

Berechnung und konstruktive Möglichkeiten bei Querspannungen in Brettschichtholzträgern

Autor(en): **Marchand, Gustave E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 11

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74070>

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.

Berechnung und konstruktive Möglichkeiten bei Querkzugspannungen in Brettschichtholzträgern

Von Gustave E. Marchand, Lausanne

Die vermehrte Verwendung von Brettschichtholz bei tragenden Konstruktionen grösserer Spannweite zeigte, dass die vorhandenen Unterlagen bezüglich Querkzugspannungen σ_{\perp} zum Teil ungenügend sind. Aus diesem Grunde wurden in jüngster Zeit grössere Versuchsprogramme in Deutschland zur Erfassung und konstruktiven Lösung dieses Problemes durchgeführt. Sinn dieses Beitrages ist es, einige dieser Resultate den interessierten Fachkreisen in der Schweiz zugänglich zu machen, dies speziell im Blick auf die baldige Neuerscheinung der SIA Holzbau-Norm 164. In der alten Norm SIA 164 (1953) steht unter dem Abschnitt der zulässigen Spannungen senkrecht zur Faser: «Zugspannungen sind zu vermeiden». Im neuen Revisions-Entwurf 164 E (Nov. 1979) wird die zulässige Spannung für Brettschichtholz auf $\sigma_{\perp} = 0,15 \text{ N/mm}^2$ festgelegt.

Wegen der leichten Bearbeitbarkeit von Brettschichtholz werden nun aber oft Ausklinkungen, Durchbrüche oder Krümmungen gemacht, was unweigerlich zu Querkzugspannungen führt. Diese Spannungen werden sicher oft höher als die vorgesehene, aus Beobachtung von Schadenfällen relativ klein gewählte, zulässige Spannung σ_{\perp} sein. Dies darf jedoch noch lange kein Grund sein, einen anderen Baustoff zu wählen. Vielmehr gilt es, diese Querkzugspannungen zu erfassen und konstruktiv aufzufangen. Im folgenden werden einige konstruktive Möglichkeiten und Berechnungsgrundlagen angegeben, mit denen in verschiedenen Fällen die Querkzugspannung erfasst und aufgenommen werden kann.

Ausklinkungen im Auflagerbereich

Wegen beschränkter Konstruktionshöhe im Auflagerbereich oder aus architektonischen Gründen kann es vorkommen, dass bei Trägern Ausklinkungen angeordnet werden. Nach verschiedenen Quellen [1, 2, 3] kann ein Spannungsnachweis im Restquerschnitt mit einer erhöhten Schubspannung der Form

$$\tau_{\text{vorh}} = 1,5 \cdot \frac{Q}{b \cdot h_1} \cdot \frac{h}{h_1}$$

durchgeführt werden (Bild 1).

Eine genauere Untersuchung von Mistle [4] zeigte dagegen, dass die Schubspannungen ungefähr in der Grössenordnung von

$$\tau_{\text{vorh}} = 1,5 \cdot \frac{Q}{b \cdot h_1}$$

bleiben und nicht um den Faktor h/h_1 vergrössert werden (Bild 2). Massgebend für die Tragfähigkeit eines rechtwinklig ausgeklinkten Trägers wird die sehr hohe Querkzugspannung im Einschnitt. Diese Aussage wird durch beobachtete Schäden in der Praxis erhärtet. Ein wesentlich besseres Tragverhalten erreicht man dagegen durch Abschrägen, wie die Spannungsverteilungen in Bild 2 zeigen.

Neben den geometrischen Grössen haben Holzfehler im Bereich der Ausklinkung auch einen wesentlichen Einfluss. Während Schwindrisse und Rotfäule

Abschrägungen des abstehenden Teiles sofort wesentliche Vorteile. So wird die Festigkeit bei einem Abschrägungsverhältnis von $a/s = 1/5$ um knapp die Hälfte besser als bei einer rechteckigen Ausklinkung. Im folgenden werden nun einige Möglichkeiten [5] zur Aufnahme der Querkzugkräfte diskutiert.

