

11 Verbindungen, Ausklinkungen, Durchbrüche und Verstärkungen

11.1 Verbindungen

11.1.1 Allgemeines

(1) Die Berechnung der Beanspruchungen der Bauteile in Verbindungen ist auf der Grundlage der in 8.8 beschriebenen Anforderungen an Stabwerke durchzuführen. Die sich dabei aus einseitigen Lasteinleitungen ergebenden Zusatzmomente sind zu berücksichtigen.

(2) Die Regelungen dieser Norm gelten nicht für Verbindungen mit Hirnholz sowie mit Schnittflächen von Holzwerkstoffen, es sei denn, diese Verbindung wird ausdrücklich erwähnt oder die Wirksamkeit wird genauer nachgewiesen.

(3) Der Einfluss von zwischen Zugkräften F_t und Druckkräften F_c in den Bauteilen wechselnden Beanspruchungen auf die Tragfähigkeit stiftförmiger metallischer Verbindungsmittel ist dadurch zu berücksichtigen, dass die Verbindung für den Bemessungswert

$$F_d = \max \{F_{t,d} + 0,5 \cdot F_{c,d}; F_{c,d} + 0,5 \cdot F_{t,d}\} \quad (137)$$

nachzuweisen ist.

Dieser Nachweis darf bei kurzer Lasteinwirkungsdauer entfallen.

11.1.2 Zugverbindungen

(1) Bei symmetrisch ausgeführten Zugverbindungen mit Schrauben, Bolzen, Passbolzen und Nägeln in nicht vorgebohrten Nagellöchern darf beim Nachweis der Tragfähigkeit der einseitig beanspruchten Bauteile das Zusatzmoment vereinfacht durch eine Verminderung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit um ein Drittel berücksichtigt werden.

(2) Bei Zuganschlüssen mit anderen Verbindungsmitteln darf der vereinfachte Nachweis nach (1) geführt werden, wenn die Verkrümmung der einseitig beanspruchten Bauteile durch auf Herausziehen beanspruchbare Verbindungsmittel verhindert wird.

— Bei stiftförmigen Verbindungsmitteln sind in der ersten beziehungsweise letzten Verbindungsmittelreihe Verbindungsmittel mit einer ausreichenden Beanspruchbarkeit auf Herausziehen zu verwenden (siehe Bild 31 oben).

— Bei anderen Verbindungsmitteln sind vor beziehungsweise hinter dem eigentlichen Anschluss diese Verbindungsmittel zusätzlich anzuordnen (siehe Bild 31 unten).

(3) Die ausziehfesten Verbindungsmittel nach (2) sind für eine in Richtung der Stiftachse wirkende Zugkraft $F_{t,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a} \quad (138)$$

Dabei ist

F_d Normalkraft in der einseitig beanspruchten Lasche,

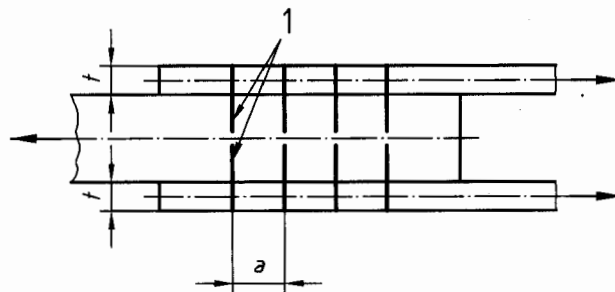
n Anzahl der zur Übertragung der Scherkraft in Richtung der Kraft F_d hintereinander angeordneten Verbindungsmittel, ohne die zusätzlichen ausziehfesten Verbindungsmittel,

DIN 1052:2004-08

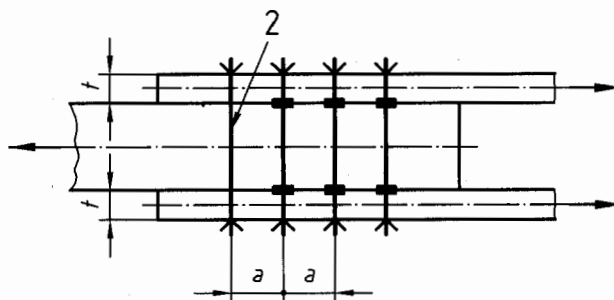
t Dicke der Lasche,

a Abstand der auf Herausziehen beanspruchten Verbindungsmittel von der nächsten Verbindungsmittelreihe.

(4) Bei Zuganschlüssen mit anderen Verbindungsmitteln ohne Maßnahmen zur Verhinderung der Verkrümmung darf der Nachweis entsprechend Absatz (1) durch eine Verminderung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit um 60 % geführt werden.



$n = 4$



$n = 3$

Legende

1 auszieh feste Verbindungsmittel

2 zusätzliche auszieh feste Verbindungsmittel

Bild 31 — Maßnahmen zur Vermeidung der Verkrümmung einseitig beanspruchter Bauteile in Zuganschlüssen

11.1.3 Druckverbindungen

(1) Die durch den Stoß eines Druckstabes verursachten Änderungen des Verformungsverhaltens des Stabes sind bei der Berechnung der Beanspruchungen zu berücksichtigen.

(2) Bei einem Kontaktstoß im äußeren Viertelteil der Knicklänge darf der Einfluss der Verformungen auf die Beanspruchungen vernachlässigt werden, wenn der Kontaktstoß durch eine Verbindung mit Laschen gesichert wird. Die Laschenverbindung ist für 50 % der durch Kontakt übertragenen Kraft zu bemessen.

(3) Bei Stößen von Vollwandbiegeträgern im Bereich zwischen zwei Abstützungen darf der Druckgurt wie ein Druckstab mit einer Knicklänge gleich dem Abstand der Abstützungen behandelt werden.

