

# Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen

Autor(en): **Zimmer, Karlheinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **12 (1984)**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-12223>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## **Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen**

Design of Timber Constructions by Limit States

Dimensionnement des constructions en bois selon les états limites

### **Karlheinz ZIMMER**

Dr. sc. techn.  
Technische Univ.  
Dresden, DDR



Karlheinz Zimmer, geboren 1932, promovierte zum Dr.-Ing. und Dr. sc. techn. an der Technischen Universität Dresden. Er beschäftigte sich insbesondere mit der Theorie und Konstruktion der Flächentragwerke. Er hält Vorlesungen über den Holz- und Plastbau.

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Für die Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen wird eine Methode zur Einteilung der Holzkonstruktionen in Feuchtigkeitsklassen und der Lasten in Zeitklassen vorgestellt. Die zur Bemessung eines Bauteils aus Holz erforderlichen Zahlenwerte und Ergebnisse eines Bemessungsbeispiels für den Grenzzustand Tragfähigkeit werden angegeben.

### **SUMMARY**

For the design of timber constructions by limit states a method is presented for the classification of the timber constructions into moisture classes, and of the loads into time classes. The numerical values required for the design of a structural element of wood, and results of a calculation example for the limit state load bearing capacity are given.

### **RESUME**

Le dimensionnement des constructions en bois selon les états limites peut s'effectuer au moyen d'une méthode de classement permettant de ranger ces constructions par classes d'humidité et de classer les charges en fonction du temps. Les valeurs numériques nécessaires au dimensionnement d'une pièce en bois sont indiquées, de même que les résultats d'un exemple calculant la charge ultime.

## 1. EINLEITUNG

Im Holzbau der DDR ist eine Bemessung der Bauteile nach der Methode der Grenzzustände vorgesehen. Sie ermöglicht eine differenzierte Bewertung der Zuverlässigkeit des Bauwerkes oder der Konstruktion durch die Einführung von beliebig detaillierbaren Berechnungsfaktoren, mit denen Abweichungen von den Normwerten der Einwirkungen und der Werkstoffeigenschaften wirklichkeitsnäher berücksichtigt werden können. Bei der Bemessung nach zulässigen Spannungen werden alle ungünstigen Einflüsse auf die Zuverlässigkeit eines Bauwerks oder Bauteils mit einem pauschalen, summarischen Sicherheitsfaktor abgedeckt. Bei diesem Faktor weiß man nicht, welcher Anteil davon auf die Baustoffqualität, auf die Art, Häufigkeit und Dauer der Lasteinwirkung oder auf andere Einflüsse zurückzuführen ist.

Mit der Vorgabe vieler Einzelfaktoren, z.B. der Last-, Kombinations-, Wertigkeits-, Material- und Anpassungsfaktoren, erhöht sich für die Ingenieure der Rechen- und Projektierungsaufwand, der nur durch entsprechend gestaltete Standards in Grenzen gehalten werden kann. Im folgenden wird auf der Grundlage neuer Forschungsergebnisse und in Auswertung ausländischer Standards [1,2,3] eine Methodik zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen unterbreitet. Dabei ist ein möglichst allgemeingültiges, aber für den Ingenieur leicht überschaubares und handliches Bemessungsverfahren angestrebt worden.

## 2. GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT

Für die Bemessung von Baukonstruktionen nach der Methode der Grenzzustände kommen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und die der Nutzungsfähigkeit zur Anwendung. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf den Grenzzustand der Tragfähigkeit.

Für die Bemessung von Holzbauteilen gilt:

$$S \leq \bar{R} \quad (1)$$

Es bedeuten:

$S$  - Schnittgröße aus den Rechenwerten der Einwirkungen,  
 $\bar{R}$  - mit den Rechenfestigkeiten ermittelte und vom Bauteil aufnehmbare Schnittgröße (Rechenwert der Tragfähigkeit).

Die Rechenwerte der Einwirkungen  $F$  folgen aus

$$F = h \sum_i F_i^n n_i + h_k k \sum_j F_j^n n_j \quad (2)$$

mit

$F_i^n$  - ständige und langzeitige,  $F_j^n$  - kurzzeitige Normlasten,

$n_i, n_j$  - Lastfaktoren,  $h, h_k$  - Wertigkeitsfaktoren,

$k$  - Kombinationsfaktor.