In Bild 3 ist die Verstärkung mit einem Bolzen M 16 gemäss DIN 1052 Teil 1 dargestellt. Die erzielte Verbesserung

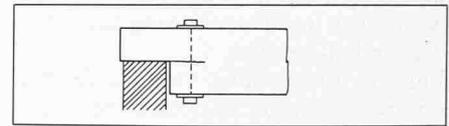


Bild 3. Sicherung des Auflagers nach DIN 1052 Blatt 1

entspricht ungefähr der einer Abschrägung. Wegen der Gefahr einer ungenügenden Spannung des Bolzens, mangels Nachziehen, und dem hohen Aufwand, ist diese Variante zu vermeiden. Die Lösung mit aufgenagelten Blechdiagonalen (Bild 4a) bringt eine rund doppelt so hohe Bruchlast wie die der unverstärkten Ausklinkung. Dabei müssen die Diagonalen über die ganze Länge ange nagelt sein. Lotrechte Blechplatten (Bild 4b) ergeben auch gute Resultate, liegen aber etwas unter dem Resultat der Lösung mit Blechdiagonalen. Ferner haben diese beiden Lösungen den Nachteil, dass vor Erreichen der Bruchlast, infolge Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel, mit Rissen zu rechnen ist. Als Alternative dazu ergeben voll einge-

eine merkliche Verschlechterung des Tragverhaltens mit sich bringen, haben Aeste gerade eine gegenteilige Wirkung. Um Spannungsspitzen bei der Kerbe zu vermeiden, kann man die Ecken abrunden. Versuche [5] zeigten aber, dass erst ab sehr grossen Radien wesentliche Verbesserungen des Tragverhaltens resultieren. Im Gegensatz dazu bringen

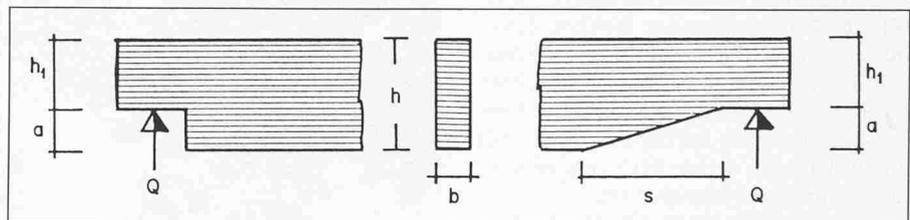


Bild 1. Ausklinkungen im Auflagerbereich

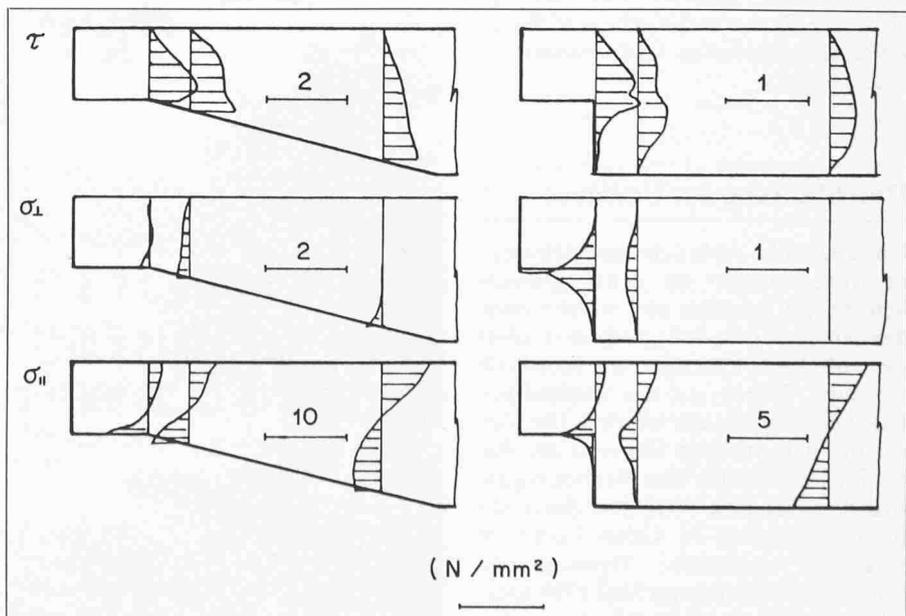


Bild 2. Spannungsverteilung bei Ausklinkung nach [4]