11.1.4 Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

(1) Wird die Lasteinwirkung auf eine Verbindung von unterschiedlichen Verbindungsmitteln aufgenommen, sind die Unterschiede in der Nachgiebigkeit zu berücksichtigen. Kleber und mechanische Verbindungsmittel dürfen wegen des sehr unterschiedlichen Lastverformungsverhaltens nicht als gemeinsam wirkend in Rechnung gestellt werden.

(2) Bei Verbindungsmitteln mit einem duktilen Tragverhalten darf die unterschiedliche Verformung der Verbindungsmittel bei Erreichen der Traglast dadurch berücksichtigt werden, dass die Tragfähigkeit des Verbindungsmittels, auf das rechnerisch der kleinere Teil der zu übertragenden Kraft entfällt, auf zwei Drittel abgemindert wird.

(3) Folgende Verbindungsmittel dürfen als duktil im Sinne des Absatzes (2) betrachtet werden:

- auf Abscheren beanspruchte Stifte, die nach den vereinfachenden Regeln in 12.2 bemessen sind,
- auf Abscheren beanspruchte schlanke Stifte mit einem Verhältnis von Holzdicke zu Stiftdurchmesser von mindestens 6, die nach den genaueren Regeln nach Anhang G bemessen sind,
- Kontaktanschlüsse,
- Einpressdübel,
- Verbindungsmittel in Verbindungen, bei denen das Spalten des Holzes im Verbindungsbereich durch Querkzugverstärkungen verhindert wird.

11.1.5 Queranschlüsse

(1) Werden Bauteile mit Rechteckquerschnitt durch eine Kraffteinleitung rechtwinklig zur Holzfaserrichtung beansprucht (siehe z. B. Bild 32), dürfen die dadurch verursachten Querkzugspannungen wie folgt berücksichtigt werden: Für Queranschlüsse mit $a/h > 0,7$ ist ein Nachweis nicht erforderlich. Queranschlüsse mit $a/h < 0,2$ dürfen nur durch kurze Lasteinwirkungen (z. B. Windsogkräfte) beansprucht werden.

(2) Für Queranschlüsse mit $a/h \leq 0,7$ ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{F_{90,d}}{R_{90,d}} \leq 1 \quad (139)$$

mit

$$R_{90,d} = k_s \cdot k_r \cdot \left(6,5 + \frac{18 \cdot a^2}{h^2} \right) \cdot (t_{ef} \cdot h)^{0,8} \cdot f_{t,90,d} \quad (140)$$

wobei

$$k_s = \max \left\{ 1; 0,7 + \frac{1,4 \cdot a_r}{h} \right\} \quad (141)$$

und

$$k_r = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_1}{h_i} \right)^2} \quad (142)$$

Queranschlüsse mit $a_r/h > 1$ und $F_{90,d} > 0,5 \cdot R_{90,d}$ sind zu verstärken (siehe 11.4).

DIN 1052:2004-08

Dabei ist

- $F_{90,d}$ Bemessungswert der Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung in N,
- $R_{90,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bauteils in N,
- k_s Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer nebeneinander angeordneter Verbindungsmittel,
- k_r Beiwert zur Berücksichtigung mehrerer übereinander angeordneter Verbindungsmittel (für eingeklebte Stahlstäbe siehe 14.3),
- a Abstand des (obersten) Verbindungsmittels vom beanspruchten Rand in mm,
- a_r Abstand der beiden äußersten Verbindungsmittel (siehe Bild 32); der Abstand der Verbindungsmittel untereinander in Faserrichtung des querzuggefährdeten Holzes darf $0,5 \cdot h$ nicht überschreiten,
- h Höhe des Bauteils in mm,
- t_{ef} wirksame Anschlusstiefe in mm,
- n Anzahl der Verbindungsmittelreihen,
- h_i Abstand der jeweiligen Verbindungsmittelreihe vom unbeanspruchten Bauteilrand (siehe Bild 32).

(3) Bei beidseitigem oder mittigem Queranschluss gilt:

- $t_{ef} = \min \{b; 2r; 24d\}$ für Holz-Holz- oder Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen mit Nägeln oder Holzschrauben,
- $t_{ef} = \min \{b; 2r; 30d\}$ für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen,
- $t_{ef} = \min \{b; 2r; 12d\}$ für Stabdübel- und Bolzenverbindungen,
- $t_{ef} = \min \{b; 100 \text{ mm}\}$ für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart,
- $t_{ef} = \min \{b; 6d\}$ für Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben.

Dabei ist

- b Breite des Bauteils,
- d Verbindungsmitteldurchmesser,
- t Eindringtiefe der Verbindungsmittel.

(4) Bei einseitigem Queranschluss gilt:

- $t_{ef} = \min \{b; t; 12d\}$ für Holz-Holz- oder Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen mit Nägeln oder Holzschrauben,
- $t_{ef} = \min \{b; t; 15d\}$ für Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen,

$t_{\text{ef}} = \min \{b; t; 6d\}$ für Stabdübel- und Bolzenverbindungen,

$t_{\text{ef}} = \min \{b; 50 \text{ mm}\}$ für Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart.

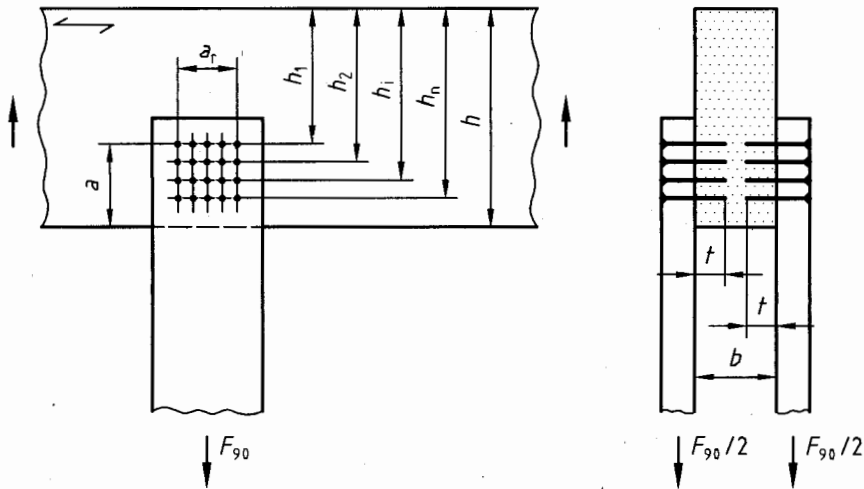


Bild 32 — Beispiel eines Querschlusses mit Bezeichnungen

(5) Sind mehrere Verbindungsmittelgruppen nebeneinander angeordnet, darf der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ für eine Verbindungsmittelgruppe nach Gleichung (140) ermittelt werden, wenn der lichte Abstand in Faserrichtung zwischen den Verbindungsmittelgruppen mindestens $2 \cdot h$ beträgt.

