

# DIN 1052:2004 – Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

## Teil 4 (2): Bemessung von Verbindungen und stiftförmigen und sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln

(Fortsetzung aus Heft 11/2008 und Schluss)

Es werden Holzbau-Verbindungsmittel beschrieben und die Regeln für die Bemessung erklärt.

**DIN 1052:2004 – New basics for design, calculation and dimensioning of timber structures, Part 4: Ultimate limit state design of timber joints.** *This paper describes several kinds of fasteners and the verification of load bearing safety for joints in timber structures.*

### 3 Berechnung der sonstigen mechanischen Verbindungsmittel – Dübel besonderer Bauart

Zu den Verbindungen mit sonstigen mechanischen Verbindungsmitteln zählt die DIN 1052:2004 in Abschnitt 13 Nagelplatten und Dübel besonderer Bauart. Im Folgenden wird ausschließlich auf Dübel besonderer Bauart eingegangen.

Für die Dübel besonderer Bauart wird jetzt nicht mehr wie bisher die Tragfähigkeit in Tabellen angegeben, sondern diese kann jetzt berechnet werden.

Art, Geometrie und Anforderungen an die Werkstoffeigenschaften sind europaweit in DIN EN 912 genormt. Die in Deutschland gebräuchlichsten Dübel werden entsprechend ihren Anforderungen in Abschnitt G.4 der DIN 1052:2004 angegeben. Eine Übersicht zeigt Tabelle 8.

Die Berechnung der Dübeltragfähigkeit erfolgt nach Abschnitt 13.3 der DIN 1052:2004. Es kann von den Regeln der Norm abgewichen werden, wenn eine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall vorliegt.

Dübel besonderer Bauart werden in zwei Gruppen eingeteilt:

- Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln
- Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen oder Dornen

Beide Bauarten übertragen ihre Kräfte vor allem über Lochleibungsbeanspruchung und Scherbeanspruchung. Dabei entstehen Versatzmomente. Mit Dübeln besonderer Bauart können Verbindungen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz und Furnierschichtholz (ohne Querlagen und mit  $\rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$ ) hergestellt werden. Für Verbindungen mit Laubhölzern sind nur der Ringdübel Typ A1 und der Scheibendübel Typ B1 geeignet. Die

in DIN 1052:1988/19996, Teil 2 für jeden Dübeltyp festgelegten Bolzendurchmesser wurden aufgehoben.

Jeder Dübel ist wegen der auftretenden Versatzmomente durch einen nachziehbaren Bolzen zu sichern. Hier sind die in Tabelle 19 der Norm zu den Dübeltypen wahlweise festlegbaren Bolzendurchmesser einzuhalten. Werden mehr als zwei Dübel mit einem Durchmesser oder Seitenlänge von  $> 130 \text{ mm}$  hintereinander angeordnet, dann sind auch an den Enden der Laschen zusätzliche Bolzen zur Lagesicherung der Verbindung anzuordnen (s. Bild 7 in der Norm). Die Bolzen sind so anzuziehen, dass die Unterlegscheiben vollflächig anliegen.

Ist mit Schwindverformungen zu rechnen, sind die Bolzen wiederholt nachzuziehen. Sie müssen hierfür eine genügend lange Gewindelänge haben. Auf ein Nachziehen kann nur dann verzichtet werden, wenn beim Einbau die Holzfeuchte der zu verbindenden Holzbauteile nicht mehr als 5 % über der zu erwartenden mittleren Gleichgewichtsholzfeuchte liegt.

Die Bolzen dürfen bei allen Ring- oder Scheibendübeln mit Zähnen bzw. Dornen durch entsprechende Gewindestangen oder Holzschrauben ersetzt werden.

Außerdem ist ein Ersatz der Bolzen durch Sondernägeln oder Holzschrauben bei Ringdübeln mit  $d_c < 95 \text{ mm}$  und bei Scheibendübeln mit  $d_c < 117 \text{ mm}$  möglich.

Die DIN 1052:2004 definiert die Tragkraft der Dübel für eine Verbindungseinheit, die i. Allg. aus einem Dübel mit entsprechendem Bolzen, Gewindestange bzw. Sondernägeln mit ausreichender Klemmwirkung besteht.

### Verbindungen mit Ring- und Scheibendübeln ohne Zähne

Ring- und Scheibendübel ohne Zähne werden in das Holz eingelassen. Hierfür sind vorher an der vorgesehenen Stelle mittels Fräsworkzeugen entsprechende Aussparungen zu fräsen, die eine zur Dübelform passfähige Form ergeben. Ring- und Scheibendübel gibt es für Holz-Holz-Verbindungen und Holz-Stahl-Verbindungen. Ring- und Scheibendübel können nach DIN 1052:2004, A 13.3.2 für Verbindungen aus Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz (ohne Querlagen) verwendet werden. Da diese Dübel in das Holz eingelassen und nicht wie Scheibendübel mit Zähnen eingepresst werden, können mit ihnen auch Vollholzbauteile aus dem weitaus härteren Laubholz verbunden werden.

**Tabelle 8. Übersicht über die in der Norm geregelten Dübel besonderer Bauart**  
**Table 8. Proprietary connectors according to DIN 1052:2004 – an overview**

Benennung	Bild	Geometrie nach DIN 1052:2004, Abschnitt	Berechnung nach DIN 1052:2004, Abschnitt
Ringdübel Typ A1 (System APPEL) Ø 65...190 mm		Abschnitt G.4.2	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.2 und Verbindungen in Hirnholz nach Abschnitt 13.3.4
Scheibendübel Typ B1 (System APPEL) Ø 65...190 mm		Abschnitt G.4.3	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.2
Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 (System BULLDOG) Ø 50...165 mm		Abschnitt G.4.4	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3 und Verbindungen in Hirnholz nach Abschnitt 13.3.4
Scheibendübel mit Zähnen Typ C2 (System BULLDOG) Ø 50...117 mm		Abschnitt G.4.5	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3
Scheibendübel mit Zähnen Typ C3 (System BULLDOG) 73 × 130 mm		Abschnitt G.4.6	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3
Scheibendübel mit Zähnen Typ C4 (System BULLDOG) 73 × 130 mm		Abschnitt G.4.7	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3
Scheibendübel mit Zähnen Typ C5 (System BULLDOG) 100 × 100 mm 130 × 130 mm		Abschnitt G.4.8	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3
Scheibendübel mit Dornen Typ C10 (System GEKA) Ø 50...115 mm		Abschnitt G.4.9	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3 und Verbindungen in Hirnholz nach Abschnitt 13.3.4
Scheibendübel mit Dornen Typ C11 (System GEKA) Ø 50...115 mm		Abschnitt G.4.10	Abschnitt 13.3.1 und 13.3.3

**Tabelle 9. Mindestabstände bei Dübeln besonderer Bauart nach DIN 1052:2004**  
**Table 9. Minimum distances of proprietary connectors according to DIN 1052:2004**

Symbol	Abstand	Ring- und Scheibendübel Typ A1 und B1	Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 bis 5	Scheibendübel mit Dornen Typ C10 bis 11
a <sub>1</sub>	parallel zur Faserrichtung	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(1,2 + 0,3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$
a <sub>2</sub>	rechtwinklig zur Faserrichtung	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$
a <sub>1,t</sub>	beanspruchtes Hirnholzende	$2 \cdot d_c^{a)}$	$1,5 \cdot d_c^{a)}$	$2 \cdot d_c^{a)}$
a <sub>1,c</sub>	unbeanspruchtes Hirnholzende	$\alpha \leq 30^\circ 1,2 \cdot d_c$ $\alpha > 30^\circ (0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$\alpha \leq 30^\circ 1,2 \cdot d_c$ $\alpha > 30^\circ (0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$\alpha \leq 30^\circ 1,2 \cdot d_c$ $\alpha > 30^\circ (0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
a <sub>2,t</sub>	beanspruchter Rand	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$
a <sub>2,c</sub>	unbeanspruchter Rand	$0,6 \cdot d_c$	$0,6 \cdot d_c$	$0,6 \cdot d_c$

a) siehe DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.2(9);  $\alpha$  = Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung  
 Bei den Dübeltypen C3 und C4 ist für  $d_c$  die größte Seitenlänge  $a_2$  des Dübels, bei Dübeltyp C5 für  $d_c$  die Seitenlänge  $d$  des Dübels einzusetzen (Maße siehe Anhang G.4.6 bis G.4.8)

