

279

**BAUFORSCHUNG**  
**BAUPRAXIS**

# HOLZBAU

22. Jahrestagung der Arbeitsgruppe  
»Timber Structures«

Teil 1



BAUINFORMATION - BERLIN

# Holzbau

**22. Jahrestag der Arbeitsgruppe  
»Timber Structures«  
des Internationalen Rates  
für Bauforschung**

**Berlin, 25. – 28. September 1989**

**Teil 1**

**Veranstalter:**

**Bauakademie  
Institut für Industriebau**

**Fachverband Bauwesen der Kammer der Technik  
Zentrale Fachsektion Industriebau  
Fachausschuß Ingenieurholzbau**

**VEB Kombinat Bauelemente und  
Faserbaustoffe Leipzig**



**BAUINFORMATION · BERLIN 1990**



Dr.-Ing. Wolfgang Rug  
 Dr.-Ing. Manfred Badstube  
 Bauakademie  
 Institut für Industriebau

Dr.-Ing. Wolfgang Kofent  
 VEB Kombinat Bauelemente und  
 Faserbaustoffe  
 Forschungsinstitut

## Zum Holzbaustandard

### 1. Stand der Forschungsarbeit

Seit 1985 arbeitet man in der DDR an einem neuen Holzbaustandard, der auf der Methode der Grenzzustände basieren soll. Über die durchgeführten grundlegenden Arbeiten und den Inhalt der einzelnen Standardentwürfe wurde in /1/ /2/ /3/ berichtet. Der künftige Entwurfs- und Berechnungsstandard soll im wesentlichen aus drei Teilen bestehen (Tab. 34).

Teil 1 soll an den CIB-Model-Code und Eurocode angenähert werden. Er wird die Definitionen, Symbole, Einheiten und Grundlagen für die Berechnung, den Entwurf und die Errichtung von Holzkonstruktionen enthalten (s. Abschn. 2.). Im Zusammenhang mit dem neuen Standardprojekt müssen andere existierende Standards modernisiert werden, weil ihre Regeln dann nicht mehr dem neuesten Stand entsprechen (s. Tab. 35).

Tabelle 34 Teile des zukünftigen Holzbaustandards

Teil	Titel	Ziel, Gegenstand	Datum der Fertigstellung
1	Holzkonstruktion; Tragsysteme; Berechnung und Konstruktion	weitestgehende Übereinstimmung mit CIB-Model-Code und Eurocode	1990
2	Holzkonstruktionen; Bauzustandsanalyse und Rekonstruktion von bestehenden (historischen) Holzkonstruktionen	Verallgemeinerung der Erfahrungen vieler Jahre auf diesem Gebiet	1991
3	Holzkonstruktionen; Holzmaterialien und Bauwerke, die aus diesen Materialien bestehen	weitestgehende Übereinstimmung mit CIB-Model-Code und Eurocode	1992

Tabelle 35 DDR-Standardmuster, die in bezug zum neuen DDR-Holzbaustandard stehen und in den nächsten Jahren überarbeitet werden müssen

DDR-Vorschrift	Entwurf	Titel	Fertigstellung der geplanten Überarbeitung	Ziel der Überarbeitung
33136/01	1987	Holzkonstruktionen; Baukomponenten von Brettschichten; Technische Klebespezifikationen	1992	Methode zum Prüfen von Keilzinkungen und Prüfen von Balken nach internationalem Trend
33136/02	1978	Holzkonstruktionen; Bau von Brettschichten; Kleben; Sicherung der Qualität in der Produktion	1993	Methode nach internationalem Trend
42704	1986	Verkehrsbrücken; Holzbrücken; Berechnung und bauliche Durchbildung	1995	Grenzzustände
117-0767	1963	Bauholz; Auswahl nach Sortierklassen und Festigkeitsklassen	1992	weite Übereinstimmung mit ECE-Code

Sowohl der neue Standard, als auch die überarbeiteten Standards sollen dem internationalen Trend, repräsentiert durch den CIB-Model-Code und Eurocode 5 /5/, entsprechen (s. auch Tab. 35).

Die Forschungsarbeiten zu den Grundlagen für alle drei Standardteile wurden weitergeführt.

## 2. Standardentwurf 1989 (Draft Code)

### 2.1. Gliederung, Bezeichnungen und Definitionen

Die Gliederung, die Bezeichnungen und die Definitionen wurden gegenüber den Berichten in /1/ /2/ /3/ nochmals überarbeitet und entsprechen jetzt dem Eurocode 5 (s. 4a).

Lediglich in Kap. 3 und 5 werden nur Bau- und Brettschichtholz behandelt. Holzwerkstoffe, Leime und mechanische Verbindungsmittel werden in einem gesonderten Teil 3 des Standardprojektes behandelt (s. Tab. 34). Kap. 6 wird entsprechend den Ausführungen in TGL 33 135/01 modifiziert.

Die zahlreichen Versuche zur wissenschaftlichen Fundierung der neuen Holzbaunorm wurden in Anlehnung an die RILEM/CIB-Empfehlungen für die Prüfung von Bauholz und Verbindungen durchgeführt. In den nächsten Jahren werden die Prüfstandards in der DDR entsprechend den ISO-Normen überarbeitet.

### 2.2. Grundlagen für Entwurf und Berechnung

Abweichungen zum Eurocode bestehen bei den Lastfaktoren. Die DDR-Norm für die Lastannahmen aus dem Jahre 1978 legt Lastfaktoren für die Berechnung nach Grenzzuständen fest /5/.

Gemäß /5/ gelten die in Tab. 36 zusammengestellten Lastfaktoren.

Die Rechenwerte der Last werden nach folgender Gleichung ermittelt:

$$s = \gamma_n \left( \sum_{i=1}^n F_i^n \cdot \gamma_{f,i} + \sum_{j=1}^m F_j^n \cdot \gamma_{f,j} \cdot \psi_j \right)$$

$i = 1$  Index für ständige und langzeitige Einwirkungen

$j = 1$  Index für kurzzeitige und plötzliche Einwirkungen

$\gamma_n$  nach Tab. 4 aus /7/

$\psi$  nach Tab. 5 aus /6/

$\gamma_f$  nach Tab. 3 aus /6/

Nach /7/ gilt ein Wertigkeitsfaktor, der in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeitsklasse zwischen  $0,9 < \gamma_n \leq 1,1$  liegt (Tab. 37).

Damit wird der unterschiedliche Grad der Zuverlässigkeit der jeweiligen Konstruktion zu dem Niveau der Berechnungsvorschrift berücksichtigt.

Der Kombinationsfaktor  $\psi$  berücksichtigt die verringerte Wahrscheinlichkeit der gleichzeitigen Überschreitung mehrerer Lasten und hat nach /6/ die in Tab. 38 gezeigten Werte.

In Tab. 39 werden die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen der DDR mit den Werten im Eurocode verglichen. Der Wertigkeitsfaktor wurde dabei berücksichtigt.

Der Eurocode 5 legt höhere Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen fest.

Zwischen dem früheren Vorschlag für die Feuchteklassen in /3/ und den im Eurocode 5 festgelegten Werten bestanden nur geringe Unterschiede, die jetzt durch Annäherung an den Eurocode 5 beseitigt wurden (Tab. 40).

Die Tabelle 40 zeigt die Zuordnung verschiedener Nutzungsarten zu den veränderten Feuchteklassen.

Analog ging man bei den Lastdauerklassen vor. Den DDR-Vorschlag aus dem Jahre 1987 im Vergleich zum Eurocode zeigt Bild 62.

Tabelle 36 Lastfaktoren nach /6/

Lastart	Lastfaktoren <sup>1)</sup>
Eigenlast	0,8 bis 0,9 <sup>2)</sup> 1,1 bis 1,3
	0,82 bis 0,935 <sup>2)</sup> 1,065 bis 1,18
Verkehrslasten in Wohnungs- und Gesellschaftsbauten <sup>3)</sup>	1,2 bis 1,4
Verkehrslasten in Industrie- und Landwirtschaftsbauten <sup>3)</sup>	1,2 bis 1,4
Lasten von Flüssigkeiten in Rohrleitungen	1,0 bis 1,1
Windlasten <sup>3)</sup>	1,2 bis 1,3
Schneelasten	1,4

1) gelten nur für den Grenzzustand der Tragfähigkeit, für den Grenzzustand der Nutzungsfähigkeit ist  $\gamma_f = 1,0$ , wenn keine gesonderten Festlegungen erfolgen

2) anzuwenden, wenn die Verringerung der Belastung ungünstig wirkt

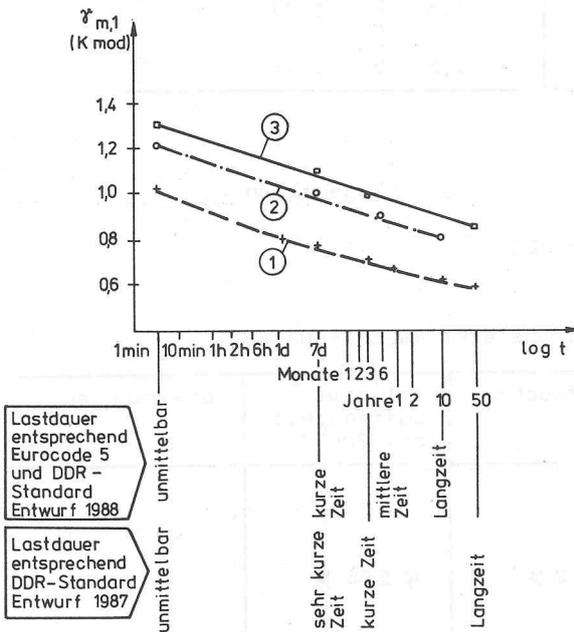
3) weitere Werte in /6/

Tabelle 37 Zuverlässigkeitsklassen und Wertigkeitsfaktoren für den GZT /7/

Zuverlässigkeitsklasse	Folgen im Versagensfall	Art der Nutzung des Bauwerkes	Wertigkeitsfaktor
I	- sehr große Gefahren für die Bevölkerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherheitsrelevante Bauwerke von kerntechnischen Anlagen</li> <li>- Staumauern und -dämme von Talsperren <math>\geq 10^7 \text{ m}^3</math> Stauvolumen</li> <li>- Industrie- und Lagerobjekte mit sehr hohem Risikopotential</li> <li>- Bauwerke und bauliche Anlagen, in denen Menschenansammlungen ab 3000 Personen stattfinden können</li> </ul>	1,1 <sup>1)</sup>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- große Gefahren für Menschenansammlungen</li> <li>- große wirtschaftliche Verluste</li> <li>- große kulturelle Verluste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauwerke und bauliche Anlagen mit häufigen Personenansammlungen <math>\geq 500</math> Personen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sportstadien, soweit sie nicht in die Klasse I gehören</li> <li>• Theater, Kinos, Konzertsäle, Kirchen</li> <li>• Schulen, Hörsäle</li> <li>• Empfangsgebäude von Bahnhöfen, Flughäfen</li> <li>• Hotel- und Bettenhochhäuser sowie Internatshochhäuser</li> <li>• Krankenhäuser</li> </ul> </li> <li>- Warenhäuser und Markthallen <math>\geq 10\ 000 \text{ m}^2</math> verkaufsraumfläche</li> <li>- Brücken im Verkehrsbau</li> <li>- Bauwerke und bauliche Anlagen mit erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraftwerks-Hauptgebäude</li> <li>• ausgewählte Schornsteine <math>\geq 50 \text{ m}</math> Höhe</li> <li>• Staumauern und -dämme von Talsperren <math>\geq 10^5</math> und <math>&lt; 10^7 \text{ m}^3</math> Stauvolumen</li> </ul> </li> <li>- Bauwerke und bauliche Anlagen von großer gesellschaftlicher Bedeutung und mit besonders repräsentativem Charakter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauwerke zentraler staatlicher Organe, Parteien und Massenorganisationen</li> <li>• Museen mit unersetzbaren Kulturgütern</li> </ul> </li> <li>- Bauwerke des Katastrophenschutzes und der Zivilverteidigung</li> </ul>	1,05
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefahren für Personengruppen</li> <li>- wesentliche wirtschaftliche Folgen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohnungsbauten</li> <li>- Bürogebäude, soweit sie nicht in die Zuverlässigkeitsklasse II gehören</li> <li>- Industrie-, Gesellschafts- und Landwirtschaftsbauten, soweit sie nicht in andere Zuverlässigkeitsklassen gehören</li> <li>- zentrale Lagerbauten für die Versorgung der Bevölkerung; Lagerbauten für wertvolle technische Ausrüstungen</li> <li>- Baukonstruktionen im Montagezustand und im Brandfall</li> <li>- Tragwerke in Anlagen der Elektroenergieübertragung und -verteilung</li> </ul>	1,0