(6) Beträgt der lichte Abstand in Faserrichtung zwischen mehreren nebeneinander angeordneten Verbindungsmittelgruppen nicht mehr als $0,5 \cdot h$, sind die Verbindungsmittel dieser Gruppen als eine Verbindungsmittelgruppe zu betrachten.

(7) Beträgt der lichte Abstand in Faserrichtung von zwei nebeneinander angeordneten Verbindungsmittelgruppen mindestens $0,5 \cdot h$ und weniger als $2 \cdot h$, ist der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{90,d}$ nach Gleichung (140) pro Verbindungsmittelgruppe mit dem Beiwert k_g zu reduzieren:

$$k_g = \frac{\ell_g}{4 \cdot h} + 0,5 \quad (143)$$

Dabei ist

ℓ_g lichter Abstand zwischen den Verbindungsmittelgruppen.

(8) Sind mehr als zwei Verbindungsmittelgruppen mit $\ell_g < 2 \cdot h$ nebeneinander angeordnet, bei denen der Bemessungswert der Kraftkomponente rechtwinklig zur Faserrichtung $F_{90,d}$ größer ist als die Hälfte des mit dem Beiwert k_g reduzierten Bemessungswertes der Tragfähigkeit $R_{90,d}$, sind die Quersugkräfte durch Verstärkungen (siehe 11.4) aufzunehmen. Dies gilt ebenfalls für Querschlüsse mit $F_{90,d} > 0,5 \cdot R_{90,d}$, deren lichter Abstand von einem Kragarmende weniger als die Trägerhöhe h beträgt.

11.2 Ausklinkungen

(1) Bei Trägern mit Rechteckquerschnitt, die an den Enden ausgeklinkt sind (siehe Bild 33 und Bild 34), ist die Schubspannung mit der Höhe h_e zu berechnen.

DIN 1052:2004-08

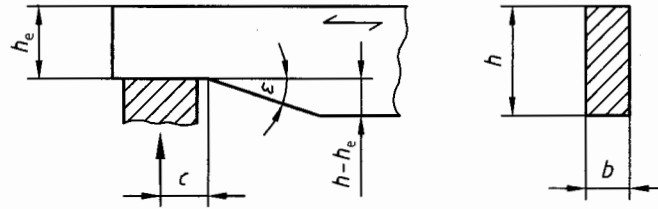


Bild 33 — Ausklinkung auf der belasteten Seite

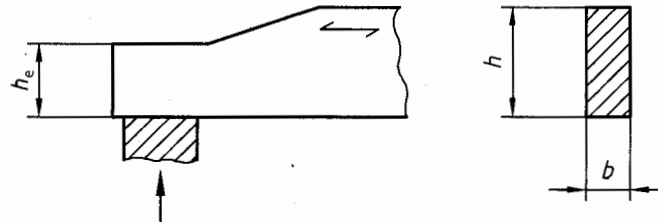


Bild 34 — Ausklinkung auf der unbelasteten Seite

(2) Der Einfluss der Spannungskonzentration in der Ausklinkung darf nach Absatz (3) berücksichtigt werden. Unverstärkte Ausklinkungen nach Absatz (1) dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden. Ausklinkungen in Nutzungsklasse 3 sind nach 11.4 zu verstärken.

(3) Für Ausklinkungen am Endauflager von Trägern mit Rechteckquerschnitt ist die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{1,5 \cdot V_d}{k_v \cdot f_{v,d} \cdot b \cdot h_e} \leq 1 \quad (144)$$

Andernfalls sind Ausklinkungen nach 11.4.3 zu verstärken.

Für Träger mit Ausklinkungen auf der belasteten Seite (siehe Bild 33) ist

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ k_{90} \cdot k_\varepsilon \end{array} \right. \quad (145)$$

wobei

$$k_{90} = \frac{k_n}{\sqrt{h} \cdot \left(\sqrt{\alpha \cdot (1-\alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \quad (146)$$

und

$$k_\varepsilon = 1 + \frac{1,1}{\tan \varepsilon \cdot \sqrt{h} \cdot \tan \varepsilon} \quad (147)$$

Dabei ist

h Trägerhöhe in mm,

c Abstand zwischen Kraftwirkungslinie der Auflagerkraft und Ausklinkungsecke in mm,

ε Steigungswinkel des Anschnitts,

$$\alpha = h_g/h,$$

$k_n = 5$ für Vollholz und Balkenschichtholz,

$k_n = 6,5$ für Brettschichtholz,

$k_n = 4,5$ für Furnierschichtholz.

Die Gleichung (144) darf nur angewendet werden, wenn $\alpha \geq 0,5$ und $cl/h \leq 0,4$ ist. Diese Einschränkungen gelten nicht für kurze Lasteinwirkungsdauer und nicht für verstärkte Ausklinkungen (siehe 11.4).

Für Träger mit Ausklinkungen auf der unbelasteten Seite (siehe Bild 34) ist $k_v = 1$.