Der charakteristische Wert der Tragfähigkeit von Ring- und Scheibendübeln ist im Wesentlichen von der Holzart (Rohdichte), dem Dübeldurchmesser und der Einlasstiefe abhängig. Zur Entfaltung der vollen Tragfähigkeit sind bestimmte geometrische Voraussetzungen (Mindestabstände, Mindestholzdicken, Holzrohddichten) erforderlich, die unbedingt einzuhalten sind (Tabelle 10). Bei Nichteinhaltung der Mindestholzdicken vermindert sich die Tragfähigkeit. Hierbei sind die minimalen Grenzwerte der Mindestholzdicken zu beachten, die in keinem Fall unterschritten werden dürfen. Eine höhere Rohdichte als 350 kg/m<sup>3</sup> führt zur Erhöhung der Tragfähigkeit.

Tabelle 10 fasst die Formeln zur Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit R<sub>c,k</sub> für eine Verbindungseinheit und die hierfür geltenden konstruktiven Voraussetzungen zusammen.

Ist der Last-Faser-Winkel α > 0°, dann ist der Wert von R<sub>c,k</sub> mit k<sub>α</sub> zu multiplizieren. Es gilt Gl. (258) mit Gl. (259) und d<sub>c</sub> in mm:

$$R_{c,\alpha,k} = k_{\alpha} \cdot R_{c,0,k};$$

$$k_{\alpha} = \frac{1}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit R<sub>c,d</sub> ergibt sich aus Gleichung Gl. (264) unter Berücksichtigung des Modifikationsfaktors für die zu verbindende Holzart und dem geltenden Materialfaktor γ<sub>M</sub> (s. Tabelle 11).

Ab zwei Dübel, in einer Reihe hintereinander angeordnet, ist die Anzahl in ihrer Wirkung auf die Tragfähigkeit zu begrenzen. **Mehr als 10 Dübel hintereinander in**

Tabelle 10. Berechnung des charakteristischen Wertes der Tragfähigkeit R<sub>c,k</sub> von Ring- und Scheibendübeln ohne Zähne für eine Verbindungseinheit nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.2

Table 10. Calculation of the characteristic value R<sub>c,k</sub> of ring and sheet connectors according to DIN 1052:2004

Bedingung	R <sub>c,k</sub>	Gl.
Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung α = 0°	$R_{c,0,k} = \min \begin{cases} 35 \cdot d_c^{1,5} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \end{cases}$	[257a) <sup>1</sup> [257b]
bei nur einer Verbindungseinheit und α ≤ 30° sowie a <sub>1,t</sub> ≥ 2 · d <sub>c</sub>	$R_{c,0,k} = k_{a1} \cdot R_{c,0,k}$ mit $k_{a1} = \min \begin{cases} 1,25 \\ \frac{a_{1,t}}{2d_c} \end{cases}$	[261]
α ≤ 30° und a <sub>1,t</sub> ≤ 2 · d <sub>c</sub> (Abstände a <sub>1,t</sub> < 1,5 d <sub>c</sub> sind unzulässig!)	$R_{c,0,k} = k_{a1} \cdot R_{c,0,k}$ mit $k_{a1} = a_1 / (2 \cdot d_c)$	Absatz (9)
Rohdichte ρ <sub>k</sub> ≤ 350 kg/m <sup>3</sup>	$R_{c,\alpha,k} = k_{\rho < 350 \text{ kg/m}^3} \cdot R_{c,0,k}$ mit $k_{\rho < 350 \text{ kg/m}^3} = \frac{\rho_k}{350}$	Absatz (6)
Rohdichte ρ <sub>k</sub> > 350 kg/m <sup>3</sup>	$R_{c,\alpha,k} = k_{\rho > 350 \text{ kg/m}^3} \cdot R_{c,0,k}$ mit $k_{\rho > 350 \text{ kg/m}^3} = \min \begin{cases} 1,75 \\ \frac{\rho_k}{350} \end{cases}$  (ρ <sub>k</sub> ist immer der kleinere Wert der charakteristischen Rohdichten der beiden durch die Verbindungseinheit verbundenen Bauteile)	[260]
t <sub>1</sub> ≤ 3h <sub>e</sub> t <sub>2</sub> ≤ 5h <sub>e</sub> (Holzdicken mit t <sub>1</sub> ≤ 2,25h <sub>e</sub> t <sub>2</sub> ≤ 3,75h <sub>e</sub> sind unzulässig!)	$R_{c,0,k} = k_t \cdot R_{c,0,k}$  $k_t = \min \left\{ 1; \frac{t_1}{3h_c}; \frac{t_2}{5h_c} \right\}$	[262]
Voraussetzungen für R <sub>c,k</sub> nach Gl. (257):	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Holzarten (Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz ohne Querlagen</li> <li>– Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes = 0°</li> <li>– Endabstand a<sub>1,t</sub> des Dübels vom belasteten Holzende in Faserrichtung beträgt mindestens 2d<sub>c</sub></li> <li>– Randabstand a<sub>2,t(c)</sub> des Dübels vom Holzrand senkrecht zur Faser beträgt mindestens 0,6d<sub>c</sub></li> <li>– Dicke des Seitenholzes t<sub>1</sub> ≥ 3h<sub>e</sub></li> <li>– Dicke des Mittelholzes t<sub>2</sub> ≥ 5h<sub>e</sub> (zwei- bzw. mehrschnittige Verbindungen)</li> <li>– charakteristische Rohdichte beträgt mindestens ρ<sub>k</sub> = 350 kg/m<sup>3</sup></li> </ul>	Absatz (1)
Symbole	Bezeichnung	
R <sub>c,k</sub>	charakteristischer Wert der Tragfähigkeit in [N]	
d <sub>c</sub>	Dübeldurchmesser in [mm]	
ρ <sub>k</sub>	charakteristischer Wert der Rohdichte	
a <sub>1,t</sub>	Endabstand des Dübels vom belastetem Hirnholzende	

<sup>1)</sup> Bei α ≤ 30° und nur einer Verbindungseinheit mit unbeanspruchtem Hirnholzende braucht nach Abschnitt 13.3.2.(10) Gleichung [257a) nicht berücksichtigt zu werden!

**Tabelle 11. Berechnung der Bemessungswerte der Tragfähigkeit  $R_{j,0,(\alpha),d}$  für Ring- und Scheibendübel ohne Zähne für eine Verbindungseinheit nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.2**  
**Table 11. Calculation of the design values of resistance  $R_{j,0,(\alpha),d}$  of ring and sheet connectors according to DIN 1052:2004**

$R_d$ nach Gl. (262)
$R_{c,0,(\alpha),d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,0,(\alpha),k}}{\gamma_M} \text{ (pro Verbindungseinheit)}$ <p>mit: <math>k_{\text{mod}}</math> = Modifikationsbeiwert für Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz, Furnierschichtholz (ohne Querlage);  <math>\gamma_M = 1,3</math></p>
$R_d$ für mehrere Verbindungseinheiten in einer Verbindung
$R_{j,d} = n_{\text{Scherfugen}} \cdot n_{\text{Reihen}} \cdot n_{\text{ef}} \cdot R_{c,0,(\alpha),k}$ <p>mit: <math>n_{\text{Scherfugen}}</math> = Anzahl der Scherfugen  <math>n_{\text{Reihen}}</math> = Anzahl der in Reihen untereinander angeordneten Verbindungseinheiten in einer Verbindung</p>
$n_{\text{ef}}$ = wirksame Anzahl mehrerer hintereinander angeordneter Verbindungseinheiten nach Gl. (265)
<p>Beachte: für <math>2 &lt; n \leq 10</math> ist <math>n_{\text{ef}} &lt; n</math>  <math>n</math> = Anzahl der hintereinander angeordneten Dübel  <b>Verbindungsmittel mit <math>n &gt; 10</math> dürfen nicht in Rechnung gestellt werden!</b></p>
<p>mit <math>n_{\text{ef}}</math> nach Gl. (265):</p> $n_{\text{ef}} = \left[ 2 + \left( 1 - \frac{n}{20} \right) \cdot n - 2 \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90}$

einer Reihe dürfen nicht in Rechnung gestellt werden (s. Tabelle 11). Diese Festlegung entspricht den Regeln der alten Norm.