Zuverlässigkeitsklasse	Folgen im Versagensfall	Art der Nutzung des Bauwerkes	Wertigkeitsfaktor
IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Personen-gefährdung</li> <li>- geringe wirtschaftliche Folgen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kleinere, eingeschossige Betriebsgebäude und Werkstätten der örtlich geleiteten Industrie und der Landwirtschaft</li> <li>- Gewächshäuser mit Binderspannweiten <math>\geq 12</math> m</li> <li>- Objekte für die Lagerung landwirtschaftlicher Produkte, Düngemittel und nicht gefährlicher Chemikalien</li> <li>- Objekte der Baustelleneinrichtungen mit Standzeiten <math>\geq 8</math> Jahren</li> <li>- Bungalows und Gartenlauben</li> </ul>	
V	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr geringe Personen-gefährdung</li> <li>- sehr geringe wirtschaftliche Folgen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kleinere eingeschossige Gebäude von geringer wirtschaftlicher Bedeutung, in denen sich nicht ständig Menschen aufhalten                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewächshäuser mit Binderspannweiten <math>&lt; 12</math> m</li> <li>• Scheunen, Schuppen</li> <li>• Einzelgaragen</li> <li>• kleinere Lagergebäude von untergeordneter Bedeutung</li> </ul> </li> </ul>	0,90

1) Festlegung erfolgt in Abstimmung mit der Staatlichen Bauaufsicht



- ① Holzkurve
- ② Eurocode 5, Entwurf 1987 (Feuchteklasse 1+2,  $\omega \leq 18$  Neuer DDR-Standard Entwurf 1989)
- ③ Neuer DDR-Standard Entwurf 1987 für Bauholz / Feuchteklasse 1  $\omega \leq 18\%$  (Faktor bei Feuchtegehalt von  $\omega \geq 18\% = 0,8$  entsprechend Eurocode und 0,85 entsprechend GDR-code)

Bild 62 Faktor  $\gamma_{d1}$ -Lang-Zeit-Verhalten für Grenzzustände (außer Zugspannung senkrecht zur Faser entsprechend Eurocode 5)

Tabelle 38 Kombinationsfaktor nach /6/

Lastkombination	Anzahl der kurzzeitigen Lasten	$\psi$
Grundkombination <sup>1)</sup>	1	1,0
	2 oder 3	0,9
	> 3	0,8
Sonderkombination <sup>2)</sup>	$\geq 1$	0,8

- 1) maximale Last, ohne plötzliche Last
- 2) maximale Last, einschließlich plötzliche Last

Auch die geringere Differenz der Klassifizierung der Lastwirkungsdauer zum Eurocode 5 wurde mit dem neuen DDR-Entwurf 1988 beseitigt (Bild 62).

Die DDR-Norm für die Lastannahme /6/ enthält eine Klassifikation der Lasten, die in Tab. 41 den neuen Klassen der Lasteinwirkungsdauer zugeordnet wurden.

In Tab. 42 werden verschiedene Normvorschläge für den Modifizierungsfaktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Lasteinwirkungsdauer miteinander verglichen.

Einen Vorschlag für die Eingruppierung in eine Zeitklasse zeigt Tab. 43 a und b.

## 2.3. Baustoffforderungen

### 2.3.1. Sortierung des Holzes

Bisher wird in der DDR Bauholz noch ausschließlich nach visuellen Kriterien sortiert.

Die Kriterien legte eine Norm aus dem Jahre 1963 fest /8/. Diese Norm entspricht im wesentlichen der DIN 4074 aus dem Jahre 1958.

Der gegenwärtige Sortierstandard wurde 1988 überarbeitet /8/ und berücksichtigt jetzt neben Nadelhölzern auch Laubhölzer. Weiterhin ist jetzt eine maschinelle Sortierung der Nadel- und Laubhölzer möglich.

Die visuellen Kriterien wurden zum Teil überarbeitet. Es erfolgt aber weiterhin eine Einteilung in Güteklassen. Die Kriterien für die maschinelle Sortierung basieren auf den

Güteklassen in Kombination mit den maschinell relativ leicht bestimmbar Biege-Elastizitätsmodul (Bild 63).

Der Sortiereffekt gestaltet sich jedoch unterschiedlich je nach festgelegten Klassengrenzen für die E-Moduln, wie eine erste Untersuchung zum Einfluß unterschiedlicher Klassengrenzen zeigt (Bild 64).

Bei Variante 0 und 1 wurden die E-Modulwerte so gelegt, daß sie für Festigkeitsklasse III (Variante 0) im Bereich der 5-%-Fraktile bzw. für alle Festigkeitsklassen der Minimalwerte liegen. Während bei Variante 1 der Sortiereffekt identisch ist mit einer visuellen Sortierung nach Güteklassen, wächst bei Variante 0 die Bauholzmenge von GKl II nach Festigkeitsklasse II geringfügig an (Bild 64).

Tabelle 39 Vergleich der Teilsicherheitswerte für Einwirkungen in der DDR und nach Eurocode 5 /5/

Ständige Einwirkungen $f_G$	Teilsicherheitswerte in der DDR nach Zuverlässigkeitsklassen entsprechend /6/					Teilsicherheitswerte im Eurocode /5/	
	I	II	III	IV	V	*	**
- geringste Auswirkung	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
- ungünstige Auswirkung	> 1,20	1,16	1,10	1,05	1,0	1,35	1,2
Veränderliche Einwirkungen $f_Q$							
- eine mit ihrem charakteristischen Wert	> 1,54	1,47	1,40	1,33	1,26	1,5	1,35
- eine mit ihrem Begleitwert						1,5	1,35

\* normale Teilsicherheitswerte

\*\*reduzierte Teilsicherheitswerte<sup>1)</sup>

1) Für einstöckige Bauwerke mit mittlerer Spannweite und nur gelegentlicher Nutzung

Das entspricht der Zuverlässigkeitsklasse V in der DDR

Tabelle 40 Vorschlag für Feuchteklassen und zugeordnete Klimabedingungen

Feuchteklassen	Klassifizierung der Bauwerks-kategorie und Klimabedingungen	Holzfeuchte	Relative Luftfeuchte bei 20 °C	Bemerkungen
1	- geschlossene Bauten mit Heizung (gut belüftet - kleine Räume mit Feuchtequellen) - geschlossene Bauten, schwach beheizt (gut belüftet - keine Räume mit Feuchtequellen)	$\omega \leq 12 \%$	$\varphi \leq 65 \%$	
2	- geschlossene Bauten ohne Heizung (gut belüftet - mit Räumen mit schwachen Feuchtequellen) <sup>1)</sup> - Brettschicht- und Kantholzbauteile, die den Nutzungsbedingungen der Feuchteklasse 3 ausgesetzt sind, aber mit einem hydrophobierenden Anstrich versehen sind.	$12 < \omega \leq 18 \%$	$65 \leq \varphi \leq 85 \%$	1) Getreidelager, Werk- und Montagehallen der Metallverarbeitung

Feuchteklassen	Klassifizierung der Bauwerkskategorie und Klimabedingungen	Holzfeuchte	Relative Luftfeuchte bei 20 °C	Bemerkungen
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geschlossene Bauten mit Räumen mit Feuchtequellen<sup>2)</sup></li> <li>- freistehende Bauten aus mittleren bis großformatigen Holzquerschnitten, wie Kant-hölzer und Brettschichtbauteilen</li> <li>- Bauteile aus Brettern und Latten, die einer Nutzung nach Feuchteklasse 2 ausgesetzt sind</li> <li>- allseitig offene überdachte Bauwerke mit ungeschützten Bauteilen</li> <li>- kleinformatige Bauteile von freistehenden Bauwerken, wie Latten, Bretter, Bohlen</li> <li>- Brettschicht- und Kantholzbauteile, die den Nutzungsbedingungen nach Feuchteklasse 2 ausgesetzt sind, aber zur Überdachung von Düngemittelhallen, besonders von Harnstoff dienen</li> <li>- Bauwerke mit NaBräumen, die eine ständige Luftfeuchte <math>\varphi \geq 95 \%</math> haben</li> <li>- Bauteile im Wasser</li> </ul>	$18 < \omega \leq 26 \%$	$\varphi \geq 85 \%$	2) z. B. Bäder, Schwimmhallen, Webereien, Lebensmittelbetriebe, industrielle und wasserwirtschaftliche Feuchträume wie Gerbereien, Wäschereien usw. In Zweifelsfällen erfolgt die Zuordnung nach der Größe der ständig wirkenden Luftfeuchte in Abstimmung mit der Staatlichen Bauaufsicht
		$\omega > 30 \%$		