Die Rechenwerte der Festigkeitskenngrößen  $R$  folgen aus

$$R = \frac{R^n}{k} \prod_i m_i = R^0 \prod_i m_i \quad (3)$$

Dabei bedeuten:

$R^n$  - Normwert der Festigkeitskenngrößen,  $k$  - Materialfaktor,

$m$  - Anpassungsfaktor,  $R^0$  - Grundwert der Rechenfestigkeit.

Um den Rechenaufwand bei der Bemessung nach Grenzzuständen zu reduzieren, wird von tabellierten Grundwerten der Rechenfestigkeit ausgegangen. Die Materialfaktoren  $k$  und Anpassungsfaktoren  $m$  sind

so zu wählen, daß eine Erwartungswahrscheinlichkeit der Rechenfestigkeiten  $R$  von 99,9 % auftritt. Bei der Bestimmung der Normfestigkeiten  $R^N$  setzt man voraus, daß sie mit mindestens 95 % Wahrscheinlichkeit erreicht oder überboten werden.

### 3. ANPASSUNGSFAKTOREN

Mit Hilfe der Anpassungsfaktoren werden die realen Nutzungsbedingungen einer Konstruktion oder Verbindung in der Bemessung berücksichtigt. Als Ergebnis der Auswertung in- und ausländischer Standards werden die beiden Anpassungsfaktoren, die die Einflüsse der Feuchtigkeit und Belastungsdauer auf die Holzfestigkeiten widerspiegeln, zu einem neuen Anpassungsfaktor zusammengefaßt, um den

| Feuchtigkeitsklasse | Relative Luftfeuchtigkeit $\varphi$ <sup>1)</sup> in % | Anwendungsfall                                                                                                                                                                                     | Maximaler Holzfeuchtesatz $u$ in % |
|---------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1                   | $\varphi < 60$                                         | Konstruktionen aus Vollholz (VH) oder geklebtem Brettschichtholz (BSH) in geschlossenen Bauten mit und ohne Heizung sowie Konstruktionen unter entsprechenden Feuchtigkeitsbedingungen (FB)        | 15                                 |
| 2                   | $60 \leq \varphi < 80$                                 | Konstruktionen aus VH oder geklebtem BSH in überdeckten, an den Seiten teilweise oder ganz offenen Bauten sowie Konstruktionen in geschlossenen Bauten unter entsprechenden FB, z.B. in Dachräumen | 20                                 |
| 3                   | $80 \leq \varphi < 95$                                 | Konstruktionen aus VH oder geklebtem BSH für ungeschützten Einbau sowie Konstruktionen unter entsprechenden FB                                                                                     | 25                                 |
| 4                   | $95 \leq \varphi$                                      | Konstruktionen, die dem unmittelbaren Einfluß des Wassers ausgesetzt sind, z.B. Kühltürme aus Holz                                                                                                 | nicht begrenzt                     |

1) Monatlicher Durchschnitt

Tabelle 1 Feuchtigkeitsklassen

mit dem veränderten Bemessungsverfahren verbundenen Projektierungsaufwand gegenüber dem bisherigen nicht wesentlich zu erhöhen und um die Übersichtlichkeit der Bemessung von Holzkonstruktionen auch weiterhin in einfacher Weise zu gewährleisten.

Zur Berücksichtigung des Einflusses der Feuchtigkeit auf die Holzfestigkeiten werden Feuchtigkeitsklassen eingeführt [1]. Tabelle 1 enthält einen Vorschlag für 4 Feuchtigkeitsklassen. Eine feinere Unterteilung ist nicht zweckmäßig, weil die Holz-



konstruktionen während ihrer Nutzung größeren Feuchtigkeitschwankungen ausgesetzt sind. Die Vorgabe der relativen Luftfeuchtigkeit und der maximalen Holzfeuchte ermöglicht den Ingenieuren in der Praxis eine genauere Einstufung der Holzkonstruktionen in die jeweilige Feuchtigkeitsklasse. Der Einfluß der Zeit auf das mechanische Verhalten der Holzwerkstoffe bei Lasteinwirkung wird mit Hilfe dreier Zeitklassen erfaßt (Tab.2). Lastkombinationen sind anhand der Tabelle 3 in die Zeitklassen einzustufen.

| Zeitklasse | Dauer der Last-<br>einwirkung    | Anwendungsfall                                                                                                         |
|------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A          | ständig und/<br>oder langfristig | ständige und/oder langzeitige<br>Verkehrslasten                                                                        |
| B          | kurzzeitig                       | kurzzeitige Verkehrslasten (z.B.<br>Schneelasten) und durch Feuchtig-<br>keitsänderungen verursachte Ein-<br>wirkungen |
| C          | momentan                         | Windlasten<br>Einzellasten $\leq 2$ kN                                                                                 |