### Beispiel 5

Der im Beispiel 2 nachgewiesene Zugstoß soll mit Ringdübeln Typ A ausgeführt werden. Es ist zu ermitteln, wie viele Dübel erforderlich sind.

#### Gewählt:

Ringdübel Typ A1 nach Tabelle G.14,  
 $d_c = 95 \text{ mm}$ ,  $h_e = 15 \text{ mm}$

Charakteristische Tragfähigkeit für eine Verbindungseinheit nach Gl. (257) für eine charakteristische Rohdichte von  $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ :

$$R_{c,0,k} = \min \begin{cases} 35 \cdot d_c^{1,5} = 35 \cdot 95^{1,5} = 32408 \text{ N} \\ = 32,4 \text{ kN (maßgebend)} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e = 31,5 \cdot 95 \cdot 15 = 44888 \text{ N} \\ = 44,89 \text{ kN} \end{cases}$$

Überprüfung der Mindestholzdicken:

$$t_1 \geq 3 \cdot h_e = 3 \cdot 15 = 45 \text{ mm} = t_{1,\text{vorhanden}} = 45 \text{ mm}$$

$$t_2 \geq 5 \cdot h_e = 5 \cdot 15 = 75 \text{ mm} < t_{2,\text{vorhanden}} = 200 \text{ mm}$$

Die Mindestdicken sind eingehalten. Die Tragfähigkeit  $R_{c,0,k}$  muss nicht reduziert werden.

Abstand vom beanspruchten Rand:

$$a_{1,t} \geq 2 \cdot d_c = 2 \cdot 95 = 190 \text{ mm}$$

Abstand zum unbeanspruchten Rand:

$$a_{2,c} = 0,6 \cdot d_c = 0,6 \cdot 95 = 57 \text{ mm}$$

Abstand parallel zur Faserrichtung für  $\alpha = 0$ :

$$a_1 = 1,2 \cdot d_c = 1,2 \cdot 95 = 114 \text{ mm}$$

Abstand senkrecht zur Faserrichtung:

$$a_2 = 1,2 \cdot d_c = 1,2 \cdot 95 = 114 \text{ mm}$$

Die charakteristische Rohdichte ist höher als der Basiswert der Gl. (257). Es ist der kleinere Wert zu berücksichtigen.

$$\rho_{k,\text{Seitenholz}} = 480 \text{ kg/m}^3, \rho_{k,\text{Mittelholz}} = 380 \text{ kg/m}^3 \text{ (maßgebend)}$$

Bezogen auf den kleineren Wert von  $\rho_k$  ist die Tragfähigkeit nach Gl. (260) zu korrigieren:

$$k_p = \min \begin{cases} 1,75 \\ \frac{\rho_k}{250} = \frac{380}{250} = 1,08 \end{cases}$$

$$R_{c,0,k} = k_p \cdot R_{c,0,k} = 1,08 \cdot 32,41 = 35 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit für eine Verbindungseinheit nach Gl. (263):

$$R_{c,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 35}{1,3} = 24,23 \text{ kN}$$

### Berechnung der Tragfähigkeit über Tragfähigkeitstabellen in [4]

Aus Tabelle 6-53 in [4] erhält man den Wert  $R_{c,0,d} = 19,94 \text{ kN}$ . Dieser Wert gilt für Nadelholz der Festigkeitsklasse C24 und  $k_{\text{mod}} = 0,8$ . Nach Tabelle 6-54 kann der Wert auf die tatsächliche Nutzungsklasse bzw. KLED umgerechnet werden. Der Umrechnungsfaktor beträgt für Nkl. 1 und KLED „kurz“  $k = 1,13$ .

Daraus erhält man einen Wert für

$$R_d = 1,13 \cdot 19,94 \text{ kN} = 22,53 \text{ kN.}$$

Berücksichtigt man die höhere Rohdichte für C30, so ergibt sich ein Wert für  $R_d$  von

$$R_d = 1,08 \cdot 22,53 \text{ kN} = 24,33 \text{ kN.}$$

Bemessungswert der Gesamttragfähigkeit des Stoßes mit  $n_{\text{ef}} = n$ :

$$R_{c,0,d} = n_{\text{ef}} \cdot n_{\text{Reihen}} \cdot n_{\text{Scherfugen}} \cdot R_{c,0,d} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 24,23 = 193,84 \text{ kN}$$

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Stoßverbindung:

$$\frac{N_{t,0,d}}{R_{c,0,d}} = \frac{150}{193,84} = 0,77 < 1$$

**Nachweis der Holzquerschnitte für die Konstruktionslösung gemäß Bild 19:**

Für die Nachweisführung gelten die Regeln des Abschnittes 11.1.2 der DIN 1052:2004. Durch die Umlenkung der Zugkraft an der Stoßstelle über die Laschen entsteht ein örtliches Zusatzmoment in den Laschen. Dessen Wirkung wird beim Nachweis der Laschen bei Verwendung von Bolzen bzw. Klemmbolzen vereinfacht durch eine Verminderung der Zugfestigkeit um 1/3 berücksichtigt (siehe DIN 1052:2004, Abschnitt 11.1.2(1)). Da bei Dübeln besonderer Bauart jeder Dübel mit einem nachziehbaren Bolzen oder Gewindestange zu versehen ist, ist eine ausreichende Sicherung der Laschen bei auftretenden Umlenkkraften gegeben.

**Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Laschen**

Bemessungswert der Zugbeanspruchung:  
 ⇒ Bei Dübeln besonderer Bauart ist die durch die Einlassbohrung im Holz entstehende Fehlfläche ΔA und die Schwächung der Querschnittsfläche durch das Bolzenloch zu berücksichtigen (siehe DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.1). Die Fehlfläche ΔA aus dem Dübel besonderer Bauart ist in Tabelle 16 der DIN 1052:2004 angegeben. Nach Abschnitt 13.3.1 (12) darf die Länge der zu berücksichtigenden Bohrlochfläche rechnerisch um die Einlauftiefe h<sub>e</sub> des Dübels verringert werden. Außerdem ist DIN 1052:2004, Abschnitt 7.2.3.(3) zu beachten.

Berechnung der Laschen-Nettofläche:

$$A_{\text{netto,Laschen}} = A_{\text{brutto,Laschen}} - (2 \cdot 2 \cdot \Delta A_{\text{Dübel}} + 2 \cdot A_{\text{Bohrloch}})$$

$$A_{\text{netto,Laschen}} = 2 \cdot b \cdot h - (2 \cdot 2 \cdot \Delta A + 2 \cdot 2 \cdot d_b \cdot (t_{\text{Laschen}} - h_e))$$

$$A_{\text{netto,Laschen}} = 2 \cdot 45 \cdot 240 - (2 \cdot 2 \cdot 1430 + 2 \cdot 2 \cdot 17 \cdot (45 - 15))$$

$$A_{\text{netto,Laschen}} = 21600 - 7760 = 13840 \text{ mm}^2$$

Bemessungswert der Zugbeanspruchung in den Laschen:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0,d}}{A_{\text{netto,Laschen}}} = \frac{150 \cdot 10^3}{13840} = 10,84 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Holzfestigkeit nach Gl. (3) in DIN 1052:2004:

$$f_{t,0,k,\text{KertoS}} = 38 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Zulassung Tabelle 3:}$$

$$f_{t,0,d,C24} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k,\text{KertoS}}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 38}{1,3} = 26,31 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für Stoßlaschen mit ausziehfesten Verbindungsmitteln nach DIN 1052:2004, Abschnitt 11.1.2 (1):

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{0,66 \cdot f_{t,0,d,C24}} = \frac{10,84}{0,66 \cdot 26,31} = 0,62 < 1,0$$

Nachweis erfüllt!

**Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die gestoßenen Holzquerschnitte**

Bemessungswert der Zugbeanspruchung:

$$A_{\text{netto,Mittelholz}} = A_{\text{brutto,Mittelholz}} - (4 \cdot \Delta A + 4 \cdot A_{\text{Bolzen}})$$

$$A_{\text{netto,Mittelholz}} = 200 \cdot 240 - (4 \cdot 1430 + 4 \cdot 17 \cdot (200 - 15))$$

$$= 29700 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0,d}}{A_{\text{netto,Zugstab}}} = \frac{150 \cdot 10^3}{29700} = 5,05 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswert der Holzfestigkeit nach Gl. (3) in DIN 1052:2004:

$$f_{t,0,d,C30} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k,C30}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 18}{1,3} = 12,46 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis für die gestoßenen Bauteile:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d,C24}} = \frac{5,05}{12,46} = 0,4 < 1$$

**Verbindungen mit Scheibendübeln mit Zähnen und Dornen**

Scheibendübel mit Zähnen und Dornen werden in das Holz eingepresst. Sie bestehen entweder aus kaltgeformtem und gehärtetem Stahl oder aus Temperguss. Hinsichtlich der möglichen Holzbaustoffe gelten die gleichen Regeln wie bei Ring- und Scheibendübeln. **Für die Verbindung von Laubhölzern sind sie allerdings nicht geeignet.** Bei der Kraftübertragung entstehen bei Scheibendübeln mit Zähnen und Dornen wegen des geringeren Biege widerstands der Zähne größere Verformungen als bei Ring- und Scheibendübeln (s. Bild 1).

Die charakteristische Tragfähigkeit von Scheibendübeln mit Zähnen und Dornen ist abhängig von der Holzart (Rohdichte), dem Dübeldurchmesser und zusätzlich von der mittragenden Wirkung der jeweiligen Bolzen (s. Tabelle 12). Auch bei diesen Dübeln gelten eine ganze Reihe von geometrischen Voraussetzungen, die einzuhalten sind

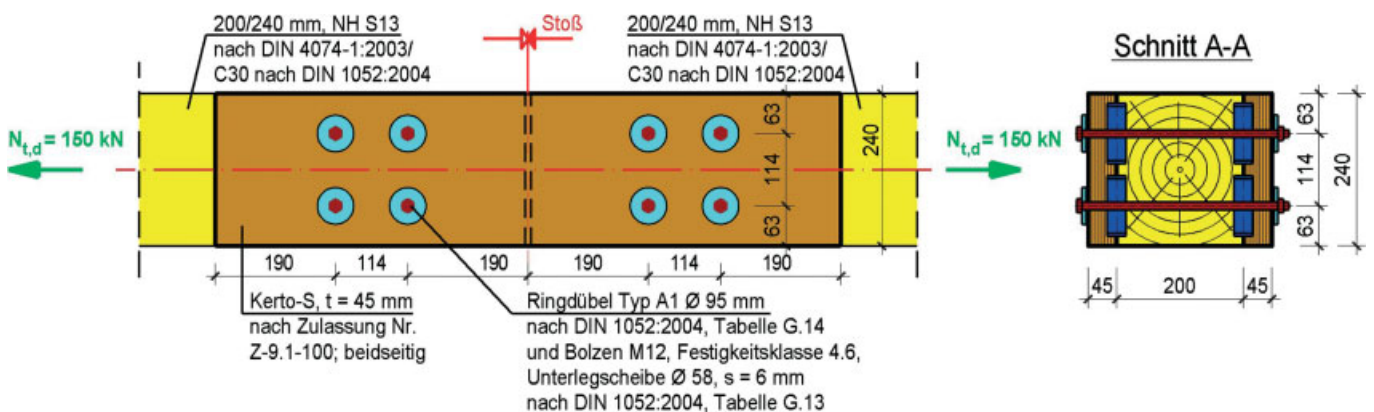


Bild 19. Konstruktion des Zugstoßes mit Laschen aus Furnierschichtholz und Dübel besonderer Bauart Typ A1  
 Fig. 19. Details of tension joint with cleats from parallel laminated veneer and proprietary connectors Type A1

Tabelle 12. Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit  $R_{j,0,k}$  von Scheibendübeln mit Zähnen und Dornen für **eine Verbindungseinheit** nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.3

Table 12. Calculation of the characteristic bearing capacity  $R_{j,0,k}$  of sheet connectors with teeth and plugs according to DIN 1052:2004

Bedingung	$R_k$	Gl.
Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung $\alpha = 0^\circ$	$R_{j,0,k} = R_{c,k} + R_{b,0,k}$ mit $R_{c,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1,5} & \text{(Dübeltyp C1–C5)} \\ 25 \cdot d_c^{1,5} & \text{(Dübeltyp C10 und C11)} \end{cases}$ $R_{b,0,k} = \text{charakteristische Tragfähigkeit des Bolzens für } \alpha = 0^\circ \text{ nach Abschnitt 12.4}$ $R_{b,0,k} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}$ $d = \sqrt{a_1 \cdot a_2} \quad \text{(Dübeltyp C3 und C4)}$ $d = d_c \quad \text{(Dübeltyp C5)}$	[266]  [267]  [191]  [268]
wenn $\alpha \leq 30^\circ$ und $a_{1,t} < 1,5 \cdot d_c$ Dü. C1, C2, C5 $a_{1,t} < 1,5 \cdot a_2$ Dü. C3, C4 $a_{1,t} < 2,0 \cdot d_c$ Dü. C10, C11  (Endabstände $a_{1,t} < 80$ mm $a_{1,t} < 7 \cdot d_b$ $a_{1,t} < 1,1 \cdot d_c$ Dü. C1, C2, C5 $a_{1,t} < 1,1 \cdot a_2$ Dü. C3, C4 $a_{1,t} < 1,5 \cdot d_c$ Dü. C10, C11 sind nicht zulässig!)	$R_{c,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1,5} \cdot \frac{a_{1,t}}{1,5 \cdot d_c} \text{ bzw. } \frac{a_{1,t}}{1,5 \cdot a_2} \\ 25 \cdot d_c^{1,5} \cdot \frac{a_{1,t}}{2,0 \cdot d_c} \end{cases}$	Absatz (9)
wenn Rohdichte $\rho_k < 350 \text{ kg/m}^3$	$R_{c,k} = k_{\rho < 350 \text{ kg/m}^3} \cdot R_{c,k}$ mit $k_{\rho < 350 \text{ kg/m}^3} = \frac{\rho_k}{350}$	Absatz (7)
wenn Rohdichte $350 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$ $\rho_k > 500 \text{ kg/m}^3$ nicht zulässig!	$R_{c,k} = k_{\rho > 350 \text{ kg/m}^3} \cdot R_{c,k}$ mit $k_{\rho > 350 \text{ kg/m}^3} = \frac{\rho_k}{350}$ ( $\rho_k$ ist immer der kleinere Wert der charakteristischen Rohdichten der beiden durch die Verbindungseinheit verbundenen Bauteile)	[271] Absatz (1)
wenn $2,25 h_e \leq t_1 < 3 h_e$ und/oder $3,75 h_e \leq t_2 < 5 h_e$ ( $t_1 < 2,25 h_e$ bzw. $t_2 < 3,75 h_e$ sind nicht zulässig!)	$R_{c,k} = \begin{cases} k_t \cdot 18 \cdot d_c^{1,5} \\ k_t \cdot 25 \cdot d_c^{1,5} \end{cases} \quad \text{mit} \quad k_t = \min \left\{ 1; \frac{t_1}{3 h_e}; \frac{t_2}{5 h_e} \right\}$	Absatz (10)
Voraussetzungen für $R_{c,k}$ nach Gl. (267):	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Holzarten (Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz oder Furnierschichtholz ohne Querlagen)</li> <li>– Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung des Holzes = <math>0^\circ</math></li> <li>– Endabstand <math>a_{1,t}</math> des Dübels vom belasteten Holzende in Faserrichtung:  <math>a_{1,t} \geq 1,5 d_c</math> (Dübel C1, C2, C5)  <math>a_{1,t} \geq 1,5 a_2</math> (Dübel C3, C4)  <math>a_{1,t} \geq 2,0 d_c</math> (Dübel C10, C11)</li> <li>– Randabstand <math>a_{2,t(c)}</math> des Dübels vom Holzrand senkrecht zur Faser:  <math>a_{2,t(c)} \geq 0,6 d_c</math> (Dübel C1, C2, C5, C10, C11)  <math>a_{2,t(c)} \geq 0,6 a_2</math> (Dübel C3, C4)</li> <li>– Dicke des Seitenholzes <math>t_1 \geq 3 h_e</math></li> <li>– Dicke des Mittelholzes <math>t_2 \geq 5 h_e</math> (zwei- bzw. mehrschnittige Verbindungen)</li> <li>– charakteristische Rohdichte beträgt mindestens <math>\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3</math></li> </ul>	Absatz (1)
Symbole	Bezeichnung	
$R_{j,0,k}$	charakteristischer Wert der Tragfähigkeit in [N]	
$d_c$	Dübeldurchmesser (Dübeltyp C1,C2,C5,C10,C11) in [mm]	
$a_2$	größte Seitenlänge (Dübel C3 und C4)	
$h_e$	Einlasstiefe der Dübel ins Holz nach Tabellen G16–G22	

