Forschung, Studium und Dokumentation im Bauwesen

<sup>3)</sup> ISO – Internationale Standard Organisation

<sup>4)</sup> RILEM – Reunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux

Die Normenempfehlungen werden gemeinsam mit der RILEM<sup>4)</sup> herausgegeben [28 bis 31], und sie sind richtungweisend für die künftigen Prüfversuche in der DDR.

Nachfolgend wird über den gegenwärtigen Stand der Bearbeitung des künftigen Holzbaustandards berichtet. Die Bearbeitung erfolgt in enger Gemeinschaftsarbeit zwischen dem Forschungsinstitut Baufa, der Ingenieurhochschule Wismar, der Bauakademie der DDR – Institut für Industriebau und der Technischen Universität Dresden. Die nachfolgenden Beiträge [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 33, 35, 44, 45, 46, 47, 48] ergänzen die Darstellung (weitere Informationen in [9, 33]).

## Gegenwärtiger Stand der Bearbeitung des Berechnungsstandards

Zur Zeit liegt der 1. Entwurf des künftigen Berechnungsstandards vor. Er enthält unter anderem für Tragwerke aus Bau- und Brettschichtholz sowie für die gebräuchlichen Verbindungsmittel die Nachweisführung nach der Methode der Grenzzustände, Norm- und Grundwerte der Rechenfestigkeiten und Grund- und Mittelwerte der Elastizitäts- und Gleitmodule sowie die Anpassungsfaktoren. Die Gliederung des Standards erfolgte in Anlehnung an die ISO- und CIB-Norm [8, 10] und die gegenwärtig gültige DDR-Norm [41]. Die Bezeichnung entspricht im wesentlichen der ISO-Norm [10]. (Zusammenstellung der verwendeten Symbole und Indizes.) Die Norm- und Grundwerte werden hierbei sowohl für visuell als auch maschinell sortiertes Holz angegeben.

## Grenzzustände

Man unterscheidet 2 Arten der Grenzzustände:

a) Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT).

Sie besagen: Während der gesamten Nutzungszeit eines Bauwerks muß die größtmögliche Beanspruchung kleiner (gleich) sein, als die kleinstmögliche Beanspruchungsfähigkeit des Materials. Ein Überschreiten dieses Grenzzustandes führt zur völligen Unbrauchbarkeit der Holzkonstruktionen.

Zu den Nachweisen der GZT gehören:

- Festigkeit der Tragglieder,
- Festigkeit der Verbindungen,
- Stabilität der Tragglieder,
- Kippen, Abheben des Bauwerks u. a.

Die Nachweise GZT können hierbei mittels der Rechenwerte der Lasten – Gleichung (1), der Schnittgrößen – Gleichung (2), der Spannungen – Gleichung (3) geführt werden.

$$S \leq R_F \quad (1)$$

oder

$$M; N; V = R_M; R_N; R_V \quad (2)$$

oder

$$\sigma \leq R \quad (3)$$

Es bedeuten:

- S – Rechenwert der Lasten in N
- $R_F$  – Rechenwert der aufnehmbaren Last in N
- M – Rechenwerte der aufnehmbaren Schnittgrößen
- N – Rechenwert der Spannungen in N/mm<sup>2</sup>
- V – Rechenwert der Festigkeit in N/mm<sup>2</sup>

$$R = R^0 \cdot \prod_{i=1}^n \gamma_{mi} \quad (4)$$

$$R^0 \leq R_1 \% \quad (5)$$

Es bedeuten:

- $R^0$  – Grundwert der Rechenfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>
- $\gamma_{mi}$  – Anpassungsfaktor

b) Grenzzustände der Nutzungsfähigkeit (GZN).

Sie besagen: Während der gesamten Nutzungszeit eines Bauwerks muß die Verformung der Konstruktion infolge der Normlasten kleiner (gleich) sein als ihr projektgemäßer Grenzwert (Gleichung (6)). Ein Überschreiten dieses Grenzzustandes schränkt die projektgemäße Nutzung der Konstruktion ein.

$$U \leq U_1 \quad (6)$$

Zu den Nachweisen der GZN gehören:

- Verformung der Tragglieder
- Schwingungen der Traglieder
- Lageveränderungen des Bauwerks

### Sortierung und Festigkeitsklassen

Die Effektivität der Bemessungsverfahren im Holzbau läßt sich bedeutend erhöhen, wenn man zukünftig die Sortierparameter der visuellen Sortierung wie Äste, Risse, Faserabweichungen, Flügeligkeit u. a. um die Sortierparameter der maschinellen Sortierung wie Rohdichte und Biegeelastizitäts-

Tabelle 1. Korrelationskoeffizienten zwischen Sortierkriterien und Festigkeitseigenschaften, ermittelt an Brettern und Bohlen aus europäischem Nadelholz nach [44]

Sortierparameter	Korrelation mit		
	Biegefestigkeit $R_m$	Zugfestigkeit $R_t$	Druckfestigkeit $R_c$
1 Visuelle Sortierung nach DIN 4074	0,5	0,6	0,4
2 Rohdichte	0,5	0,5	0,6
3 Jahrringbreite	0,4	0,5	0,5
4 Ästigkeit	0,5	0,6	0,4
5 Faserabweichung	0,2	0,2	0,1
6 Biege-E-Modul $E_m$	0,7...0,8	0,7...0,8	0,7...0,8
7 Rohdichte und Ästigkeit	0,7...0,8	0,7...0,8	0,7...0,8
8 $E_m$ -Modul und Rohdichte	0,7...0,8	0,7...0,8	0,7...0,8
9 $E_m$ -Modul und Ästigkeit	0,8	0,8	0,8