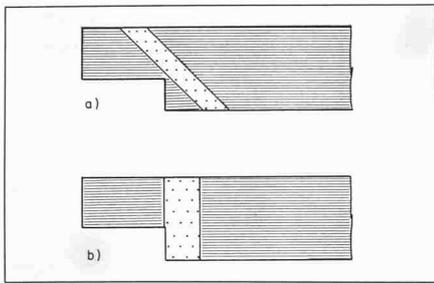


Bild 4a. Sicherung mittels Blechdiagonalen

Bild 4b. Sicherung mittels lotrechttem Blech

leimte Gewindestangen (Bild 5) eine ebenso hohe Verbesserung der Bruchlast ohne den Nachteil einer vorzeitigen Rissebildung zu haben. Auch aus architektonischen Gründen darf diese Lösung als vorteilhaft gelten. Die besten Ergebnisse wurden mit einer Verstärkung aus Furnierplatten, die mittels Nagelpressleimung aufgebracht

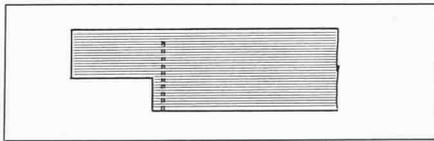


Bild 5. Sicherung mit eingeleimten Gewindestangen

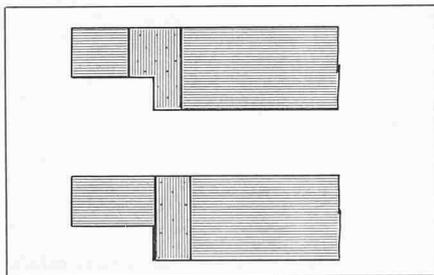


Bild 6. Sicherung mit aufgeleimten Furnierplatten

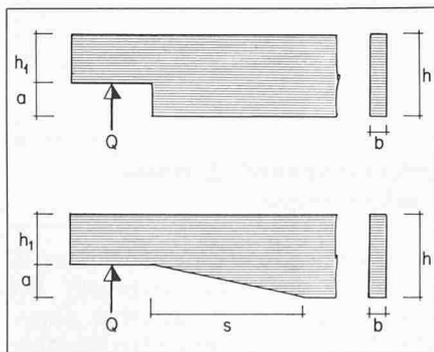


Bild 7. Bezeichnungen für den Spannungsnachweis

wurden, erreicht (Bild 6). Mit dieser Lösung bewirkte man eine dreimal höhere Bruchspannung als die des unverstärkten Trägers. Je steifer und kontinuierlicher eine Verstärkung, desto wirkungsvoller ist sie, da die verteilten Querspannungen sofort aufgenommen werden können, weil die grosse Übertragungsstrecke fehlt, welche die Rissebildung fördert. Da diese Lösung als optimal gelten darf, wird hier ein Ansatz zur Bemessung der Verstärkung gegeben.

Es gelten folgende Voraussetzungen:

- Trägerauflager momentenfrei;
- Keine Zughängungen im unteren Teil der Ausklinkung;
- Lastfall freie Witterung ausgeschlossen.

Spannungsnachweis

$$\tau_{\text{vorh}} = 1,5 \cdot \frac{Q}{b \cdot h_1} \cdot \frac{l}{k} \text{ oder}$$

$$Q_{\text{zul}} = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h_1 \cdot k \cdot \tau_{\text{zul}}$$

k = Abminderungsfaktor bei gleichzeitiger Wirkung von Schub- und Querspannungen nach [6]

Bei rechtwinkligen Ausklinkungen gilt für k :

$$0 \leq a/h \leq 0,25 \text{ ist } k = 1 - 2,8 a/h$$

$$0,25 \leq a/h \leq 1 \text{ ist } k = 0,3$$

Bei abgeschrägten Ausklinkungen gilt für k :

- $k = 1$ wenn für s gilt
- $s \geq 14 a$ bei Güteklasse I nach DIN
- $s \geq 10 a$ bei Güteklasse II nach DIN
- $s \geq 2,5 h$

Ferner muss beachtet werden, dass die Spannungscombination am schrägen Rand massgebend werden kann. Der Arbeitsausschuss der DIN 1052 Teil I beschränkte das Verhältnis a/h auf maximal $1/4$.

