

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

**Band:** 11 (1980)

**Artikel:** Neue Entwicklungen im Ingenieurholzbau

**Autor:** Möhler, Karl

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-11243>

### **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:** 23.02.2026

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

## Neue Entwicklungen im Ingenieurholzbau

Recent Developments in Timber Construction

Développement de la construction en bois

**KARL MÖHLER**

Professor für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen  
Universität (TH) Karlsruhe  
Karlsruhe, BRD

### ZUSAMMENFASSUNG

Neue Holzbaustoffe, neue Verbindungsmittel und Verbindungstechniken, sowie besondere Konstruktionsformen haben in den letzten Jahren die Errichtung spektakulärer, weitgespannter Hoch- und Brückenbauten sowie Sonderbauwerke verschiedenster Art in Holzbauweise ermöglicht. Die Holzbauforschung hat dank praxisnaher Versuche und Untersuchungen die Grundlagen erarbeitet, um das Trag- und Verformungsverhalten der neu entwickelten Tragwerksformen weitgehend erfassen und eine sichere Bemessung der Holzbauteile gewährleisten zu können. Auf die Notwendigkeit die neuen Berechnungsverfahren in die Holzbaunormen aufzunehmen wird hingewiesen.

### SUMMARY

In the last years new wood based materials, new connectors and connecting techniques as well as special constructional forms made possible spectacular, longspanned roofs and bridges in timber construction as also special buildings of different kind in timber construction. Through testing and timber research, knowledge has been gained over the strength and deformation behaviour of the new developed structural forms and therefore allow a safe design of timber elements. The need of codifying the new design methods is pointed out.

### RESUME

Le développement récent de la construction en bois se manifeste par de nouveaux matériaux, de nouvelles techniques d'attache et de nouvelles formes porteuses, et se concrétise par toutes sortes d'audacieuses constructions à longue portée, dans le domaine des ponts, des couvertures et des bâtiments spéciaux. En s'appuyant sur de nombreux résultats d'essais et de calcul, le chercheur a fourni au praticien les bases permettant un calcul fiable du comportement de ces nouvelles structures et conduisant à un dimensionnement sûr de leurs éléments en bois. L'auteur fait ressortir la nécessité d'inclure dans les normes ces nouvelles méthodes de calcul.