**Tabelle 2** Zeitklassen der Lasten

| Last-<br>kombination       | A              | Zeitklasse<br>B               | C            |
|----------------------------|----------------|-------------------------------|--------------|
| LA + LB                    | LA $\geq 85$ % | LA < 85 % GL                  | -            |
| LA + LC                    | LA $\geq 85$ % | -                             | LA < 85 % GL |
| LA + LB + LC <sup>1)</sup> | LA $\geq 85$ % | LC $\leq 15$ %<br>(LA < 85 %) | LC > 15 % GL |

1) Lastkombinationen, die aus Lasten unterschiedlicher Dauer der Zeitklassen A, B und C bestehen

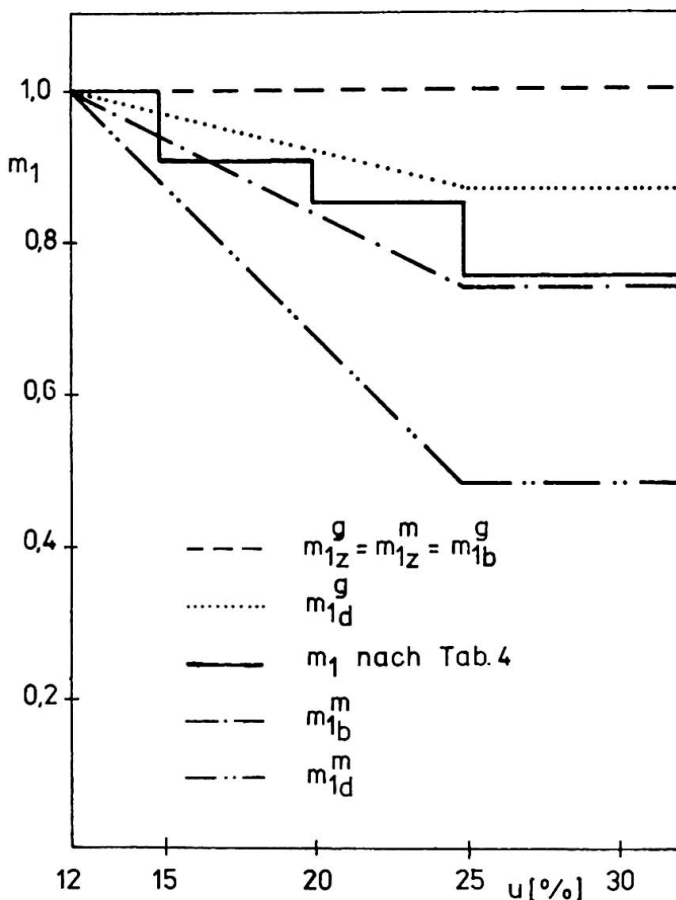
LA - Lastanteile der Zeitklasse A usw., GL - Gesamtlast

**Tabelle 3** Einstufung der Lastkombinationen in die Zeitklassen

Nach der Einführung von Feuchtigkeits- und Zeitklassen können die Einflüsse der Feuchtigkeit und der Einwirkungsdauer der Lasten auf die Holzfestigkeiten durch nur einen Anpassungsfaktor  $m_1$  erfaßt werden (Tab.4). Aus der Tabelle 4 können die einzelnen Anpassungsfaktoren auch getrennt nach Zeit und Feuchtigkeit entnommen werden. Damit bleibt die Möglichkeit bestehen, den Einfluß dieser einzelnen Größen auf die Zuverlässigkeit einer Holzkonstruktion anhand neuer Forschungsergebnisse präziser abzuschätzen und die Anpassungsfaktoren entsprechend zu korrigieren. Der Einfluß der Krümmung des Bauteils aus geklebtem Brett-schicht-holz auf die Holzfestigkeiten wird mit dem Anpassungsfaktor  $m_2$  erfaßt. Zahlenwerte sind z.B. in [2] enthalten. Der Einfluß der Trägerhöhe auf die Holzfestigkeiten sollte bei den Festigkeitskennwerten erfaßt werden, und zwar bei den Grundwerten für die Rechenfestigkeiten, die in Abhängigkeit von der Trägerhöhe anzugeben sind. Die Einführung eines weiteren Anpassungsfaktors kann somit entfallen.