Bemessung der Verstärkung

Gemäss den Untersuchungen [5, 6] müssen Furnierplatten aus Buchenholz AW 100 (DIN 68705 Teil 3) verwendet werden. Aufgebracht werden die mit Resorcinharzleim bestrichenen Platten mit einem Pressdruck von ca. $0,6 \text{ N/mm}^2$. Ferner sollte pro 60 cm^2 maximal ein Nagel sein und die Nagellöcher in der Platte vorgebohrt werden. Wichtig ist, dass die Faserrichtung des Deckfurniers senkrecht zu der des Trägers sein muss.

Für die Zugkraft Z

$$Z = Q_{\text{zul}} (3 (a/h)^2 - 2 (a/h)^3)$$

sind im Schnitt A-A die Zugspannungen in der Furnierplatte nachzuweisen. Für den Nachweis des Abscherens in der Leimfuge ist die Fläche $a \cdot c$ massgebend.

Bei diesem Rechnungsmodell werden die Spannungen kontinuierlich verteilt angenommen, was in Wirklichkeit (vgl. Bild 2) nicht zutrifft. Aus diesem Grunde müssen die zulässigen Spannungen bei diesem vereinfachten Nachweis reduziert werden auf:

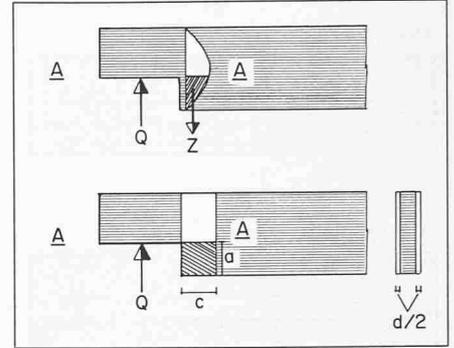


Bild 8. Modell für die Bemessung der Verstärkung

$$\sigma_{z/\text{zul}} = 2,0 \text{ N/mm}^2 \text{ und } \tau_{A_{\text{zul}}} = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

Daraus lassen sich die erforderlichen Abmessungen bestimmen:

$$C_{\text{erf}} = \frac{Z}{d \cdot \sigma_{z/\text{zul}}} \text{ und}$$

$$C_{\text{erf}} = \frac{Z}{2 \cdot a \cdot \tau_{A_{\text{zul}}}}$$

Mit d wird die gesamte Verstärkungsdicke bezeichnet. Die Minimalstärke einer Furnierplatte darf nicht kleiner als $d/2 = 10 \text{ mm}$ gewählt werden.

Schub- und Querspannungen im Träger

Wie aus Berichten der EMPA [7, 8] zu entnehmen ist, kann die Feuchtigkeit enorme Auswirkungen auf das Tragverhalten von Holz haben. Man dürfte eigentlich von einem Lastfall Feuchtigkeit im Holzbau sprechen. Die durch die Holzfeuchtigkeitsänderungen hervorgerufenen Eigenspannungen des Holzes überschreiten des öfters die Quersugsfestigkeit und führen zur Rissebildung [4]. Im folgenden sollen wieder Möglichkeiten diskutiert werden, um solche Risse zu vermeiden, oder bei Schadenfällen, den durch Risse geschwächten Trägern, die volle Tragsicherheit wieder zurückzugeben.

Ausgegangen wird vom Problem der Risse, die den Querschnitt über eine gewisse Länge voll durchdringen. In Bild 9 sind drei Lösungen dargestellt, den Verbund mittels Stabdübeln, Blechplatten oder Nagelplatten herzustellen. Bei Verwendung einer dieser Lösungen muss beim Spannungsnachweis das Widerstands- und Trägheitsmoment, infolge der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel, reduziert werden. Die im vorangehenden Kapitel erwähnten eingeleimten Gewindestangen ergeben auch hier befriedigendere Ergebnisse. Als gute Lösung können aufgenagelte Blechdiagonalen gelten (Bild 10), was durch verschiedene Untersuchungen [9, 10] bestätigt wurde.