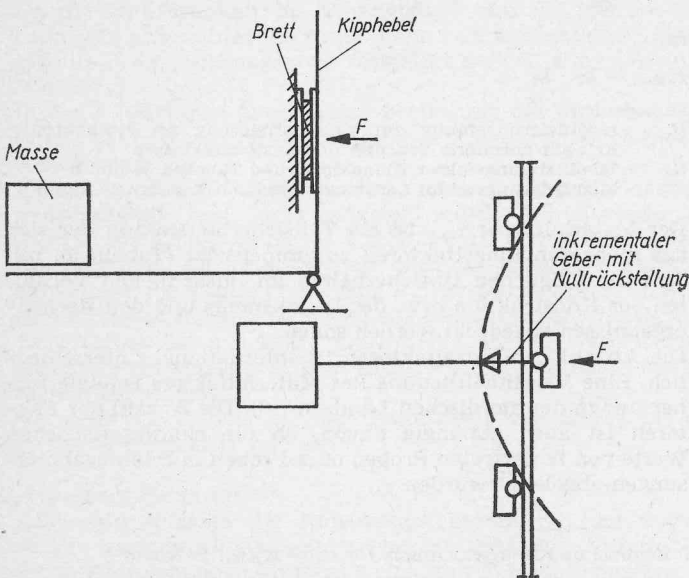


Bild 1. Prinzipskizze des Sortiergestells

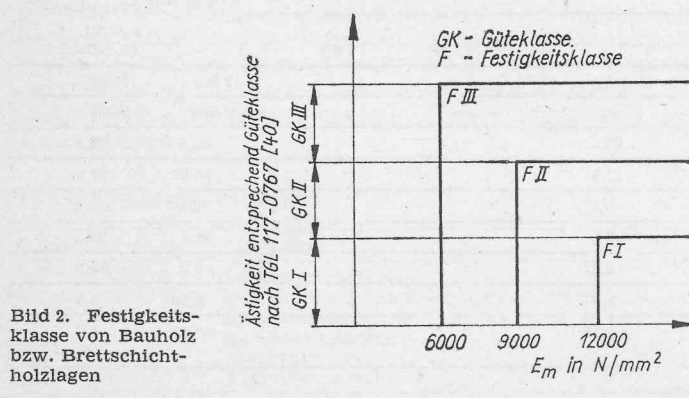


Bild 2. Festigkeitsklasse von Bauholz bzw. Brettschicht-holzlagen

Tabelle 2. Versuchsergebnisse von Bauholz (nach Untersuchungen in [1])

Holzart:	Kiefer
Güteklasse:	II
Probenzahl:	129
Probengröße:	30 mm · 90 mm · 1 350 mm, h = 90 mm
Dichte $\bar{\rho}$ :	482 $\frac{kg}{m^3}$
Holzfeuchte u:	12 %
Temperatur T:	20 °C
Belastungsdauer $t_B$ :	3...5 min
Belastungsgeschwindigkeit	
$\dot{\sigma}_{Last}$ :	40 $\frac{N}{mm^2 \cdot min}$

Statistische Kennwerte	Normalverteilung	Weibullverteilung
$\bar{R}_m$ in $\frac{N}{mm^2}$	49,9	49,9
$R_{m, 5\%}$ in $\frac{N}{mm^2}$	21,2	22,1 <sup>1)</sup>
$R_{m, 1\%}$ in $\frac{N}{mm^2}$	9,3	14,1
$\bar{E}_m$ in $\frac{N}{mm^2}$	11 122	11 122
$\bar{E}_{m, 5\%}$ in $\frac{N}{mm^2}$	7 582	7 474
$\bar{E}_{m, 1\%}$ in $\frac{N}{mm^2}$	6 115	6 113

<sup>1)</sup> Für fehlerfreie kleine Kiefernholzproben der Größe 25 mm × 25 mm × 375 mm ist  $R_{m, 5\%} = 61,5 \frac{N}{mm^2}$

modul erweitert. Betrachtet man die in Tabelle 1 angegebenen Korrelationskoeffizienten zwischen Sortierparametern und Festigkeitseigenschaften, dann stellt man fest, daß der Biege-E-Modul einerseits, Ästigkeit und Rohdichte andererseits die gleiche Korrelation zu den Festigkeitseigenschaften aufweisen. Die höchste Korrelation zu den Festigkeitseigenschaften bringt der Biege-E-Modul mit der Ästigkeit.

Ein Vergleich mit Zeile 1 zeigt, daß die maschinelle Sortierung der visuellen überlegen ist und damit eine höhere Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit verspricht.

International geht man deshalb, vor allem in den englischsprachigen Ländern USA, Großbritannien und Australien, zunehmend zur maschinellen Sortierung über [9] (s. auch [17]). Gleichzeitig werden die Sortiervorschriften diesem Trend angepaßt.

Gegenwärtig wird in der DDR das Holz visuell sortiert und entsprechend [40] in Güteklassen eingeteilt. Im neuen Standard wird analog dem internationalen Trend zusätzlich die maschinelle Sortierung in Festigkeitsklassen vorgesehen. Von der Bauakademie und dem Forschungsinstitut BauFa wurde vorerst eine einfache ON-Line-Maschine entwickelt,

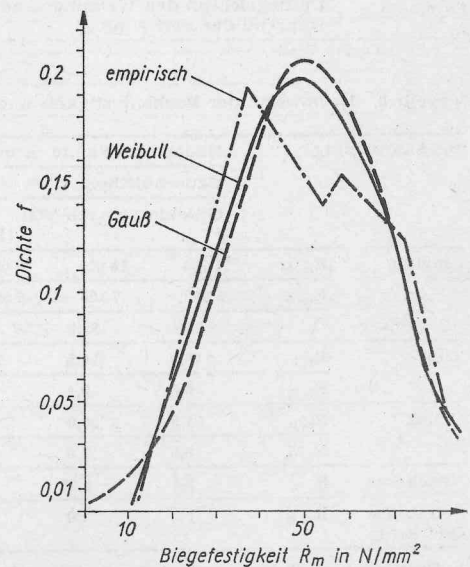


Bild 3. Dichtefunktion der Biegefestigkeit  $R_m$  von Bauholz (Kiefer II)

Tabelle 3a. Feuchteklassen

Feuchteklasse	Holzfeuchte $u$ in %	Anwendungsfall für Konstruktionen aus Bau- oder Brettschichtholz	$K_e$
FK 1	$\leq 18$	geschlossene Bauten mit und ohne Heizung, geschlossene belüftete Stallbauten ohne Heizung, offene und teilweise offene Bauten mit Überdachung	1,0
FK 2	$18 > u \leq 24$	freistehende Tragwerke ohne Schutz gegen Klimaeinwirkung	0,93
FK 3	$> 24$	Konstruktionen unter unmittelbarem Wassereinfluß	0,8

Tabelle 3b. Temperaturklassen

Temperaturklasse	Temperaturbereich $T$ in °C	$K_e$
TK 1	$\leq 35$	1,0
TK 2	$> 35 < 100$ °C	0,85

Tabelle 4a. Lastkombinationen

Lastkombination	Zeitklasse		
	A	B	C
A + B	$A \geq 85\%$	$A < 85\%$	—
A + C	$A \geq 85\%$	—	$A < 85\%$
A + B + C	$A \geq 85\%$	$C \leq 15\%$ $A < 85\%$	$C > 15\%$

A usw. Lastanteil der Zeitklasse A von der Gesamtlast usw.