11.3 Durchbrüche

(1) Durchbrüche in Trägern sind Öffnungen mit den lichten Maßen $d > 50$ mm (siehe Bild 35). Sie dürfen in unverstärkten Trägerbereichen mit planmäßiger Querkzugbeanspruchung nicht angeordnet werden. Außerdem gelten die folgenden Mindest- und Höchstmaße:

$l_v \geq h$	$l_z \geq h$, jedoch mindestens 300 mm	$l_A \geq h/2$	$h_{ro(ru)} \geq 0,25 \cdot h$	$a \leq h$	$h_d \leq 0,4 \cdot h$
--------------	---	----------------	--------------------------------	------------	------------------------

Maße in Millimeter

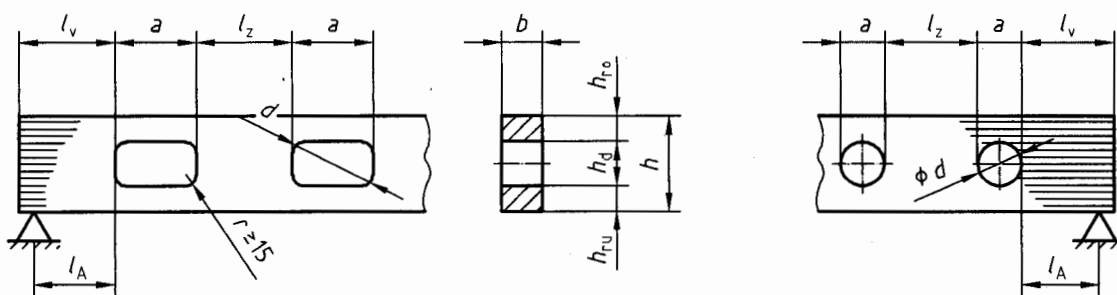


Bild 35 — Unverstärkte Durchbrüche

(2) Unverstärkte Durchbrüche nach Absatz (1) dürfen nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden. Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 sind nach 11.4 zu verstärken.

(3) Beträgt das lichte Maß $d \leq 50$ mm, dann müssen dennoch die Regeln für Querschnittsschwächungen beachtet werden.

DIN 1052:2004-08

(4) Bei Durchbrüchen nach Absatz (1) müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

$$\frac{F_{t,90,d}}{0,5 \cdot \ell_{t,90} \cdot b \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (148)$$

Dabei ist

b Trägerbreite,

$f_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Brett- oder Furnierschichtholzes rechtwinklig zur Faserrichtung,

und

$$\ell_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,} \quad (149)$$

$$\ell_{t,90} = 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche.} \quad (150)$$

Der Bemessungswert der Zugkraft $F_{t,90,d}$ ist dabei wie folgt zu ermitteln:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad (151)$$

mit

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \left[3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right] \quad (152)$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad (153)$$

Dabei ist

V_d Betrag des Bemessungswertes der Querkraft am Durchbruchrand,

$h_r = \min \{h_{r0}; h_{ru}\}$ für rechteckige Durchbrüche,

$h_r = \min \{h_{r0} + 0,15 \cdot h_d; h_{ru} + 0,15 \cdot h_d\}$ für kreisförmige Durchbrüche,

M_d Betrag des Bemessungswertes des Biegemomentes am Durchbruchrand.

In Gleichung (152) darf bei runden Durchbrüchen anstelle von h_d der Wert $0,7 \cdot h_d$ eingesetzt werden.

11.4 Verstärkungen

11.4.1 Allgemeines

(1) 11.4.2 bis 11.4.5 beziehen sich auf Bauteile, deren Tragfähigkeit durch eine oder mehrere Verstärkungen rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes zur Aufnahme von Querkzugbeanspruchungen erhöht wird.

(2) Die Zugfestigkeit des Holzes rechtwinklig zur Faserrichtung wird bei der Ermittlung der Beanspruchungen der Verstärkungen nach 11.4.2 bis 11.4.4 nicht berücksichtigt.

(3) Als innen liegende Verstärkungen dürfen folgende Stahlstäbe verwendet werden:

- eingeklebte Gewindebolzen nach DIN 976-1,
- eingeklebte Betonrippenstähle nach DIN 488-1,
- Holzschrauben mit einem Gewinde über die gesamte Schaftlänge.

Die Querschnittsschwächung durch innen liegende Verstärkungen ist in zugbeanspruchten Querschnittsteilen zu berücksichtigen.

(4) Als außen liegende Verstärkungen dürfen verwendet werden:

- aufgeklebtes Sperrholz nach 7.7,
- aufgeklebtes Furnierschichtholz nach 7.5,
- aufgeklebte Bretter,
- eingepresste Nagelplatten.

(5) Die Abstände a_2 der Stahlstäbe untereinander (siehe Bild 38) müssen mindestens $3 \cdot d_r$ betragen. Die Endabstände $a_{1,c}$ und Randabstände $a_{2,c}$ der Stahlstäbe müssen mindestens $2,5 \cdot d_r$ betragen.

(6) Verstärkungen mit Schrauben mit einem Gewinde über die gesamte Schaftlänge sind sinngemäß wie Verstärkungen mit eingeklebten Gewindebolzen nachzuweisen.

(7) Die Zugbeanspruchung der Stahlstäbe ist mit den Spannungsquerschnitten nachzuweisen.

(8) Sofern im Folgenden nichts anderes bestimmt ist, gelten für die Herstellung von geklebten Verstärkungen die Anforderungen nach Abschnitt 14.

(9) Verstärkungen von Queranschlüssen, Ausklinkungen, Durchbrüchen und Firstbereichen sind auch in Nutzungsklasse 3 zulässig.

11.4.2 Queranschlüsse

(1) Die Verstärkung eines Queranschlusses (siehe Beispiele in Bild 36) darf für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ bemessen werden:

$$F_{t,90,d} = [1 - 3 \cdot \alpha^2 + 2 \alpha^3] \cdot F_{90,d} \quad (154)$$

Dabei ist

$F_{90,d}$ Bemessungswert der Anschlusskraft rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes,

$\alpha = \frac{a}{h}$ siehe Bild 36.