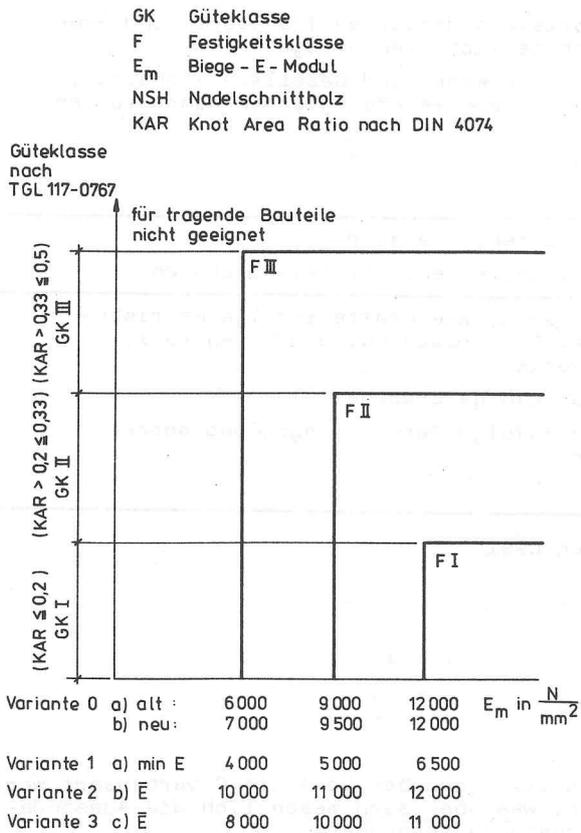


Bild 63 Festigkeitsklassen von Bauholz (NSH) bzw. Brettschichtholzlagen

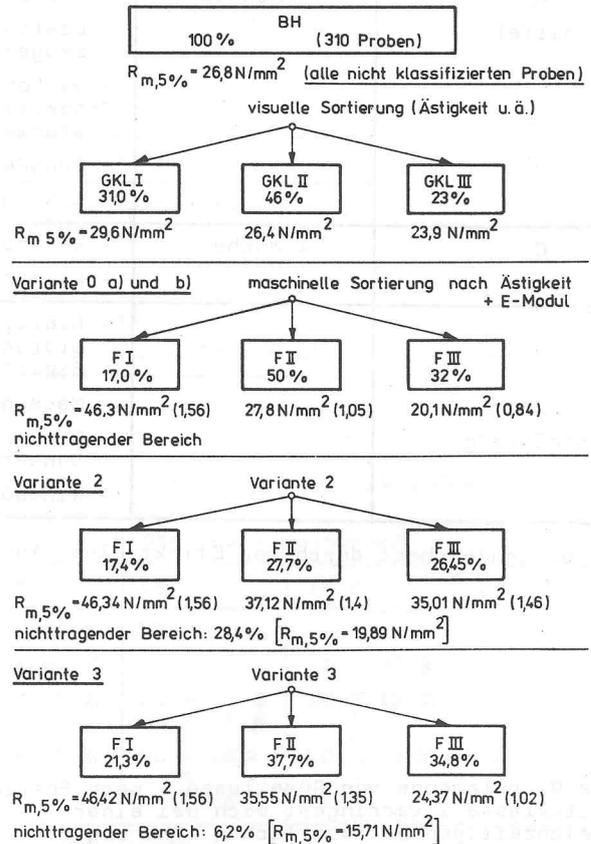


Bild 64 Sortiereffekt bei Bauholz (Biegebeanspruchung) in Abhängigkeit von den gewählten Klassengrenzen ( ) Wert = Verhältnis zum  $R_{m,5\%}$ -Wert der Güteklasse

Tabelle 41 Klassen<sup>1)</sup> der Lasteinwirkungsdauer nach Eurocode und Zuordnung, Lastklassen gemäß DDR-Norm /6/

Lasteinwirkungsdauer		Klassifikation der Lasten gemäß DDR-Norm
Klasse/Dauerlast	Größenordnung	
A lang	10 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ständige Lasten, wie die Eigenlasten des Bauwerkes, die Einwirkungen infolge Erdstoff bzw. Wasser, die das Bauwerk ständig umgeben sowie die Vorspannkräfte zur Zeit <math>t = \infty</math></li> <li>- langzeitige Lasten, wie Eigenlasten versetzbarer Trennwände</li> <li>- Lasten aus ortsfesten Ausrüstungen einschließlich deren Füllung oder Auflasten, wie das Fördergut auf Transportbändern</li> <li>- Innendruck, z. B. von Behältern, Silos</li> <li>- Lasten in Räumen, die der Lagerung dienen, z. B. Speicher, Bibliotheken</li> <li>- langandauernde, technologisch bedingte Temperatureinwirkungen</li> <li>- Einwirkungen aus umgebenden Erdstoff oder Wasser, soweit nicht zu den ständigen Lasten zählend</li> <li>- Last aus Ablagerungen, z. B. Staub</li> <li>- Einwirkungen aus dem Schwinden der Baustoffe</li> <li>- Einwirkungen aus dem rheologischen Verhalten</li> <li>- Einwirkungen aus ortsveränderlichen Transport- und Hebezeugen, soweit sie zu den langzeitigen Lasten zählen, wie Gießereikrane usw.</li> </ul>
B mittel	6 Monate	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kurzzeitige Lasten, wie Lasten in Bereichen neben ortsfesten Ausrüstungen, z. B. Bedienungszonen</li> <li>- Lasten in der Phase der Montage, des Aufbaus und des Ausbaus</li> <li>- Lasten, die bei Ein- und Abschaltphasen und beim Probetrieb entstehen</li> <li>- Lasten aus ortsveränderlichen Transport- und Hebezeugen einschließlich Transportgut</li> <li>- Verkehrslasten in Wohn- und Gesellschaftsbauten, soweit sie nicht aus technologischen Ausrüstungen stammen</li> <li>- Schneelasten</li> <li>- Eislasten</li> </ul>
C kurz	1 Woche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kurzzeitige Lasten, wie Wind</li> <li>- klimatisch bedingte Temperatureinwirkungen</li> </ul>
D stoßartig		<ul style="list-style-type: none"> <li>- plötzliche Lasten, wie Kräfte infolge Betriebsstörungen, z. B. Kurzschluß, Bruch, Anprall, Explosionsdrücke</li> <li>- Massenkkräfte infolge Erdbeben</li> <li>- Einwirkungen infolge Bergsenkungen und andere Sonderlasten</li> <li>- Windböen</li> </ul>

<sup>1)</sup> gekennzeichnet durch den Effekt einer konstanten Last

Die Bauholzmenge von Güteklasse 1 nach Festigkeitsklasse I verringert sich bei einer gleichzeitigen beträchtlichen Erhöhung der Festigkeit. Die geringe Aussonderungsquote aufgrund des niedrigen E-Moduls für die Festigkeitsklasse III muß mit einer Festigkeitseinbuße gegenüber der visuellen Sortierung erkauft werden. Mit Variante 2 und 3 kann die Festigkeit der Festigkeitsklassen II

und III gegenüber Variante 0 verbessert werden, was aber auch wesentlich die Aussonderungsquote vergrößert.

Die Zusammenhänge sind bei künftigen wirtschaftlichen Untersuchungen zu beachten. In dem Bestreben, eine möglichst geringe Aussonderungsquote zu erreichen, wurden für den Standardentwurf die Klassengrenzen der Variante 0<sub>b</sub>) festgelegt (Bild 63).

Tabelle 42 Modifizierungsfaktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Lastdauer

Lfd. Nr.	Belastungsart	t	K <sub>mod.</sub> nach Norm bzw. Vorschlag																						
			CIB - W 18 (1983)			ISO - TC - 165					USA, GB, Kanada	Ver-suche Ma-dsen (Auswertung von Steck)	SIA - 165 Schweiz	Vor-schlag DDR (1965)	Vor-schlag DDR (1976)	Eurocode 5 nach / 17 /		DIN 1052 (84)	TGL 33135 (84)	Eurocode 5 für Feuchteklasse 1 u. 2 1987		Vorschlag DDR (1988)		SNiIP UdSSR (1981)	
			f <sub>m</sub> , f <sub>co</sub> , f <sub>to</sub> , f <sub>v</sub>	f <sub>t,90</sub>	E, G	Holz hoher Güte und BSH f <sub>m</sub> , f <sub>to</sub> , f <sub>co</sub> , E	Holz niedriger Güte f <sub>m</sub> , f <sub>to</sub> , f <sub>co</sub> , E	für alle Güteklassen + BSH f <sub>co</sub> , f <sub>v</sub> , f <sub>t,90</sub>	für alle Güteklassen u. BSH E, G	f <sub>m</sub> , f <sub>co</sub> , f <sub>t,90</sub>						f <sub>to</sub> , f <sub>v</sub>	f <sub>m</sub> , f <sub>co</sub> , f <sub>t,90</sub>			f <sub>to</sub> , f <sub>v</sub>	f <sub>m</sub> , f <sub>co</sub> , f <sub>t,90</sub>	f <sub>to</sub> , f <sub>v</sub>	f <sub>m</sub> , f <sub>co</sub> , f <sub>t,90</sub>	f <sub>co</sub> , E	f <sub>co</sub> , E
1.	stoffartig	3 s	1,1	1,1	—	1,1	1,1	1,1	1,1	—	1,2	—	1,08	—	1,2	1,2	1,2	2,0 <sup>3)</sup> 1,25 1,50 <sup>4)</sup>	1,15	—	—	1,3	1,3	1,2	1,4
2.	kurzzeitiger Versuch	3 bis 5 min	(1,0)	(1,0)	(1,0)	(1,0)	(1,0)	(1,0)	(1,0)	(1,0)	1,0	1,0	1,0	—	1,0	(1,0)	(1,0)	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—
3.	sehr kurzzeitig	< 10 h	0,95	0,90	1,0	0,95	1,0	0,95	0,90	1,0	0,83	0,98	—	1,0	—	1,0	1,0	—	—	1,2	1,2	1,2	1,2	—	—
4.	kurzzeit	1 Tag									0,80	0,96													
5.	kurzzeit	100 h (Woche)	0,80	0,70	1,0	0,80	0,95	0,80	0,70	1,0	0,74	0,93		0,83		0,95	0,90				1,0	0,85			
6.	kurzzeit (langzeit)	1 Monat									0,70	0,875										1,0	1,0		
7.	mittlere Zeit	10000 h (Jahr)	0,70	0,50	1,0	0,70	0,90	0,70	0,50	0,80	0,65	0,75			0,70	0,90	0,75			0,90	0,70				
8.	langzeit (normal)	< 10 Jahre	0,55	0,35	0,70	0,55	0,85	0,55	0,85	0,60	0,60	0,655	0,77			0,85	0,60			0,80	0,55				
9.	langzeit (dauernd)	50									0,55	0,60			0,60			0,59	0,59			0,85	0,80		0,8

1) bezogen auf 1h  
2) bezogen auf 10s  
3) waagerechte Stifflasten und Erdbebenlasten  
4) Transport- u. Montagezustände

Tabelle 43a Zeitklassen der Lasten

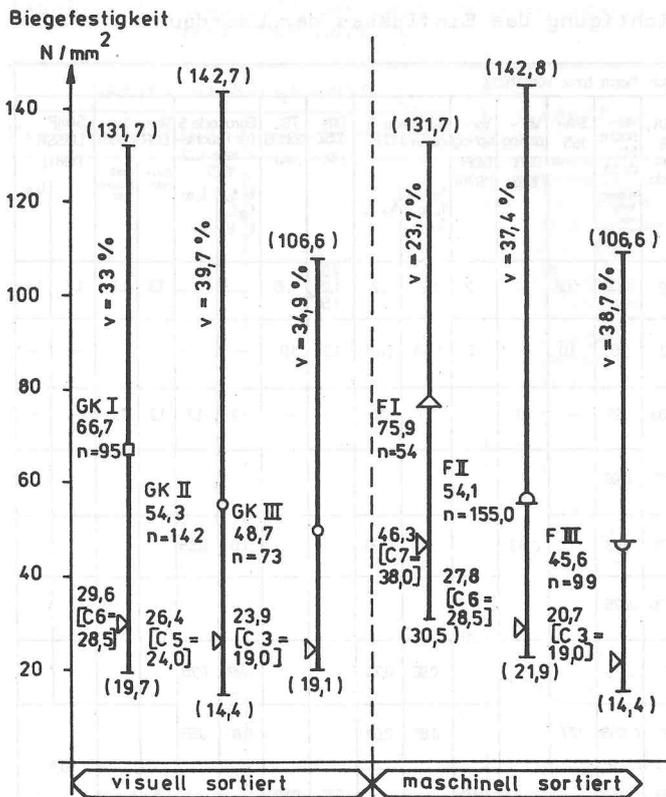
Zeitklassen	Dauer der Lasteinwirkung
ZK A	ständig und/oder langfristig (z. B. Eigenlast, Verkehrslast)
ZK B	kurzzeitig (z. B. Verkehrslast, Schnee)
ZK C	sehr kurz (z. B. Wind)
ZK D	plötzlich (z. B. Stoß, Erdbeben)

Tabelle 43b Lastkombinationen, Einstufung in Zeitklassen

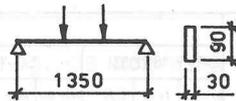
Zeitklassen der zu kombinierenden Lasten	Zeitklassen der Lastkombination			
	ZK A	ZK B	ZK C	ZK D
ZK A + ZK B	LA ≥ 85 %	LA < 85 %		
ZK A + ZK C	LA ≥ 85 %		LA < 85 %	
ZK A + ZK B + ZK C	LA ≥ 85 %	LC ≤ 15 % LA < 85 %	LC < 15 %	
ZK A + ZK B + ZK C + ZK D	LA = 85 %	LC + LD ≤ 15 % LA < 85 %	LD ≤ 15 %	LD > 15 %

LA, LC, LD Lastanteile der Zeitklasse A, C oder D von der Gesamtlast

Bei unterschiedlichen Belastungsformen, z. B. Querlasten und Längskräften, hat die Einstufung nach den Spannungsanteilen zu erfolgen.