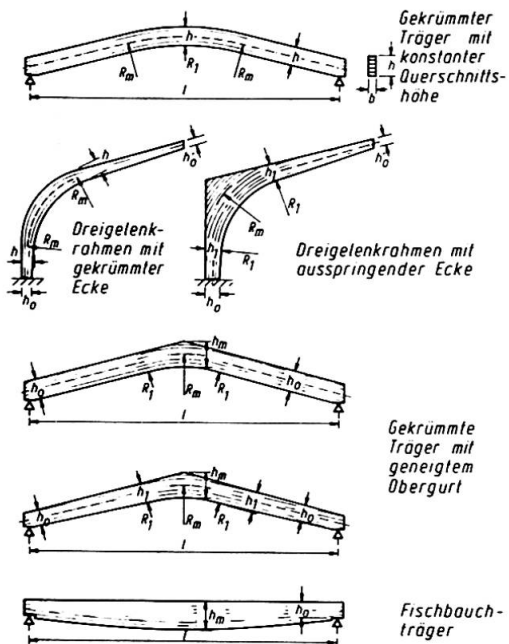
## 1. EINLEITUNG

Der Ingenieurholzbau als Teilgebiet des konstruktiven Ingenieurbauwes hat in den beiden letzten Jahrzehnten eine zunehmende ingenieurmäßige Entwicklung erfahren, die es gerechtfertigt erscheinen läßt, das Thema "Moderner Ingenieurholzbau" zum 1. Male als Hauptthema eines IVBH-Kongresses zu behandeln. Diese Entwicklung ist nicht nur durch die Errichtung spektakulärer, weitgespannter Hoch- und Brückenbauten, schwer belastbarer hölzerner Lehrgerüste, Maste und Sonderbauwerke verschiedenster Art gekennzeichnet, sondern allgemein durch die Schaffung und Anwendung tragender Holzwerkstoffe, neuer Verbindungstechniken und besonderer Konstruktionsformen. Hierzu kommen Verbesserungen des baulichen und chemischen Holzschutzes und das durch wirklichkeitsnahe Versuche nachgewiesene günstige Brandverhalten großer Holzquerschnitte, auch bei Anwendung stählerner Verbindungskonstruktionen. Gleichzeitig hat die Holzbauforschung in stetem Gedankenaustausch mit der Praxis die Grundlagen für Bemessung und Ausführung erarbeitet, indem sie das Verformungs- und Festigkeitsverhalten der zur Anwendung kommenden Werkstoffe, neuen Tragwerksformen und Verbindungskonstruktionen untersucht hat. Tragsicherheit und erforderliche Gebrauchsfähigkeit der Ingenieurholzkonstruktionen können damit nach den Gesetzmäßigkeiten der Baustatik und Festigkeitslehre nachgewiesen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß für den natürlich gewachsenen anisotropen und hygroskopischen Baustoff Holz und weitgehend auch für die Holzwerkstoffe andere Gesetzmäßigkeiten gelten wie für die homogenen Baustoffe, so daß an den Holzbauingenieur besondere Anforderungen bezüglich Baustoffkenntnis und konstruktivem Verständnis gestellt werden müssen.

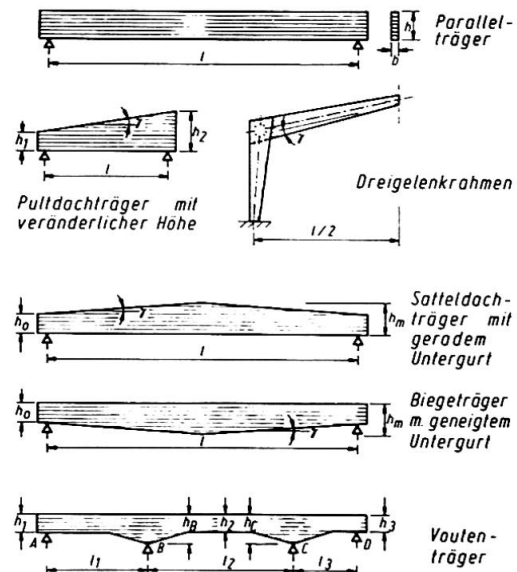
Entsprechend den Entwicklungen des Ingenieurholzbauwes wurden die Berechnungsverfahren laufend erweitert und für die neuartigen Konstruktionsformen bereit gestellt. Gleichzeitig sollten die Holzbau-normen dem neuesten Stand angepaßt werden. Diese Arbeiten sind nicht nur in verschiedenen Ländern im Gange, sondern es wurde auch bereits vor einigen Jahren im Rahmen der ISO die Normung von Berechnung und Ausführung von Holzbauwerken nach einheitlichen Grundlagen in Angriff genommen (siehe J.G. Sunley, Vorbericht).

## 2. NEUE HOLZBAUSTOFFE

Während Vollholz als Rundholz, Kantholz, Bohle oder Brett nur in beschränkten Abmessungen zur Verfügung steht, können geleimte Brettschichtquerschnitte mit keilgezinkten Längsstößen der Brettlamellen in praktisch beliebiger Länge bei Höhen bis über 2 m und mit mehrfachen Brettbreiten hergestellt werden. Zudem wird durch die Lamellierung ein gewisser Vergütungseffekt der Längsfestigkeiten gegenüber Vollholz erreicht, die Rißbildung infolge der Verleimung der künstlich getrockneten Bretter eingeschränkt, wodurch vor allem die Beeinträchtigung der Schubfestigkeit verringert und eine Festigkeitserhöhung durch den geringeren Feuchtegehalt bewirkt wird. Da die Brettlamellen vor dem Verleimen bei einem Biegehalbmesser von mehr als 200 x Brettstärke praktisch ohne Beeinträchtigung der Längsfestigkeiten des verleimten Rechteckquerschnittes gebogen werden können, lassen sich leicht Träger und Rahmen mit gekrümmten Bereichen herstellen (Bild 1). Die leichte Formgebung der Brettschichtrohlinge durch Sägen und Hobeln begünstigt auch Trägerformen mit linear veränderlichen Querschnittshöhen nach Bild 2 sowie