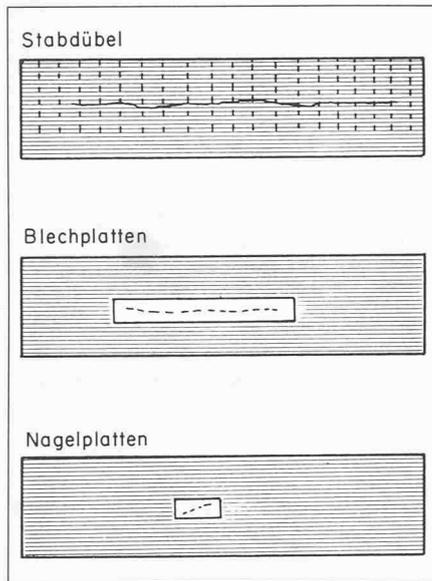


Bild 9. Verbundmöglichkeiten bei gerissenen Trägern

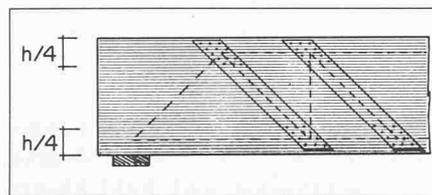


Bild 10. Rissicherung durch Blechdiagonalen

Für die Bemessung dieser Bleche kann man sich ein Fachwerkmodell, wie es im Massivbau üblich ist, vorstellen. Werden die Bleche unter 45° angeordnet und zwar so, dass die Enden übereinander sind, darf die Diagonalkraft D zu

$$D = \frac{Q_{\text{vorh}}}{\sqrt{2}}$$

berechnet werden. Die Diagonale sollte nur in den «Gurten» befestigt werden. Als ideeler Gurt wird die Höhe $h/4$ angenommen. Um ein Aufspalten des Holzes zu vermeiden, muss man möglichst dünne Nägel verwenden (Empfehlung $\varnothing 3,1$ mm).

Mit der Formel

$$n_{\text{erf}} = \frac{Q_{\text{zul}}}{\sqrt{2} \cdot F_N}$$

$Q_{\text{zul}} = Q_{\text{zul}}$ des Vollquerschnittes
 $F_N = \text{zulässige Nagelbelastung}$

wird die *erforderliche Nagelanzahl* berechnet. Durch die Anzahl Nägel und die beschränkte Anschlusshöhe von $h/4$ ist die Breite der Diagonale festgelegt.

Mit

$$t_{\text{erf}} = \frac{Q_{\text{zul}} \cdot 1,13}{\sigma_f \cdot b_{\text{eff}}}$$

$b_{\text{eff}} = \text{Nettobreite der Diagonale}$
 $\sigma_f = \text{Fließgrenze Stahl}$

errechnet sich die erforderliche Blechstärke. Die tatsächlich auftretenden Zugkräfte in den Diagonalen sind kleiner als die theoretische Kraft D . Da aber zusätzlich ein kleines Biegemoment auf die Diagonale wirkt, ist es angebracht, die Nägel auf die volle theoretische Zugkraft D zu bemessen. Mit *Diagonalblechen* lassen sich die zulässigen Querkräfte des Vollquerschnittes mit genügend grosser Sicherheit aufnehmen. Wegen der Nachgiebigkeit der Anschlussmittel wird die Biegesteifigkeit jedoch nicht ganz die des Vollquerschnittes erreichen.

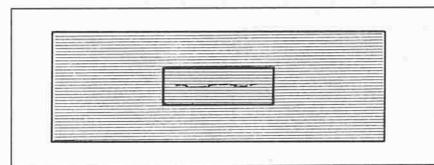


Bild 11. Rissicherung durch aufgeleimte Furnierplatten

Auch hierzu stellen aufgeleimte Furnierplatten (Bild 11) eine gute Alternative. Bezüglich Material gilt das Gleiche wie schon im ersten Kapitel erwähnt, sowie:

- Oberfläche mindestens abbürsten, besser leicht schleifen vor der Verleimung
 - \varnothing Nägel: Empfehlung 3,1 mm
- Für die Bemessung unter obigen Voraussetzungen, darf eine *Scherspannung in der Leimfuge* von

$\tau_{L\text{zul}} = 1,5 \text{ N/mm}^2$
 angenommen werden.