| Zeitklasse | Feuchtigkeitsklasse |      |      |      |
|------------|---------------------|------|------|------|
|            | 1                   | 2    | 3    | 4    |
| A          | 0,8                 | 0,75 | 0,7  | 0,6  |
| B          | 1                   | 0,9  | 0,85 | 0,75 |
| C          | 1,2                 | 1,1  | 1    | 0,9  |

**Tabelle 4** Werte des Anpassungsfaktors  $m_1$ . Falls die Konstruktionen ständigen Lufttemperaturen von 35...55°C in Produktionsräumen ausgesetzt sind, ist  $m_1$  mit dem Faktor 0,85 zu multiplizieren.



Neuere Untersuchungen berücksichtigen stärker den Einfluß der Holzqualität auf den die Tragfähigkeit verändernden Einfluß der Holzfeuchte. Der Einfluß der Holzfeuchtigkeit auf die Festigkeiten ist bei Holz geringer Qualität kleiner als bei fehlerfreiem Holz höherer Festigkeit [4]. Auf der Grundlage der in [5] enthaltenen Zahlenwerte wurden Anpassungsfaktoren ermittelt und zusammen mit den Anpassungsfaktoren der Tabelle 4, Zeitklasse B in Fig.1 dargestellt. Die Festigkeiten des Bauholzes der Güteklasse II werden zwischen denen der Hölzer mit mittlerer und geringer Qualität liegen. Geht man von Anpassungsfaktoren aus, die unabhängig von der Beanspruchungsart aufgestellt worden sind (Tab. 4), ist zu beachten, daß die Grundwerte der Rechenfestigkeiten infolge Druck und Biegung etwas

**Fig. 1** Anpassungsfaktoren  $m_1$  in Abhängigkeit von der Holzfeuchte sowie mittleren (m) und geringen (g) Holzqualität

kleiner angesetzt werden, um den größeren Feuchtigkeitseinfluß auf die Druck- und Biegefestigkeiten abzufangen. Der sich ergebende treppenförmige Verlauf für den Anpassungsfaktor nach Tabelle 4 ist für die Belange der Praxis ausreichend, da die Holzkonstruktionen während ihrer Nutzung größeren Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt sind.

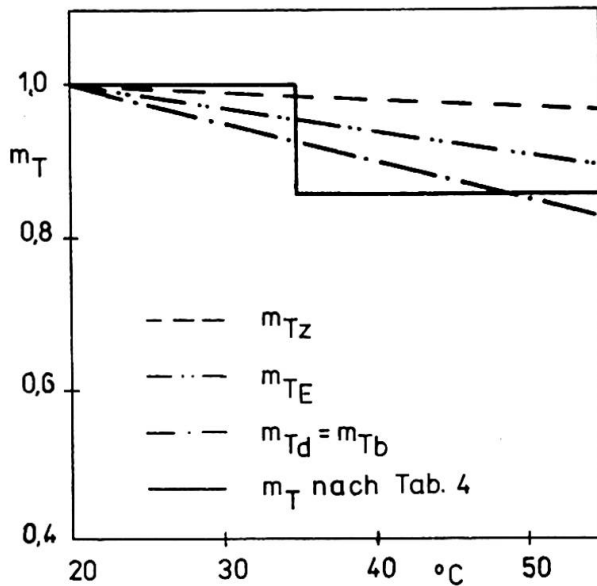
Bisher wurde vielfach davon ausgegangen, daß die Festigkeit von Holz bei ständiger Beanspruchung erheblich absinkt. In vielen Ländern wurde dieser Einfluß durch einen Reduktionsfaktor berück-



sichtigt, der an Hand von Untersuchungen festgelegt wurde, die im wesentlichen an kleinen, fehlerfreien Holzproben durchgeführt wurden. Neuere an Bauholz üblicher Abmessungen durchgeführte Unter-

sicherungen zeigten, daß dieser Effekt bei fehlerfreiem Holz hoher Festigkeit zwar auftritt, aber bei Holz geringer Festigkeit in wesentlich geringerem Ausmaß vorhanden ist [5]. Solange keine weiteren Untersuchungsergebnisse vorliegen, sollte der Einfluß der Belastung für übliche Lastfälle nach [5] durch einen Reduktionsfaktor  $\leq 0,85$  berücksichtigt werden. Vergleicht man diesen Wert mit dem Wert der Zeitklasse A und Feuchtigkeitsklasse 1 in der Tabelle 4, so ist zu erkennen, daß der Wert nach Tabelle 4 noch etwas vergrößert werden kann.