**Bild 1:** Träger und Rahmen mit gekrümmten Querschnittsrändern



**Bild 2:** Brettschichtträger mit linear veränderlichen Querschnittshöhen

Ausklinkungen im Auflagerbereich, Trägerdurchbrüche und ähnliche Ausbildungen, die aber im Hinblick auf die geringe Querfestigkeit des Holzes besondere Nachweise oder zusätzliche Verstärkungsmaßnahmen erfordern.

Die Anisotropie des Holzes in Bezug auf das Festigkeits- und Verformungsverhalten und das durch Feuchteänderungen bedingte Quellen und Schwinden hat zur Entwicklung plattenförmiger Holzwerkstoffe geführt, die heute als Sperrholz-, Span- und Faserplatten auch für statisch beanspruchte Bauteile verwendet werden. Sie stehen in Dicken bis 80 mm, Breiten bis ca. 2 m und Längen bis 8 m zur Verfügung. Platten für das Bauwesen müssen neben Feuchtigkeitsbeständigkeit bestimmte mechanische Eigenschaften aufweisen, so daß sie nach statischen Gesetzmäßigkeiten bemessen werden können. Sie finden bevorzugt Anwendung als Beplankung von Holztafeln, die als Wand-, Decken- oder Dachtafeln flächenhafte Bauteile des Fertigbaues bilden. Dabei werden sie in serienmäßiger Fertigung mit den Holzrippen verleimt, vernagelt oder durch Klammern verbunden. Sperrholzplatten eignen sich darüber hinaus besonders als Knotenplatten, Stoßlaschen und Stege von I- oder Kastenträgern. Derartige geleimte oder genagelte Verbundbauteile lassen sich nach den Regeln für Verbundquerschnitte berechnen und können praktisch ohne Einschränkung der Elementgröße für die Belange des Fertigbaues hergestellt werden.

### 3. VERBINDUNGSTECHNIK

Die neuartigen Verbindungsmittel des Holzbaues sind weitgehend in den Vorberichten behandelt worden. Während die Leimverbindung als Längsverleimung praktisch nur bei Brettschichtholz und den Holztafeln angewendet werden kann, spielt die Schrägverleimung bei der

Keilzinkenverbindung - heute oft auch bei großen Querschnitten als Montagestoß ausgeführt - und den kleinflächigen Verleimungen von Fachwerkträgern besonderer Bauart eine Rolle. Leimverbindungen können als starre Verbindungen angesehen werden. Im Gegensatz hierzu sind mechanische Holzverbindungen, (Nägel, Dübel, Stabdübel, Klammern, Nagelplatten u. ähnliche) nachgiebige Verbindungen, bei denen mit zunehmender Belastung eine meistens progressiv mit der Belastung und oft auch der Belastungszeit anwachsende Verschiebung zwischen den zu verbindenden Teilen auftritt, wie beispielhaft aus Bild 3 hervorgeht. Hierdurch werden bei zusammengesetzten Querschnitten Steifigkeit und Tragfähigkeit des Bauteils bestimmt, was

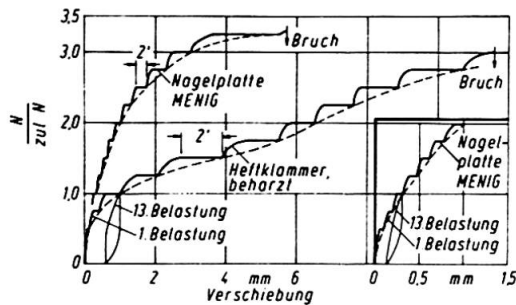


Bild 3: Kraftverschiebungsdiagramme mechanischer Holzverbindungen

bei Biege- und Druckgliedern durch Berechnung des wirksamen Trägheitsmomentes berücksichtigt werden muß. Bei Fachwerken, Gitterstützen und ähnlichen Konstruktionen ist der Einfluß der Nachgiebigkeit von Stabanschlüssen und Stößen ebenfalls meist beim Verformungs- und Tragfestigkeitsnachweis nicht zu vernachlässigen.

