

Zeitschrift:	Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	98 (1980)
Heft:	11
Artikel:	Berechnung und konstruktive Möglichkeiten bei Querzugsspannungen in Brettschichtholzträgern
Autor:	Marchand, Gustave E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-74070

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: 10.01.2026

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

Berechnung und konstruktive Möglichkeiten bei Querzugsspannungen in Brettschichtholzträgern

Von Gustave E. Marchand, Lausanne

Die vermehrte Verwendung von Brettschichtholz bei tragenden Konstruktionen grösserer Spannweite zeigte, dass die vorhandenen Unterlagen bezüglich Querzugsspannungen σ_{\perp} zum Teil ungenügend sind. Aus diesem Grunde wurden in jüngster Zeit grössere Versuchspogramme 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 Querzugsspannungen 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 Querzugsspannungen zu erfassen und konstruktiv aufzufangen. Im folgenden werden einige konstruktive Möglichkeiten und Berechnungsgrundlagen angegeben, mit denen in verschiedenen Fällen die Querzugsspannung 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 Mitterer [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 Querzugsspannung 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 Querzugkräfte diskutiert.

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

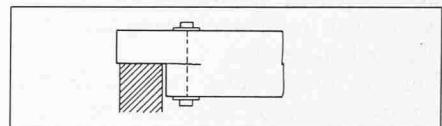


Bild 3. Sicherung des Auflagers nach DIN 1052 Blatt 1

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 Verbindungsmitte, mit Rissen zu rechnen ist.

Als Alternative dazu ergeben voll eingeg

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 ausrunden. Versuche [5] zeigten aber, dass erst ab sehr grossen Radien wesentliche Verbesserungen des Tragverhaltens resultieren. Im Gegensatz dazu bringen

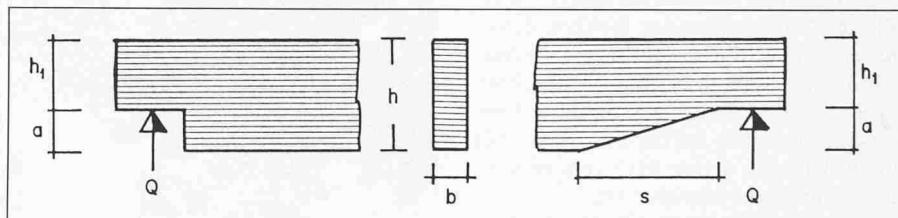


Bild 1. Ausklinkungen im Auflagerbereich

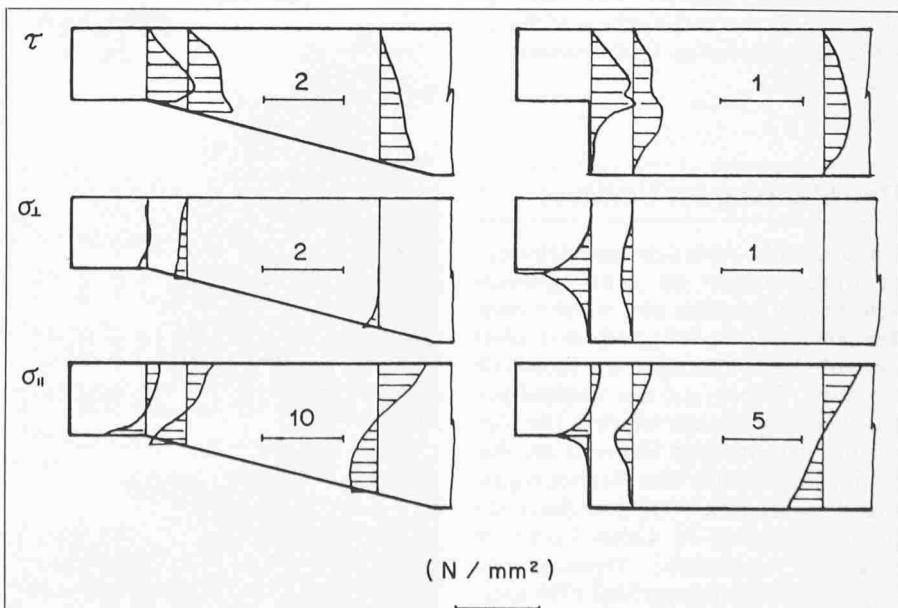


Bild 2. Spannungsverteilung bei Ausklinkung nach [4]

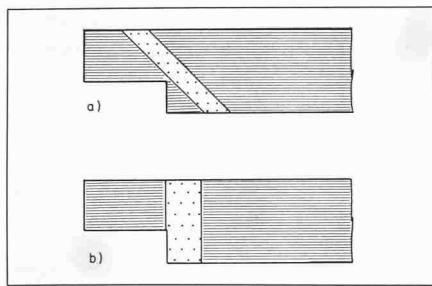


Bild 4a. Sicherung mittels Blechdiagonalen

Bild 4b. Sicherung mittels lotrechtem 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