(s. Tabelle 12). Eine höhere Rohdichte als 350 kg/m<sup>3</sup> führt zur Erhöhung der Tragfähigkeit. Geringere Mindestholzdicken als vorgegeben sind auch hier bis zu einem nicht mehr unterschreitbaren Wert zulässig. Die Nutzung dieser Möglichkeit führt aber zur Verminderung der Tragfähigkeit (s. Tabelle 12).

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit R<sub>j,d</sub> ergibt sich aus der Addition des Bemessungswertes der Tragfähigkeit für den Dübel R<sub>c,d</sub> und des Bolzens R<sub>b,d</sub>, da die Bolzen eine mittragende Wirkung entfalten (s. Tabelle 13).

Für die Begrenzung der Tragfähigkeit bei mehreren hintereinander angeordneten Dübeln gelten die gleichen Grundsätze wie bei Ring- und Scheibendübeln ohne Zähne (s. auch Tabelle 13).

**Beispiel 6**

Es soll die Verwendung von Scheibendübeln mit Zähnen Typ C1 Ø 95 mm bei dem im Beispiel 5 behandelten Zugstoß untersucht werden. Als Klemmbolzen werden Bolzen M12, Fk. 8.8 (f<sub>u,k</sub> = 800 N/mm<sup>2</sup>) verwendet. Nach Tabelle 19 in DIN 1052:2004 dürfen Bolzen mit Durchmessern von 10 bis 30 mm verwendet werden. Nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.1(7) dürfen Dübel besonderer Bauart generell auch für Furnierschichtholz ohne Querlagen mit einer charakteristischen Rohdichte von ρ<sub>k</sub> ≤ 500 kg/m<sup>3</sup> verwendet werden. Da die charakteristische Rohdichte im hier betrachteten Fall nach Z-9.1-100 ρ<sub>k</sub> = 480 kg/m<sup>3</sup> beträgt, wäre eine Verwendung nach Norm möglich. Dagegen regelt die bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-100 in Abschnitt 4.2.1, dass nur Einlassdübel des Typs A verwendet werden dürfen. Die Verwendung von Einpressdübeln des Typs C1 ist im betrachteten Fall nur möglich, wenn die Laschen in Nadelholz ausge-

führt werden. Es wird Nadelholz S13 nach DIN 4074-1 gewählt.

Charakteristische Tragfähigkeit für einen Scheibendübel Typ C1 nach Gl. (267):

$$R_{c,k} = 18 \cdot d_c^{1,5} = 18 \cdot 95^{1,5} = 16667 \text{ N} = 16,67 \text{ kN}$$

Die charakteristische Rohdichte ist höher als der Basiswert der Gl. (267). Es ist stets der kleinere Wert zu berücksichtigen.

$$\rho_{k,Seitenholz} = \rho_{k,Mittelholz} = 380 \text{ kg/m}^3$$

Bezogen auf den vorhandenen Wert von ρ<sub>k</sub> ist die Tragfähigkeit nach Gl. (271) zu korrigieren:

$$k_p = \frac{\rho_k}{350} = \frac{380}{350} = 1,08$$

$$R_{c,0,k} = k_p \cdot R_{c,0,k} = 1,08 \cdot 16,67 = 18 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit für den Scheibendübel Typ C1 nach Gl. (263):

$$R_{c,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,k}}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 18}{1,3} = 12,46 \text{ kN}$$

Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit für den Bolzen:

Charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit nach Gl. (203):

$$f_{0,h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,42 \text{ kN/mm}^2$$

**Tabelle 13. Berechnung der Bemessungswerte der Tragfähigkeit R<sub>j,0,d</sub> von Ring- und Scheibendübeln mit Zähnen für eine Verbindungseinheit nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.3**

**Table 13. Calculation of design values of resistance R<sub>j,0,d</sub> of ring and sheet connections with teeth according to DIN 1052:2004**

R <sub>d</sub>	
α = 0° Gl. (269)	α > 0° Gl. (270)
$R_{j,0,d} = R_{c,d} + R_{b,0,d}$ mit $R_{c,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,k}}{\gamma_M} \text{ bzw. } R_{b,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{b,0,k}}{\gamma_M}$ Beachte: γ <sub>M</sub> = 1,3 für Holz und γ <sub>M</sub> = 1,1 für Stahl, bei Berechnung mit dem vereinfachten Verfahren!	$R_{j,\alpha,d} = R_{c,d} + R_{b,\alpha,d}$ mit $R_{c,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{c,k}}{\gamma_M} \text{ bzw. } R_{b,\alpha,d} = \frac{k_{mod} \cdot R_{b,\alpha,k}}{\gamma_M}$ Beachte: γ <sub>M</sub> = 1,3 für Holz und γ <sub>M</sub> = 1,1 für Stahl, bei Berechnung mit dem vereinfachten Verfahren!
R <sub>d</sub> für mehrere Verbindungseinheiten in einer Verbindung	
$R_{j,d} = n_{Scherfugen} \cdot n_{Reihen} \cdot n_{ef} \cdot R_{c,0,(\alpha),k}$ mit: n <sub>Scherfugen</sub> = Anzahl der Scherfugen n <sub>Reihen</sub> = Anzahl der in Reihen untereinander angeordneten Verbindungseinheiten in einer Verbindung n <sub>ef</sub> = wirksame Anzahl mehrerer hintereinander angeordneter Verbindungseinheiten nach Gl. (265)	
Beachte: für 2 < n ≤ 10 ist n <sub>ef</sub> < n n = Anzahl der hintereinander angeordneten Dübel <b>Verbindungsmittel mit n &gt; 10 dürfen nicht in Rechnung gestellt werden!</b>	
mit n <sub>ef</sub> nach Gl. (265): $n_{ef} = \left[ 2 + \left( 1 - \frac{n}{20} \right) \cdot n - 2 \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + n \cdot \frac{\alpha}{90}$	

Charakteristischer Wert des Fließmoments nach Gl. (208):