Der Einfluß der Lufttemperaturen von 35 bis 55°C auf die Festigkeitseigenschaften von Bauholz wurde in der Tabelle 4 durch den Faktor 0,85 in Anle-



Figur 2 Anpassungsfaktor  $m_T$

nung an [3] berücksichtigt. Systematische Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Festigkeitseigenschaften von Bauholz liegen für den das Bauwesen interessierenden Bereich nicht vor. Auf der Grundlage der in [5] enthaltenen Zahlenwerte wurden Anpassungsfaktoren  $m_T$  bestimmt und zusammen mit dem Anpassungsfaktor der Tabelle 4 in Fig. 2 dargestellt.

#### 4. RECHENFESTIGKEITEN

##### 4.1. Grundwerte der Rechenfestigkeiten von Nadelschnittholz

Die Grundwerte der Rechenfestigkeiten von Nadelschnittholz wurden mit Hilfe der bisherigen zulässigen Spannungen, der Rechenfestigkeiten ausländischer Standards und weiterer Forschungsarbeiten festgelegt (Tab. 5). In der Tabelle 5 sind auch die ent-

| Beanspruchungsart | Vorschlag [6] | nach [3]             | [2] (SI) | [1] (T 24) |
|-------------------|---------------|----------------------|----------|------------|
| Biegung $R_b^0$   | 13            | 13; 15 <sup>1)</sup> | 12       | 13,8       |
| Zug $R_{zII}^0$   | 10            | 10; 8 <sup>2)</sup>  | 10       | 9,25       |
| Druck $R_{dII}^0$ | 13            | 13                   | 12       | 13,1       |

1) Für Bauteile mit einer Breite von mehr als 14 cm und einer Höhe bis 50 cm. 2) Für Bauteile mit Querschnittsschwächungen.

Tabelle 5 Grundwerte der Rechenfestigkeiten  $R^0$  in N/mm<sup>2</sup> von Nadelschnittholz der Güteklasse II für die Zeitklasse B und die Feuchtigkeitsklasse 1

sprechenden Rechenfestigkeiten ausländischer Standards enthalten. Bei einem Vergleich sind einige Besonderheiten zu beachten [6].

Mit Hilfe einer 3-parametrischen Weibullverteilung und der in [5] enthaltenen Zahlenwerte wurden Materialfaktoren und Grundwerte der Rechenfestigkeiten ermittelt (Tab.6). Ein Vergleich dieser Rechenfestigkeiten mit denen der Tabelle 5 zeigt, daß der vorgeschlagene Wert von  $R_{0z}^o = 10 \text{ N/mm}^2$  nicht weiter erhöht werden sollte. Es ist zweckmäßig, ihn beizubehalten, weil der Holzverbrauch gegenüber einer Bemessung nach zulässigen Spannungen dann nicht ansteigt. Der Materialfaktor liegt in diesem Falle bei 1,5, was noch zu vertreten ist. Die vorgeschlagenen Werte für  $R_{0d}^o$  und  $R_b^o$

|                       | Zug | Fa | Druck | Fa | Biegung |
|-----------------------|-----|----|-------|----|---------|
| $R^n [\text{N/mm}^2]$ | 15  |    | 21    |    | 24      |
| k                     | 1,6 |    | 1,3   |    | 1,4     |
| $R^o [\text{N/mm}^2]$ | 9,4 |    | 16,1  |    | 17,1    |

**Tabelle 6** Festigkeitskennwerte und Materialfaktoren (Weibullverteilung)

können wahrscheinlich noch erhöht werden, zunächst auf 14 bzw. 15  $\text{N/mm}^2$ . Bauteilversuche und ausgeführte Bauwerke müssen diesen Trend noch bestätigen.