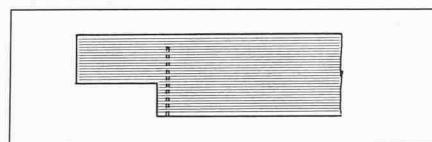


Bild 5. Sicherung mit eingeleimten Gewindestangen

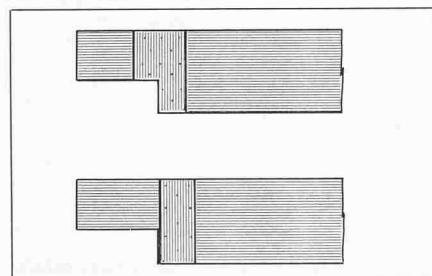


Bild 6. Sicherung mit aufgeleimten Furnierplatten

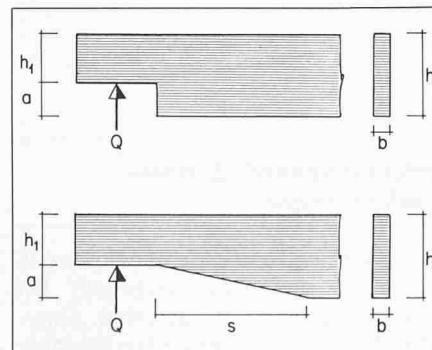


Bild 7. Bezeichnungen für den Spannungsnachweis

wurden, erreicht (Bild 6). Mit dieser Lösung wirkte man eine dreimal höhere Bruchspannung als die des unverstärkten Trägers. Je steifer und kontinuierlicher eine Verstärkung, desto wirkungsvoller ist sie, da die verteilten Querzugsspannungen 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 Zuganhängungen im unteren Teil der Ausklinkung;
- Lastfall freie Witterung ausgeschlossen.

Spannungsnachweis

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

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

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

Bei rechtwinkligen Ausklinkungen gilt für k :

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

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

Bei abgeschrägten Ausklinkungen gilt für k :

$k = 1$ wenn für s gilt

$s \geq 14 a$ bei Gütekasse I nach DIN

$s \geq 10 a$ bei Gütekasse II nach DIN

$s \geq 2,5 h$

Ferner muss beachtet werden, dass die Spannungskombination 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:

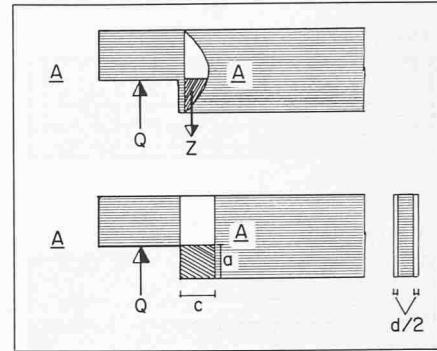


Bild 8. Modell für die Bemessung der Verstärkung

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

Daraus lassen sich die erforderlichen Abmessungen bestimmen:

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

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

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

Schub- und Querzugsspannungen 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 Querzugsfestigkeit 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 *Stäbdübeln*, *Blechplatten* oder *Nagelplatten* herzustellen.

Bei Verwendung einer dieser Lösungen muss beim Spannungsnachweis das Widerstands- und Trägheitsmoment, infolge der Nachgiebigkeit der Verbindungsmitte, reduziert werden. Die im vorangegangenen Kapitel erwähnten eingeleimten Gewindestangen ergeben auch hier befriedigendere Ergebnisse. Als gute Lösung können *aufgenagelte Blechdiagonale* gelten (Bild 10), was durch verschiedene Untersuchungen [9, 10] bestätigt wurde.

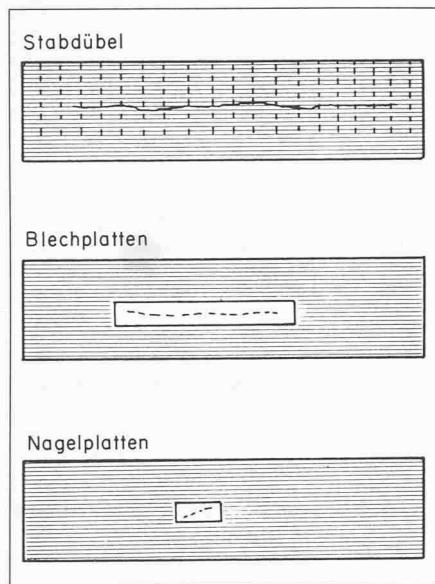


Bild 9. Verbundmöglichkeiten bei gerissenen Trägern

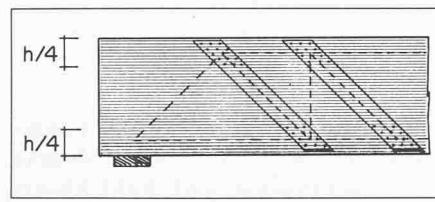


Bild 10. Rissesicherung durch Blechdiagonalen

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 ideeller 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 = 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.