Tabelle 4b. Zeitklassen

Zeitklasse	Dauer der Lasteinwirkung	$K_t$
A	ständig und/oder langfristig	0,67
B	kurzzeitig	0,83
C	Momentan	1,0

Tabelle 5. Übersicht über einzelne Faktoren und ihre Bedeutung im Materialfaktor

Einzelfaktor	Bedeutung des Teilsicherheitsfaktors
$\gamma_{m,0}$	
$\gamma_{m,0,1}$	Berücksichtigt die Unsicherheit in der Bestimmung der Materialparameter (zwischen getestetem Material und Baukonstruktion)
$\gamma_{m,0,2}$	Berücksichtigt die Unsicherheit im Entwurfsmodell, verursacht durch Material- oder Geometrieparameter, aber auch materialabhängige Einflüsse
$\gamma_{m,0,3}$	Berücksichtigt den Wirkungsgrad der Kontrolle während der Fertigung

Tabelle 6. Normwerte der Rechenfestigkeit und des Biege-E-Modules von Bauholz und Brettschichtholz ( $R^{n(0,05)} = f_{K(0,05)}$ ) in N/mm<sup>2</sup>

Beanspruchung		Nadelholz (Fichte, Kiefer, Lärche)						Laubholz (Stieleiche) (Traubeneiche) (Rotbuche)				
		Bauschnittholz			Brettschichtholz							
		Güteklasse nach TGL			Festigkeitsklasse							
		I	II	III	1	2	3	4 <sup>1)</sup>	5 <sup>1)</sup>	6 <sup>1)</sup>		
Biegung	$E_{m,50}$	11 500	10 000	9 000	12 500	11 000	11 000				12 000	13 000
	$E_{m,5}$	8 200	7 100	6 500	9000	7 100	7 100				8 500	9 000
	$R_m$	24	22,0	19,0	34	26	26				26,5	40,0
Zug	$R_{t,0}$	16,0	14,5	12,0	22,5	17,0	17,0				14,5	24,0
	$R_{t,90}$	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3				0,40	0,6
Druck	$R_{c,0}$	21,5	20,0	18,0	30,5	23,5	23,5				22,8	30,0
	$R_{c,90}$	8,0	7,0	6,0	11,5	8,0	8,0				7,0	10,0
Abscheren	$R_{v,0}$	2,5	2,25	2,0	3,0	2,50	2,5				2,50	5,0
Schub aus Querkraft	$R_{v,90}$	3,3	3,0	2,7	4,0	3,25	2,25				3,25	6,7

1) Brettlagen werden maschinell sortiert, Festigkeitswerte liegen erst 1987 vor.

die zur Sortierung kleiner Holz mengen eingesetzt werden kann (Bild 1). Die Verformungsmessung der einzelnen Bretter erfolgt über einen inkrementalen Geber. Die Verkrümmung wird durch Nullrückstellung kompensiert. Das nach Ästigkeit (entsprechend [40]) und Biege-E-Modul sortierte Holz läßt sich nunmehr in Festigkeitsklassen einteilen (Bild 2). International erfolgt eine Klassifizierung des Holzes nach der charakteristischen Festigkeit, die heute übereinstimmend als 5-%-Fraktile einer 3-parametrischen Weibullverteilung festgelegt ist, wenn die charakteristischen Werte aus Versuchen in Bauholzabmessungen ermittelt wurden. Ergebnisse von Untersuchungen an Bauholzproben in der DDR haben ebenfalls gezeigt, daß die 3-parametrische Weibullverteilung bei gleicher Unterschreitungswahrscheinlichkeit höhere Quantilwerte als die Gaußsche Normalverteilung liefert (Tabelle 2). Die zugehörigen Dichtefunktionen zeigen, daß die 3-parametrische Weibullverteilung gegenüber der Gaußschen Normalverteilung folgende Vorteile aufweist (Bild 3):

1. bessere Anpassung an die empirische Verteilung,
2. Berücksichtigung der positiven Rechtsschiefe,
3. keine negativen Festigkeitswerte.

Die charakteristische Festigkeit entspricht dem Normwert der Rechenfestigkeit. In der CIB-Norm wird ein breites Spektrum von vereinheitlichten Festigkeitsklassen vorgeschlagen [10]. Die charakteristische Festigkeit von fehlerfreien Proben wird im allgemeinen mit der Normalverteilung bestimmt.

#### Grundwerte der Rechenfestigkeiten

Die Grundwerte der Rechenfestigkeiten werden aus den Normwerten der Rechenfestigkeiten (5 %-Fraktile) abgeleitet. Nach der ISO-Norm [20] erhält man sie nach folgender Formel:

$$f^0 = \frac{f_K}{\gamma_{m,0}} \cdot K_{mod} \quad (7)$$

oder nach der in der DDR festgelegten Schreibweise:

$$R^0 = \frac{R^{n(0,05)}}{\gamma_{m,0}} \cdot K_{mod} \quad (8)$$

mit

$$K_{mod} = k_e \cdot k_t \quad (9)$$

Es bedeuten:

$K_{mod}$  – Modifizierungsfaktor zur Transformierung der Rechenfestigkeit auf normierte Feuchte- und Lastdauerklassen

$K_e$  – Modifizierungsfaktor Klimaklasse und Tabellen 3a und b

$K_t$  – Modifizierungsfaktor Lastdauerklasse und Tabellen 4a und b

Der Materialfaktor  $\gamma_{m,0}$  ist ein Teilsicherheitsfaktor, der sich aus mehreren Einzelfaktoren zusammensetzt (Tabelle 5), mit dem die möglichen Unsicherheiten im tatsächlichen Verhalten der Konstruktion bzw. des Bauelements und den Rechenergebnissen abgedeckt werden sollen.

Die Anzahl der Einzelfaktoren ist international unterschiedlich. Eine Vereinheitlichung des Materialfaktors erfolgte bisher nur in den nordischen Ländern [13]. Die Anzahl der Faktoren ist auch abhängig davon, ob die charakteristischen Werte von fehlerfreien Proben oder Proben in Bauholzabmessungen abgeleitet wurden.

Tabelle 7. Aufbau der neuen Brettschichtholzsorten

Aufbau	BSH1	BSH2	BSH3	BSH4	BSH5	BSH6
Sortierung der Lagen	visuell	visuell	visuell	maschi- nell	maschi- nell	maschi- nell
Außen- lagen	Holzart NSH GK I, II	NSH GK II	NSH GK I, II	NSH FI	NSH FII	NSH FII
KZV in mm	≥ 250	≥ 250	≥ 0	≥ 250	≥ 250	≥ 250
Innen- lagen	Holzart NSH GK I, II	NSH GK III	NSH GK I, II	NSH FIII	NSH FIII	NSH FII
KZV in mm	≥ 250	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0

KZV - Keilzinkenversatz

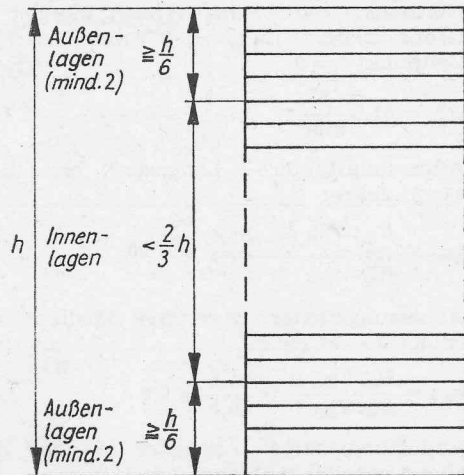


Bild 4. Aufbau des Brettschichtholzes

Da die Holzfestigkeit in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart unterschiedlich streut, kann kein einheitlicher Wert für alle Beanspruchungsarten festgelegt werden wie bei Stahl und Beton.