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 12^{2,6} = 153490 \text{ Nmm}$$

Charakteristische Tragfähigkeit des Bolzens nach Gl. (191) für  $\beta = 1$ :

$$R_k = \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} = \sqrt{2 \cdot 153490 \cdot 27,42 \cdot 12} \\ = 10050 \text{ N} = 10,05 \text{ kN}$$

Überprüfung der Mindestholzdicken nach Gl. (192) und Gl. (194) – s. auch Tabelle 3:

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}} \\ t_{1,\text{req}} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{1+1}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{153490}{27,42 \cdot 12}} \\ t_{1,\text{req}} = 1,15 \cdot 3,41 \cdot 21,6 = 84,8 \text{ mm} > t_{1,\text{vorh}} = 45 \text{ mm}$$

Die Tragfähigkeit des Bolzens ist wegen Unterschreitung der Mindestholzdicke mit dem Faktor  $k_t$  zu vermindern:

$$k_t = \frac{t_{\text{vorh}}}{t_{\text{req}}} = \frac{45}{84,8} = 0,53$$

$$t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot \left( \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \\ t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot \left( \frac{4}{\sqrt{1+1}} \right) \cdot \sqrt{\frac{153490}{27,42 \cdot 12}} \\ t_{2,\text{req}} = 1,15 \cdot 2,83 \cdot 21,6 = 70,29 \text{ mm}$$

$> t_{2,\text{vorh}} = 200 \text{ mm}$  Holzdicke für Mittelholz  
⇒ Bedingung erfüllt!

Überprüfung der Mindestholzdicken aus den Bedingungen für den Scheibendübel mit Zähnen:

$$t_1 \geq 3 \cdot h_e = 3 \cdot 15 = 45 \text{ mm} = t_{1,\text{vorhanden}} = 45 \text{ mm} \\ t_2 \geq 5 \cdot h_e = 5 \cdot 15 = 75 \text{ mm} < t_{2,\text{vorhanden}} = 200 \text{ mm}$$

Die Mindestdicken sind eingehalten. Die Tragfähigkeit muss nicht reduziert werden.

Abstand vom beanspruchten Rand:

$$a_{1,t} \geq 1,5 \cdot d_c = 2 \cdot 95 = 142,5 \text{ mm}$$

Abstand zum unbeanspruchten Rand:

$$a_{2,c} = 0,6 \cdot d_c = 0,6 \cdot 95 = 57 \text{ mm}$$

Abstand parallel zur Faserrichtung für  $\alpha = 0$ :

$$a_1 = 1,2 \cdot d_c = 1,2 \cdot 95 = 114 \text{ mm}$$

Abstand senkrecht zur Faserrichtung:

$$a_2 = 1,2 \cdot d_c = 1,2 \cdot 95 = 114 \text{ mm}$$

Charakteristische Tragfähigkeit des Bolzens unter Berücksichtigung von  $k_t$ :

$$R_k = k_t \cdot R_k = 0,53 \cdot 10,05 = 5,33 \text{ kN}$$

Nach DIN 1052:2004:2004, Abschnitt 12.3.(8) darf der charakteristische Wert für die Tragfähigkeit  $R_k$  des Bolzens um einen Anteil  $\Delta R_k$  erhöht werden:

$$\Delta R_k = \min\{0,25 \cdot R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k}\}$$

$R_{ax,k}$  berechnet sich aus der effektiven Querdru­ckfläche nach Bild 7-282 mit der Formel 7-140 in [4]. Die Abmessungen der Unterlegscheibe für den Bolzen M12 erhält man aus DIN 1052:2004, Tabelle G.13 mit  $d = 14 \text{ mm}$  und  $d_2 = 58 \text{ mm}$ .

Berechnung der wirksame Querdru­ckfläche  $A_{ef}$  nach Gl. (7-140) in [4]:

$$A_{ef} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d^2) + 60 \cdot \sqrt{d_2^2 - 30^2} + \\ + (d_2 - \sqrt{d_2^2 - 30^2})$$

$$A_{ef} = \frac{\pi}{4} \cdot (58^2 - 14^2) + 60 \cdot \sqrt{58^2 - 30^2} + \\ + (58 - \sqrt{58^2 - 30^2})$$

$$A_{ef} = 5474 \text{ mm}^2$$

Durch Umstellung von Gl. (47) in DIN 1052:2004 erhält man:  $k_{c,90} = 1,0$ , wenn der Abstand zwischen den Unterlegscheiben  $< 2 \cdot h$  ist. Dies ist in unserem Fall maßgebend. Nach Tabelle F.5 in DIN 1052:2004 ist für C30  $f_{c,90,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$ .

$$R_{ax,k} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,k} \cdot A_{ef} = 1,0 \cdot 2,7 \cdot 5474 = 14779 \text{ N} \\ = 14,8 \text{ kN}$$

Berechnung von  $\Delta R_k$ :

$$\Delta R_k = \min\{0,25 \cdot 5,33; 0,25 \cdot 14,8\} = \min\{1,33; 3,7\} \\ = 1,33 \text{ kN}$$

$$R_k = R_k + \Delta R_k = 5,33 + 1,33 = 6,66 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bolzens nach Gl. (195):

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} = \frac{0,9 \cdot 6,66}{1,1} = 5,45 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit für eine Verbindungseinheit nach Gl. (269):

$$R_{j,0,d} = R_{c,d} + R_{b,0,d} = 12,46 + 5,45 = 17,91 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Gesamttragfähigkeit des Stoßes mit  $n_{ef} = n$ :

$$R_{c,0,d} = n_{ef} \cdot n_{\text{Reihen}} \cdot n_{\text{Scherfugen}} \cdot R_{j,0,d} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 17,91 \\ = 143,28 \text{ kN} < N_{t,d,\text{vorh}} = 150 \text{ kN}$$

Die Tragfähigkeit reicht nicht aus.

Um die mittragende Wirkung der Klemmbolzen vollständig nutzen zu können, werden die Laschen in ihrer Breite auf das Maß  $t_{\text{req}}$  erhöht.

**Gewählt:**

$t = 85 \text{ mm}$ . Dann ist  $k_t = 1$  und der Bemessungswert der Tragfähigkeit für den Klemmbolzen  $R_d = 10,28 \text{ kN}$ .

Daraus erhält man für  $R_{j,0,d}$ :

$$R_{j,0,d} = R_{c,d} + R_{b,0,d} = 12,46 + 10,28 = 22,74 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Gesamttragfähigkeit des Stoßes mit  $n_{ef} = n$ :

$$R_{c,0,d} = n_{ef} \cdot n_{\text{Reihen}} \cdot n_{\text{Scherfugen}} \cdot n_{c,0,d} = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 22,74 = 181,92 \text{ kN} > N_{t,d,\text{vorh}} = 150 \text{ kN}$$

**Hirnholzdübel-Verbindungen mit Dübeln besonderer Bauart**

Mit Ringdübeln (Typ A1 –  $d_c \leq 126 \text{ mm}$ ) und Scheibendübeln mit Zähnen (Typ C1,  $d_c < 140 \text{ mm}$ ; Typ C10 ohne Durchmesserbegrenzung) können rechtwinklige oder schräge Anschlüsse ( $\phi \geq 45^\circ$ ) in Hirnholzflächen von Vollholz, Brettschichtholz oder Balkenschichtholz hergestellt werden. Bei Verwendung von Vollholz darf die mittlere Holzfeuchte nicht mehr als 20 % betragen. Passend zu jedem Dübel sind die entsprechenden Bolzen zu verwenden (s. Tabelle 14).

Die charakteristische Tragfähigkeit  $R_{c,H,k}$  einer Verbindungseinheit berechnet sich nach den in Tabelle 14 zusammengefassten Formeln. Sie ist abhängig von der Dübelanzahl, dem Dübeltyp und dem Dübeldurchmesser.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit ergibt sich nach den Regeln der Tabelle 15.