Die Entwicklung verbesserter mechanischer Verbindungsmittel und von Möglichkeiten, Leimverbindungen in größerem Umfange für den konstruktiven Holzbau nutzbar zu machen, ist vielerorts Gegenstand von Forschung und Praxis. Es seien nur die eingeleimten Gewindestähle, Holz-Kunststoff-Kombinationen, verbesserte Kleber (weniger starr, fugenfüllend, sägerauhe Oberflächen, weniger feuchteempfindlich) genannt. Damit werden in Zukunft sicher weitere konstruktiv und wirtschaftlich günstigere Verbindungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen (siehe auch Beitrag von H. Blumer).

#### 4. BERECHNUNGSVERFAHREN

Die Berechnungsverfahren für Holzkonstruktionen wurden in den letzten 15 Jahren weltweit wesentlich erweitert und dem wirklichen Festigkeits- und Verformungsverhalten der Werkstoffe und Verbindungskonstruktionen angepaßt. Dabei ergaben sich in manchen Teilbereichen bedeutende Änderungen gegenüber den früheren, oft stark vereinfachten Rechennachweisen. Neue Verbindungstechniken, neue Werkstoffe, neue Konstruktionsformen einerseits, aber vor allem die von der Holzforschung erarbeiteten Ergebnisse andererseits machten es erforderlich, für die neuen Gegebenheiten zutreffendere Berechnungsverfahren auszuarbeiten. Geht man von dem etwa vor 10 Jahren vorliegenden Stand aus, wie er z.B. durch die deutsche DIN 1052, Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung aus dem Jahre 1969 und den Anfang der siebziger Jahre erschienenen Bemessungsvorschriften anderer Länder fixiert ist, so ergibt sich die Notwendigkeit, die bisherigen Verfahren teilweise zu erweitern und eine Reihe neuer Bemessungsgrundlagen zur Anwendung zu bringen. Die wichtigsten



hiervon, die z.B. weitgehend bei der z.Zt. beratenen Neufassung der DIN 1052, aber auch im CIB-Entwurf, der als Grundlage der ISO-Norm dienen soll, berücksichtigt werden sollen, seien hier kurz aufgeführt.

#### 4.1 Nachgiebig zusammengesetzte Biege- und Druckglieder

Mit dem wirksamen Trägheitsmoment  $I_W$ , für das die Berechnungsgleichungen weitgehend bekannt sind, lassen sich Spannungsverteilung und Durchbiegung bei Biegegliedern genau genug erfassen und die wirksamen Schlankheitsgrade  $\lambda_W$  von Druckgliedern bestimmen. Bei Rahmen- und Gitterstützen, für die heute anstelle der komplizierten, "genaueren" Bemessungsgleichungen meist aus Versuchen erhaltene Näherungen verwendet werden, scheinen Verbesserungen möglich (siehe Beitrag Malho tra: Rational Approach to the Design of Built-up Timber Columns).

#### 4.2 Nachweis nach Theorie II.Ordnung

Beim Stabilitätsnachweis und bei der Schnittkraftermittlung statisch unbestimmter Konstruktionen wie Rahmen- und Bogentragwerke, bei denen die Nachgiebigkeit der Lager- und Knotenpunkte das Ergebnis beeinflussen kann, ist oft ein Nachweis nach Theorie II.Ordnung zweckmäßig. Hier bestehen allerdings noch keine übereinstimmenden Auffassungen über die anzusetzenden Festigkeits- und Sicherheitswerte.

#### 4.3 Nachweis der Querkzugbeanspruchungen

Die geringe Querkzugfestigkeit des Holzes hat wiederholt zu Schadensfällen, vorwiegend bei Konstruktionsformen des Holzleimbaues geführt, bei denen bisher rechnerisch nicht erfaßte Querkzugbeanspruchungen, oft von unvermeidlichen Schwindspannungen überlagert, zur Rißbildung geführt haben. Besonders querkzuggefährdet sind gekrümmte Träger und Satteldachträger. Bei den letzteren ist die Höhe der maximalen Querkzugspannung im gefährdeten Bereich nicht nur vom Krümmungsverhältnis: Biegeradius zu Querschnittshöhe, sondern auch von den Neigungswinkeln der Trägerkanten abhängig. Hierauf ist im Vorbericht eingegangen worden.