In der DDR erfolgte noch keine Festlegung der Materialfaktoren, da noch weitere grundlegende Untersuchungen notwendig sind.

Vorerst werden nur die Normwerte zusammengestellt, da der Materialfaktor noch nicht festgelegt wurde. Die Normwerte werden für visuell sortiertes Bauholz nach ihrer Güteklasse, für maschinell sortiertes Bauholz nach der jeweiligen Festigkeitsklasse angegeben (Tabelle 6). Für Brettschichtholz (BSH) sind im neuen Standard 6 Sorten angegeben (Tabelle 7, Bild 4). Der Aufbau ist aus Bild 4 ersichtlich. Hierbei werden die einzelnen Brettlagen von BSH 1 bis 3 visuell, von BSH 4 bis 6 maschinell sortiert.

Versuche zur Gewinnung der Grundwerte von BSH 4 bis 6 werden gegenwärtig vorbereitet.

#### Anpassungsfaktoren

Allgemein erfassen die Anpassungsfaktoren  $\gamma_{m,i}$  die unter realen Beanspruchungsbedingungen auftretenden systematischen Abweichungen im Festigkeits- und Formänderungsverhalten des Bau- und Brettschichtholzes, der Verbindungsmittel und Konstruktionen.

Im künftigen Berechnungsstandard werden 4 Anpassungsfaktoren enthalten sein (Tabelle 8). Anhand der Dichtefunktionen von Holz im Norm-, Grund- und Realzustand läßt sich die Gewinnung von Norm-, Grund- und Rechenwert der Festigkeit sowie die Berechnung der Anpassungsfaktoren veranschaulichen (Bild 5).

Tabelle 8. Anpassungsfaktoren

Anpassungsfaktor	Einflußgröße
$\gamma_{m1}$	Langzeitverhalten (Komplexer Einfluß von Belastungshöhe, Belastungsdauer, Holzfeuchte, Temperatur)
$\gamma_{m2}$	Querschnittshöhe
$\gamma_{m3}$	Holzkrümmung
$\gamma_{m4}$	Aggressive Medien

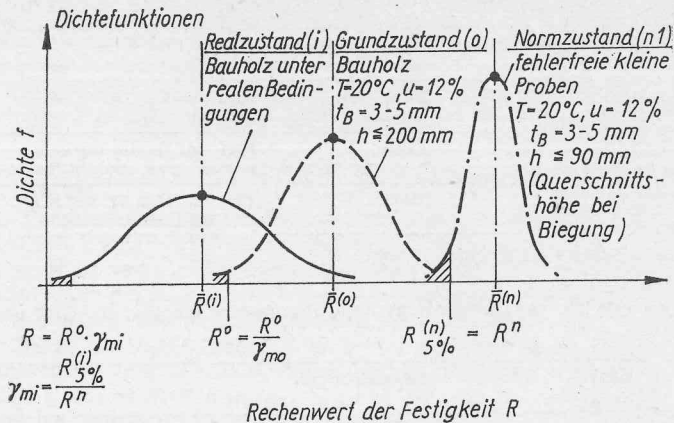


Bild 5. Gewinnung von Anpassungsfaktoren:  $R^n$ -Normwert der Festigkeit;  $R^o$ -Grundwert der Festigkeit

#### Anpassungsfaktor „Langzeitverhalten“ $\gamma_{m,1}$

Er erfährt den komplexen Einfluß von Belastungshöhe, Belastungsdauer, Holzfeuchte und Temperatur. Zur Bestimmung des Anpassungsfaktors  $\gamma_{m,1}$  werden im künftigen Standard in Anlehnung an [19, 33] 3 Feuchte-, 3 Zeitklassen, 2 Temperaturklassen eingeführt (Tabellen 3a und b, 4a und b). Der Anpassungsfaktor nimmt mit zunehmender Lastdauer, Holzfeuchte und Temperatur ab (Tabelle 9).

Tabelle 9. Anpassungsfaktor  $\gamma_{m1}$  „Langzeitverhalten“ für GZT

Zeitklasse	Feuchteklasse			Temperaturklasse		
	FK1	FK2	FK3	TK1	TK2	
A	0,75	0,64	0,7	0,6	0,6	0,51
B	0,9	0,77	0,85	0,72	0,75	0,64
C	1,1	0,94	1	0,85	0,9	0,77

#### Anpassungsfaktor „Querschnittshöhe“ $\gamma_{m,2}$

In Tabelle 10 wird der Anpassungsfaktor  $\gamma_{m,2}$  für Bau- und Brettschichtholz unter Biegebeanspruchung angegeben. Für Bauholz setzt die Festigkeitsabnahme oberhalb  $h \leq 200$  mm, für Brettschichtholz oberhalb  $h \leq 300$  mm ein [9].

Tabelle 10. Anpassungsfaktor  $\gamma_{m2}$  „Querschnittshöhe“ für GZT bei Biegebeanspruchung

Querschnittshöhe h in mm	Bauholz	Brettschichtholz
$\leq 200$	1	1
$200 > h \leq 300$	0,95	
$300 > h \leq 500$	—	0,95
$500 > h \leq 800$	—	0,9
$800 > h \leq 1500$	—	0,85
$> 1500$	—	0,8

Für BSH  $h \geq 300$  mm:

$$\gamma_m = \left( \frac{300}{h(\text{mm})} \right)^{\frac{1}{9}}$$

#### Anpassungsfaktor „Holzkrümmung“ $\gamma_{m,3}$

Durch Krümmung entsteht eine Abminderung der Biegefestigkeit des Bau- oder Brettschichtholzes (Tabelle 11) [9]. Die Abminderung erfolgt in Anlehnung an die Schweizer Norm [38].