DIN 1052:2004-08

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (154) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (155)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} \quad (156)$$

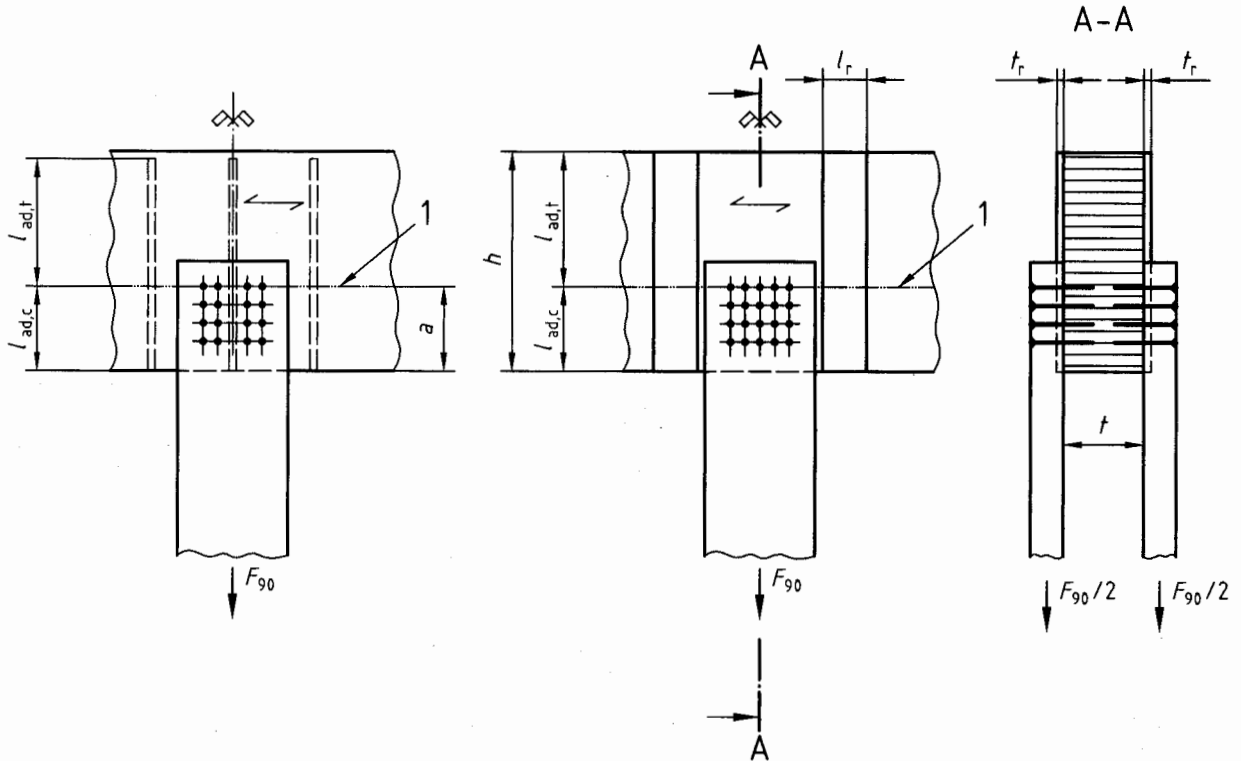
Dabei ist

$$l_{ad} = \min \{l_{ad,c}; l_{ad,t}\} \quad \text{siehe Bild 36,}$$

n Anzahl der Stahlstäbe; dabei darf außerhalb des Queranschlusses in Trägerlängsrichtung nur jeweils ein Stab in Rechnung gestellt werden,

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23),

d_r Stahlstabaußendurchmesser.



Legende

1 Gefährdeter Bereich

Bild 36 — Beispiele für Verstärkungen von Queranschlüssen

(3) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (154) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (157)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{4 \cdot \ell_{ad} \cdot \ell_r} \quad (158)$$

Dabei ist

$$\ell_{ad} = \min \{ \ell_{ad,c}; \ell_{ad,t} \} \quad (\text{siehe Bild 36}),$$

ℓ_r Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild 36),

$f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(4) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, dass

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (159)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_r \cdot t_r \cdot \ell_r} \quad (160)$$

Dabei ist

n_r Anzahl der Verstärkungsplatten,

t_r Dicke einer Verstärkungsplatte,

k_k Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf $k_k = 1,5$ angenommen werden,

$f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Plattenwerkstoffes in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

(5) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend Bild 36 aufzukleben, wobei gilt:

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{\ell_{ad}} \leq 0,5 \quad (161)$$

(6) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach den Absätzen (3) und (4) nachzuweisen und nach Absatz (5) anzuordnen.

11.4.3 Rechtwinklige Ausklinkungen an den Enden von Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

(1) Die Verstärkung einer rechtwinkligen Ausklinkung auf der belasteten Seite eines Trägersauflagers (siehe Bild 37) darf für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ bemessen werden:

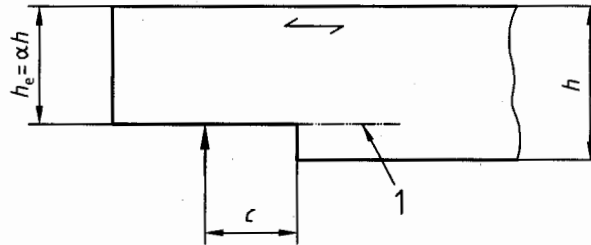
$$F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot [3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3] \quad (162)$$

DIN 1052:2004-08

Dabei ist

V_d Bemessungswert der Querkraft,

$\alpha = h_e/h$ (siehe Bild 37).