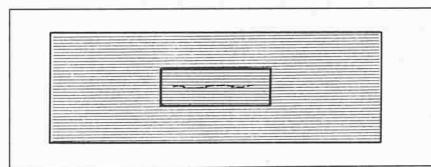


Bild 11. Rissesicherung durch aufgeleimte Furnierplatten

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

- Oberfläche mindestens abbürsten, besser leicht schleifen vor der Verleimung
- Ø Nägel: Empfehlung 3,1 mm

Für die Bemessung unter obigen Voraussetzungen, darf eine *Scherspannung in der Leimfuge* von

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

angenommen werden.

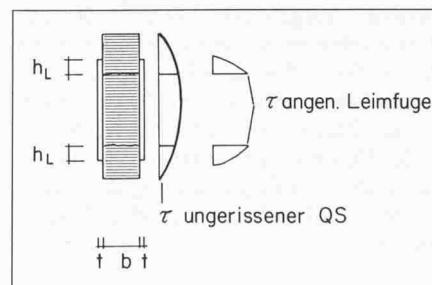


Bild 12. Schubspannungsverteilung im Querschnitt

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:

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

τ_{vorh} = vorh. Schubspannung am ungerissen QS
 b = Trägerbreite

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

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

τ_{max} = max. Schubspannung am unger. QS

$\tau_{F,zul}$ = zul. Schubspannung der Furnierpl.*

$\sigma_{z,\perp,zul}$ = max. Querzugspannungen im QS

$\sigma_{z,F,zul}$ = 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:*

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

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

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

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

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

übertragen.

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

Querzugspannungen aus Umlenkungen

Heute werden Brettschichtholzträger in verschiedenen Formen hergestellt. Bei Krümmungen oder variablen Querschnittshöhen entstehen Querzugspannungen. Die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung dieser Querzugspannungen 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.

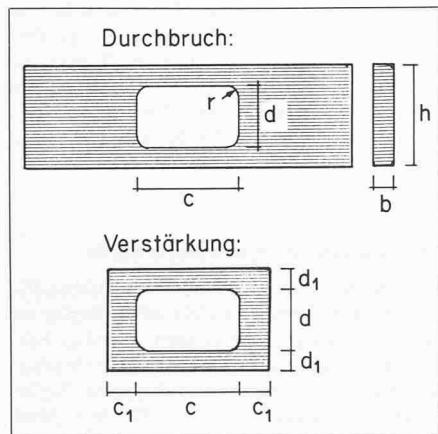


Bild 13. Durchbrüche und ihre Verstärkung

Tabelle 1

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

Zwischenwerte geradlinig interpolieren

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

Als Verstärkungen werden wieder *Buchenholzfurnierplatten* – 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 $\geq 0,3h$.
- Keine freie Witterung.

Ferner empfiehlt es sich zur Vermeidung von Spaltissen die Nagellöcher vorzubohren und den Nagelabstand in Faserrichtung möglichst gross zu wählen. Sollte man trotzdem gezwungen sein, einen Anschluss im für Querzugsspannungen ungünstigen Trägerteil anzutunnen, muss die Anschlusshöhe der Verbindungsmitte 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, Flümann, 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., Rathsfelder H. (1978): «Konstruktive Möglichkeiten zur Aufnahme von Schub- und Querzugsspannungen». Forschungsbericht Universität Karlsruhe.
- [11] Holzbau – Statik – Aktuell 1976. Information zur Berechnung von Holzkonstruktionen, Folge 1

Queranschlüsse

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

- *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 Verbindungsmitte *keine Querzugsspannungen über Lochleibung* ins Holz übertragen (Bild 14).

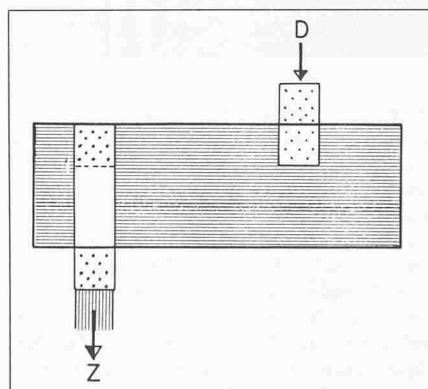


Bild 14. Anordnung von Zug- und Druckanschlüssen

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 kühlte 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