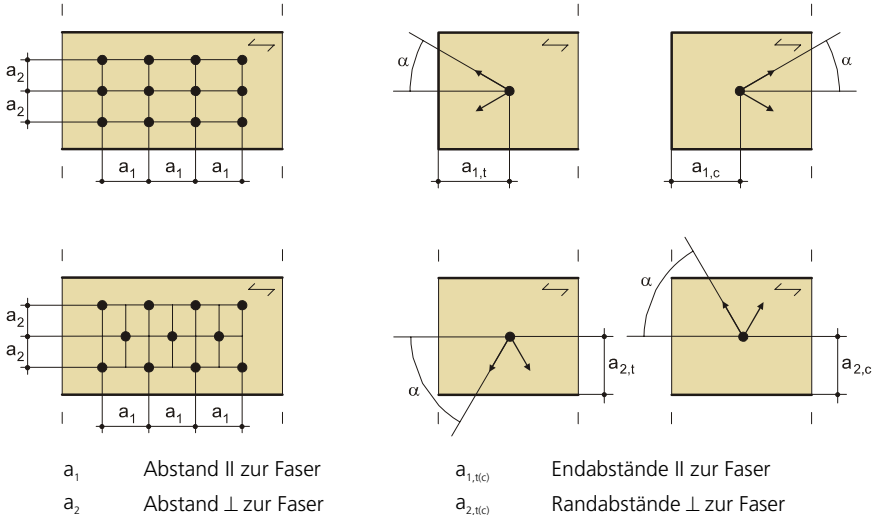


# Bemessungshilfen für Verbindungen nach DIN 1052:2008-12

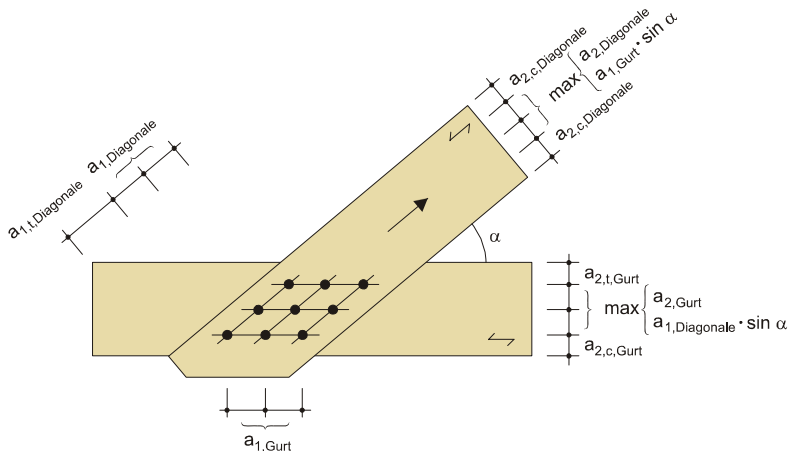
## 1. Stiff förmige Verbindungen – Allgemeine Angaben

### Definition der Abstände stiff förmiger Verbindungsmittel

(Stabdübel SDü, Bolzen Bo, Nägel Nä, Klammern Kl, Schrauben Sr)



### Mindestabstände bei einer Zugdiagonalen



### Impressum

Herausgeber:  
 HOLZABSATZFONDS  
 Absatzförderungsfonds der deutschen  
 Forst- und Holzwirtschaft  
 Godesberger Allee 142-148  
 D-53175 Bonn

Bearbeitung:  
 Prof. Dr.-Ing. Franz-Josef Hinkes  
 Prof. Dipl.-Ing. Volker Schiermeyer  
 Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Wörmann  
 Fachhochschule Bielefeld, Campus Minden  
 Fb 2, Architektur und Bauingenieurwesen

www.holzabsatzfonds.de  
 info@holzabsatzfonds.de

Projektleitung:  
 Dipl.-Ing. (FH) Jörg Bühler

## 2. Stabdübelverbindungen

für Passbolzen, Bolzen und Gewindestangen gelten die Regeln sinngemäß

### Tragfähigkeit je Scherfuge bei Beanspruchung senkrecht zur Stiftachse (Abscheren)

$R_k = \min \left\{ \frac{t_1}{t_{1,req}} ; \frac{t_2}{t_{2,req}} ; 1 \right\} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \Delta R_k$	$t_{1(2)}$	vorhandene Einbindetiefe
	$t_{1(2),req}$	benötigte Einbindetiefe
	$M_{y,k}$	Charakteristischer Wert des Fließmomentes
	$f_{h,1(2),k}$	Lochleibungsfestigkeit
	$d$	Durchmesser des Verbindungsmittels
	$\Delta R_k$	Erhöhung des Tragwiderstandes durch Berücksichtigung des Ausziehwiderstandes

Holz und Holzwerkstoffe	$R_d = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot k_{mod} \cdot \frac{R_k}{1,1}$	mit $\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$
-------------------------	--	-------------------------------------

Stahlblech-Holz-Verbindungen

außen liegende dünne Bleche ( $t_s \leq 0,5 \cdot d$ )	$R_d = 1,0 \cdot k_{mod} \cdot \frac{R_k}{1,1}$
--	---

außen liegende dicke ( $t_s \geq d$ ) und innen liegende Bleche	$R_d = \sqrt{2} \cdot k_{mod} \cdot \frac{R_k}{1,1}$
---	--

für  $0,5 \cdot d < t_s < d$  darf geradlinig zwischen 1 und  $\sqrt{2}$  interpoliert werden

### Fließmoment $M_{y,k}$ [Nmm]

$M_{y,k} = 0,30 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$	$f_{u,k}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahls in N/mm <sup>2</sup>
	$d$	Stabdübeldurchmesser in mm

### $f_{u,k}$ und $f_{y,k}$ für Passbolzen, Bolzen und Gewindestangen

Festigkeitsklasse	$f_{u,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{y,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
3.6	300	180
4.6 bzw. 4.8	400	240 bzw. 320
5.6 bzw. 5.8	500	300 bzw. 400
8.8	800	640

### $f_{u,k}$ für Stabdübel

Stahlsorte	$f_{u,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
S 235	360
S 275	430
S 355	510

### Lochleibungsfestigkeit $f_{h,k}$

( $\rho_k$  [kg/m<sup>3</sup>];  $d$  [mm];  $t$  [mm])

Holz	parallel zur Faserrichtung	$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$
	unter einem Winkel $\alpha$ zur Faserrichtung	$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$
	$d \leq 8$ mm	$k_{90} = 1,0$
	$d > 8$ mm Nadelhölzer	$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d$
	Laubhölzer	$k_{90} = 0,90 + 0,015 \cdot d$
Sperrholz		$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$
OSB-Platten, kunstharzgebundene Spanplatten		$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2}$