Tabelle 11. Anpassungsfaktor  $\gamma_{m3}$  „Holzkrümmung“ für GZT

$\frac{h}{r}$	0	$2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2}$
$\gamma_{m3}$	1	0,92	0,83	0,76	0,68	0,6

r - Krümmungsradius des Holzes

h - Dicke des Holzes bzw. bei BSH-Dicke einer Lage

Tabelle 12a. Beanspruchungsgrad von Bau- und Brettschichtholz

Beanspruchungsgrad	Aggressive Wirkung	Beispiel <sup>1)</sup>
B 1	keine/sehr schwach	FK1 mit 0,5...20 mg SO <sub>2</sub> in 1 m <sup>3</sup> Luft
B 2	mittel	FK1 mit 20...100 mg SO <sub>2</sub> in 1 m <sup>3</sup> Luft
B 3	stark	FK2 mit 100...500 mg SO <sub>2</sub> in 1 m <sup>3</sup> Luft

<sup>1)</sup> Weitere Festlegungen in [9]

Tabelle 12b. Anpassungsfaktor  $\gamma_{m,4}$  „Aggressive Medien“ für GZT und GZN

Beanspruchungsgrad	$\gamma_{m,4}$	Bemerkungen
B 1	1	
B 2	0,8	für Bretter, Latten, Bohlen
	1	für Kanthölzer und BSH ohne Schutzsystem
B 3	0,4...0,5	für Bretter, Latten, Bohlen
	0,8	für Kanthölzer und BSH ohne Schutzsystem
	0,9 <sup>1)</sup> ...1 <sup>2)</sup>	für Kanthölzer und BSH mit Schutzsystem (z. B. Kombinal, Teerepoxidharz)

<sup>1)</sup> bei Tränkung mit öligen Schutzmitteln, wie z. B. Kombinal TO

<sup>2)</sup> bei Tränkung mit hochwirksamen Schutzsystemen, wie Teerepoxidharz. Bei ständigem Einfluß hoher Temperaturen, z. B. nach Temperaturklasse II ist ein temperaturbeständiger hochwirksamer Anstrich aufzubringen (z. B. Teerepoxidharz)

#### Anpassungsfaktor „Aggressive Medien“ $\gamma_{m,4}$

In Tabelle 12a und b [9] wird der Anpassungsfaktor  $\gamma_{m,4}$  in Abhängigkeit vom Beanspruchungsgrad aggressiver Medien (z. B. Salze, Säuren, Basen, Dämpfe, Gase) für Bau- und Brettschichtholz angegeben. Er sinkt mit steigendem Beanspruchungsgrad. Holz ist beständig gegen schwache Säuren bei normaler Raumtemperatur und gegen alkalische Lösungen geringer Konzentration. Nur durch stark saure und stark alkalische Lösungen stellt sich eine Korrosionswirkung ein. Im pH-Bereich  $2 < \text{pH} < 11$  ist keine Holzkorrosion zu erwarten [23]. Bei den meisten Chemikalien in fester, flüssiger

und gasförmiger Form nimmt die korrosive Wirkung mit der Zeit ab und es erfolgt nur eine Zerstörung im oberflächennahen Bereich.

Zum Beispiel ergaben Untersuchungen an 54 Jahre alten Balken der Kaliindustrie, daß das Kalisalz K 40 nur im Randbereich (10...20 mm Tiefe) eine Festigkeitsminderung hervorgerufen hatte [15].

Eigene Untersuchungen an Kiefernholzproben, die aus einer 54 Jahre alten Förderbrücke herausgeschnitten wurden, ergaben, daß durch die Einwirkung von Kalkammonsalpeter erhebliche Festigkeitsunterschiede von der Rand- zur Innenzone vorhanden waren (Bild 6).

Es konnten hier die Anpassungsfaktoren „Langzeitverhalten“ und „Aggressive Medien“ aus 5-0/0-Quantilen ermittelt werden. Der erforderliche Normwert  $R^N$  wurde aus Biegeversuchen an 57 fehlerfreien kleinen Proben aus Kiefer mit den Abmessungen 25 mm × 25 mm × 375 mm gewonnen.

Normwert von 57 fehlerfreien kleinen Kiefernproben der Größe 25 mm × 25 mm × 375 mm bei Biegebeanspruchung; Zeitpunkt  $t = 0$

$$R_m^n = 61,5 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Anpassungsfaktor „Langzeit“ bei Biegebeanspruchung;  $t = 54$  Jahre:

$$\gamma_{m,1} = \frac{R_m, 5\%, J}{R_m^n} = \frac{55,5}{61,5} = 0,90$$

Anpassungsfaktor „Aggressive Medien“ bei Biegebeanspruchung;  $t = 54$  Jahre:

$$\gamma_{m,4} = \frac{R_m, 5\%, R}{R_m, 5\%, J} = \frac{44,6}{55,5} = 0,8$$

Anpassungsfaktor „Aggressive Medien“ bei Druckbeanspruchung parallel zur Faser;  $t = 54$  Jahre:

$$\gamma_{m,4} = \frac{R_{c,0}, 5\%, R}{R_{c,0}, 5\%, J} = \frac{19,6}{31,7} = 0,62$$

Der an Altholz ermittelte Anpassungsfaktor „Aggressive Medien“ stimmt mit dem des künftigen Standards bei Biegebeanspruchung überein. Da dieser Anpassungsfaktor bei Druckbeanspruchung größer als bei Biegebeanspruchung ist, müssen künftig auch andere Beanspruchungsarten als Biegebeanspruchung untersucht werden.

#### Erforderliche Forschungsarbeiten

Für die Bearbeitung des künftigen DDR-Fachbereichsstandards „Holzbau/Tragwerke (Berechnung nach Grenzzuständen)“ sind noch umfangreiche Untersuchungen an Bau- und Brettschichtholz sowie an Holzverbindungen erforderlich. Die geplanten Versuche dienen der Gewinnung von Norm- und Grundwerten der Rechenfestigkeit, Norm- und Grundwerten der Elastizitäts- und Schubmodule sowie zur Gewinnung von Anpassungsfaktoren.

Es lassen sich allerdings wegen des zu großen Aufwands nicht sämtliche Kennwerte unter allen Beanspruchungsarten ermit-

Tabelle 13. Forschungsprogramm 1986 bis 1988

Forschungsaufgabe	Forschungsziel
F 1	Grundwerte von Bauholz bei Biege- und Druckbeanspruchung (Knicken)
F 2	Anpassungsfaktor „Langzeitverhalten“ von Bauholz bei Biege- und Druckbeanspruchung (Knicken)
F 3	Anpassungsfaktor „Aggressive Medien“ von Bauholz bei Biegebeanspruchung
F 4	Grundwerte von Brettschichtholz bei Biegebeanspruchung
F 5	Anpassungsfaktor „Langzeitverhalten“ von Brettschichtholz bei Biegebeanspruchung
F 6	Anpassungsfaktor „Querschnittshöhe“ von Brettschichtholz bei Biegebeanspruchung
F 7	Anpassungsfaktor „Holzfeuchte“ von Brettschichtholz bei Biegebeanspruchung
F 8	Grundwerte der Nagelverbindung mit Ng 3,4 × 90 bei Schubbeanspruchung
F 9	Grundwerte der Holzschraubenverbindung mit SKHS 8 × 90 bei Schubbeanspruchung
F 10	Grundwerte der Keilringdübelverbindung mit KRD A 80 bei Schubbeanspruchung