Querkzugspannungen, wie sie z.B. bei Queranschlüssen nach Bild 4,

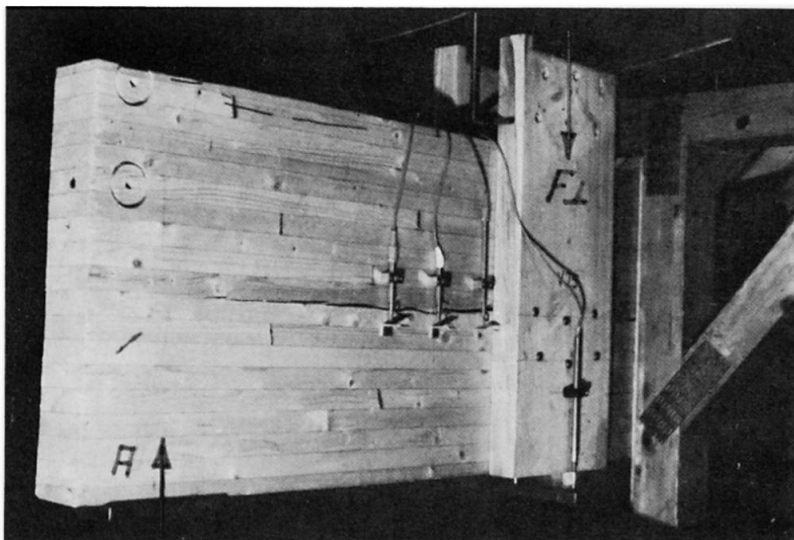


Bild 4: Versagen eines Stabdübel-Queranschlusses durch Querkzugversagen des Brett-schichtholzes

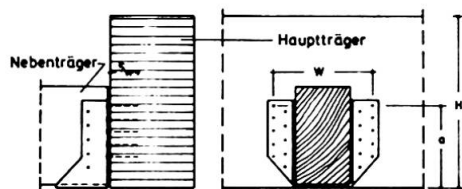
bei angehängten Lasten und ähnlichen Konstruktionen auftreten, lassen sich rechnerisch schwer erfassen. Aufgrund von Versuchen mit Stabdübel-, Balkenschuh- und Nagelplatten-Anschlüssen können näherungsweise die aufnehmbaren Kräfte nach der Beziehung:

$$F_{\perp} = \text{zul } \sigma_{\perp} \cdot A_w \cdot f\left(\frac{a}{H}, \frac{D}{H}\right)$$

berechnet werden.

Hierbei ist  $A_w$  die für die Aufnahme der querwirkenden Last  $F_{\perp}$  wirksame Holzfläche und  $f\left(\frac{a}{H}, \frac{D}{H}\right)$  ein Faktor, der den Einfluß der Anordnung der Verbindungsmittel in Bezug auf die Trägerhöhe  $H$  erfassen soll. Nach Festlegung der Größen  $\text{zul } \sigma_{\perp}$  und  $A_w$  läßt sich der Faktor  $f\left(\frac{a}{H}, \frac{D}{H}\right)$  aus entsprechenden Versuchsergebnissen bestimmen.