## ■ Mindestholzdicken

(bzw. Einbindetiefen) für die volle Tragfähigkeit je Scherfuge

### Holz- und Holzwerkstoff-Verbindungen

	mit $\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$	mit $\beta = 1$
für Seitenholz 1	$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}}$	$t_{1,req} = 3,93 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,1,k} \cdot d}}$
für Seitenholz 2 (bei einschnittigen Verbindungen)	$t_{2,req} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$t_{2,req} = 3,93 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$
für Mittelhölzer	$t_{2,req} = 1,15 \cdot \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$t_{2,req} = 3,25 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$

### Stahlblech-Holz-Verbindungen

außen liegende dicke ( $t_s \geq d$ ) innen liegende Bleche	$t_{req} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$= 4,60 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (1)$
außen liegende dünne Bleche ( $t_s \leq 0,5 \cdot d$ )	zweischnittig beanspruchte Verbindungsmittel in Mittelhölzern:	
	$t_{req} = 1,15 \cdot (2 \cdot \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$= 3,25 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}} \quad (2)$
	für alle anderen Fälle:	
	$t_{req} = 1,15 \cdot (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$= 3,93 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$

für  $0,5 \cdot d < t_s < d$  darf geradlinig zwischen Gl. (1) und Gl. (2) interpoliert werden

## ■ Einsatz eines geeigneten Stiftdurchmessers

(gültig für NH C24 und Stabdübel S 235)

Seitenholz	Mittelholz	
$\min t_1 \geq \left( 5 + \frac{\alpha_1}{50} \right) \cdot d$	$\min t_2 \geq \left( 4,2 + \frac{\alpha_2}{50} \right) \cdot d$	$d$ Durchmesser des Stiffes $\alpha_1$ Kraft-Faser-Winkel im Seitenholz $\alpha_2$ Kraft-Faser-Winkel im Mittelholz

## ■ Wirksame Anzahl für mehrere in Faserrichtung hintereinander angeordnete SDÜ

ohne Verstärkung gegen Spalten in Faserrichtung

$$n_{ef} = \left[ \min \left\{ n; n^{0,9} \cdot \sqrt{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \right\} \right] \cdot \frac{90^\circ - \alpha}{90^\circ} + n \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

$n$  Anzahl der in Faserrichtung hintereinander angeordneten Stabdübel ( $2 \leq n \leq 20$ )

$a_1$  Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung

$\alpha$  Kraft-Faser-Winkel

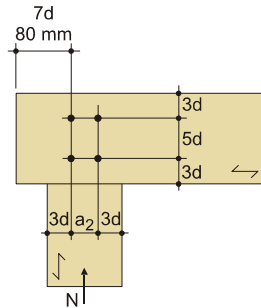
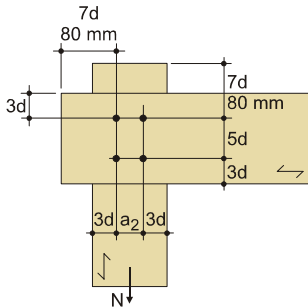
$n_{ef} = n$	- senkrecht zur Faserrichtung - mit Verstärkung gegen Spalten, in den Fugen nachgiebig verbundener Bauteile - bei Verbindungen zwischen Rippen und Beplankung aussteifender Scheiben									
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Wirksame Dübelanzahl für  $a_1 = 5 \cdot d$ ,  $\alpha = 0^\circ$

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_{ef}$	1,00	1,57	2,26	2,93	3,58	4,22	4,85	5,46	6,08	6,68
$n$	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$n_{ef}$	7,28	7,87	8,46	9,04	9,62	10,20	10,77	11,34	11,90	12,46

### ■ Mindestabstände für Stabdübel, Passbolzen sowie Bolzen und Gewindestangen

	Stabdübel und Passbolzen	Bolzen und Gewindestangen
$a_1$ parallel zur Faserrichtung	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ (min. $4 \cdot d$ )
$a_2$ rechtwinklig zur Faserrichtung	$3 \cdot d$	$4 \cdot d$
$a_{1,t}$ beanspruchtes Hirnholzende	$7 \cdot d$ (min. 80 mm)	$7 \cdot d$ (min. 80 mm)
$a_{1,c}$ unbeanspruchtes Hirnholzende	$7 \cdot d \cdot \sin \alpha$ (min. $3 \cdot d$ )	$7 \cdot d \cdot \sin \alpha$ (min. $4 \cdot d$ )
$a_{2,t}$ beanspruchter Rand	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$
$a_{2,c}$ unbeanspruchter Rand	$3 \cdot d$	$3 \cdot d$



### ■ Erhöhung der Tragfähigkeit

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

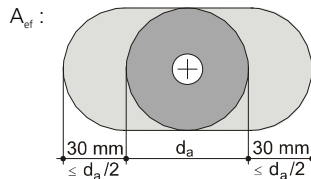
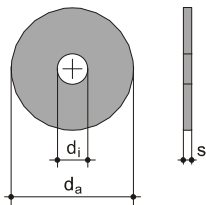
$R_{ax,k}$  Tragfähigkeit des Passbolzens in Richtung der Stiftachse <sup>1)</sup>

1) Für  $R_{ax,k}$  kann i.d.R. die über die Pressung  $\sigma_{c,90}$  unter der U-Scheibe des Passbolzens aufnehmbare Kraft angesetzt werden

### ■ Tragfähigkeit $R_{ax,k}$

Druck in kN  $\perp$  zur Faser unter Unterlegscheiben für Schraubenbolzen

Bolzen	$d_i$ [mm]	$d_a$ [mm]	$s$ [mm]	$A_{ef}$ [cm <sup>2</sup> ]	C24	C30	GL24		GL28		GL32		GL36	
							h	c	h	c	h	c	h	c
M 12	14	58	6	58,52	14,63	15,80	15,80	14,04	17,55	15,80	19,31	17,55	21,06	19,31
M 16	18	68	6	74,57	18,64	20,13	20,13	17,89	22,37	20,13	24,60	22,37	26,84	24,60
M 20	22	80	8	94,46	23,61	25,50	25,50	22,67	28,33	25,50	31,17	28,33	34,00	31,17
M 24	27	105	8	143,86	35,96	38,84	38,84	34,52	43,15	38,84	47,47	43,15	51,78	47,47



$d_a$  darf in Faserrichtung des Holzes an jedem Rand um bis zu 30 mm, jedoch nicht mehr als  $d_a$  verlängert werden.

### ■ Hinweise zu Stabdübeln und Passbolzen

- Die Löcher für Stabdübel sind im Holz mit dem Nenndurchmesser des Stabdübels zu bohren. Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen dürfen die Löcher im Stahlteil bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser des Stabdübels.
- Tragende Verbindungen mit Stabdübeln sollten mindestens vier Scherflächen besitzen. Dabei sollten mindestens zwei Stabdübel vorhanden sein.
- Verbindungen mit nur einem Stabdübel sind zulässig, falls der charakteristische Wert der Tragfähigkeit nur zur Hälfte in Rechnung gestellt wird.