**Legende**

1 gefährdeter Bereich

Bild 37 — Rechtwinklige Ausklinkung auf der belasteten Trägerseite

(2) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (162) durch Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (163)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (164)$$

Dabei ist

ℓ_{ad} wirksame Verankerungslänge (siehe Bild 38),

n Anzahl der Stahlstäbe; dabei darf in Trägerlängsrichtung nur ein Stab in Rechnung gestellt werden,

d_r Stahlstabaußendurchmesser (≤ 20 mm),

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugenspannung (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(3) Die Mindestlänge eines jeden Stahlstabes beträgt $2 \cdot \ell_{ad}$, der Durchmesser d_r darf 20 mm nicht überschreiten.

(4) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (162) durch seitlich aufgeklebte Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (165)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_e) \cdot \ell_r} \quad (166)$$

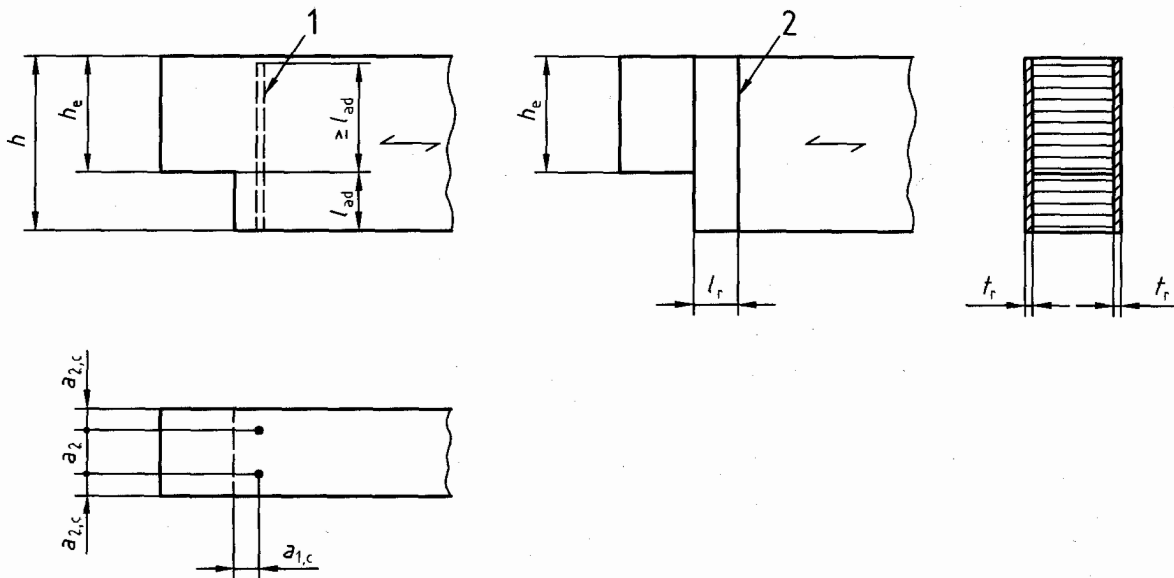
Dabei ist

$F_{t,90,d}$ Zugkraft nach Gleichung (162),

h, h_e siehe Bild 38,

l_r Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild 38),

$f_{k2,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).



Legende

- 1 Stahlstabdurchmesser $\varnothing d$,
2 Verstärkungsplatten

Bild 38 — Angaben für Verstärkungen rechtwinkliger Ausklinkungen

(5) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, dass

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (167)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot l_r} \quad (168)$$

Dabei ist

t_r Dicke einer Verstärkungsplatte,

k_k Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf $k_k = 2,0$ angenommen werden,

$f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Plattenwerkstoffes in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

DIN 1052:2004-08

(6) Die Verstärkungsplatten sind entsprechend Bild 38 aufzukleben, wobei gilt

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{h - h_e} \leq 0,5 \quad (169)$$

(7) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach den Absätzen (4) und (5) nachzuweisen und nach Absatz (6) anzuordnen.

11.4.4 Durchbrüche bei Biegestäben mit Rechteckquerschnitt

(1) Für Durchbrüche, bei denen die geometrischen Randbedingungen nach den Gleichungen (170) bis (173) eingehalten sind, darf die Verstärkung des Durchbruchs für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ nach Gleichung (151) bemessen werden. Die Zugkraft $F_{t,90,d}$ ist bei rechteckigen Durchbrüchen in der Höhe der querzugbeanspruchten Durchbrüchecke, bei kreisförmigen Durchbrüchen in der Höhe des querzugbeanspruchten Durchbruchrandes unter 45° zur Trägerachse vom Kreismittelpunkt aus (siehe Bild 39) anzunehmen.

$$\ell_A \geq h/2 \quad (170)$$

$$a \leq h \quad (171)$$

$$h_{ro} \geq h/4 \quad (172)$$

$$h_{ru} \geq h/4 \quad (173)$$

Die folgenden Nachweise sind für jeden gefährdeten Bereich zu führen.

(2) Bei der Verstärkung mit Stahlstäben ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (174)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot \ell_{ad}} \quad (175)$$

Dabei ist

$$\ell_{ad} = h_{ru} + 0,15 \cdot h_d \quad \text{oder} \quad \ell_{ad} = h_{ro} + 0,15 \cdot h_d \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche,}$$

$$\ell_{ad} = h_{ru} \quad \text{oder} \quad \ell_{ad} = h_{ro} \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,}$$

$$h_{ru(ro)} \quad \text{siehe Bild 39,}$$

n Anzahl der Stahlstäbe; dabei darf je Durchbruchseite in Trägerlängsrichtung nur ein Stab in Rechnung gestellt werden,

d_r Stahlstabaußendurchmesser (≤ 20 mm),

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(3) Die Mindestlänge eines jeden Stahlstabes beträgt $2 \cdot \ell_{ad}$, der Durchmesser d_r darf 20 mm nicht überschreiten.

(4) Bei rechteckigen Durchbrüchen mit innen liegenden Verstärkungen sind die erhöhten Schubspannungen im Bereich der Durchbrüchecken nachzuweisen.