**Versuchsanordnung:**



**Versuchsbedingungen:**

- Temperatur von 20 °C
- Feuchtigkeitsgehalt 8 bis 13 %
- Zeitdauer des Versuchs zwischen 3 bis 5 min

n Anzahl von Trägern

▷ 5-%-Quantile einer 3parametrischen Weibull-Verteilung entsprechend DDR-Standard 38 791/03

v Varianz in %

( ) max/min-Wert

[ ] Festigkeitsklassen entsprechend Eurocode 5 Entwurf 1987, Anlage 2

GK  $\Delta$  Festigkeitsklasse entsprechend DDR-Standard  
 F  $\Delta$  Festigkeitsklasse entsprechend der maschinellen Sortierung

Bild 65 Biegefestigkeit von Bauholz, sortiert nach unterschiedlichen Sortiermethoden

Tabelle 44 Charakteristische Werte Güteklassen

	Güteklasse nach		Spannung
	DDR-Norm	Festigkeitsklasse nach Eurocode Klasse	
Visuell sortiert	G I	C 6	28,5 N/mm <sup>2</sup>
	G II	C 5	24,0 N/mm <sup>2</sup>
	G III	C 3	19,0 N/mm <sup>2</sup>
Maschinell sortiert	F I	C 7	38,0 N/mm <sup>2</sup>
	F 2	C 6	28,5 N/mm <sup>2</sup>
	F 3	C 3	19,0 N/mm <sup>2</sup>

**2.3.2. Qualitätsüberwachung für die Herstellung von Brettschichtholz**

Die technischen Bedingungen und die Sicherung einer gleichbleibenden Qualität für die Herstellung von Brettschichtholz regeln in der DDR gesonderte Normen /12/ /13/. Nach diesen Normen sind regelmäßige Prüfungen der Zugscherfestigkeit der Klebeverbindung, der Zugfestigkeit der Keilzinkenverbindung und der Biegefestigkeit von Brettschichtholzbalken in Bauholzabmessungen durchzuführen.

Diese Normen werden in den nächsten Jahren überarbeitet und sollen zukünftig den Prüfbedingungen der ISO-Normen und den internationalen Normen für die Herstellung von Brettschichtholz entsprechen.

**2.3.3. Untersuchungen zur Festigkeit von Bau- und Brettschichtholz**

Für die Ermittlung der charakteristischen Materialfestigkeiten wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Den Schwerpunkt bildeten dabei Untersuchungen zur Biege-

und Druckfestigkeit von Bau- und Brettschichtholz, welches maschinell und visuell sortiert wurde.

**Biegefestigkeit von Bauholz**

Die Untersuchungen wurden von Apitz /20/ an Proben in Bauholzabmessungen durchgeführt. Die Auswertung dieser Versuche zeigt Bild 65.

Die charakteristischen Werte wurden aus der 3parametrischen Weibull-Verteilung gemäß DDR-Standard TGL 38 791/03 ermittelt. Die charakteristischen Werte der visuell und maschinell sortierten Güteklassen können nach Tab. 44 den Festigkeitsklassen des Eurocodes zugeordnet werden (s. auch Bild 65).

Bemerkenswert ist die geringere Streuung der Festigkeit bei maschinell sortiertem Holz (Bild 66), die aber auch abhängig ist von der Wahl der Sortierkriterien. Die in der überarbeiteten Sortiernorm gewählten Sortierkriterien wurden so gewählt, daß bei der Festigkeitsklasse 3 die Ausbeute möglichst hoch ist (möglichst keine Aussonderung von

Schnittholz). Damit liegen die Festigkeit und die Streuung für die Festigkeitsklasse 3 im Bereich der visuell sortierten Hölzer (s. Bild 65).

**Druckfestigkeit von Bauholz**

Die Druckfestigkeit parallel zur Faser von visuell sortiertem Holz wurde von Kiesel /26/ untersucht. Eine Auswertung der Autoren zeigt geringe Unterschiede zwischen Fichten- und Kiefernholz. Die Werte wurden für beide Holzarten zusammengefaßt, um eine Aussage für Nadelholz zu bekommen. Die Zuordnung zu den Klassen laut Eurocode 5 ergibt eine Übereinstimmung mit den charakteristischen Werten für die Druckfestigkeit parallel zur Faser (Bild 67 und Tab. 45).

Tabelle 45

Güteklasse nach DDR-Norm	Bruchfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Probenanzahl n	Festigkeitsklasse nach Eurocode Druckfestigkeit
GK I	26,22	542	C 6
GK II	24,03	124	C 5
GK III	17,23	41	C 3

**Rohdichte von Bauholz**

Bei den Versuchen zur Druckfestigkeit parallel zur Faser wurde auch die Rohdichte erfaßt. Die Auswertung ergab folgende Werte:

Kiefernholz	580 ... 577 ... 557 kg/m <sup>3</sup>
	(GK I bis III)
Fichtenholz	433 ... 464 ... 481 kg/m <sup>3</sup>
	(GK I bis III)

Bei Fichtenholz steigt die Rohdichte mit Verschlechterung der Güteklasse. Dies steht mit der Praxis der visuellen Sortierung nicht im Widerspruch, da die Rohdichte nicht gemessen wird. Erst mit der maschinellen Sortierung erfolgt eine direkte oder indirekte Berücksichtigung der Rohdichte (Bild 68a und b).

Visuell sortiertes Kiefernholz kann der Rohdichteklasse D 500 und Fichtenholz der Klasse D 400 zugeordnet werden. Nadelholz entspricht dann der Klasse 400 mit dem dieser Klasse zugeordneten Festigkeiten rechtwinklig zur Faser: Zug 0,4 N/mm<sup>2</sup>, Druck 7,0 N/mm<sup>2</sup>.

**Zugfestigkeit von Brettlagen für die Herstellung von Brettschichtholz**

Die Zugfestigkeit von Brettlagen mit und ohne Keilzinkung, die vorher visuell oder maschinell sortiert wurden, zeigt Bild 69. Es zeigt einen deutlichen Einfluß der Sortiermethode auf die Festigkeit von Brettlagen ohne Keilzinkung. Bei Brettlagen mit Keilzinkung ist ebenfalls ein Einfluß erkennbar, der aber nicht so ausgeprägt ist. Die charakteristischen Werte liegen nur bei Güteklasse I und Festigkeitsklasse I im Bereich der von Ehlbeck in /23/ angegebenen Werte für Lamellen mit und ohne Keilzinkung. Die experimentellen Werte für die Biege- und Zugfestigkeit werden entsprechend charakteristischen Werten gemäß Anlage 2 des Eurocodes 5 klassifiziert. Keilzinkungen vermindern die Festigkeit teilweise beträchtlich.

Keilgezinktes Holz muß deshalb in der Regel eine Klasse tiefer eingestuft werden (Bild 69).

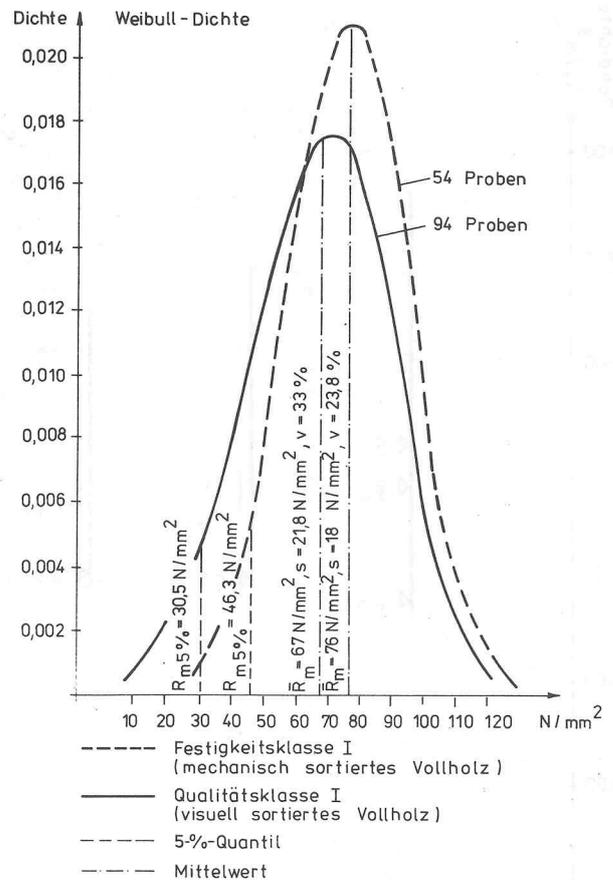


Bild 66 Vergleich von mechanisch und visuell sortiertem Bauholz der Festigkeitsklasse I und/oder Qualitätsklasse I (Biegebruchfestigkeit)