## ■ Hinweise zu Bolzen und Gewindestangen

- Unter dem Kopf und der Mutter der Bolzen müssen Unterlegscheiben mit einer Seitenlänge oder einem Durchmesser von mindestens  $3 \cdot d$  und einer Dicke von mindestens  $0,3 \cdot d$  angeordnet werden. Dabei ist  $d$  der Bolzendurchmesser. Die Unterlegscheiben müssen vollflächig anliegen.
- Die Löcher für Bolzen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser des Bolzens. Die Löcher für Gewindestangen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser (= Gewindeaußendurchmesser) der Gewindestange.

## ■ Zugstöße/Zugverbindungen

Die Außenlaschen erhalten aus der ausmittigen Krafteinleitung je nach Steifigkeit und Art der Verbindungsmittel eine mehr oder weniger große Verkrümmung.

Bei symmetrisch ausgeführten Zugverbindungen darf das Zusatzmoment beim Nachweis der einseitig beanspruchten Bauteile (außen liegende Laschen) je nach Art des Verbindungsmittels berücksichtigt werden, indem der Bemessungswert der Zugtragfähigkeit nur zu 2/5 bzw. 2/3 angesetzt wird.

Verbindungsmittel	ohne zusätzliches ausziehfestes VM	mit zusätzlichem ausziehfestem VM	Nachweis der Zugkraft $F_{t,d}$ in ausziehfesten VM
Stabdübel, vorgebohrte Nägel, Dübel besonderer Bauart	2/5	2/3	erforderlich
nicht vorgebohrte Nägel Bolzen, Passbolzen, Schrauben	2/3	2/3	nicht erforderlich

Zugkraft  $F_{t,d}$  in Richtung der Stiftachse in den ausziehfesten Verbindungsmitteln

$$F_{t,d} = \frac{F_d \cdot t}{2 \cdot n \cdot a}$$

$F_d$  Normalkraft in der einseitig beanspruchten Lasche  
 $t$  Dicke der außen liegenden Lasche  
 $n$  Anzahl der nicht ausziehfesten Verbindungsmittel in Kraftrichtung hintereinander  
 $a$  Abstand der Verbindungsmittel in Faserrichtung

## ■ Charakteristische Tragfähigkeit je Stabdübel S235<sup>1) 2)</sup>

(pro Scherfuge, für Holz-Holz-Verbindungen,  $\alpha = 0^\circ$ )

$d_{St}$ [mm]	C 24			C 30			GL 28h, GL 32c			GL 32h, GL 36c		
	$R_k$ [kN]	$t_{1,req}$ [mm]	$t_{2,req}$ [mm]	$R_k$ [kN]	$t_{1,req}$ [mm]	$t_{2,req}$ [mm]	$R_k$ [kN]	$t_{1,req}$ [mm]	$t_{2,req}$ [mm]	$R_k$ [kN]	$t_{1,req}$ [mm]	$t_{2,req}$ [mm]
6	1,92	33	28	2,00	32	27	2,07	31	26	2,12	30	25
8	3,18	42	35	3,32	41	34	3,45	39	33	3,53	38	32
10	4,71	51	42	4,91	49	41	5,10	47	39	5,22	46	38
12	6,47	60	50	6,74	57	48	7,00	55	46	7,17	54	45
16	10,61	77	64	11,05	74	61	11,48	71	59	11,76	69	58
20	15,47	94	78	16,12	90	75	16,74	87	72	17,15	85	70
24	20,93	112	92	21,81	107	89	22,66	103	85	23,20	101	83
30	30,02	139	115	31,28	133	110	32,50	128	106	33,28	125	104

1) Tragfähigkeitswerte dürfen auch für Passbolzen unter Beachtung von  $\Delta R_k$  verwendet werden.

2)  $t_{2,req}$  gilt für Mittelhölzer

## ■ Charakteristische Tragfähigkeit je Stabdübel S235<sup>1)</sup>

(pro Scherfuge, für Stahlblech-Holz-Verbindungen,  $\alpha = 0^\circ$ )

außen liegende dicke ( $t_s \geq d$ ) und innen liegende Bleche

$d_{St}$ [mm]	C 24, GL 24c		C 30, GL 24h, GL 28c		GL 28h, GL 32c		GL 32h, GL 36c	
	$R_k$ [kN]	$t_{req}$ [mm]	$R_k$ [kN]	$t_{req}$ [mm]	$R_k$ [kN]	$t_{req}$ [mm]	$R_k$ [kN]	$t_{req}$ [mm]
6	2,71	39	2,82	38	2,93	36	3,01	35
8	4,50	50	4,69	48	4,88	46	4,99	45
10	6,66	60	6,94	57	7,21	55	7,38	54
12	9,15	70	9,53	67	9,90	65	10,14	63
16	15,00	90	15,63	86	16,24	83	16,63	81
20	21,88	110	22,80	106	23,68	102	24,25	99
24	29,61	131	30,85	125	32,04	121	32,82	118
30	42,46	163	44,24	156	45,96	150	47,07	147

1) Tragfähigkeitswerte dürfen auch für Passbolzen unter Beachtung von  $\Delta R_k$  verwendet werden.

### 3. Nagelverbindungen

#### ■ Tragfähigkeit je Scherfuge bei Beanspruchung senkrecht zur Stiftachse (Abscheren)

$$R_k = \min \left\{ \frac{t_1}{t_{1,req}} ; \frac{t_2}{t_{2,req}} ; 1 \right\} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \Delta R_k$$

$t_{1(2)}$	vorhandene Einschlagtiefe
$t_{1(2),req}$	benötigte Einschlagtiefe
$M_{y,k}$	Charakteristischer Wert des Fließmomentes
$f_{h,1(2),k}$	Lochleibungsfestigkeit
$d$	Durchmesser des Verbindungsmittels
$\Delta R_k$	Erhöhung des Tragwiderstandes bei Holzwerkstoff-Holz Verbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3

Holz-Holz Verbindungen	$R_d = 1,0 \cdot k_{mod} \cdot \frac{R_k}{1,1}$
Holzwerkstoff-Holz Verbindungen	$R_d = A \cdot k_{mod} \cdot \frac{R_k}{1,1}$
Stahlblech-Holz Verbindungen	$R_d = A \cdot k_{mod} \cdot \frac{R_k}{1,1}$

#### ■ Faktor A für Nagelverbindungen

Werkstoff	Faktor A
Sperrholz ( $\rho < 600 \text{ kg/m}^3$ )	0,9
Sperrholz ( $\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$ )	0,8
OSB-Platten (OSB/2, OSB/3 und OSB/4) bzw. kunstharzgebundene Spanplatten	0,8
Faserplatten (HB.HLA2 und MBH.LA2)	0,7
innen liegendes oder dickes außen liegendes Blech	1,4
dünnes außen liegendes Blech	1,0