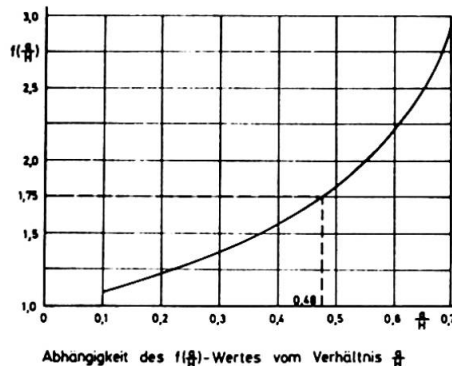
Beispielhaft ist in Bild 5 das Ergebnis umfangreicher Balkenschuhversuche ausgewertet, für welche die Abhängigkeit des Faktors  $f$  vom



**Balkenschuh - Anschluß**

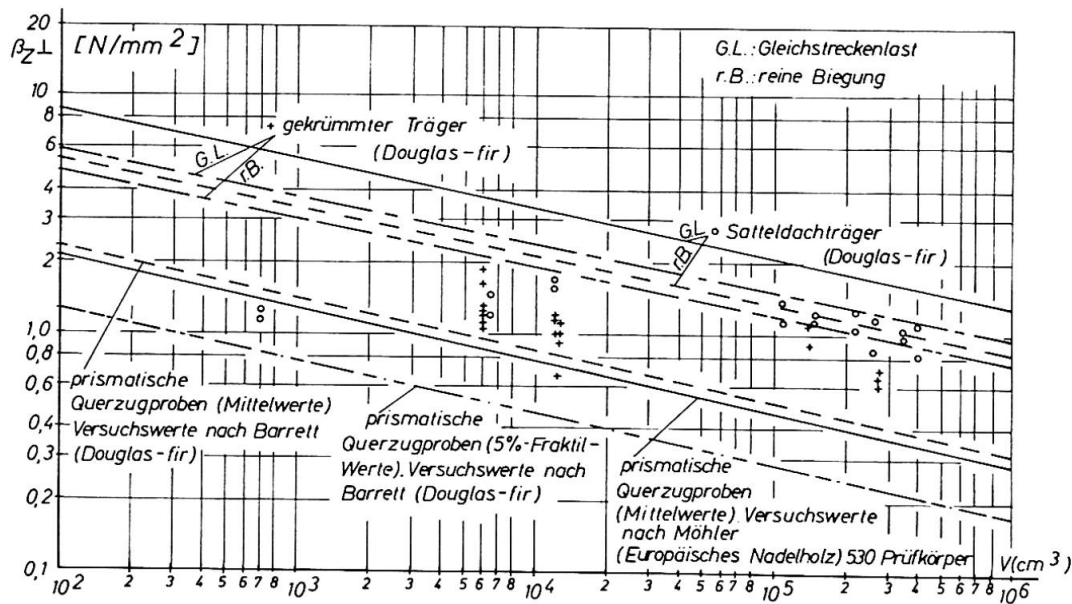
Zulässige Anschlusskraft bei Querkzugfahrt  
 $\text{zul } F_{\perp} = \text{zul } \sigma_{\perp} \cdot A_w \cdot f\left(\frac{a}{H}\right)$  in N  
 $\text{zul } \sigma_{\perp} = 0,4 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_w = w \cdot s_w$  in  $\text{mm}^2$

**Bild 5:** Auswertung von Versuchen mit Balkenschuh-Anschlüssen an Voll- und Brett-schichtholz-Träger



vom Verhältnis  $a/H$  bei einer zulässigen Querkzugspannung von  $\text{zul } \sigma_{\perp} = 0,4 \text{ N/mm}^2$  und einer wirksamen Holzfläche  $A_w = w \cdot s_w$  ermittelt wurde. Da bei diesen Versuchen das Verhältnis  $D/H$  keinen feststellbaren Einfluß hatte, wurde es hier vernachlässigt.

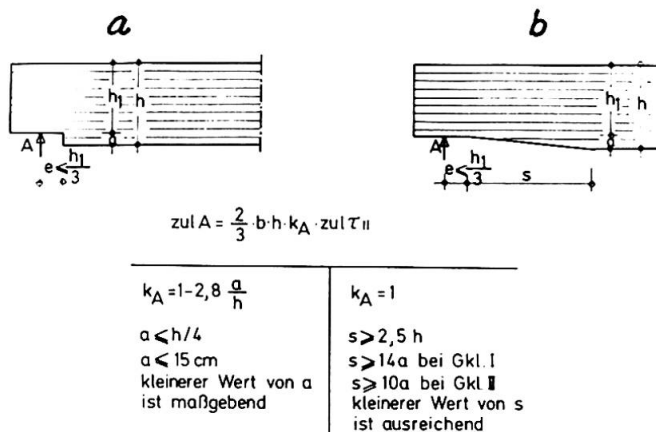
Die Festlegung einer allgemein gültigen zulässigen Querkzugspannung für verschiedene Konstruktionsformen bereitet erhebliche Schwierigkeiten, da - wie aus Bild 6 hervorgeht - nach Versuchen an Blockproben, gekrümmten Trägern und Satteldachträgern in natürlicher Größe die Querkzugfestigkeit vom beanspruchten Volumen abhängig ist [1, 2].



