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

Band: 12 (1984)

Artikel: Zur Bemessung von Holzkonstruktionen nach Grenzzuständen

Autor: Zimmer, Karlheinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-12223

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

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:

$$S \leq \bar{R} \tag{1}$$

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

$$F = h \sum_i F_i^n n_i + h_k k \sum_j F_j^n n_j \tag{2}$$

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

$$R = \frac{R^n}{k} \prod_i m_i = R^o \prod_i m_i \tag{3}$$

Dabei bedeuten:
R^n - Normwert der Festigkeitskenngrößen, k - Materialfaktor,
m - Anpassungsfaktor, R^o - 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 φ [1]) 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	$60 \leqq \varphi < 80$	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	$80 \leqq \varphi < 95$	Konstruktionen aus VH oder geklebtem BSH für ungeschützten Einbau sowie Konstruktionen unter entsprechenden FB	25
4	$95 \leqq \varphi$	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 Feuchtigkeitsschwankungen 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 Lasteinwirkung	Anwendungsfall
A	ständig und/ oder langzeitig	ständige und/oder langzeitige Verkehrslasten
B	kurzzeitig	kurzzeitige Verkehrslasten (z.B. Schneelasten) und durch Feuchtigkeitsänderungen verursachte Einwirkungen
C	momentan	Windlasten Einzellasten ≦ 2 kN

Tabelle 2 Zeitklassen der Lasten

Lastkombination	Zeitklasse A	B	C
LA + LB	LA ≧ 85 %	LA<85 % GL	-
LA + LC	LA ≧ 85 %	-	LA < 85 % GL
LA + LB + LC[1)]	LA ≧ 85 %	LC ≦ 15 % (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 Brettschichtholz 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.

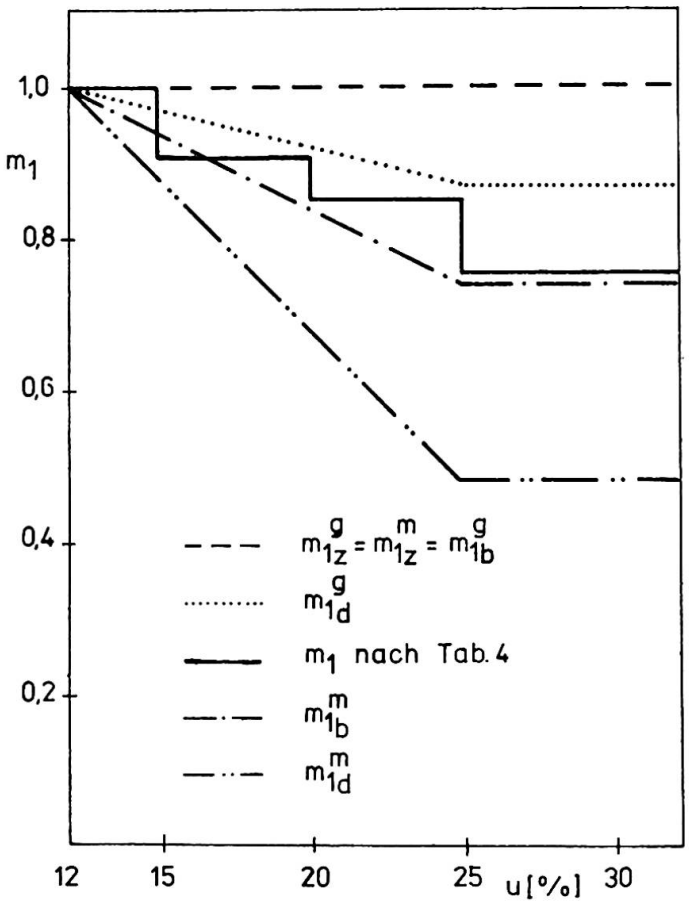
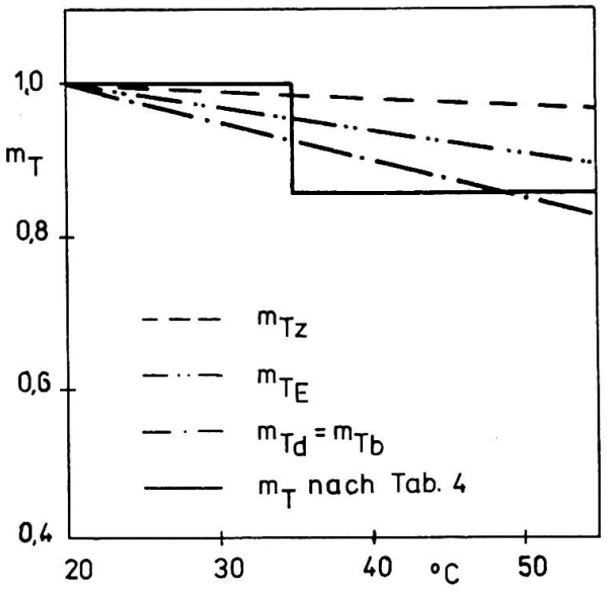


Fig. 1 Anpassungsfaktoren m_1 in Abhängigkeit von der Holzfeuchte sowie mittleren (m) und geringen (g) Holzqualität

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 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 Untersuchungen 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 Reduktionsfakter ≦ 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.



Figur 2 Anpassungsfaktor m_T

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 Anlehnung 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^o_b	13	13; 15[1)]	12	13,8
Zug $R^o_{z\|\|}$	10	10; 8[2)]	10	9,25
Druck $R^o_{d\|\|}$	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^o in N/mm² 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-parametrigen 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 $R^o_{z\parallel} = 10$ 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 $R^o_{d\parallel}$ und R^o_b

	Zug ∥Fa	Druck ∥Fa	Biegung
R^n [N/mm^2]	15	21	24
k	1,6	1,3	1,4
R^o [N/mm^2]	9,4	16,1	17,1

Tabelle 6 Festigkeitskennwerte und Matarialfaktoren (Weibullverteilung

können wahrscheinlich noch erhöht werden, zunächst auf 14 bzw. 15 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 (Vorschlag)	Finnischer Standard [1] L 50	L 40	L 30
Biegung R^o_b	nach Tab. 8	26,8[1)]	22,3[1)]	19,2[1)]
Zug $R^o_{z\parallel}$	14	17,7	13,8	13,0
Druck $R^o_{d\parallel}$	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

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

Tabelle 7 Grundwerte der Rechenfestigkeiten R^o in 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	1500
R_b^o [N/mm^2]	23,5	23	22	21,5	21	20,5	19,5	19	18,5	18
Belastung parallel zur Klebfuge: R_b^o = 16 N/mm^2										

Tabelle 8 R_b^o in N/mm^2 von Brettschichtholz für die Zeitklasse B und die Feuchtigkeitsklasse 1; Beanspruchung senkrecht zur Klebfuge

Die Grundwerte der Rechenfestigkeiten können mit der Beziehung

$R_b^o = \frac{\nu \, zul\sigma_b}{k}$ und $\nu = 2...2{,}5$, $k = 1{,}4...1{,}5$ 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. SNiP 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.