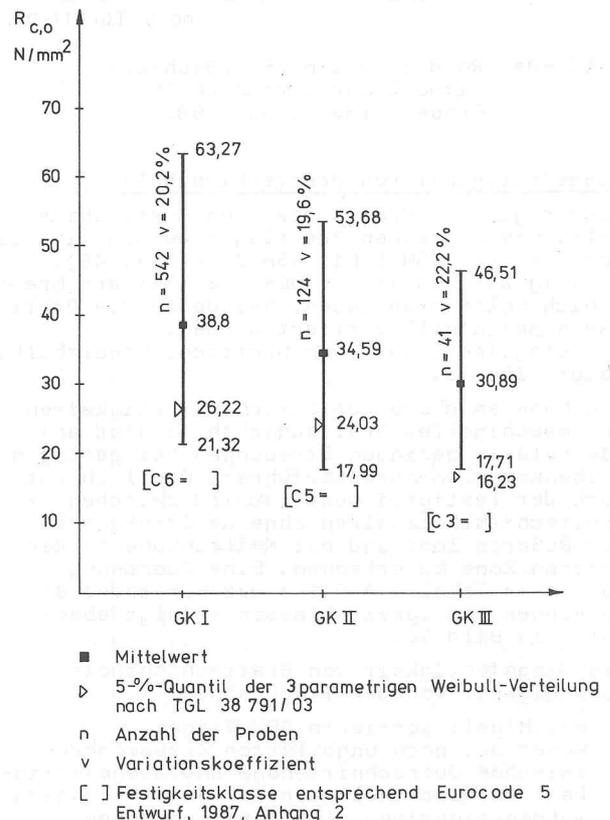


Bild 67 Druckfestigkeit parallel zur Faser von NSH

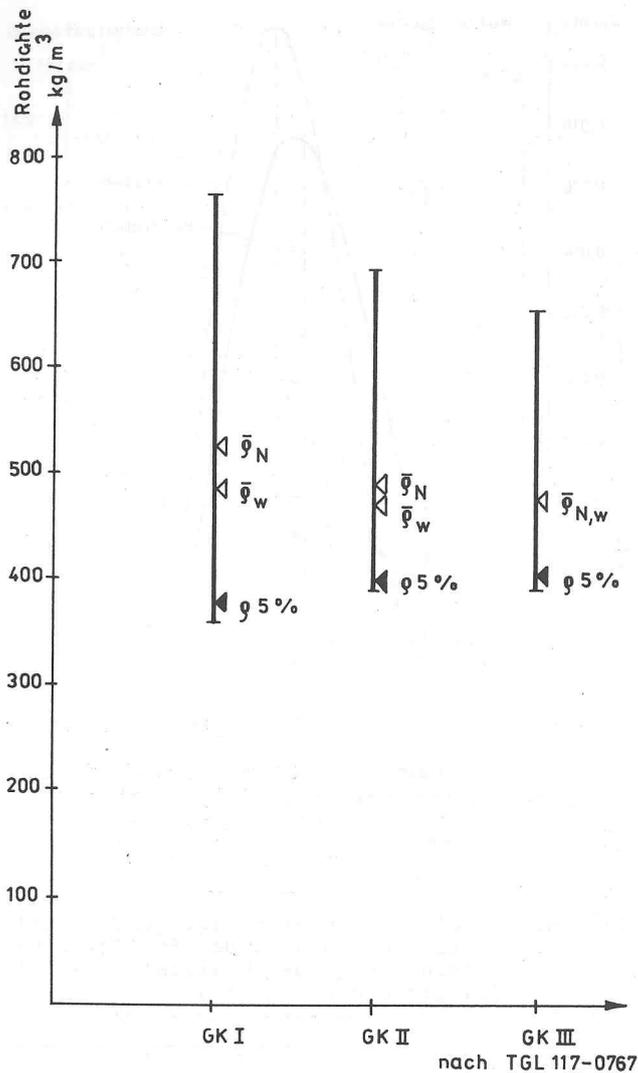


Bild 68a Rohdichte von NSH (Bauholz)  
visuell sortiert nach FK  
Proben: IHS Wismar 1987

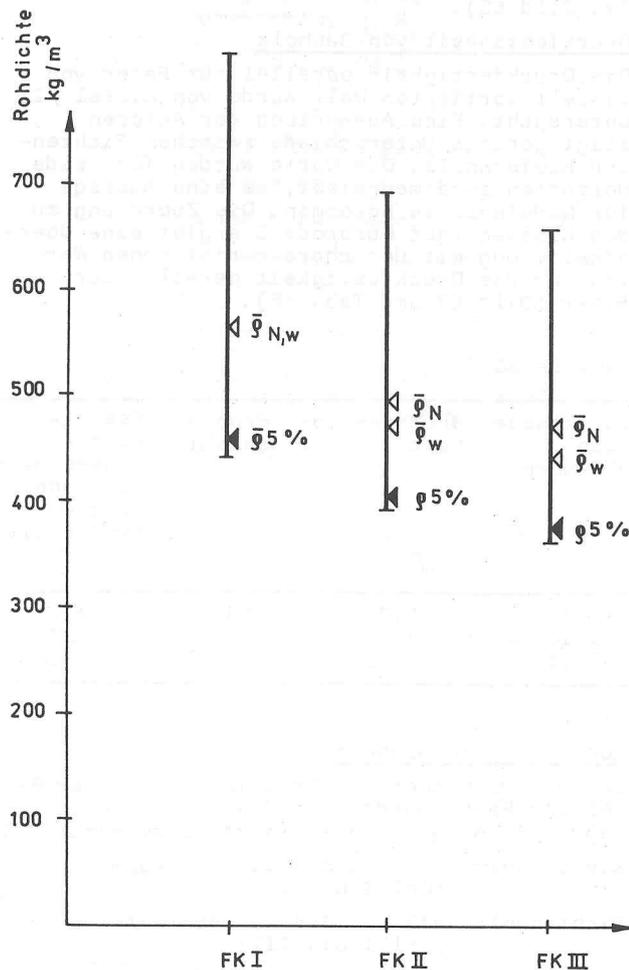


Bild 68b Rohdichte von NSH (Bauholz),  
maschinell sortiert nach FK  
Proben: IHS Wismar 1987

### Biegefestigkeit von Brettschichtholz

Bisher gibt es drei Sorten von Brettschichtholz. Die einzelnen Brettlagen werden visuell sortiert (s. BSH 1 bis BSH 3 in Tab. 46). Künftig wird es in der DDR drei weitere Brettschichtholzsorten geben, bei denen die Brettlagen maschinell sortiert werden. Die Biegefestigkeit von Brettschichtholzbalken zeigt Bild 70.

Die höheren charakteristischen Festigkeiten für maschinelles Brettschichtholz sind auf die relativ geringen Streuungen bei geringen Probenanzahlen zurückzuführen. Deutlich ist auch der Festigkeitsunterschied zwischen Brettschichtholzbalken ohne Keilzinkung in der äußeren Zone und mit Keilzinkung in der äußeren Zone zu erkennen. Eine Zuordnung zu den in Tabelle A 2.1.a des Eurocodes angegebenen Festigkeitsklassen erfolgt ebenfalls in Bild 70.

Die Biegefestigkeit von Brettschichtholz in Abhängigkeit von der Trägerhöhe

#### a) maschinell sortierte BSH-Träger

Wegen des noch ungeklärten Zusammenhangs zwischen Querschnittshöhe und Biegefestigkeit an maschinell sortiertem BSH-Trägern wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Hergestellt wurden je zwölf Träger aus BSH M 3 mit Querschnittshöhe von 192, 288 und 608 mm.

Sämtliche Prüfkörper hatten Keilzinkungen im Prüfbereich, da während der Produktion kaum Brettschichtholzträger ohne Keilzinkungen in der äußeren Lage gefertigt werden.

Man erkennt an den Werten nach Bild 71, daß bis zur Höhe von 608 mm die charakteristische Festigkeit nicht abnimmt. Auch die für den Grenzwert der Nutzungsfähigkeit benötigten Mittelwerte für den Elastizitätsmodul nehmen bis zu Höhen von 608 mm nicht ab.

#### b) visuell sortierte BSH-Träger

Zusätzlich zu den Untersuchungen in Abschnitt a) wurden frühere Untersuchungen an visuell sortiertem BSH-Trägern ausgewertet. Bis zu einer Höhe von 800 mm nimmt der charakteristische Wert nicht ab.

Erst bei einer Höhe von 992 mm wird der charakteristische Wert um 6 % vermindert. Der Mittelwert des Elastizitätsmoduls nimmt nicht ab über die Trägerhöhe.

Schöne /20/ untersuchte den Einfluß der Trägerhöhe auf die Biegefestigkeit von Brettschichtholzbalken. Bei den Versuchen mit Balken ohne Keilzinkenverbindung bestätigt sich tendenziell die der schweizer Norm SIA 164 zugrunde gelegte Potenzfunktion.

Befinden sich aber Keilzinkenverbindungen im Prüfbereich, so ist kein Einfluß feststellbar. Bei diesen Trägern ist die Festigkeit der Keilzinkenverbindung von ausschlaggebender Bedeutung für die maximale Traglast des Balkens. Die mittlere Biegebruchfestigkeit ist nur wenig größer als der durch zahlreiche Versuche statistisch abgesicherte Mittelwert der Keilzinkenzugfestigkeit /20/. Unter dem Gesichtspunkt der realen Produktion mit durchschnittlichen Brettängen um 2 m erscheint die Anwendung eines höhenabhängigen Faktors nicht gerechtfertigt /20/.

Biegefestigkeit von Brettschichtholz in Abhängigkeit von der Holzfeuchte

Für eine Holzfeuchte  $\omega \geq 15\%$  sollte der Einfluß der Feuchte auf die Biegefestigkeit untersucht werden. Die Versuche wurden an maschinell sortiertem Brettschichtholz M 3

mit Keilzinkenverbindungen im Prüfbereich durchgeführt (Querschnitt  $h = 192\text{ mm}$ ,  $b = 97\text{ mm}$ ).

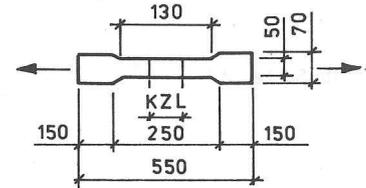
Untersucht wurde der Einfluß für  $\omega \leq 15$ ,  $\omega = 18$  und  $\omega = 24\%$ . Die Holzfeuchte  $\omega \geq 18\%$  wurde durch Lagerung der BSH-Träger im Feuchtraum erzeugt. Eine typische Feuchteverteilung zeigt Bild 72. Man erkennt, daß nach 146 Tagen Lagerung im Klima  $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 95\%$  nur die Randzonen die geforderte Holzfeuchte von  $\omega = 24\%$  aufweisen. Je Holzfeuchte von 18 und 24 % wurden zwölf Balken geprüft.

Im Kern dagegen beträgt die Holzfeuchte etwa 18 %. Bild 72 zeigt bis zu einer Holzfeuchte von  $\omega \leq 18\%$  keine Abnahme der charakteristischen Festigkeiten. Erst bei  $\omega \geq 24\%$  wird die Festigkeit um 7 % vermindert.

Die Mittelwerte des Biege-E-Moduls nehmen mit zunehmender Holzfeuchte ab (Bild 73).

Versuchsbedingungen:

- Temperatur  $20^\circ\text{C}$
- Feuchtegehalt 8 bis 13 %
- Testdauer von 3 bis 5 min
- n Anzahl der Proben
- ▷ 5%-Quantil der 3parametrischen Weibull-Verteilung entsprechend DDR-Standard 38 791/03
- v Varianz in %
- ◇ 1%-Quantil der 3parametrischen Weibull-Verteilung
- ( ) max/min-Wert
- Gkl Sortierklasse entsprechend DDR-Standard 117-0767 (1963)
- F Sortierklasse entsprechend der maschinellen Sortierung
- // Festigkeitsklasse entsprechend Eurocode 5, Entwurf 14/2