#### ■ Fließmoment $M_{y,k}$ [Nmm]

( $d \leq 8 \text{ mm}$ , hergestellt aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit  $f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$ )

runde glattschaftige Drahtnägels und Sondernägels $d = \text{Nageldurchmesser in mm}$	$M_{y,k} = 0,30 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$
Nägels mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt $d = \text{kleinste Seitenlänge des Querschnitts}$	$M_{y,k} = 0,45 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$

$f_{u,k} = \text{charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahls in N/mm}^2$

#### ■ Lochleibungsfestigkeit $f_{h,k}$

( $\rho_k$  [kg/m<sup>3</sup>];  $d$  [mm];  $t$  [mm])

$d \leq 8 \text{ mm}$	vorgebohrt	nicht vorgebohrt
Holz, Brettsperrholz	$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$
Sperrholz	$f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	$f_{h,k} = 0,11 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$
OSB-Platten; kunstharzgebundene Holzspanplatten	$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2}$	$f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1}$
Faserplatten HB.HLA2; harte Holzfasersplatten nach DIN EN 622-2		$f_{h,k} = 30 \cdot d^{-0,3} \cdot t^{0,6}$

Bei  $\rho_k > 500 \text{ kg/m}^3$  sind die Nagellöcher vorzubohren.

### ■ Mindestholzdicken

(bzw. Einschlagtiefen) für die volle Tragfähigkeit je Scherfuge (oder genauer nach Gleichung für Stabdübel)

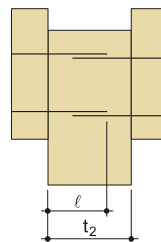
Holz-Holz Verbindungen ( $d \leq 8 \text{ mm}$ )	$t_{i, \text{req}} = 9 \cdot d$
Holzwerkstoff-Holz Verbindungen	siehe Tabelle 11, DIN 1052
Stahlblech-Holz Verbindungen	siehe Tabelle 12, DIN 1052

### ■ Mindestnagelabstände

	nicht vorgebohrt		vorgebohrt
	$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$	
$a_1$	$d < 5 \text{ mm}: (5 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5 + 7 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 8 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
$a_2$	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$
$a_{1,t}$	$d < 5 \text{ mm}: (7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
$a_{1,c}$	$d < 5 \text{ mm}: 7 \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: 10 \cdot d$	$15 \cdot d$	$7 \cdot d$
$a_{2,t}$	$d < 5 \text{ mm}: (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (5 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$d < 5 \text{ mm}: (7 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm}: (7 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$(3 + 4 \cdot \sin \alpha) \cdot d$
$a_{2,c}$	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$

$\alpha$  Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

- Bei BSH darf für die Bestimmung der Nagelabstände stets von einer Rohdichte  $\rho_k = 420 \text{ kg/m}^3$  ausgegangen werden.
- Für Sperrholz-Holz Verbindungen gelten die 0,85-fachen obigen Werte
- Falls  $(t_2 - \ell) > 4 \cdot d$ , dürfen sich die von beiden Seiten in nicht vorgebohrte Nagellöcher eingeschlagenen Nägel im Mittelholz übergreifen.
- Für Gipskarton-Holz Verbindungen ist der Mindestabstand abweichend von der Tabelle zu  $a_1 = 20 \cdot d$  anzunehmen.



### ■ Mindestrandabstände

Holzwerkstoff	Rand unbeansprucht	Rand beansprucht
Sperrholz	$3 \cdot d$	$4 \cdot d$
OSB-Platten, kunstharzgebundene Holzspanplatten, Faserplatten HB,HLA2	$3 \cdot d$	$7 \cdot d$

### ■ Erhöhung der Tragfähigkeit bei Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3

Bei einschneidigen Holzwerkstoff-Holz- und Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit Sondernägeln der Tragfähigkeitsklasse 3 gilt:

$$\Delta R_k = \min \{ 0,50 \cdot R_k; 0,25 \cdot R_{ax,k} \}$$

### ■ Hinweise

- Auf Abscheren beanspruchte Verbindungen müssen aus mindestens zwei Nägeln bestehen.
- Für mehrere in Faserrichtung hintereinander angeordnete Nägel mit Durchmesser  $d > 6 \text{ mm}$  ist die wirksame Anzahl  $n_{ef}$  wie für Stabdübel zu bestimmen.
- Bei Einbindelängen  $< 4 d$  gilt für die der Nagelspitze nächstliegende Scherfuge  $R_k = 0$ .
- Wegen der Spaltgefahr muss bei Nagelverbindungen ohne Vorbohren die Dicke von Holzbauteilen mindestens  $t = \max \{ 14 d; (13 d - 30) \cdot \rho_k / 200 \}$  betragen. Bei Bauteilen aus Kiefernholz muss die Bauteildicke mindestens  $t = \max \{ 7 d; (13 d - 30) \cdot \rho_k / 400 \}$  betragen. Diese reduzierten Maße dürfen auch bei anderen Nadelholzarten angewandt werden, wenn die Mindestabstände zum Rand rechtwinklig zur Faser bei  $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$  größer  $10 d$  sowie bei  $420 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$  größer  $14 d$  betragen.
- Bei der Berechnung der Tragfähigkeit  $R_k$  darf für  $f_{h,1,k}$  der größere Wert der Lochleibungsfestigkeit der miteinander verbundenen Bauteile eingesetzt werden.
- Bei symmetrisch ausgeführten Zugverbindungen mit Nägeln in nicht vorgebohrten Löchern darf das Zusatzmoment beim Nachweis der einseitig beanspruchten Bauteile (außen liegende Laschen) durch die Abminderung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit um  $1/3$  berücksichtigt werden.

### ■ Charakteristische Tragfähigkeit je Nagel <sup>1)</sup>

(pro Scherfuge, für Holz-Holz-Verbindungen, Nägel nach DIN EN 10 230)

NH		C 24		C 30						
BSH		GL 24c		GL 24,h, GL 28c		GL 28h, GL 32c		GL 32h, GL 36c		
d [mm]	ℓ [mm]	R <sub>k</sub> (nv) [N]	R <sub>k</sub> (vb) [N]	R <sub>k</sub> (nv) [N]	R <sub>k</sub> (vb) [N]	R <sub>k</sub> (nv) [N]	R <sub>k</sub> (vb) [N]	R <sub>k</sub> (nv) [N]	R <sub>k</sub> (vb) [N]	t <sub>req</sub> [mm]
2,7	40, 50, 60	523	599	545	624	566	648	580	664	25
3,0	50, 60, 70, 80	622	723	648	753	674	782	690	801	27
3,4	60, 70, 80, 90	765	904	797	942	828	978	848	1002	31
3,8	70, 80, 90, 100	919	1102	958	1148	995	1193	1019	1221	35
4,2	90, 100, 110	1085	1317	1130	1372	1174	1425	1202	1459	38
4,6	90, 100, 120	1260	1548	1313	1613	1364	1675	1397	1716	42
5,0	100, 120, 140	1446	1795	1507	1870	1565	1942	1603	1989	45
5,5	140	1693	2125	1764	2214	1832	2300	1876	2355	50

nicht vorgebohrt (nv), vorgebohrt (vb)

1) Gilt nur für runde glattschaftige Nägel und für Sondernägel mit  $f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$  unter Einhaltung der Mindesteinschlagtiefe.