Die konstruktiven Bedingungen sind entsprechend den Regeln der DIN 1052:2004 einzuhalten.

**Beispiel 7**

Es soll ein Nebenträger an einen Hauptträger nach Bild 22 angeschlossen werden. Der Nebenträger überträgt eine Stützkraft von  $V_d = 20 \text{ kN}$ . Nutzungsklasse 1, Klasse der Lasteinwirkungsdauer „mittel“,  $k_{\text{mod}} = 0,8$ , Anschluss mit Dübeln besonderer Bauart Typ A1,  $\phi 126 \text{ mm}$ ,  $h_e = 15 \text{ mm}$ .

Charakteristische Tragfähigkeit für eine Verbindungseinheit nach Gl. (257) und Gl. (273):

$$R_{c,0,k} = \min \begin{cases} 35 \cdot d_c^{1,5} = 35 \cdot 126^{1,5} = 49502 \text{ N} \\ = 49,50 \text{ kN (maßgebend)} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e = 31,5 \cdot 126 \cdot 15 = 59535 \text{ N} \\ = 59,53 \text{ kN} \end{cases}$$

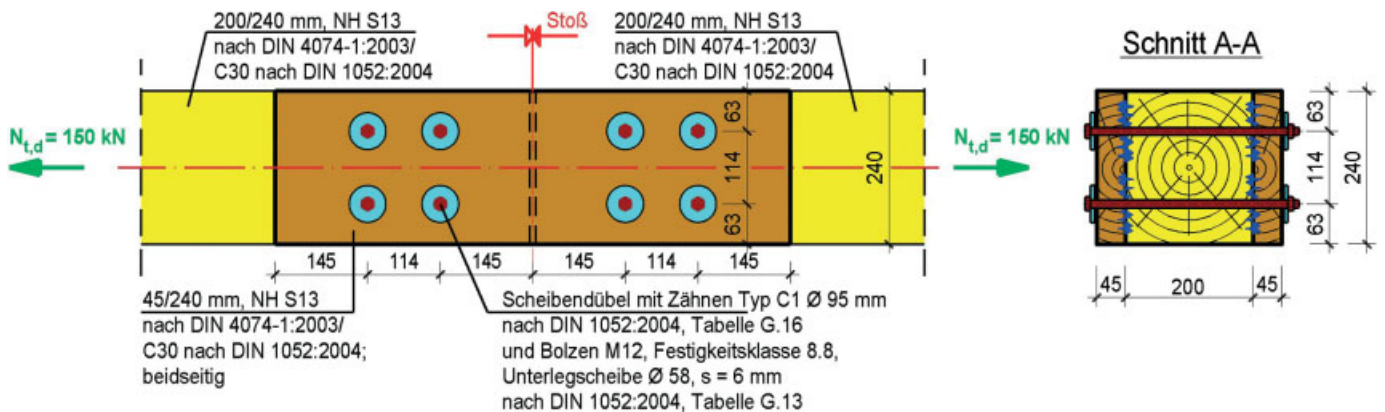


Bild 20. Konstruktion des Zugstoßes mit Laschen aus Nadelholz S13 nach DIN 4074-1 und Dübel besonderer Bauart Typ C1  
 Fig. 20. Details of tension joint with cleats from softwood S13 according to DIN 4074-1 and proprietary connectors Type C1

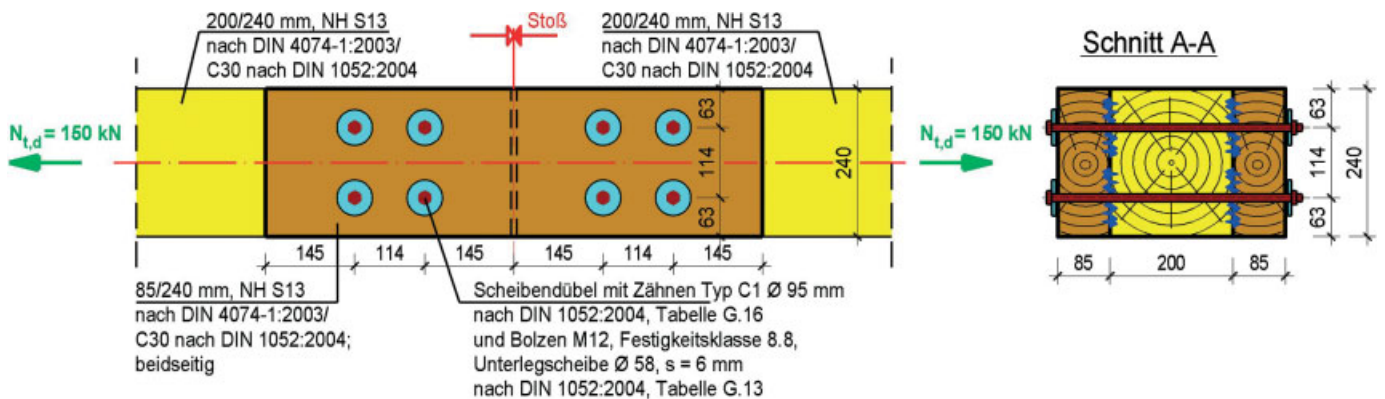


Bild 21. Verbesserte Konstruktion des Zugstoßes mit Laschen aus Nadelholz S13 nach DIN 4074-1 und Dübel besonderer Bauart Typ C1  
 Fig. 21. Improved details of tension joint with cleats from softwood S13 according to DIN 4074-1 and proprietary connectors Type C1

**Tabelle 14. Berechnung der charakteristischen Tragfähigkeit  $R_{c,H,k}$  von Hirnholzdübelverbindungen besonderer Bauart für eine Verbindungseinheit in Vollholz, Brettschichtholz oder Balkenschichtholz nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.4**  
**Table 14. Calculation of characteristic bearing capacity  $R_{c,H,k}$  of an end-grain connection with proprietary dowels for solid wood, glulam or laminated wood according to DIN 1052:2004**

Bedingung	$R_k$ <b>für Ringdübel Typ A1</b>	Gl.
Anschlusswinkel $45^\circ < \varphi < 90^\circ$	$R_{c,H,k} = \frac{k_H}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c)} \cdot R_{c,0,k}$ $R_{c,0,k} = \min \{ 35 \cdot d_c^{1,5}; 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \}$ $k_H = 0,65$ (bei einem oder zwei Dübel untereinander) $k_H = 0,80$ (bei drei, vier oder fünf Dübel untereinander) $d_c$ = Dübeldurchmesser in mm	[273] [257]
Rohdichte $\rho_k < 350 \text{ kg/m}^3$	<b>Verbindung unzulässig!</b>	Absatz (6)
Rohdichte $\rho_k > 350 \text{ kg/m}^3$	<b>Vergrößerung von <math>R_{c,H,k}</math> mit Faktor <math>k_p</math> nicht zulässig!</b>	Absatz (6)
Rohdichte $350 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$ <b>und</b> Dübel C1 oder C10	$R_k$ <b>für Scheibendübel mit Zähnen Typ C1 und Scheibendübeln mit Dornen Typ C10</b> $R_{c,H,k} = 14 \cdot d_c^{1,5} + 0,8 \cdot R_{b,90,k}$ $R_{b,90,k}$ des Bolzens oder Gewindestange nach Gl. (199) mit der charakteristischen Lochleibungsfestigkeit $f_{h,1,k}$ nach Gl. (202) für $\alpha = 90^\circ$	[274]
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Holzarten: Vollholz, Brettschichtholz, Balkenschichtholz</li> <li>- Dübel: A1 (<math>d_c \leq 128 \text{ mm}</math>)</li> <li style="padding-left: 20px;">C1 (<math>d_c \leq 140 \text{ mm}</math>)</li> <li style="padding-left: 20px;">C10 (alle Durchmesser)</li> </ul> Mindestbreite und Mindestabstände nach Tabelle 22 in DIN 1052:2004 beachten! - Lagesicherung nach DIN 1052:2004, Abschnitt 13.3.4 (2) - Holzfeuchte bei Vollholz < 20 %	Absatz (1)
Symbole	Bezeichnung	
$R_{c,0,k}$	charakteristischer Wert der Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit n. Gl. [267] in N	
$k_H$	Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses des Hirnholzes des anzuschließenden Trägers	
$R_{b,90,k}$	charakteristischer Wert der Tragfähigkeit des Bolzens für $\alpha = 90^\circ$	
$d_c$	Dübeldurchmesser in [mm]	