**Bild 5:** Abhängigkeit der Querzugfestigkeit vom querzugbeanspruchten Volumen bei Brett-schicht-holz

#### 4.4 Berücksichtigung von Spannungsinteraktionen

Für Konstruktionsformen, bei denen an den kritischen Stellen gleichzeitig Längs-, Quer- und Schubspannungen auftreten, müssen Berechnungsverfahren zur Verfügung stehen, die es ermöglichen die Bruchgefahr für die kritische Stelle zu erfassen; denn hier treten die ersten Risse auf, die das völlige Versagen des Bauteils zur Folge haben können. Dies ist z.B. beim rechtwinklig am Auflager ausgeklinkten Träger nach Bild 7a der Fall, wo das gleichzeitige Auftreten von Längs-, Schub- und Querspannungen in der einspringenden Ecke ein frühzeitiges Versagen bewirkt. Nach [3] kann die zulässige Querkraft für den Endquerschnitt  $b \cdot h_1$  zu  $zul Q = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_1 \cdot k_A \cdot zul \tau_{II}$  berechnet werden, wobei der Abminderungswert  $k_A = 1 - 2,8 \frac{a}{h} \geq 0,3$  beträgt. Eine volle Ausnutzung des Endquerschnitts ist nur bei schräger Ausklinkung mit genügend flacher Neigung nach Bild 7b oder bei besonderen Verstärkungsmaßnahmen möglich.



**Bild 7:** Ausgeklinkte Trägersauflager, Bemessungsgleichungen für die zulässigen Auflagerkräfte bei senkrechter und schräger Ausklinkung





Spannungskombinationen, wie sie im gleichen Holzelement bei zur Faserrichtung unter einem gewissen Winkel verlaufenden Kanten oft bei Brettschichtbauteilen auftreten, können nicht nur an Zugrändern, sondern auch an Druckrändern das völlige Versagen einer Konstruktion verursachen, wie es bei Durchlaufträgern mit voutenförmigem Querschnittsverlauf im Bereich der Zwischenstützen wiederholt beobachtet wurde.

Versuche mit Trägern in natürlicher Größe [4] und die Auswertung von Schadensfällen haben ergeben, daß die schon 1962 von Norris [5] vorgeschlagene Bemessungsformel für den Zugbereich weitgehend zutrifft, während sie für den Druckbereich zu sehr auf der sicheren Seite liegt. Nach dem Ergebnis der Karlsruher Untersuchungen ist eine entsprechende Korrektur möglich, so daß der Nachweis der Randspannung an der maßgebenden Trägerstelle nach der Beziehung:

$$\text{vorh } \sigma_{B\parallel} = k_{D,Z} \cdot \sigma_{B\parallel} \leq k_{D,Z} \cdot \text{zul } \sigma_{B\parallel}$$

geführt werden kann. Für Brettschichtholz der Güteklasse I mit  $\text{zul } \sigma_B = 14 \text{ N/mm}^2$  ergaben sich die in Bild 8 dargestellten Abhängigkeiten der  $k_D$  und  $k_Z$  Werte vom Winkel  $\alpha$  zwischen Rand- und Faserrichtung.