## 4. Holzschraubenverbindungen

### ■ Nachweisführung

Neendurchmesser	Nachweis der Tragfähigkeit, wirksame Anzahl, Lochleibungsfestigkeit, Mindestholzdicke	Mindestabstände
$d \leq 8 \text{ mm}$	wie Nägel	wie Nägel
$d > 8 \text{ mm}$	wie Stabdübel	wie Nägel

### ■ Fließmoment $M_{y,k}$ [Nmm]

Nach DIN 7998, aus Draht mit einer Mindestzugfestigkeit  $f_{u,k} = 400 \text{ N/mm}^2$

$d$  = Nenndurchmesser der Schraube in mm

$$M_{y,k} = 0,15 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

### ■ Erhöhung der Tragfähigkeit

Bei einschnittigen Verbindungen mit Holzschrauben gilt:

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

### ■ Hinweise

- Festlegungen gelten für Holzschrauben nach DIN 7998 mit mindestens 4 mm Nenndurchmesser.
- Nenndurchmesser entspricht dem Außendurchmesser des Schraubengewindes.
- Abminderung des Bemessungswertes der Zugtragfähigkeit um 1/3 beim Nachweis der einseitig beanspruchten Bauteile bei symmetrisch ausgeführten Zuganschlüssen mit Schrauben.

### ■ Vorbohren für Holzschrauben nach DIN 7998

$d \leq 8 \text{ mm}$	nicht erforderlich, aber zulässig
$d > 8 \text{ mm}$	auf die Tiefe des glatten Schaftes mit dem Schaftdurchmesser $d$ und auf die Länge des Gewindeteiles mit $0,7 \cdot d$

Stets Vorbohren bei Holz mit  $\rho_k \geq 500 \text{ kg/m}^3$  sowie Douglasienholz über die ganze Schraubenlänge (Bohrlochdurchmesser zwischen  $0,6 \cdot d$  bis  $0,8 \cdot d$ ). Zementgebundene Spanplatten sind stets vorzubohren.



## 5. Dübel besonderer Bauart

### ■ Charakteristische Tragfähigkeit von Ring- und Scheibendübel (Typ A/B)

Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung $\alpha = 0^\circ$ , $\rho_k$ mindestens 350 kg/m <sup>3</sup>	$R_{c,0,k} = \min \begin{cases} 35 \cdot d_c^{1,5} \\ 31,5 \cdot d_c \cdot h_e \end{cases}$	in N
Bemessungswert der Tragfähigkeit ( $\gamma_M = 1,30$ )	$R_{c,0(\alpha),d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot k_{a1} \cdot k_p \cdot k_\alpha \cdot R_{c,0,k}$	in N
- Einfluss der Seiten- bzw. Mindestholzdicke		
Seitenholzdicke	$2,25 \cdot h_e \leq t_1 \leq 3 \cdot h_e$	$k_t = \min \begin{cases} 1 \\ t_1 / (3 \cdot h_e) \\ t_2 / (5 \cdot h_e) \end{cases}$
Mittelholzdicke	$3,75 \cdot h_e \leq t_2 \leq 5 \cdot h_e$	
- Einfluss des Abstandes vom belasteten Hirnholzende		
	$a_{1,t} \geq 2 \cdot d_c$	$k_{a1} = \min \begin{cases} 1,25 \\ a_{1,t} / (2 \cdot d_c) \end{cases}$
	$1,5 \cdot d_c \leq a_{1,t} \leq 2 \cdot d_c$	$k_{a1} = a_{1,t} / (2 \cdot d_c)$
- Einfluss der Rohdichte		
	$\rho \leq 350 \text{ kg/m}^3$	$k_p = \rho_k / 350$
	$\rho > 350 \text{ kg/m}^3$	$k_p = \min \begin{cases} 1,75 \\ \rho_k / 350 \end{cases}$
- Einfluss des Kraft-Faser-Winkels		
	$\alpha = 0^\circ$	$k_\alpha = 1,0$
	$\alpha > 0^\circ$	$k_\alpha = \frac{1}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$
Verbindungen mit nur 1 Verbindungsmittel in Faser- richtung des Holzes und KF-Winkel $\alpha \leq 30^\circ$		$R_{c,0,k} = 31,5 \cdot d_c \cdot h_e$

### ■ Charakteristische Tragfähigkeit von Scheibendübel mit Zähnen oder Dornen (Typ C)

Dübel unabhängig vom Kraft-Faserwinkel $\alpha$ Bolzen abhängig vom Kraft-Faserwinkel $\alpha$ $\rho_k$ maximal 500 kg/m <sup>3</sup>	$R_{c,0,k} = \begin{cases} 18 \cdot d_c^{1,5} & \text{C1, C2 und C5} \\ 18 \cdot (\sqrt{a_1 \cdot a_2})^{1,5} & \text{C3 und C4} \\ 25 \cdot d_c^{1,5} & \text{C10 und C11} \end{cases}$	in N
Bemessungswert der Tragfähigkeit	$R_{j,0,d} = R_{c,d} + R_{b,0,d}$ mit $R_{b,0,d}$ als Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bolzens	
	$R_{j,0(\alpha),d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_t \cdot k_{a1} \cdot k_p \cdot R_{c,0,k} + R_{b,0(\alpha),d}$	
- Einfluss des Abstandes vom belasteten Hirnholzende		
generell	$a_{1,t} \geq \max \begin{cases} 7 \cdot d_b \\ 80 \text{ mm} \end{cases}$	
für $\alpha \leq 30^\circ$	$1,1 \cdot d_c \leq a_{1,t} < 1,5 \cdot d_c$ $1,1 \cdot a_2 \leq a_{1,t} < 1,5 \cdot a_2$ $1,5 \cdot d_c \leq a_{1,t} < 2,0 \cdot d_c$	$k_{a1} = \begin{cases} a_{1,t} / (1,5 \cdot d_c) \\ a_{1,t} / (1,5 \cdot a_2) \\ a_{1,t} / (2,0 \cdot d_c) \end{cases}$