- ohne Keilzinken
- - - KZL = 50 mm
- KZL = 20 mm

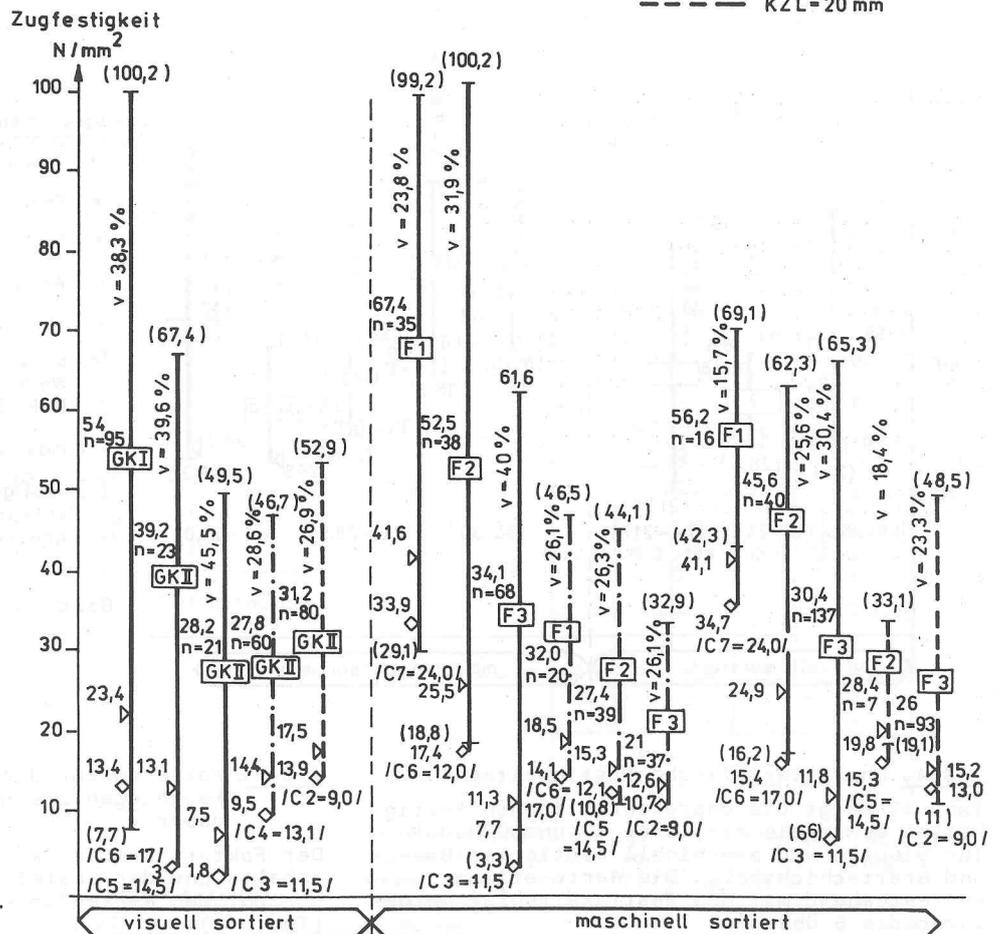


Bild 69  
Zugfestigkeit von Brettschichtholz Brettern

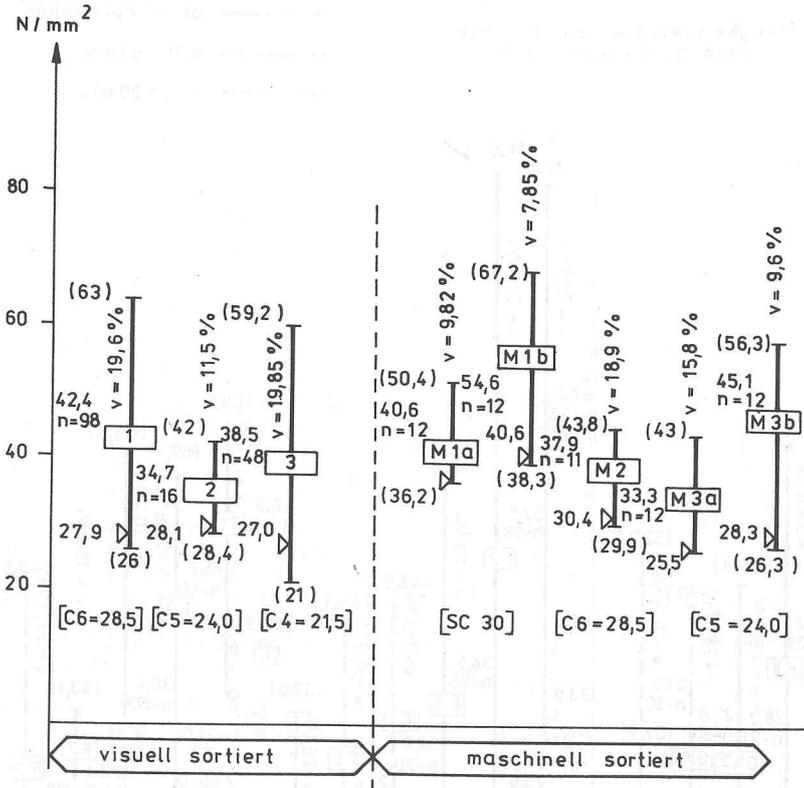
Tabelle 46 Entwurf von neuen Güteklassen von Brettschichtholz

Sorte		BSH 1	BSH 2	BSH 3	BSH M 1	BSH M 2	BSH M 3
Sortierung der Lagen		visuell	visuell	visuell	mechanisch	mechanisch	mechanisch
Äußere Lagen	Holzsorte	NSH GK I, II	NSH GK II	NSH GK I, II	NSH F I	NSH F II	NSH F II
	KZV in mm	≥ 250	≥ 250	≥ 0	≥ 250	≥ 250	≥ 250
Innere Lagen	Holzsorte	NSH GK I, II	NSH GK III	NSH GK I, II	NSH F III	NSH F III	NSH F II
	KZV in mm	≥ 250	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0

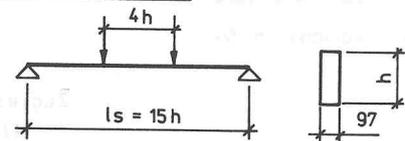
KZV Keilzinkenverbindung  
 BSH Brettschichtholz  
 NSH Nadel-schnittholz (Kiefer, Fichte, Lärche)  
 GK Güteklasse; F Festigkeitsklasse

1	Sorte 1, Produktion 85/86	h = 288 mm	M 2	h = 192 mm Keilzinken in der äußeren Lage
2	Sorte 2, Produktion 84	h = 288 mm		
3	Sorte 3, Produktion 85/86	h = 288 mm		
M1a	Sorte M 1	h = 192 mm Keilzinken in der äußeren Lage	M 3a	h = 192 mm Keilzinken in der äußeren Lage
M1b	Sorte M 1	h = 192 mm ohne Keilzinken in der äußeren Lage	M 3b	h = 192 mm ohne Keilzinken in der äußeren Lage

Biegefestigkeit



Versuchsanordnung:



Versuchsbedingungen:

- Temperatur von 20 ± 2 °C
- Feuchtegehalt ≤ 10 %
- Testdauer von 3 bis 5 min
- n Anzahl von Trägern
- v Varianz in %
- ▷ 5%-Quantile der 3parametrischen Weibull-Verteilung entsprechend DDR-Standard
- ( ) max / min-Wert
- [ ] Festigkeitsklasse für Bauholz entsprechend Eurocode 5, Anhang 2

Bild 70 Biegefestigkeit von Brettschichtholz; Schichten, nach verschiedenen Methoden sortiert

2.3.4. Charakteristische Festigkeiten

Tab. 47 zeigt die charakteristischen Festigkeiten sowie die mittleren E- und G-Moduln für visuell und maschinell sortiertes Bau- und Brettschichtholz. Die Werte stimmen weitestgehend mit den Festigkeitsklassen des Eurocodes 5 überein.

2.3.5. Faktoren zur Berücksichtigung des

Feuchtegehalts und der Lasteinwirkungsdauer

Der Faktor zur Berücksichtigung des Feuchtegehalts und der Lasteinwirkungsdauer entspricht den Werten im Eurocode 5 /5/ (Tab. 48).

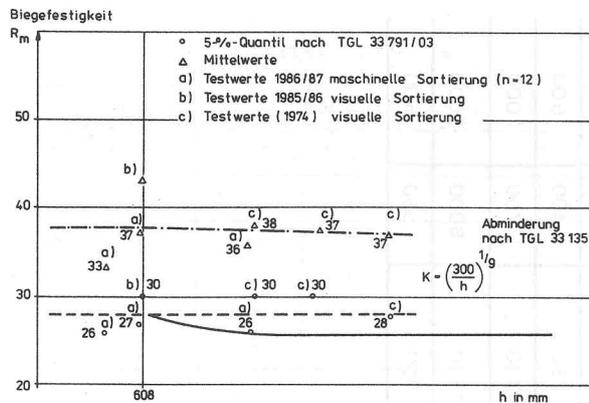
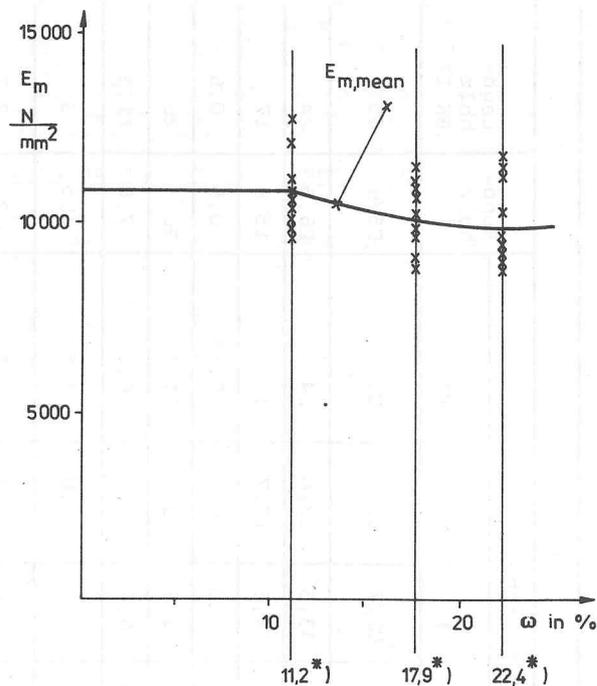


Bild 71 Biegefestigkeit von BSH in Abhängigkeit von der Trägerhöhe nach Versuchen in der DDR

2.3.6. Faktor zur Berücksichtigung der Einwirkung aggressiver Medien

Untersuchungen in der DDR zum Einfluß aggressiver Medien haben gezeigt, daß viele chemische Stoffe nur im Randbereich der Holzquerschnitte eine festigkeitsmindernde Wirkung haben /24/. Holzkonstruktionen werden wegen der hohen chemischen Widerstandsfähigkeit in der chemischen Industrie oder Landwirtschaft angewendet. Es wird vorgeschlagen, die Wirkung aggressiver Stoffe auf das Holz durch einen speziellen Faktor zu berücksichtigen. Der Faktor wird in /25/ erläutert.



\*) in der Zugrandlage

Bild 73 Biege-Elastizitätsmodul  $E_m$  in Abhängigkeit von der Holzfeuchte  $\omega$  bei BSH-M3-Trägern

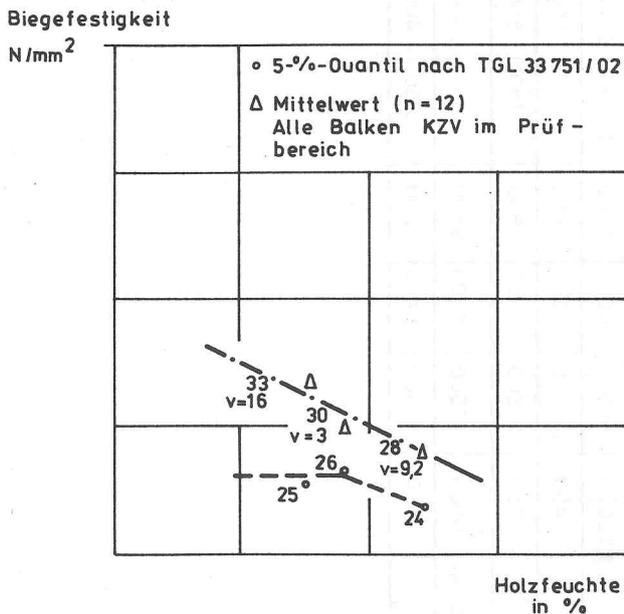
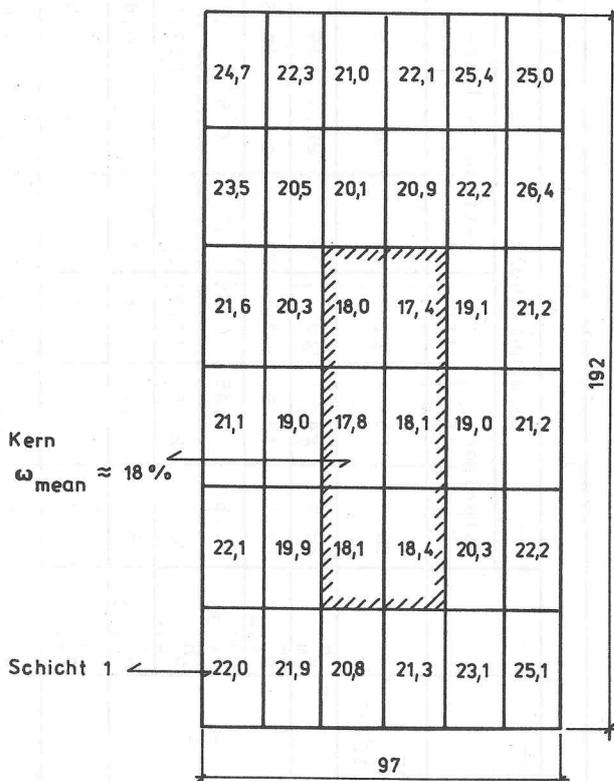