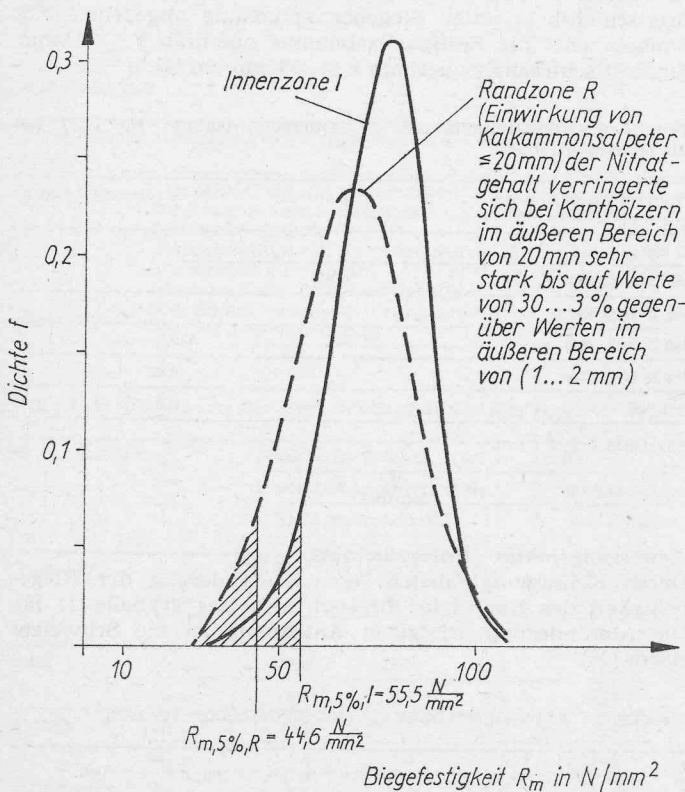
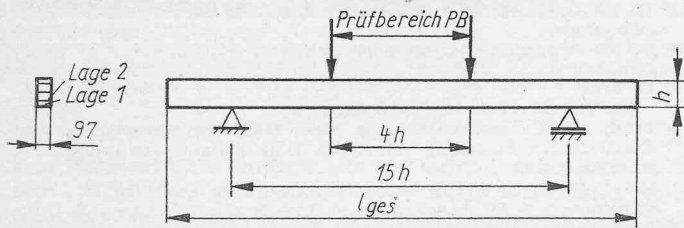


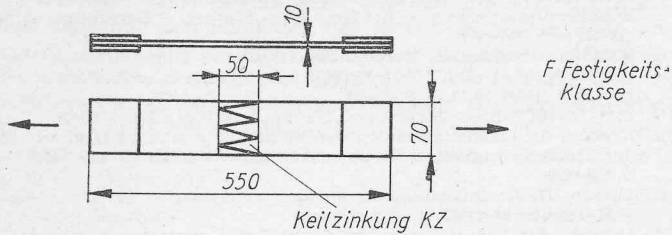
Bild 6. Weibullverteilungen der Biegefestigkeit von Altholz; Balken: Kiefer, 160 mm × 90 mm und 100 mm × 100 mm; Alter: 54 Jahre; Probengröße: 20 mm × 30 mm × 300 mm; Probenzahl: 33 je Zone

Tabelle 14. Untersuchungen am Brettschichtholz

Biegeversuch: (12 Prüfkörper je Versuch)



Zugversuch: (36 Proben, je F mit KZ, 36 Proben je F ohne KZ)



Biegeversuche:

Versuch	Sorte	h in mm	l <sub>ges</sub> in mm	Besonderheit	u in %	Ziel
V 1	BSH 4 F I, 4 F III, F I	192	3 080	KZ im PB, Lage 1	≤ 15	Grundwerte
V 2	BSH 4 F I, F III 2 F II, F III, F I	192	3 080	keine KZ im PB, Lage 1	≤ 15	
V 3	BSH 5 F II, 4 F III, F II	192	3 080	KZ im PB, Lage 1	≤ 15	
V 4	BSH 5 F II, F III, 2 F II, F III, F II	192	3 080	keine KZ im PB, Lage 1	≤ 15	
V 5	BSH 5 2 F II, 2 F III, F II, 2 F III, 2 F II	288	4 520	KZ im PB, Lage 1, 2	≤ 15	Anpassungs- faktor Quer- schnittshöhe
V 6	BSH 5 3 F II, 3 F III 7 F II, 3 F III 3 F II	608	9 520	KZ im PB, Lage 1, 2, 3	≤ 15	
V 7	BSH 5 F II, 4 F III, F II	192	3 080	KZ im PB, Lage 1	18	Anpassungs- faktor Holzfeuchte
V 8	BSH 5 F II, 4 F III, F II	192	3 080	KZ im PB, Lage 1	24	
V 9	BSH 5 F II, F III, 2 F II, F III, F II	192	3 080	KZ im PB, Lage 1; Lagerung im Freien unter Dach 0,8R <sub>m,1%</sub> ; 75 d Last- 0,5R <sub>m,1%</sub> ; 285 d zyklus		Anpassungs- faktor Langzeit- verhalten
V 10	BSH 6 6 F II	192	3 080	KZ im PB, Lage 1	≤ 15	Grundwerte

tern. Bau- und Brettschichtholz werden deshalb nur unter Biegebeanspruchung untersucht. Die Kennwerte der restlichen Beanspruchungsarten werden aus der internationalen Literatur, so u. a. der CIB-Norm [10] abgeleitet. Von den Verbindungsmitteln werden typische Nagel-, Holzschrauben- und Keilringdübelverbindungen herausgegriffen und unter Scher-

beanspruchung untersucht. Die in TGL 33 135/01 [41] angegebenen zulässigen Lasten für Verbindungsmittel werden mittels der Versuchsergebnisse statistisch erklärt und auf Grundwerte der Rechenlasten umgerechnet.

In Tabelle 13 sind die einzelnen Forschungsaufgaben für die nächsten 2 Jahre zusammengestellt.