(5) Bei Verstärkungsplatten ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{\text{ef,d}}}{f_{\text{k2,d}}} \leq 1 \quad (176)$$

$$\tau_{\text{ef,d}} = \frac{F_{\text{t,90,d}}}{2 \cdot a_r \cdot h_{\text{ad}}} \quad (177)$$

Dabei ist

$$h_{\text{ad}} = h_1 \quad \text{für rechteckige Durchbrüche,}$$

$$h_{\text{ad}} = h_1 + 0,15 h_d \quad \text{für kreisförmige Durchbrüche,}$$

$$a_r, h_1, h_d \quad \text{siehe Bild 40,}$$

$$f_{\text{k2,d}} \quad \text{Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).}$$

(6) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungsplatten ist nachzuweisen, dass

$$k_k \frac{\sigma_{\text{t,d}}}{f_{\text{t,d}}} \leq 1 \quad (178)$$

$$\sigma_{\text{t,d}} = \frac{F_{\text{t,90,d}}}{2 \cdot a_r \cdot t_r} \quad (179)$$

Dabei ist

$$a_r, t_r \quad \text{siehe Bild 40,}$$

$$k_k \quad \text{Beiwert zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung; ohne genaueren Nachweis darf } k_k = 2,0 \text{ angenommen werden,}$$

$$f_{\text{t,d}} \quad \text{Bemessungswert der Zugfestigkeit des Plattenwerkstoffes in Richtung der Zugkraft } F_{\text{t,90}}.$$

(7) Die Verstärkungsplatten sind beispielsweise nach Bild 40 aufzukleben,

wobei

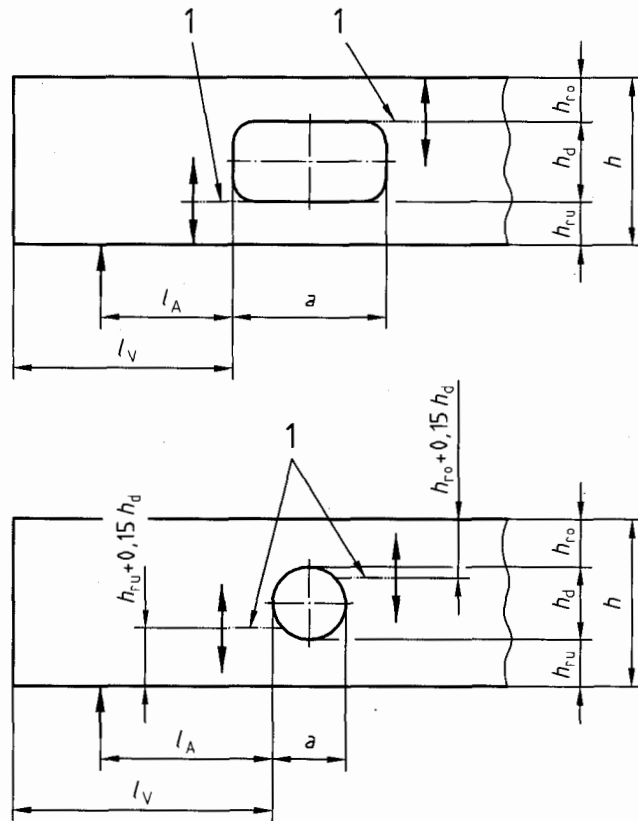
$$0,25 \cdot a \leq a_r \leq 0,6 \cdot \ell_{\text{t,90}} \quad \text{mit} \quad \ell_{\text{t,90}} = 0,5 \cdot (h_d + h) \quad (180)$$

und

$$h_1 \geq 0,25 \cdot a \quad (181)$$

(8) Verstärkungen mit Nagelplatten sind sinngemäß nach den Absätzen (5) und (6) nachzuweisen und nach Absatz (7) anzuordnen.