- Für die anderen Faktoren gelten die Werte für Dübel der Typen A/B

### ■ Modifikationsbeiwert $k_p$

C 24	C 30	C 35	C 40	GL 24h	GL 24c	GL 28h	GL 28c	GL 32h	GL 32c	GL 36h	GL 36c
1,00	1,08	1,14	1,20	1,08	1,00	1,17	1,08	1,22	1,17	1,28	1,22

### ■ Modifikationsbeiwert $k_\alpha$ für die Dübeltypen A und B

$\alpha$	$d_c = 65 \text{ mm}$	$d_c = 80 \text{ mm}$	$d_c = 95 \text{ mm}$	$d_c = 126 \text{ mm}$	$d_c = 128 \text{ mm}$	$d_c = 160 \text{ mm}$	$d_c = 190 \text{ mm}$
0°	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10°	0,989	0,989	0,988	0,987	0,987	0,986	0,985
20°	0,959	0,957	0,956	0,953	0,952	0,949	0,946
30°	0,916	0,913	0,910	0,904	0,903	0,897	0,891
40°	0,869	0,864	0,860	0,850	0,850	0,840	0,832
50°	0,824	0,818	0,812	0,800	0,799	0,787	0,777
60°	0,785	0,778	0,771	0,758	0,757	0,743	0,731
70°	0,756	0,749	0,741	0,727	0,726	0,711	0,698
80°	0,739	0,731	0,723	0,708	0,707	0,692	0,678
90°	0,733	0,725	0,717	0,701	0,700	0,685	0,671

### ■ Wirksame Anzahl für mehrere in Krafrichtung hintereinander angeordnete Dübel

$$2 < n \leq 10 \quad n_{\text{ef}} = \left[ 2 + \left( 1 - \frac{n}{20} \right) \cdot (n-2) \right] \cdot \frac{90^\circ - \alpha}{90^\circ} + n \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

Wirksame Dübelanzahl

n	$\alpha$	2	3	4	5	6	7	8	9	$\geq 10$
$n_{\text{ef}}$	0°	2,00	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6,00
	30°	2,00	2,90	3,73	4,50	5,20	5,83	6,40	6,90	7,33
	45°	2,00	2,93	3,80	4,63	5,40	6,13	6,80	7,43	8,00
	60°	2,00	2,95	3,87	4,75	5,60	6,42	7,20	7,95	8,67

### ■ Mindestabstände für Dübel besonderer Bauart

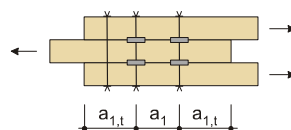
	Dübeltyp A und B	Dübeltyp C1 bis C5	Dübeltyp C10, C11	Bolzen
$a_1$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(1,2 + 0,3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d_b$ (min. $4 \cdot d_b$ )
$a_2$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$4 \cdot d_b$
$a_{1,t}$	$2,0 \cdot d_c$	$1,5 \cdot d_c$	$2,0 \cdot d_c$	$7 \cdot d_b$ (min. 80mm)
$a_{1,c}$	$\alpha \leq 30^\circ$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$7 \cdot d_b \cdot \sin \alpha$
	$\alpha > 30^\circ$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$ (min. $4 \cdot d_b$ )
$a_{2,t}$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$3 \cdot d_b$
$a_{2,c}$	$0,6 \cdot d_c$	$0,6 \cdot d_c$	$0,6 \cdot d_c$	$3 \cdot d_b$

$d_c$  = Dübeldurchmesser,  $d_b$  = Bolzendurchmesser

Bei den Dübeltypen C3 und C4 ist anstelle  $d_c$  die größte Seitenlänge des Dübels  $a_2$  einzusetzen.

Bei Dübeltyp C5 ist für  $d_c$  die Seitenlänge  $d$  des Dübels einzusetzen.

An den Enden von Außenhölzern oder -laschen sind zusätzliche Klemmbolzen erforderlich, wenn zwei oder mehr Dübel mit Durchmessern bzw. Seitenlängen  $\geq 130 \text{ mm}$  in Krafrichtung hintereinander angeordnet sind. Diese Klemmbolzen gelten für den Nachweis der Zugverbindung als zusätzliche ausziehfeste Verbindungsmittel.



## ■ Kennwerte für Dübel besonderer Bauart

Typ	Durchmesser	Höhe	Einlasstiefe/ Einpresstiefe	Dicke	Dübelnfläche	Mindestholzdicke Seitenholz <sup>3)</sup>	Mindestholzdicke Mittelholz <sup>3)</sup>	Mindestbolzen- durchmesser <sup>6)</sup>	Mindestholzbreite	Mindestend- abstand	Charakteristische Tragfähigkeit <sup>1) 2)</sup>
	$d_c$ [mm]	$h_c$ [mm]	$h_e$ [mm]	$t$ [mm]	$\Delta A$ [mm <sup>2</sup> ]	$t_1$ [mm]	$t_2$ [mm]	$d_b$ [mm]	$b$ [mm]	$a_{1,1}$ [mm]	$R_{c,dk}$ [kN]
A1 <sup>7)</sup>	65	30,0	15,0	5,0	980	45	75	12	78	130	18,3
	80	30,0	15,0	6,0	1200	45	75	12	96	160	25,0
	95	30,0	15,0	6,0	1430	45	75	12	114	190	32,4
	126	30,0	15,0	6,0	1890	45	75	12	152	252	49,5
	128	45,0	22,5	8,0	2880	68	113	12	154	256	50,6
	160	45,0	22,5	10,0	3600	68	113	16	192	320	70,8
B1	65	23,0	15,0	5,0	980	45	75	12	78	130	18,3
	80	23,0	15,0	6,0	1200	45	75	12	96	160	25,0
	95	23,0	15,0	6,0	1430	45	75	12	114	190	32,4
	128	32,5	22,5	7,5	2880	68	113	12	154	256	50,6
	160	34,5	22,5	9,0	3600	68	113	16	192	320	70,8
	190	34,5	22,5	9,0	4280	68	113	16	228	380	91,6
C1 <sup>5)</sup>	50	13,0	6,0	1,0	170	18	30	10	60	75	6,3
	62	16,0	7,4	1,20	300	23	37	10	75	93	8,7
	75	19,5	9,1	1,25	420	28	46	10	90	113	11,6
	95	24,0	11,3	1,35	670	34	57	10	114	143	16,6
	117	30,0	14,3	1,5	1000	43	72	10	141	176	22,7
	140	31,0	14,7	1,65	1240	45	74	10	168	210	29,8
C2	50	6,6	5,6	1,0	170	17	28	10	60	75	6,3
	62	8,7	7,5	1,2	300	23	38	12	75	93	8,7
	75	10,4	9,2	1,25	420	28	46	12	90	113	11,6
	95	12,7	11,4	1,35	670	35	57	16	114	143	16,6
	117	16,0	14,5	1,5	1000	44	73	16	141	176	22,7
	C10 <sup>5)</sup>	50	27,0	12,0	3,0	460	36	60	10	60	100
65		27,0	12,0	3,0	590	36	60	10	78	130	13,1
80		27,0	12,0	3,0	750	36	60	10	96	160	17,8
95		27,0	12,0	3,0	900	36	60	10	114	190	23,1
115		27,0	12,0	3,0	1040	36	60	10	138	230	30,8
C11	50	15,0	12,0	3,0	460	36	60	12	60	100	8,8
	65	15,0	12,0	3,0	590	36	60	16	78	130	13,1
	80	15,0	12,0	3,0	750	36	60	20	96	160	17,8
	95	15,0	12,0	3,0	900	36	60	24	114	190	23,1
	115	15,0	12,0	3,0	1040	36	60	24	138	230	30,8