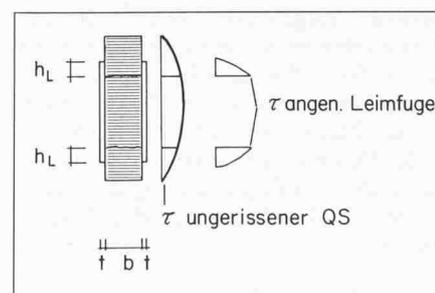


Bild 12. Schubspannungsverteilung im Querschnitt

Nimmt man eine Parabelförmige Verteilung der Schubspannungen beim ungerissenen Querschnitt an (Bild 12), errechnet sich die erforderliche Höhe der Leimfuge h_L ab Riss zu:

$$h_L = \frac{3}{4} \cdot b \cdot \frac{\tau_{\text{vorh}}}{\tau_{L\text{zul}}}$$

$\tau_{\text{vorh}} = \text{vorh. Schubspannung am ungerissenen QS}$
 $b = \text{Trägerbreite}$

Die Dicke der Furnierplatte errechnet sich bei Querkzug- und Schubspannungen zu:

$$t_{\text{erf}} = \frac{b}{2} \left(\frac{\tau_{\text{max}}}{\tau_{F\text{u}zul}} + \frac{\sigma_{z\perp\text{max}}}{\sigma_{z\text{Fu}zul}} \right)$$

$\tau_{\text{max}} = \text{max. Schubspannung am unger. QS}$

$\tau_{F\text{u}zul} = \text{zul. Schubspannung der Furnierpl.}^*$

$\sigma_{z\perp\text{max}} = \text{max. Querkzugspannungen im QS}$

$\sigma_{z\text{Fu}zul} = \text{zul. Spannung der Furnierplatte}^*$

*in Funktion der Richtung des Deckfurnieres
 (Empfehlung Faserrichtung Deckfurnier // Trägerfaserrichtung)

Für die *zulässigen Spannungen* gilt bei *Furnierplatten* unter Beachtung der *Voraussetzungen*:

$$\tau_{\perp F\text{u}zul} = 3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{z\text{zul}} = 8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{z\perp\text{zul}} = 4 \text{ N/mm}^2$$

Die Breite der Furnierplatte ergibt sich aus dem Rissbild und sollte den Riss in der Länge um etwa

$$b_{\text{zusätzl}} = \frac{\sigma_{z\perp\text{max}} \cdot b}{3}$$

überragen.

Dieses Verfahren eignet sich besonders auch bei Sanierungen, da die Furnierplatten nicht über das Auflager gezogen werden müssen.

Querkzugspannungen aus Umlenkungen

Heute werden Brettschichtholzträger in verschiedenen Formen hergestellt. Bei Krümmungen oder variablen Querschnittshöhen entstehen Querkzugspannungen. Die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung dieser Querkzugspannungen sind vorhanden. Die Möglichkeiten, um allfällige Risse konstruktiv zu verhindern, sind jedoch noch relativ unbekannt. Von den oben erwähnten Möglichkeiten eignen sich vor allem eingeleimte Gewindestangen und Furnierplatten, da sie ästhetisch am wenigsten stören. In Deutschland gibt es grosse Firmen, die bei gekrümmten Trägern von sich aus gleich Furnierplatten befestigen, ohne dass sie rechnerisch erforderlich wären (aufgrund schlechter Erfahrungen).

Durchbrüche

Da sich Durchbrüche nicht immer vermeiden lassen, seien hier einige Angaben zu ihrer Verstärkung nach Versuchen der EGH bei der FMPA Stuttgart - abgedruckt in [11] - wiedergegeben. Geht man von den selben Überlegungen wie im Massivbau aus, so verhält sich der Träger im Bereich von Durchbrüchen wie ein Rahmenträger. Die Kräfte der Ober- bzw. Untergurte erzeugen bei der Einleitung in den Vollwandträger unweigerlich Querspannungen. Die resultierenden *Querzugspannungen* führen dann zu Rissen und gefährden die Tragfähigkeit des Trägers und müssen deshalb mit Verstärkungen aufgenommen werden.