**Forschungsarbeiten an maschinell sortiertem Brettschichtholz (Tabelle 14)**

Die Forschungsaufgaben F 4 bis F 7 laut Tabelle 13 sollen kurz näher erläutert werden. Die Lagen des Brettschichtholzes werden mittels des Sortiergestells (Bild 1) nach Biegemodul und Ästigkeit sortiert und in Festigkeitsklassen eingestuft. Danach werden Brettschichtholz-Prüfkörper der Sorten BSH 4 bis BSH 6 gefertigt. Es finden nur Bretter im Holzfeuchtebereich  $u = 8...13\%$  Verwendung. Während der Herstellung der BSH-Prüfkörper werden Proben zur Überprüfung der Zugfestigkeit der Keilzinkung entnommen. Für den Prüfaufbau der BSH-Träger wird, um einen querkräftfreien Bereich zu bekommen, eine 4-Punkt-Belastung gewählt. Aus Untersuchungen an Bauholz ergibt sich zur Verhinderung von Schubbrüchen ein Verhältnis der Biegespannung zur Schubspannung von 22, für einen Schubeinfluß von etwa 6% das Verhältnis von Stützweite zur Prüfkörperhöhe von 15. Somit erhält man die Länge des Prüfbereichs von 4h. Für die Prüfung wird das Modulverhältnis  $\frac{E_m}{G} = 15$  gewählt [21].

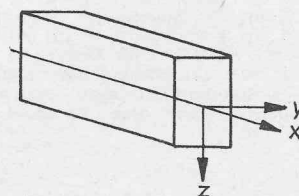
Nach Auswertung des Vorschriftenwerkes wird für die Prüfung der BSH-Träger eine Belastungsgeschwindigkeit von  $10 \frac{N}{mm^2} \text{ min}$  festgelegt. Die zu erwartende Belastungsdauer bis zum Bruch beträgt etwa 5 min. Um die in Tabelle 10 angegebenen Anpassungsfaktoren „Querschnittshöhe“ zu überprüfen und evtl. korrigieren zu können, werden Versuche für BSH mit den Querschnittshöhen  $h = 192, 288, 608$  mm durchgeführt.

Wegen des noch ungeklärten Zusammenhangs zwischen Holzfeuchte und Biegefestigkeit besonders im Holzfeuchtebereich  $u \geq 15\%$ , sind Versuche an BSH-Trägern mit der Holzfeuchte  $u = 18$  und  $24\%$  vorgesehen.

Um den in Tabelle 9 dargestellten Anpassungsfaktor „Langzeitverhalten“ für BSH zu überprüfen und eventuell zu korrigieren, werden ebenfalls Versuche durchgeführt. Hierbei sollen außer der Holzfeuchte noch Temperatur- und Belastungsschwankungen aufgrund tatsächlicher Verhältnisse Berücksichtigung finden. Es werden deshalb die BSH-Träger im Freien unter Dach gelagert und einer veränderlichen Langzeitlast über mehrere Jahre zyklisch unterworfen.

*Zusammenstellung der verwendeten Symbole und Indizes*

Symbol	Dimension	Bezeichnung
l	m, mm	Länge, Stützweite
b	mm	Breite
h	mm	Höhe
t	mm	Dicke
r	mm	Radius
d	mm	Durchmesser
a	m, mm	Abstand
e	mm	Exzentrizität
α	—	Winkel
e	$\frac{1}{mm}$	Krümmung
A	mm <sup>2</sup>	Fläche
V	mm <sup>3</sup>	Volumen
J	mm <sup>4</sup>	Trägheitsmoment
W	mm <sup>3</sup>	Widerstandsmoment
S	mm <sup>3</sup>	Statisches Moment
i	mm	Trägheitsradius
λ	—	Schlankeitszahl
φ	—	Knickbeiwert
u	mm	Verschiebung
φ	0	Verdrehung
x, y, z	—	Koordinaten





Symbol	Dimension	
F	kN, N	Einwirkung, Kraft, Last
F <sup>n</sup>	kN, N	Normwert der Einwirkung
W	kNm, Mn	Arbeit
m	kg	Masse
	$\frac{kg}{m^3}$	Dichte
t	h, s	Zeit
T	°C	Temperatur
u	%	Holzfeuchte
φ	%	relative Luftfeuchte
M	kNm; Nmm	Moment, Biegemoment
N	kN, N	Längskraft
V	kN, N	Schubkraft, Querkraft
p	$\frac{N}{mm^2}$	Druck
σ	$\frac{N}{mm^2}$	Normalspannung
τ	$\frac{N}{mm^2}$	Schubspannung
ε	—	Dehnung
γ	—	Schubwinkel
ν	—	Poissonkoeffizient
E	$\frac{N}{mm^2}$	Elastizitätsmodul
G	$\frac{N}{mm^2}$	Gleitmodul
S	$\frac{N}{mm^2}$	Beanspruchung, Rechenwert der Einwirkungen
R	$\frac{N}{mm^2}$	Beanspruchungsfähigkeit, Rechenwert der Festigkeit
R <sup>n</sup>	$\frac{N}{mm^2}$	Normwert der Rechenfestigkeit
R <sup>o</sup>	$\frac{N}{mm^2}$	Grundwert der Rechenfestigkeit
γ <sub>n</sub>	—	Wertigkeitsfaktor
γ <sub>f</sub>	—	Lastfaktor
ψ	—	Kombinationsfaktor
γ <sub>m, o</sub>	—	Materialfaktor
γ <sub>m</sub>	—	Anpassungsfaktor
n	—	Normwert
o	—	Grundwert
Fußindices	—	
t	—	Zeit
T	—	Temperatur
m	—	Biegung
tor	—	Torsion
t	—	Zug
c	—	Druck
v	—	Schub
E	—	Euler
crit	—	kritisch
inst	—	instabil
x, y, z	—	in Richtung der Achsen oder um die Achsen - x, y, z
0	—	parallel zur Faser
90	—	senkrecht zur Faser