1) Tragfähigkeit eines Dübels

2) Bei Dübeltyp C darf die Tragfähigkeit des Bolzens zusätzlich berücksichtigt werden

3) Mindestholzdicke nach DIN 1052 beachten ( $t = 24$  mm)4) Bei  $d_c \leq 95$  mm dürfen Sondernägeln oder Holzschrauben anstelle des Bolzens verwendet werden5) Bei  $d_c \leq 117$  mm dürfen Sondernägeln oder Holzschrauben anstelle des Bolzens verwendet werden. Die Tragfähigkeit dieser Verbindungsmittel ist zusätzlich in Rechnung zu stellen

6) Maximaler Bolzendurchmesser siehe DIN 1052

## 6. Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse

### Nägel:

- Glattschaftige Nägel und Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse 1 dürfen nur für kurze Lasteinwirkungen (z.B. Windsogkräfte) in Richtung der Stiftachse beansprucht werden. **Ausnahme:** Nägel in Anschlüssen von Koppelpfetten, welche infolge einer Dachneigung von  $\leq 30^\circ$  dauernd auf Herausziehen beansprucht werden, wenn der Ausziehparameter  $f_{1,k}$  für diese Nägel nur mit 60 % in Rechnung gestellt wird.
- Glattschaftige Nägel in vorgebohrten Nagellöchern dürfen nicht auf Herausziehen beansprucht werden.

### Sondernägel und Schrauben:

- Sondernägel und Holzschrauben werden entsprechend ihrem Widerstand gegen Herausziehen in die Tragfähigkeitsklassen 1, 2 und 3 eingeteilt.
- Entsprechend ihrem Widerstand gegen Kopfdurchziehen werden diese Verbindungsmittel in die Tragfähigkeitsklassen A, B und C eingeteilt.

### ■ Charakteristischer Wert des Auszieh- und Kopfwiderstandes

Nägel: <sup>1)</sup> Mindesteschlagtiefen

(Nagelung  $\perp$  zur Faserrichtung und bei Schrägnagelung)

$$R_{ax,k} = \min \begin{cases} f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{cases}$$

Holzschrauben:

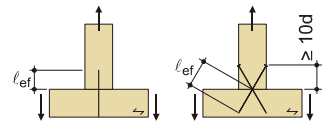
(mit Gewinde nach DIN 7998)

$$R_{ax,k} = 300 \cdot \pi \cdot \frac{d_{kern}^2}{4}$$

Holzschrauben:

( $45^\circ \leq$  Einschraubwinkel  $\alpha$ ,  
 $\alpha \leq 90^\circ$  zur Faserrichtung)

$$R_{ax,k} = \min \begin{cases} \frac{f_{1,k} \cdot d \cdot \ell_{ef}}{\sin^2 \alpha + \frac{4}{3} \cdot \cos^2 \alpha} \\ f_{2,k} \cdot d_k^2 \end{cases}$$



1) Mindesteschlagtiefen

glattschaftige Nägel, Sondernägel TKL 1	12 · d
Sondernägel TKL 2 und TKL 3	8 · d

### ■ Hinweise

- Teilsicherheitsbeiwert bei Nagelverbindungen  $\gamma_M = 1,3$  (bei Nachweis für Holzschrauben mit Gewinde nach DIN 7998  $\gamma_M = 1,25$ )
- Bei Bauteilen aus Vollholz mit einer Einbauholzfeuchte  $> 20\%$  und der Möglichkeit des Austrocknens im eingebauten Zustand erfolgt bei Nagelverbindungen eine Reduktion des Ausziehwerstandes auf 2/3.
- Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen darf Kopfdurchziehen außer Betracht bleiben.
- Die Mindestabstände und Mindestholzdicken sind wie bei rechtwinklig zu ihrer Achse beanspruchten Verbindungsmittel einzuhalten.
- Die Nagelabstände müssen bei in Schaftrichtung beanspruchten Nägeln den Abständen von rechtwinklig zur Schaftrichtung beanspruchten Nägeln entsprechen. Bei einer Schrägnagelung muss zum beanspruchten Rand mindestens ein Abstand von  $10 \cdot d$  eingehalten werden.

### ■ Charakteristische Werte für die Auszieh- und Kopfdurchziehparameter

Nageltyp	Nägel		Schraubentyp	Holzschrauben	
	$f_{1,k}$	$f_{2,k}$ <sup>1)</sup>		$f_{1,k}$	$f_{2,k}$
glattschaftige Nägel	$18 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$			
Sondernägel der Tragfähigkeitsklasse			Tragfähigkeitsklasse		
1 bzw. A	$30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	1 bzw. A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2 bzw. B	$40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	2 bzw. B	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3 bzw. C	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	3 bzw. C	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

charakteristische Rohdichte  $\rho_k$  in  $\text{kg/m}^3$ , jedoch höchstens  $500 \text{ kg/m}^3$

- 1) Die erforderliche Mindestdicke für den Ansatz der o. a. Werte für  $f_{2,k}$  beträgt 20 mm bei Brettsperrholz, Sperrholz, OSB-Platten, kunstharzgebundene oder zementgebundene Holzspanplatten. Hierbei ist stets  $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$  in Rechnung zu stellen. Bei  $12 \text{ mm} \leq$  Plattendicke  $< 20 \text{ mm}$  ist anzusetzen  $f_{2,k} = 8 \text{ N/mm}^2$  und für Plattendicke  $< 12 \text{ mm}$  ist  $R_{ax,k} = 400 \text{ N}$  anzunehmen.
- 2) Holzschrauben nach DIN 7998 dürfen in die Tragfähigkeitsklasse 2A eingestuft werden.

## 7. Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel und Holzschrauben

### Nachweis der Tragfähigkeit

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^m + \left(\frac{F_{ia,d}}{R_{ia,d}}\right)^m \leq 1$$

$R_{ax,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Herausziehen (in Richtung der Stiftachse)
$R_{ia,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit rechtwinklig zur Stiftachse (Abscheren)
$m = 1$	für glattschaftige Nägel und Sondernägel TKL 1
$m = 2$	für Sondernägel $\geq$ TKL 2 und für Holzschrauben

Bei Koppelpfettenanschlüssen mit glattschaftigen Nägeln darf mit  $m = 1,5$  gerechnet werden.