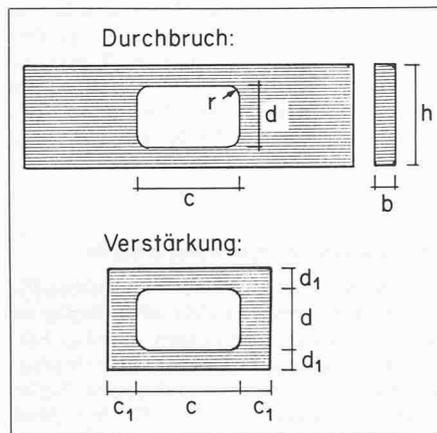


Bild 13. Durchbrüche und ihre Verstärkung

Tabelle 1

$\tau_{vorh} = 1,5 \cdot \frac{Q}{b \cdot h}$ (N/mm ²)	verstärkte Träger	
	Gesamtdicke	zuld
	der Verstärkung	zuld
0	0,1 · b	
0,4	0,35 · b	$c \leq 1 \cdot h$
0,8	0,50 · b	$d \leq 0,4 \cdot h$
1,2	0,65 · b	

Zwischenwerte geradlinig interpolieren

$$d_1 \geq 0,4d, \quad c_1 \geq 0,25 \cdot c, \quad d_1 \geq 0,1h, \quad c_1 \geq d_1$$

Als *Verstärkungen* werden wieder *Buchenholz furnierplatten* - siehe oben - verwendet, deren Gesamtdicke t (je Seite $t/2$) in Funktion der vorhandenen Schubspannungen sowie der Trägerbreite b in Tabelle 1 dargestellt ist. Ergänzend noch einige *konstruktive Hinweise*:

- Ecken mit $R = 25$ mm ausrunden.
- Deckfurnier Faserrichtung // Faserrichtung Träger.
- Furnierplattendicke 10 mm.
- Verleimung und Nagelung gemäss vorangegangenen Ausführungen.
- Durchbrüche wenn möglich symmetrisch zur Trägerachse anordnen.
- Randabstand $\geq 0,3 h$.
- Keine freie Witterung.

Queranschlüsse

Da an einem Träger immer Anschlüsse gemacht werden müssen, seien hier zum Abschluss nur noch zwei Hinweise gegeben:

- *Zuganschlüsse* sollten in der der Zugkraft gegenüberliegenden Trägerseite angebracht werden.
- *Druckanschlüsse* dagegen möglichst in der anliegenden Trägerseite anbringen.

Mit dieser Anordnung erreicht man, dass die Verbindungsmittel *keine Querzugspannungen über Lochleibung* ins Holz übertragen (Bild 14).

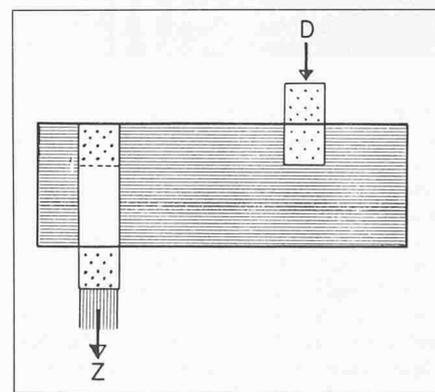


Bild 14. Anordnung von Zug- und Druckanschlüssen

Ferner empfiehlt es sich zur *Vermeidung von Spaltrissen die Nagellöcher vorzubohren* und den *Nagelabstand in Faserrichtung möglichst gross* zu wählen. Sollte man trotzdem gezwungen sein, einen Anschluss im für Querzugspannungen ungünstigen Trägereil anzuordnen, muss die Anschlusshöhe der Verbindungsmittel möglichst klein sein.