#### 4.2. Grundwerte der Rechenfestigkeiten von Brettschichtholz

Die Grundwerte der Rechenfestigkeiten von Brettschichtholz wurden mit Hilfe der bisherigen zulässigen Spannungen und der Rechenfestigkeiten ausländischer Standards festgelegt (Tab. 7 und 8).

| Beanspruchung     | DDR-Standard<br>(Vorschlag) | Finnischer Standard [1] |                    |                    |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
|                   |                             | L 50                    | L 40               | L 30-              |
| Biegung $R_b^o$   | nach Tab. 8                 | 26,8 <sup>1)</sup>      | 22,3 <sup>1)</sup> | 19,2 <sup>1)</sup> |
| Zug $R_{z  }^o$   | 14                          | 17,7                    | 13,8               | 13,0               |
| Druck $R_{d  }^o$ | 18                          | 26,2                    | 20,7               | 18,5               |

1) Wenn die Bauteilhöhe  $h_1$  des Biegeträgers den Wert 300 mm überschreitet, sind diese Werte mit dem Faktor

$$C_F = \left(\frac{300}{h_1}\right)^{1/9} \quad (h_1 \text{ in mm}) \text{ zu reduzieren.}$$

**Tabelle 7** Grundwerte der Rechenfestigkeiten  $R^o$  in  $\text{N/mm}^2$  von Brettschichtholz für die Zeitklasse B und die Feuchtigkeitsklasse 1

#### 5. BEMESSUNG

In [6] wurde als Beispiel für die Bemessung die Berechnung eines ungeschwächten und geraden Zugstabes nach dem zur Zeit noch gülti-



gen Standard [7], dem Vorschlag auf der Grundlage nach Grenzzuständen und den-erwähnten ausländischen Standards vorgenommen.

|                                 |      |     |     |      |     |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|
| $h_1 >$                         | 100  | 200 | 300 | 400  | 500 | 600  | 800  | 1000 | 1300 |
| mm bis                          | 100  | 200 | 300 | 400  | 500 | 600  | 800  | 1000 | 1300 |
| $R_b^0$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 23,5 | 23  | 22  | 21,5 | 21  | 20,5 | 19,5 | 19   | 18,5 |

Belastung parallel zur Klebfuge:  $R_b^0 = 16 \text{ N/mm}^2$

Tabelle 8  $R_b^0$  in N/mm<sup>2</sup> von Brettschichtholz für die Zeitklasse B und die Feuchtigkeitsklasse 1; Beanspruchung senkrecht zur Klebfuge

Die Grundwerte der Rechenfestigkeiten können mit der Beziehung

$$R_b^0 = \frac{\gamma \text{ zul } \sigma_b}{k} \text{ und } \gamma = 2 \dots 2,5, k = 1,4 \dots 1,5 \text{ überschläglich bestimmt werden.}$$

Ein Vergleich dieser Zahlenwerte zeigt, daß eine Bemessung nach Grenzzuständen mit Lasten der Zeitklasse A oder B für zugbeanspruchte Konstruktionen der entsprechenden Feuchtigkeitsklassen kleinere aufnehmbare Lasten und somit für dieses Beispiel auch einen höheren Holzverbrauch zur Folge hat. Größere Lasten können aufgenommen werden, wenn die Einordnung der Lastkombinationen in die Zeitklasse C möglich ist. Außerdem treten bei der Bemessung von Holzkonstruktionen auch Lastkombinationen aus Lasten der Zeitklassen A und B auf, die der Zeitklasse B zuzuordnen sind, so daß auch hier etwas größere Lasten aufgenommen werden können, weil dann nicht nur der Lastfaktor  $n = 1,4$ , sondern auch der Lastfaktor  $n = 1,1$  zu berücksichtigen ist. Eine Erhöhung des Grundwertes der Rechenfestigkeit für Zugbeanspruchung sollte nicht vorgenommen werden, was auch der Vergleich mit den nach internationalen Standards ermittelten Zahlenwerten zeigt.

#### LITERATURVERZEICHNIS

1. BAUVORSCHRIFTEN FINNLANDS B 10, Holzkonstruktionen; Anweisungen. Helsinki 1978.
2. ČSN 731701, Entwurf von Holztragwerken. Prag 1969.
3. SNIIP II-V. 4-71, Holzkonstruktionen; Vorschriften für die Projektierung. Moskau 1971.
4. MADSEN B., W. JANZEN and J. ZWAAGSTRA, Moisture effects in lumber. Structural Research Series, Report No.27, The University of British Columbia, Vancouver 1980.
5. GLOS P., Zur Modellierung des Festigkeitsverhaltens von Bauholz bei Druck-, Zug- und Biegebeanspruchung. Berichte zur Zuverlässigkeitstheorie der Bauwerke, H.61, TU München 1981.
6. ZIMMER K., Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen. Holztechnologie, H.4, Leipzig 1982.
7. TGL 112-0730, Tragwerke aus Holz; Projektierung. Berlin 1963.