Bild 72 Biegefestigkeit von BSH in Abhängigkeit von der Holzfeuchte



Feuchtigkeitsverteilung,  $\omega$  in % über den Querschnitt von Brett-schichtholz nach 146 Tagen, gelagert mit einem Klima von  $T = 20^\circ C$ ,  $\phi = 95\%$  (Mittelwert von darrtrockenen Versuchen an 12 Balken)

Tabelle 47 Festigkeitsklassen, charakteristische Werte und mittlere Elastizitäts- und Schubmoduln

	Nadelholz													Laubholz GK II
	Bauschnittholz						Brettschichtholz						Rundholz	
	Güteklasse		Festigkeitsklasse		Sorte		M1		M2		M3			
I	II	III	I	II	III	1	2	3	M1	M2	M3			
Festigkeitsklasse nach Eurocode 5 10/87	C6	C5	C3	C7	C6	C3	C6	C5	C4	C6/7	C6	C5	C5/6	C5
	28,5	24	19	38	28,5	19	28,5	24	21,5	33,3	28,5	24	26,5	24
	17	14,5	7,1	24	17	11,5	14,4	4,8	14,4	14,6	15,7	13,6	15,8	17
Zug	0,5	0,45	0,35	0,6	0,5	0,35	0,45	0,35	0,45	0,35	0,5	0,35	0,5	0,5
	$R_m^N$													
	$R_t^N$													
Druck	26	21,5	17,5	30	26	17,5	26	21,5	19	21,7	26	21,5	26	26
	$R_c^N$													
	$R_{c,90}^N$													
Abscheren Faser	8	7,5	6,8	11	8	6,8	7,5	6,8	7,5	6,8	8	6,8	7,8	11,3
	$R_a^N$													
	$R_{a,0}^N$													
Schub aus Querkraft	2,7	2,3	2,0	3,8	2,7	2,0	2,7	2,0	2,1	2,0	2,7	2,3	2,7	2,7
	$R^N$													
	$R^N$													
Moduln	12000	11000	9000	13500	12000	9000	12000	11000	10000	12500	12000	11000	12000	12500
	$E_0^N$													
	$E_{90}^N$													
E <sub>0,5</sub> %	400	350	300	450	400	300	400	350	300	400	400	350	400	600
	$G^N$													
	$G^N$													
G <sub>5</sub> %	750	700	550	850	750	550	750	700	600	800	750	700	750	1000
	$E_{0,5} \%$													
	$G_5 \%$													
G <sub>5</sub> %	8500	7500	6500	9500	8500	6500	8500	7500	8500	9000	8500	7500	8000	9000
	$G_5 \%$													
	$G_5 \%$													
G <sub>5</sub> %	550	500	400	600	550	400	500	500	500	600	550	500	550	600
	$G_5 \%$													
	$G_5 \%$													

Tabelle 48 Anpassungsfaktor  $\gamma_{d,1}$   
"Langzeitverhalten GZT"

Zeitklasse der Lastkombination	Feuchteklasse			
	FK 1 und 2		FK 3	
	BH	BSH	BH	BSH
ZK A	0,85	0,8	0,65	0,4
ZK B	1	1	0,75	0,5
ZK C	1,2	1,2	0,9	0,6
ZK D	1,3	1,3	1,0	0,65

Für Lufttemperaturen  $35^{\circ}\text{C} \leq T \leq 50^{\circ}\text{C}$  ist  $\gamma_{d,1}$  mit 0,85 zu multiplizieren.

Er wird in Abhängigkeit von drei Beanspruchungsgraden und der Querschnittsgröße angegeben. Die Beanspruchungsgrade ergeben sich aus der Einordnung vorhandener Medien (Gase, Lösungen und feste Stoffe) in Aggressivitätsbereiche.

Bei Gasen und festen Stoffen muß bei der Einordnung die Feuchteklasse berücksichtigt werden (Tab. 49a-f).

#### 2.4. Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Holz hat ein ausgeprägtes Kriechverhalten, das bei der Berechnung der Durchbiegungen berücksichtigt werden muß. Das Kriechmaß ist im wesentlichen abhängig von der Holzart, der Belastungsart, dem Belastungsgrad und den Umwelteinflüssen.

Tabelle 49a Anpassungsfaktor  $\gamma_{d,4}$   
"Aggressive Medien" im GZT und GZN von BH und BSH

Die Art der Medien wird gegliedert in Gase, Lösungen und feste Stoffe. Mit den Kriterien Konzentration des Mediums und Feuchteklasse ergeben sich Beanspruchungsgrade I, II, III.

Beanspruchungsgrad	Erläuterung
BG I	nicht oder schwach aggressiv
BG II	mittel aggressiv
BG III	stark aggressiv

Eine Auswertung der Kriechuntersuchungen aus der Literatur und eigener Versuchsergebnisse führte zu ersten Vorschlägen für Kriechzahlen von biegebeanspruchten Balken (Tab. 50). Die Unterschiede zum Eurocode sind gering. Im künftigen Standard werden die Werte des Eurocodes zugrunde gelegt.

#### 2.5. Berechnung und Bemessung

##### 2.5.1. Einzelbauteile

Die Berechnung und Bemessung von Einzelbauteilen entspricht weitestgehend dem Kapitel des Eurocodes 5 /5/.

- Zug in Faserrichtung
- Zug rechtwinklig zur Faserrichtung
- Druck in Faserrichtung
- Druck im Winkel zur Faserrichtung
- Biegung, einachsig
- Biegung, zweiachsig
- Schub/Vollholzträger
- Schub/Brettschichtholzträger
- kombinierte Spannungen
- Druckstäbe

Da im Stabilitätsnachweis für Druckstäbe bisher der Kriecheinfluß des Holzes unberücksichtigt blieb, wurden von der TH Wismar spezielle Untersuchungen durchgeführt und ein Vorschlag für die Berechnung Druckstäbe erarbeitet.

Das Verfahren beinhaltet die Spannungsberechnung nach der Theorie II. Ordnung am vorverformten Stab mit Zunahme der Ausbiegung infolge Biegekriechens für eine Dauer von 50 Jahren.

Es wurden unterschiedliche Stabilitätsnachweise miteinander verglichen, indem die Spannungen aus den charakteristischen Normwerten der Lasten  $\sigma_{c,0,k}$  über der Schlankheitszahl  $\lambda$  aufgetragen wurden (Bild 74).

Tabelle 49c Beanspruchungsgrade für Gase

Aggressivitätsbereich	Feuchteklasse		
	FK 1	FK 2	FK 3
A 1	I	I	I
A 2	I	II	II
A 3	II	II	II

Tabelle 49b Aggressivitätsbereiche für Gase

Gas-Aggressivität steigend	Gasgruppe bei Konzentration $\text{mg/m}^3$		
	A 1	A 2	A 3
1. $\text{CH}_2\text{O}$ (Formaldehyd)	1 bis 200	-	-
2. $\text{NH}_3$ (Ammoniak)	0,5 bis 20	-	-
3. $\text{SO}_2$ (Schwefeldioxid)	0,2 bis 10	10 bis 200	-
4. $\text{NO}_2$ (Stickstoffdioxid)	0,1 bis 5	5 bis 25	> 25
5. $\text{HCl}$ (Chlorwasserstoff)	0,05 bis 1	1 bis 10	> 10
6. $\text{Cl}_2$ (Chlor)	0,02 bis 1	1 bis 5	> 5

Tabelle 49d Beanspruchungsgrad von Lösungen

Gruppe	Lösung	pH-Wert	Konzentration der Lösung	Dissoziationsgrad bei 1-norm. Lösung	Beanspruchungsgrad
Säuren	Salpetersäure HNO <sub>3</sub>	unter 2	≤ 5	hoch	III
			> 5		III
	Salzsäure HCl		≤ 5	hoch	III
			> 5		III
Schwefelsäure H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4	≤ 5	mittel	I	
		> 5		mittel	I
Essigsäure CH <sub>3</sub> COOH	4	> 15	niedrig	II/III	
		> 15		I	
Basen	Natronlauge NaOH	über 13	≤ 2	hoch	II
			> 2		III
	Kalilauge KOH		≤ 2	hoch	II
			> 2		III
Ammoniumhydroxid NH <sub>4</sub> OH	5	≤ 5	niedrig	I	
		> 5		II	
Salzlösungen	Chloridlösungen: KCl, NaCl	7	≤ 10	mittel	I/II
			> 10		
	Sulfatlösungen: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Glaubersalz)		≤ 10	mittel	I
(Org. Verbindungen)	Harnstoff CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	2	≤ 40		I
			> 40		II

Tabelle 49e Beanspruchungsgrade von festen Medien

Festes Medium	pH-Wert	Löslichkeit in Wasser	Hygroskopizität	Beanspruchungsgrad BG bei		
				FK I	FK 2	FK 3
Kalidünger	8	gut (bis 20 %)	gut	I	II	II
Harnstoff	9	gut (bis 40 %)	stark	I	II	II
Superphosphat	3	(bis 5 %)	gut	I	I	II
Natriumchlorid	7	gut	gut	I	I	II
Ammoniumsulfat	5	gut (bis 40 %)	gering	I	I	I

## Ergebnisse:

- Kurve 1 beinhaltet das  $\omega$ -Verfahren nach TGL 33 135/01 /18/
- Kurve 2 beinhaltet die Theorie II. Ordnung nach Eurocode 5 /5/(5.1.10. d)
- Kurve 3 beinhaltet die Theorie II. Ordnung nach SNIP /16/
- Kurve 4 beinhaltet die Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung des Kriecheinflusses nach TH Wismar /14/.

Die Untersuchung wird für Bauschnittholz der Güteklasse II bzw. Festigkeitsklasse C 5 durchgeführt. Es wird ein Belastungsverhältnis ständige Last zu Gesamtlast von 85 % gewählt. Der mittlere Lastfaktor  $\gamma_{GQ}$  beträgt dafür 1,145. Für das Bauschnittholz wurde die bezogene Ausmitte  $\eta = 0,006$  und der Materialfaktor  $\gamma_M = 1,4$  gewählt. Für die Lasteinwir-

kungsdauerklasse "lang" beträgt der Modifizierungsfaktor  $K_{mod,1} = 0,8 /5/$ .

Betrachtet man die in Bild 74 aufgetragenen Verläufe, dann erkennt man, daß oberhalb  $\lambda = 100$  die Kurven nach Eurocode (Kurve 2) und SNIP (Kurve 3) mit der  $\omega$ -Kurve 1 nahezu übereinstimmen.