## Literaturverzeichnis

- [1] Apitz, R.: Beitrag zur Bestimmung der Festigkeitskennwerte von Bauholz bei Biegebeanspruchung für eine Bemessung nach der Methode der Grenzzustände. — 1985 = Wismar, Ing.-Hochsch., Sekt. Technol. d. Bauwes., Diss. A
- [2] Apitz, R.: Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau: Forsch.-Ber./Ing.-Hochsch. — Wismar, 1985
- [3] Apitz, R.: Ermittlung von Festigkeitswerten für Vollholz bei der Beanspruchungsart Biegung durch Versuche: Forsch.-Ber./Ing.-Hochsch. — Wismar, 1982
- [4] Apitz, R.: Zum Festigkeitsverhalten von Bauholz bei Biegebeanspruchung. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau. — Berlin (1986) 1. — (im Druck)
- [5] Apitz, R.; Laduch, U.: Neue Forschungsergebnisse für die Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau: Ref. 4. Inf.-Tag. 9./10. 2. 1984. — In: Verbesserte Zuverlässigk. d. Bauwerke durch Anwend. ing.-theoret. Grundlagen
- [6] Apitz, R.; Laduch, U.: Neue Forschungsergebnisse für eine Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau. — Berlin (1985) 1. — (im Druck)
- [7] Badstube, M.: Grundlagen zur Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau. — Berlin (1985) 1. — (im Druck)
- [8] Badstube, M.; Pleßow, R.: Statistische Auswertung von Versuchen an Bau- und Brettschichtholz. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau. — Berlin (1986) 1. — (im Druck)
- [9] Badstube, M.; Rug, W.: Erarbeitung der ingenieurtheoretischen Grundlagen für den Standard „Holzbau, Tragwerke, Berechnung nach Grenzzuständen“. — Forsch.-Ber./Bauakad. d. DDR, Inst. f. Ind.-Bau. — Berlin, 1985
- [10] CIB-W 18-Code CIB Structural Timber Design Code, sixth edition. — 83-01
- [11] ČSN 731 701 Bemessung von Holzkonstruktionen. — 83 ČSSR-Standard
- [12] DS 413 Konstruktive Anwendung von Holz. — 83 Dän. Norm
- [13] DS 409 Sicherheit von Baukonstruktionen. — 83 Dän. Norm
- [14] Ehlbeck, J.: Zum Stand der Normungsarbeit im Ingenieurholzbau. — In: VDI-Ber. 547. — Düsseldorf, 1985
- [15] Erler, K.: Untersuchungen an alten Holzkonstruktionen in der chemischen Industrie: 3. Int. Symp. Holz in Baukonstruktionen. — Bratislava, 1984
- [16] Geier, K.: Berechnung nach Grenzzuständen auch für Holzkonstruktionen. — In: Bauplan. Bautech. — Berlin 33 (1979). — S. 12–13
- [17] Glos, P.: Die maschinelle Sortierung von Schnittholz. — In: Holz-Zentr.bl. — Leinfelden-Echterdingen 108 (1982-01-29) = 13. — S. 153 bis 154
- [18] Glos, P.; Schulz, H.: Stand und Aussichten der maschinellen Schnittholzsortierung. — In: Holz Roh- Werkst. — Berlin [West] 38 (1980). — S. 409–417
- [19] Holzbau, Tragwerke, Berechnung, Bauliche Durchbildung: Vorschritt 174/85, 1. Änd. TGL 33 135/01. — In: Mitt. Staatl. Bauaufs. — Berlin 9 (1985) 10/11. — S. 82–84
- [20] ISO-TC-165 Timber Structures, Design first Working. — 83-05
- [21] Krabbe, E.: Elastizitätszahlen von Fichtenholz in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. — In: Bau. Holz. — Karlsruhe 85 (1983). — S. 218–220
- [22] Larson, H.-J.: Internationale Holznormenarbeit. — In: Bau. Holz. — Karlsruhe 85 (1983) 7. — S. 448–450
- [23] Mörath, E.: Die Widerstandsfähigkeit der wichtigsten einheimischen Holzarten gegen chemische Angriffe. — In: Mitt. Fachaussch. Holzfragen VDI. — Berlin o. J. (1933)
- [24] NS 3470 Holzkonstruktionen, Berechnung und Dimensionierung. — 79 Norweg. Norm
- [25] PN-81/B-03150 Holzbau. — 80 Poln. Norm
- [26] RGW Gr. Z02 Sicherheit von Baukonstruktionen und Gründungen, Holzkonstruktionen, Berechnungsgrundlagen. — 84-03 (Entwurf)
- [27] RIL 120 Projektierungsvorschriften für Holzkonstruktionen. — 83 Finn. Norm
- [28] RILEM/CIB-3TT: Testing methods for joints with mechanical fasteners in load-bearing timber structures. — In: Mater. Constr. — Paris 12 (1979) 70. — S. 329–334
- [29] RILEM/CIB-3TT: Testing methods for joints with mechanical fasteners in load-bearing timber structures: Annex B „Nails“. — In: Mater. Constr. — Paris 17 (1984) 99. — S. 229–239
- [30] RILEM/CIB-3TT: Testing methods for joints with mechanical fasteners: Annex C „Staples“. — In: Mater. Constr. — Paris 18 (1985) 104. — S. 135–143
- [31] RILEM/CIB-3TT: Testing methods for timber in structural sizes. — In: Mater. Constr. — Paris 11 (1978). 64 — S. 445–452
- [32] Rug, W.: Bericht vom 3. Holzbauseminar. — In: Bauplan. Bautech. — Berlin 38 (1985) 1. — S. 40–41
- [33] Rug, W.: Forschung auf dem Gebiet der Bemessung nach Grenzzuständen in Vorbereitung auf den neuen DDR-Standard Holzbau: Paper for the CIB-Meeting Oren/Israel. — Berlin, 1985
- [34] Rug, W.: Grundlagenuntersuchungen zur Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau.: Forsch.-Ber./Bauakad. d. DDR, Inst. f. Ind.-Bau. — Berlin, 1984
- [35] Rug, W.: Notwendige Forschungsaufgaben für die Schaffung der ingenieurtheoretischen Grundlagen zur Berechnung nach Grenzzuständen im Holzbau. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau — Berlin (1986) 1. — (im Druck)
- [36] Rug, W.: Stand und Entwicklungstendenzen im Holzbau. — In: Holztechnologie. — Leipzig 25 (1984) 4; 25 (1984) 5. — S. 171–175; S. 257–262
- [37] Rug, W.: Stand und Entwicklungstendenzen im Holzbau. — In: Holztechnologie. — Leipzig 27 (1986) 6. — S.
- [38] SIA 164 Holzbau. — 81 Schweiz. Norm
- [39] SNIP-25-80 Holzbau. — 80 UdSSR-Norm
- [40] TGL 117-0767 Bauschnittholz, Gütebedingungen. — 63-02
- [41] TGL 33 135/01, 02 Holzbau, Tragwerke, Berechnung, Bauliche Durchbildung. — 84-01
- [42] TGL 38 792 Baukonstruktionen und Gründungen, Grundsätze für die Berechnung. — 81-05
- [43] Zimmer, K.-H.: Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen. — In: Holztechnologie. — Leipzig 23 (1982) 4. — S. 239–242
- [44] Zimmer, K.-H.: Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau. — Berlin (1985) 1. — S.
- [45] Zimmer, K.-H.: Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen: 12th-Congress, Vancouver, BC, Reprint from the Final Report. — Zürich, 1985
- [46] Zimmer, K.-H.; Lißner, K.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen: Forsch.-Ber./Techn. Univ. — Dresden, 1985
- [47] Zimmer, K.-H.; Lißner, K.: Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen. — In: Wiss. Z. Tech. Univ. Dresden. — Dresden 34 (1985) 1. — S. 65–72
- [48] Zimmer, K.-H.; Lißner, K.: Zur Bestimmung der Anpassungs- und Materialfaktoren der Verbindungsmittel für die Bemessung nach Grenzzuständen im Holzbau. — In: Mitt. FA Ing.holzbaubau Inst. Ind.bau. — Berlin (1986) 1. — (im Druck)