## 8. Zimmermannsmäßige Verbindungen

### Nachweis der Tragfähigkeit

Für Nadelvollholz, Brettschichtholz und Balkenschichtholz darf  $f_{v,d}$  um 40% erhöht werden.

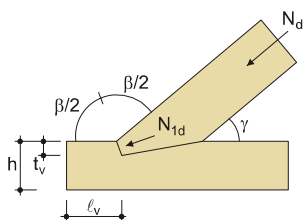
Nachweis der Aufnahme der Strebenkraft in der Kontaktfläche:

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1 \quad \text{bzw.} \quad \frac{N_{l(2),d} / A_{\text{Kontakt}}}{k_{c,\alpha} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

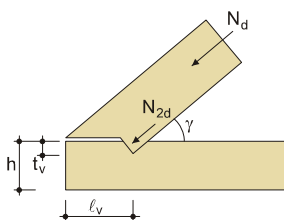
Nachweis der erforderlichen Vorholzlänge der Schwelle infolge Abscherbeanspruchung

$$\frac{N_d \cdot \cos \gamma / (b \cdot \ell_v)}{f_{v,d}} \leq 1$$

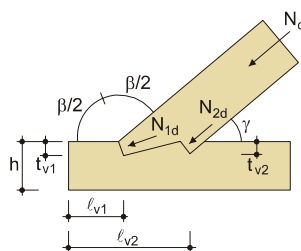
Stirnversatz (S)



Fersenversatz (F)



Doppelter Versatz (D)



$R_{S,d} = b \cdot t_v \cdot f_{c,0,d} \cdot k_S$	$R_{F,d} = b \cdot t_v \cdot f_{c,0,d} \cdot k_F$	$R_{D,d} = R_{S,d} + R_{F,d}$
$\ell_v \geq \frac{N_d \cdot \cos \gamma}{b \cdot f_{v,d}}$	$\ell_v \geq \frac{N_d \cdot \cos \gamma}{b \cdot f_{v,d}}$	$\ell_{v,1} \geq \frac{N_{S(1),d} \cdot \cos \gamma}{b \cdot f_{v,d}} \quad \ell_{v,2} \geq \frac{N_d \cdot \cos \gamma}{b \cdot f_{v,d}}$

$$k_S = \frac{1}{\cos^2\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2\left(\frac{\gamma}{2}\right)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)\right)^2} + \cos^4\left(\frac{\gamma}{2}\right)}$$

$$k_F = \frac{1}{\cos \gamma \cdot \sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2 \gamma\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2 \cdot f_{v,d}} \cdot \sin \gamma \cdot \cos \gamma\right)^2} + \cos^4 \gamma}$$

Werte für Nadelholz C 24

$\gamma$	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
$k_S$	0,926	0,882	0,836	0,793	0,754	0,720	0,692	0,670	0,654	0,643
$k_F$	0,766	0,677	0,607	0,557	0,522	0,502	0,495	0,501	0,522	0,563

## 9. Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel

### ■ Gesamtragfähigkeit $R_d$ des Anschlusses

Geklebte Verbindungen dürfen nicht gemeinsam mit anderen Verbindungen in Rechnung gestellt werden.

Näherung (kann generell verwendet werden)

Wenn $R_{d,1} < R_{d,2}$	$R_d \leq \frac{R_{d,1}}{1,5} + R_{d,2} \leq N_d$
Wenn $R_{d,1} > R_{d,2}$	$R_d \leq R_{d,1} + \frac{R_{d,2}}{1,5} \leq N_d$

Genauere Berechnung (nur bei Verbindungen mit metallischen Verbindungsmitteln)

$R_{d,1} = \frac{N_d}{1 + \frac{K_2}{K_1}}$	$R_{d,2} = \frac{N_d}{1 + \frac{K_1}{K_2}}$	$R_d = R_{d,1} + R_{d,2} \leq N_d$
---	---	------------------------------------

$$\text{mit } K = \frac{K_{u,\text{mean}}}{\gamma_M} = \frac{2}{3} \cdot \frac{K_{\text{ser}}}{\gamma_M}$$

### ■ Verschiebungsmoduln $K_{\text{ser}}$ für stiftförmige metallische Verbindungsmittel und Dübel besonderer Bauart

Rechenwerte (Mittelwerte) in N/mm je Scherfuge stiftförmiger Verbindungsmittel und je Verbindungseinheit mit Dübeln besonderer Bauart

Verbindungsmittel	Verbindung Holz-Holz, Holz-Holzwerkstoff, Stahl-Holz
Stabdübel, Passbolzen, Bolzen und Gewindestangen <sup>a)</sup>	$\frac{\rho_k}{20} \cdot d$
Nägeln und Holzschrauben in vorgebohrten Löchern	$\frac{\rho_k}{20} \cdot d$
Nägeln und Holzschrauben in nicht vorgebohrten Löchern <sup>b)</sup>	$\frac{\rho_k}{25} \cdot d^{0,8}$
Klammern <sup>b)</sup>	$\frac{\rho_k}{60} \cdot d^{0,8}$
Ringdübel Typ A1 und Scheibendübel Typ B1	$0,6 \cdot d_c \cdot \rho_k$
Scheibendübel mit Zähnen Typen C1 bis C5	$0,3 \cdot d_c \cdot \rho_k$
Scheibendübel mit Dornen Typen C10, C11	$0,45 \cdot d_c \cdot \rho_k$

a) Bei mit Übermaß gebohrten Löchern im Holz ist bei Bolzen- und Gewindestangen (nicht bei eingeklebten Gewindestangen und Passbolzen) mit einem zusätzlichen Schlupf von 1 mm zu rechnen. Daher ist zu den mit Hilfe des Verschiebungsmoduls ermittelten rechnerischen Verschiebungen jeweils ein Anteil von 1 mm hinzuzurechnen.

b) Bei Verbindungen von Holz mit Gipskartonplatten sind die Verschiebungsmoduln um 40 % zu reduzieren.

$\rho_k$  charakteristische Rohdichte der miteinander verbundenen Teile in  $\text{kg/m}^3$ ,

$\rho_k = \sqrt{\rho_{k,1} \cdot \rho_{k,2}}$  bei unterschiedlichen Werten  $\rho_{k,1}$  und  $\rho_{k,2}$  der charakteristischen Rohdichte der beiden miteinander verbundenen Teile,

$\rho_k = \rho_{k,\text{Holz}}$  bei Stahl-Holz-Verbindungen und bei Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen,

d Stiftdurchmesser in mm

$d_c$  Dübelndurchmesser in mm; bei Dübeltypen C3 und C4 ist  $d_c = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$