Unterhalb  $\lambda = 100$  weichen die Kurven 2 und 3 stärker nach oben ab, beinhalten also eine höhere Spannungsaufnahme als das  $\omega$ -Verfahren nach Kurve 1.

Aufgrund der Berücksichtigung des Kriecheinflusses liegt oberhalb  $\lambda = 30$  die Kurve 4 unterhalb der  $\omega$ -Kurve 1 und beinhaltet deshalb eine geringe Spannungsaufnahme. Gegenüber allen anderen Verfahren ist das Bemessungsverfahren mit Kriecheinfluß (Kurve 4) das realste, verursacht aber gegenüber dem  $\omega$ -Verfahren (Kurve 1) einen höheren Materialverbrauch.

Tabelle 49f Anpassungsfaktor  $\gamma_{d,4}$  für aggressive Medien in Abhängigkeit von der Holzquerschnittsgröße

Beanspruchungsgrad	Querschnittsgröße $10^3 \text{ mm}^2$	$\gamma_{d,4}$
BG		1,0
BG II	< 9	0,75
	< 30	0,85
	$\geq 30$	0,95
BG III	< 9	0,65
	< 30	0,75
	$\geq 30$	0,85

Hinweise: Mindestabmessung des Holzbauteils bei BG II und BG III: 40 mm, Mindestquerschnittsfläche: 4000 mm<sup>2</sup>.  $\gamma_{d,4}$  ist auf die Fläche des ungeschwächten Querschnitts bezogen. Zugelassene Holzschutzmittel haben auf das Holz keine aggressive Wirkung. Bei Verwendung wirksamer Bekleidungen oder Beschichtungen ist  $\gamma_{d,4} = 1$ .

Da aus der Anwendung des  $\omega$ -Verfahrens über größere Zeiträume hinweg aus der Baupraxis keine Schadensfälle bekannt sind, wird auf die exakte Methode (Kurve 4) verzichtet und dem Stabilitätsnachweis nach Eurocode 5 (Kurve 2) zugestimmt.

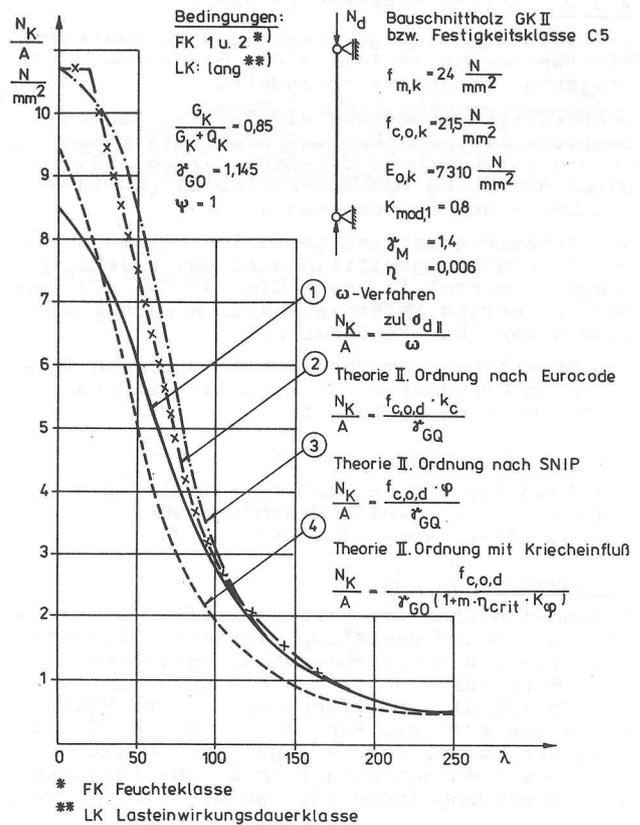


Bild 74 Vergleich unterschiedlicher Stabilitätsnachweise

Tabelle 50 Kriechfaktor  $K_{creep}$

Lfd. Nr.	Belastungsart	Zeit	Eurocode 5 1987 Feuchteklasse			Eurocode 5 1985 Feuchteklasse			Vorschlag DDR 1987 Feuchteklasse nach Eurocode		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	stoßartig	< 3 s	-	-	-				-	-	-
2	kurzzeitiger Versuch	3 bis 5 min	-	-	-	1,0	1,25	1,5	-	-	-
3	sehr kurzzeitig	< 10 h	1,0	1,1	1,5				-	-	-
4	kurzzeitig	1 Tag									
5	kurzzeitig	100 h (1 Woche)	1,2	1,3	2,0	1,2	1,5	2,0	1,0		1,6
6	Kurzzeit (Langzeit)	1 Monat							<1,65> [1,0]		<1,3> [3,3]
7	mittlere Zeit	10 000 h (1 Jahr)									
8	Langzeit (normal)	< 10 Jahre	1,5	1,8	3,0	1,5	2,0	3,0			
9	Langzeit	50 Jahre							1,5 [2,5] <1,0>		2,5 <2,0> [5,0]

( ) gilt für Brettschichtholz

< > gültig bei Einbau von zu feuchtem Holz, welches zurückgetrocknet wurde, z. B.  $\omega_a \geq 30\%$ ,  $\omega_e \leq 10\%$

[ ]  $\omega_a$  Anfangsfeuchte  
 $\omega_e$  Endfeuchte

### 2.5.2. Zusammengesetzte Bauteile

Geklebte dünnstegige Träger und ausgesteifte Platten werden im Teil 3 des Standardprojektes gesondert behandelt.

Mehrteilige Druckstäbe mit T-, I-, Kastenquerschnitt sowie Rahmen- und Gitterstäbe werden entsprechend CIB-Code /4/ (S. 55 - 65) unter Beachtung von TGL 33 135/01 (S. 14 - 18) berechnet und bemessen.

Bei zusammengesetzten Bauteilen mit mechanischen Verbindungsmitteln wird das effektive Trägheitsmoment  $I_{ef}$  nach CIB /4/ (S. 57) und der zugehörige Verschiebemodul K nach Eurocode 5 /5/ (S. 77) berechnet.

Die Berechnung von Verbänden und ebenen Rahmen nach Eurocode 5 /5/ wird für die praktische Nutzung aufbereitet.

### 2.5.3. Verbindungen

Der Nachweis von Verbindungsmitteln nach Eurocode 5 wird unter Beachtung von TGL 33 135/01 konkretisiert.

### 3. Zusammenfassung

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die Berechnung und Bemessung von Konstruktionen aus Bau- und Brettschichtholz weitgehend nach Eurocode 5 unter Beachtung der in TGL 33 135/01 enthaltenen nationalen Besonderheiten erfolgt. Für die praktische Anwendung der Nachweisbedingungen müssen die vom Eurocode 5 entnommenen Formeln und Faktoren noch anwendungsfreundlich aufbereitet werden.

### 4. Literatur

- /1/ New Developments of Limit State Design for the new GDR Timber Design Code / Rug, W.; Badstube, M. - Academy of Building of the GDR, W 18-Paper 19-102-4, Florence 1986
- /2/ Developments of a GDR limit states Design Code for Timber Structures / Rug, W.; Badstube, M. - Academy of Building of the GDR, Institute of Industrial Building, CIB-W 18-Paper 20-102-1, Dublin 1987
- /3/ Research towards a new GDR Timber Design Code based on limit states Design / Rug, W.; Badstube, M. - Academy of Building, CIB-W 18-Paper 21-102-1, Vancouver 1988
- /4/ Design Code CIB Report 1983 Publication working Group W 18, Timber Structures / CIB Structural Timber, Sixth edition, Januar 1983
- /5/ Eurocode 5 : Gemeinsame einheitliche Regeln für Holzbauwerke (Entwurf) : Bericht für die EG / Crubille, P.; Ehlbeck, J.; Brünninghoff, H.; Larsen, H.J.; Sunley, J. - 1987
- /6/ TGL 32 274 Lastannahmen für Bauwerke. - Ausgabe Mai 1979
- /7/ DDR-Vorschrift 207/88 der Staatlichen Bauaufsicht: Wertigkeitsfaktor bei der Berechnung nach Grenzzuständen. - In: Staatliche Bauaufsicht. - Berlin 12(1988)7. - S. 53 - 56
- /8/ TGL 117-0767 Bauschnittholz; Gütebedingungen. - 1963
- /9/ TGL 33 135/03 Holzbau; Tragwerke; Gütebedingungen für Bauschnittholz. - Entwurf 1988
- /10/ DIN 4024 Bauholz für Holzbauteile
- /11/ DIN 4074 Gütebedingungen für Nadel-schnittholz; Sortierung nach Tragfähigkeit, Entwurf September 1988 In: Bauen mit Holz. - Karlsruhe 90(1988)11. - S. 767 - 772
- /12/ TGL 33 136/01 Holzbau; Bauteile aus Brettschichten geklebt; Technische Bedingungen. - Januar 1987
- /13/ TGL 33 136/02 Holzbau; Bauteile aus Brettschichten geklebt; Qualitätssicherung bei der Herstellung. - November 1978
- /14/ Beitrag zur Bemessung von knickgefährdeten Holzbauteilen nach der Methode der Grenzzustände / Kaiser, - Forschungsbericht G 4 der TH Wismar, Wismar 1988
- /15/ TGL 33 135/01 Holzbau; Tragwerke; Berechnung, bauliche Durchbildung. - Januar 1984
- /16/ SNIIP II-25-80 Baunormen und Bauvorschriften; Projektierungsnormen; Holzkonstruktionen. - Moskau 1982
- /17/ Zum Nachweis der Tragfähigkeit von Verbindungsmitteln nach Grenzzuständen im Holzbau / Lißner. - Forschungsbericht G 4 der TU Dresden, Dresden 1988
- /18/ Eurocode 5, Timber Structures CIB-W 18/18-1-2 / Larsen, H.J. - Meeting eigtheen Oren, June 1985
- /19/ TGL 33 135/01 und /02 Holzbau; Tragwerke; Berechnung, bauliche Durchbildung. - 1984
- /20/ Beitrag zur Bestimmung der Festigkeitskennwerte von Bauholz bei Biegebeanspruchung für die Bemessung nach der Methode der Grenzzustände / Apitz, R. - 1985. - Wismar, TH. - Diss. A
- /21/ Der Einfluß der Trägerhöhe auf die Biegefestigkeit von Brettschichtholz / Schöne, W. - In: Wiss. Zeitschrift der TH Leipzig (1989 in Vorbereitung)
- /22/ Proposed changes of sections on lateral instability, columns and nails / Larsen, H.J. - CIB-W 18/21-100-1 Meeting twentyone, Vancouver, Canada. - September 1988
- /23/ The strength of glued laminated timber - Influence of lamination qualities and strength of timber joints / Ehlbeck, J.; Colling, F. - CIB-W 18/21-12-3 Meeting twentyone, Vancouver, Canada. - 1988
- /24/ Modificationsfactor "Aggressive Medien" a proposal for a supplement of CIB-Model-Code / Erler, K.; Rug, W. - CIB-W 18 Meeting twentytwo. - Berlin 1989
- /25/ Corrosion and modificationsfactor "aggressive Medien" in Timber structures / Erler, K. - CIB-W 18 Meeting twentytwo. - Berlin 1989
- /26/ Beitrag zur Ermittlung der Verteilungsfunktion der Festigkeitseigenschaften des Bauholzes unter besonderer Berücksichtigung des Festigkeitsverhaltens bei der Druckbeanspruchung für eine Bemessung nach Grenzzuständen / Kiesel. - Technische Hochschule Wismar, Forschungsbericht. - Wismar 1988