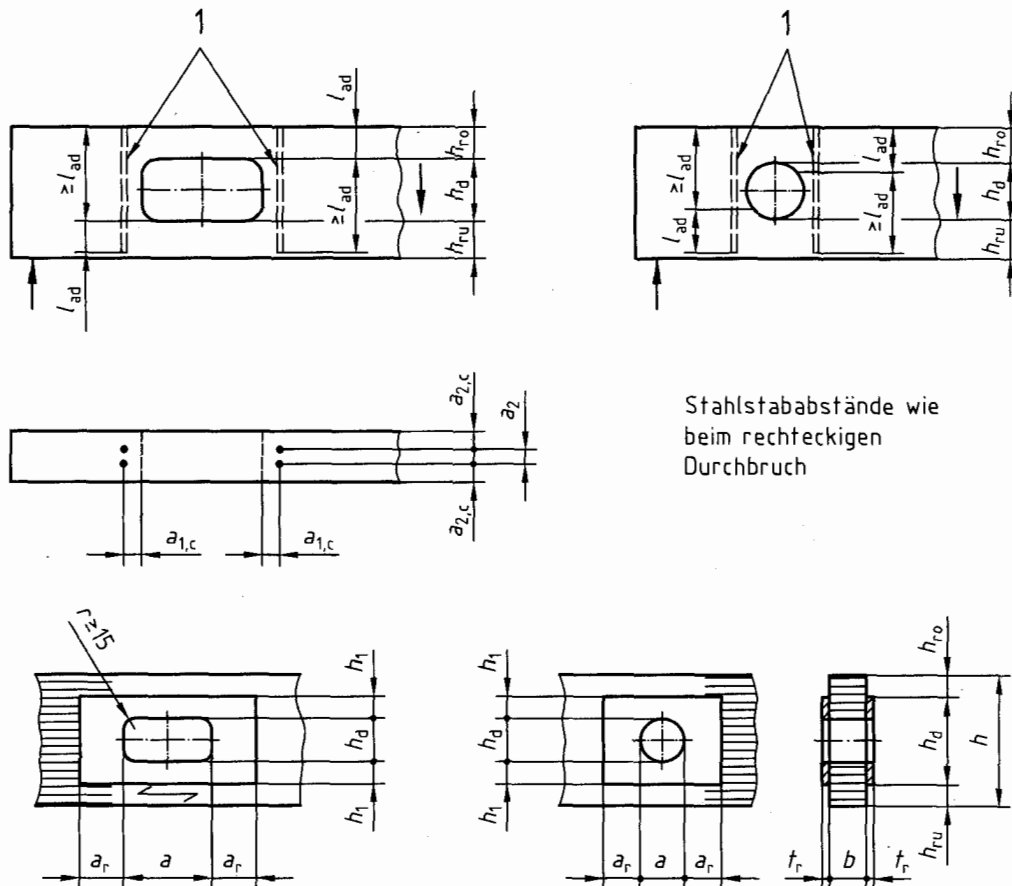
DIN 1052:2004-08

**Legende**

1 gefährdeter Bereich

Bild 39 — Rechteckiger (oben) und kreisförmiger (unten) Durchbruch eines Biegestabes

Maße in Millimeter



Stahlstababstände wie
beim rechteckigen
Durchbruch

Legende

1 Stahlstab mit Durchmesser d_r

Bild 40 — Beispiele für Verstärkungen von Durchbrüchen

11.4.5 Gekrümmte Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz

(1) Für Träger, bei denen die Zugkräfte rechtwinklig zur Faser vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen werden, sind die Verstärkungen in den beiden inneren Vierteln des querzugbeanspruchten Bereichs für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n} \quad (182)$$

Dabei ist

- $\sigma_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gleichung (86), (91) bzw. (95),
- b Trägerbreite,
- a_1 Abstand der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung in Höhe der Trägerachse,
- n Anzahl der Verstärkungselemente im Bereich innerhalb der Länge a_1 .

DIN 1052:2004-08

Die Verstärkungen in den äußeren Vierteln des querzugbeanspruchten Bereichs sind in diesem Fall für folgende Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n} \quad (183)$$

(2) Für Träger, bei denen die Bedingung nach Gleichung (88) nicht erfüllt ist, sind in den Nutzungsklassen 1 und 2 konstruktive Verstärkungen zur Aufnahme zusätzlicher, klimabedingter Querzugspannungen vorzusehen. Diese Verstärkungen sind im querzugbeanspruchten Bereich für eine Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b^2 \cdot a_1}{640 \cdot n} \quad (184)$$

Dabei ist

$\alpha_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugspannung rechtwinklig zur Faserrichtung nach Gleichung (86), (91) bzw. (95),

b Trägerbreite in mm.

(3) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ durch eingeklebte Stahlstäbe ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (185)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{2 \cdot F_{t,90,d}}{\pi \cdot \ell_{ad} \cdot d_r} \quad (186)$$

Dabei ist

$F_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugkraft je Stahlstab,

ℓ_{ad} halbe Einklebelänge des Stahlstabes,

d_r Stahlstabaußendurchmesser,

$f_{k1,d}$ Bemessungswert der Klebfugensfestigkeit für $\ell_{ad} \leq 250$ mm (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(4) Die Stahlstäbe müssen mit Ausnahme einer Randlamelle über die gesamte Trägerhöhe durchgehen.

(5) Für Träger, bei denen die Zugkräfte rechtwinklig zur Faser vollständig durch Verstärkungselemente aufgenommen werden, sollte der Abstand der Stahlstäbe an der Trägeroberkante untereinander mindestens 250 mm, jedoch nicht mehr als 75 % der Trägerhöhe h_{ap} betragen.

(6) Für Träger, bei denen die Bedingung nach Gleichung (88) nicht erfüllt ist, sollten die Stahlstäbe im querzugbeanspruchten Bereich gleichmäßig verteilt werden.

(7) Bei der Aufnahme der Zugkraft $F_{t,90,d}$ durch seitlich aufgeklebte Verstärkungen ist für die gleichmäßig verteilt angenommene Klebfugenspannung nachzuweisen, dass

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k3,d}} \leq 1 \quad (187)$$

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{2 \cdot F_{t,90,d}}{\ell_r \cdot \ell_{\text{ad}}} \quad (188)$$

Dabei ist

$F_{t,90,d}$ Bemessungswert der Zugkraft je Verstärkungsplatte,

ℓ_{ad} Höhe der aufgeklebten Verstärkung oberhalb oder unterhalb der Trägerachse,

ℓ_r Länge der Verstärkung in der Trägerachse,

$f_{k3,d}$ Bemessungswert der Klebfugenfestigkeit (charakteristischer Wert siehe Tabelle F.23).

(8) Für die Zugspannung in den aufgeklebten Verstärkungen ist nachzuweisen, dass

$$\frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (189)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{t_r \cdot \ell_r} \quad (190)$$

Dabei ist

t_r Dicke einer Verstärkung,

$f_{t,d}$ Bemessungswert der Zugfestigkeit des Werkstoffes der Verstärkung in Richtung der Zugkraft $F_{t,90}$.

12 Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln

12.1 Allgemeines

(1) Stiftförmige Verbindungsmittel im Sinne dieses Abschnittes sind:

Stabdübel, Passbolzen, Bolzen, Gewindestangen (Gewindebolzen nach DIN 976-1), Nägel, Schrauben und Klammern.

(2) Bei der Bemessung der Verbindungen ist zu berücksichtigen, dass die Tragfähigkeit auch durch ein Scherversagen des Holzes entlang der äußeren Verbindungsmittelreihen oder durch Zugversagen des Holzes begrenzt werden kann.

12.2 Tragfähigkeit bei Beanspruchung rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)

12.2.1 Allgemeines

(1) Für die Ermittlung der Tragfähigkeit R_k pro Scherfuge und Verbindungsmittel darf für die Stifte unter Biegebeanspruchung und für das Holz und die Holzwerkstoffe unter Lochleibungsbeanspruchung idealplastisches Verhalten angenommen werden.