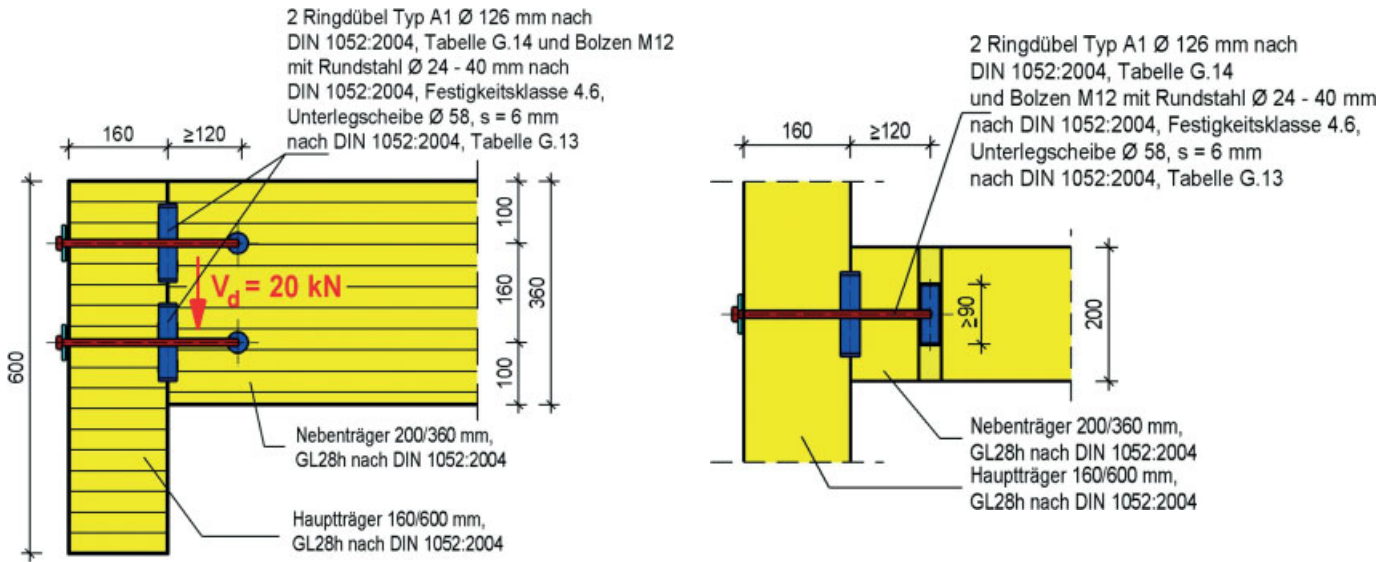


Bild 22. Konstruktion der Hirnholzverbindung  
 Fig. 22. Details of the end-grain connection

Tabelle 15. Berechnung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit  $R_{c,H,d}$  einer Hirnholzdübelverbindung mit Dübeln besonderer Bauart nach DIN 1052:2004, A. 13.3.4  
 Table 15. Calculation of design value of resistance  $R_{c,H,d}$  of an end-grain wood connection with proprietary dowels according to DIN 1052:2004

	Gl.
$R_{c,H,d} = n_c \frac{k_{mod} \cdot R_{c,H,k}}{\gamma_M}$ <p><math>R_{c,H,k}</math> einer Verbindungseinheit nach Gl. (273) bzw. Gl. (274)                      mit <math>n_c</math> = Anzahl der Verbindungsmiteleinheiten in einem Anschluss,                      mit <math>n_c \leq 5!</math> und <math>\gamma_M = 1,3</math></p>	[275]

mit  $k_H = 0,65$  für zwei Dübel untereinander:

$$R_{c,H,k} = \frac{k_H}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c)} \cdot R_{c,0,k}$$

$$= \frac{0,65}{(1,3 + 0,001 \cdot 126)} \cdot 49,5 = 22,56 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit für die Hirnholzverbindung nach Gl. (275) mit  $n_c = 2$ :

$$R_{c,H,d} = n_c \cdot \frac{k_{mod} \cdot R_{c,H,k}}{\gamma_M} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 22,56}{1,3} = 27,77 \text{ kN}$$

**Berechnung der Tragfähigkeit über Tragfähigkeitstabellen in [4]:**

Aus Tabelle 6-76 in [4] erhält man den Wert  $R_{c,H,d} = 13,89 \text{ kN}$  für eine Verbindungseinheit. Für die Hirnholzverbindung erhält man mit  $n_c = 2$ :

$$R_d = 2 \cdot 13,89 \text{ kN} = 27,79 \text{ kN.}$$

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Verbindung:

$$\frac{V_d}{R_{c,H,d}} = \frac{20}{27,77} = 0,72 < 1$$

**Literatur**

- [1] Lißner, K., Rug, W., Steinmetz, D.: DIN 1052:2004 – Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 1: Material- und Werkstoffverhalten. In: Bautechnik 84 (2007), H. 8, S. 544–58.
- [2] Lißner, K., Rug, W., Steinmetz, D.: DIN 1052:2004 – Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 2: Anwendungsbereich und holzbau-spezifische Grundlagen des neuen Sicherheitskonzeptes. In: Bautechnik 84 (2008), H. 1, S. 1–17.
- [3] Lißner, K., Rug, W., Steinmetz, D.: DIN 1052:2004 – Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 3: Bemessung von einteiligen Holzbau-teilen. In: Bautechnik 84 (2008), H. 4, S. 258–276.
- [4] Lißner, K., Felkel, A., Hemmer, K., Radovic, B., Rug, W., Steinmetz, D.: DIN 1052 Praxishandbuch Holzbau (BDZ., Hrsg), Beuth- und WEKA-Verlag, Berlin/Augsburg 2005.
- [5] Rug, W., Mönck, W.: Holzbau; 15. Auflage, Berlin: Verlag Bauwesen 2007; (www.holzbau-statik.de).
- [6] Werner, G., Zimmer, K.: Holzbau Teil 1 und 2; 3. Auflage, neubearbeitet von Zimmer, K. und Lißner, K., Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2004/2005.
- [7] Blaß, H. J., Ehlbeck, J., Kreuzinger, H., Steck, G.: Erläute-rungen zu DIN 1052:2004-08, 2. Auflage, DGfH, Bruderver-lag, München/Karlsruhe 2005.
- [8] Racher, P.: Mechanische Holzverbindungen – Allgemeines. In: Step 1, Düsseldorf 1995.
- [9] Johansen, K. W.: Theory of timber connections. Internatio-nal Association of Bridge and Structural Engineering, Publi-cation No. 9, pp. 249–262.
- [10] Bejtka, I.: Verstärkung von Stabdübelverbindungen. In: Ingenieurholzbau; Karlsruher Tage, Bruderverlag/Universität Karlsruhe 2005.
- [11] Werner, H.: Tragfähigkeit von Holz-Verbindungen mit stift-förmigen Verbindungsmitteln unter Berücksichtigung streuen-der Einflußgrößen, Universität Karlsruhe, Dissertation, 1993.

**Autoren dieses Beitrages:**

Dr.-Ing. Karin Lißner, Ingenieurbüro Lißner, Forststraße 35, 01099 Dresden  
 Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug, Ingenieurbüro Prof. Rug, Wilhelmstraße 25, 19322 Wittenberge  
 Prof. Dipl.-Ing. Dieter Steinmetz, SUS-Ingenieure GmbH, Pforzheimer Straße 53, 76275 Ettlingen