Literaturnachweis

- [1] American Institute of Timber Construction. Timber Construction Manual 1. Ed. 1966 + 2. Ed 1974. New York John Wiley + Sons.
- [2] Booth L. G., Reece P. O. (1967): «The Structural Use of Timber». A commentary on the British Standard Code of Practice CP112. London: E. + F. N. Spon LTD: 75.76
- [3] Blumer, Flühmann, Gehri, u. a. (1976): «Bemessung und Ausführung von Brettschicht-Konstruktionen». Zürich, Schweiz. Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung S. 97-100.
- [4] Mistler H. L. (1977): «Karlsruher Forschungsarbeiten und Versuche im Ingenieurholzbau von 1972 bis 1977». Bauen mit Holz, 5/77.
- [5] Möhler K., Mistler H. L. (1978): «Untersuchungen über den Einfluss von Ausklinkungen im Auflagerbereich von Holzbiegeträgern auf die Tragfestigkeit». Forschungsbericht Universität Karlsruhe.
- [6] Möhler K., Mistler H. L. (1979): «Ausklinkungen am Endauflager von Biegeträgern», Holzbau - Statik - Aktuell, Folge 4.
- [7] Meierhofer U., Sell J. (1979): «Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen». Holz als Roh- und Werkstoff 37, Seite 227-234.
- [8] Meierhofer U. (1976): «Zeitabhängige Verformungen von Holzbauteilen unter mechanischer und klimatischer Beanspruchung». Schweiz. Bauzeitung, Heft 25.
- [9] Zornig H. F., Vick C. P.: «Methods of Nailing and Adhesive Consistency. Affect the Strength of Nailed-Glued Construction Joints».
- [10] Möhler K., Rathfelder H. (1978): «Konstruktive Möglichkeiten zur Aufnahme von Schub- und Querzugspannungen». Forschungsbericht Universität Karlsruhe.
- [11] Holzbau - Statik - Aktuell 1976. Information zur Berechnung von Holzkonstruktionen, Folge 1

Adresse des Verfassers: G. Marchand, dipl. Ing. ETHZ, Chaire de Construction en Bois, ETH-Lausanne, Ecublens, 1015 Lausanne.

Umschau

Thermalquellen am Meeresboden

Tiefseebohrung zeigt, wie die noch warme Erdkruste versiegelt wird

Bei Tiefseebohrungen im *Golf von Panama* haben Geowissenschaftler die Zirkulation des Meerwassers in noch heisser, neugebildeter ozeanischer Kruste untersucht und dabei erstmals einen zusammenhängenden Eindruck von den Vorgängen der «Versiegelung» noch warmer Erdkruste gewonnen. Die Erkenntnisse sind von Bedeutung für das Verständnis von *Geothermalgebieten*, die als Energiequellen und von *Minerallagerstätten*, die für den Erzabbau genutzt werden

können. An den Untersuchungen in bis zu 3,5 Kilometer *Wassertiefe*, die von Bord des Tiefseebohrschiffs «Glomar Challenger» aus erfolgten, nahmen Wissenschaftler aus den USA, der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan und der Sowjetunion teil. Die *Neubildung von Erdkruste* spielt sich entlang der *mittelozeanischen Rücken* in der Weise ab, dass die *Kontinente auseinanderdriften* und die riesigen *Platten*, aus denen die relativ dünne äussere harte Schale der Erde besteht, sich untereinander verschieben. Dort, wo sich diese Platten auseinanderbewegen, dringen in die Nahtstellen heisse Gesteinsschmelzen aus

dem Erdinneren ein. Ein Teil der Schmelzen ergiesst sich dabei als Lava auf den Meeresboden, wo er rasch abgekühlt wird. Ein anderer Teil verbleibt in der Erdkruste und kühlt sich nur langsam u.a. durch kaltes Meerwasser ab, das durch Risse und Brüche in die neugebildete ozeanische Erdkruste eindringt. Das Wasser selbst erhitzt sich dabei und steigt zurück an die Meeresbodenoberfläche, wo es in Form von heissen Quellen austritt und dabei in manchen Fällen Metalle, die es aus den Gesteinen herausgelöst hat, als Erze abscheidet. Die mittelozeanischen Rücken, an denen sich die Erdkruste teilt, sind somit grosse