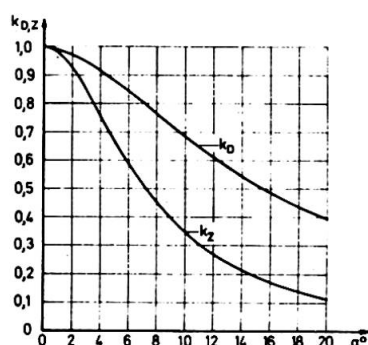


Bild 8: Abminderungswerte  $k_{D,Z}$  bei schrägem Trägerrand

#### 4.5 Weitere neue Bemessungsgrundlagen

Außer den oben kurz behandelten Beispielen neuer Bemessungsgrundlagen ist noch eine weitere Reihe von Erweiterungen zu nennen, für die teilweise bereits Vorschläge vorliegen oder die Gegenstand noch nicht abgeschlossener Untersuchungen sind. Es sei nur auf folgende Themen hingewiesen:

- Bemessung von torsionsbeanspruchten Bauteilen und Festlegung zulässiger Torsionsspannungen einschließlich Torsion + Querkraft [6].
- Erfassung des Langzeitverhaltens von Holz, Holzwerkstoffen und Holzverbindungen bei Biege- und Druckgliedern.
- Angabe von Bemessungslasten für Aussteifungskonstruktionen (Verbände, Scheiben) zur Knick- oder Kippsicherung gedrückter Holzbauteile.
- Einheitliche Bemessungsangaben für neue Verbindungsmittel und Verbindungstechniken wie Sondernägeln, Klammern, Nagelplatten, Balkenschuhe und andere Stahlblech-Formteile.

Es ist anzustreben, die Bemessungsgrundlagen weitgehend einheitlich in die Holzbaunormen der einzelnen Länder und vor allem in die in Vorbereitung befindliche ISO-Holzbaunorm aufzunehmen.

## 5. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Entwicklung des Ingenieurholzbaues ist zwar durch einige spektakuläre Holzbauwerke der letzten Jahre in besonderem Maße in das Bewußtsein des konstruktiv schaffenden Ingenieurs getreten, er hat aber in dieser Zeit in vielfältiger Weise auch bei üblichen Hoch- und Brückenbauten mit neuen Konstruktionsformen wieder Eingang gefunden. Diese wurden durch neue Werkstoffe auf Holzbasis, neue oder verbesserte Verbindungsmittel und arbeitssparende, wirtschaftliche Verbindungstechniken ermöglicht, wobei vor allem die Brettschichtbauweise zu nennen ist. Die rechnerische Erfassung der neuen Bauteil- und Tragwerkformen führte zur Weiterentwicklung der traditionellen Holzbaustatik und machte die wissenschaftliche Erforschung des Trag- und Verformungsverhaltens der Holzkonstruktionen notwendig. Die folgenden Beiträge zeigen, daß der Ingenieurholzbau heute in Theorie und Praxis noch nicht seinen Endzustand erreicht hat und auf zahlreichen Teilgebieten eine Weiterentwicklung der Holzkonstruktionen im Sinne des Konstruktiven Ingenieurbaues im Gange ist.

## LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Möhler, K.: Spannungsberechnung von gekrümmten Brettschichtträgern mit konstanter und veränderlicher Querschnittshöhe  
Bauen mit Holz, 1979, S. 364/67
- 2 Barrett, J.D.; Foschi R.O.; Fox, S.P.: Perpendicular-to-Grain Strength of Douglas Firs. Canadian Journal of Civil Engineering. Volume 2, Nr. 1, S. 50/57, 1975
- 3 Möhler, K. und L. Mistler: Ausklinkungen am Endauflager von Biegeträgern.  
Bauen mit Holz, 1979, S. 577/78
- 4 Möhler, K. und Kl.Hemmer: Spannungskombination bei Brettschichtträgern mit geneigten Rändern  
Bauen mit Holz, 1980, S. 355/57
- 5 Norris, Ch.B.: Strength of orthotropic materials subjected to combined stresses. Forest Products Laboratory Madison, Nr. 1816, 1962
- 6 Möhler, K. und Kl.Hemmer: Verformungs- und Festigkeitsverhalten von Nadelvoll- und -Brettschichtholz bei Torsionsbeanspruchung, Holz als Roh- und Werkstoff 35 (1977), S. 473/78

Leere Seite  
Blank page  
Page vide