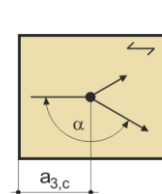
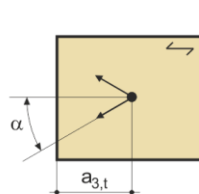
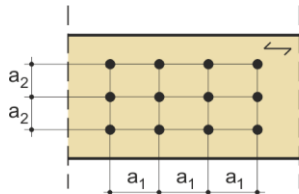


Bemessungshilfen für Verbindungen nach DIN EN 1995-1-1:2010-12(EC5) und DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12

1. Stiff förmige Verbindungen – Allgemeine Angaben

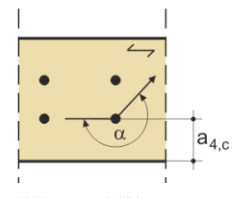
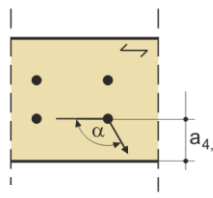
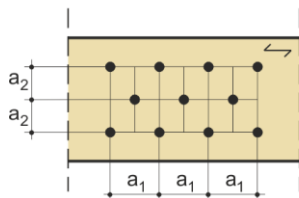
Definition der Abstände stiff förmiger Verbindungsmittel

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



$$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$$

$$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$$



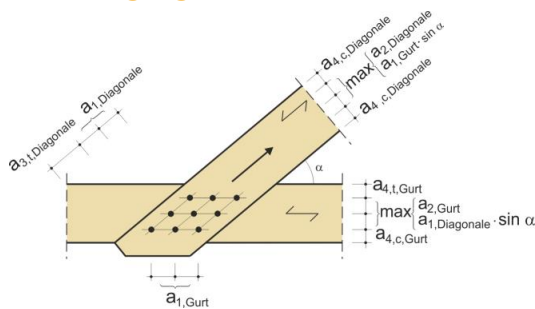
$$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$$

$$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$$

a_1 Abstand II zur Faser
 a_2 Abstand \perp zur Faser

$a_{3,t(c)}$ Endabstände II zur Faser
 $a_{4,t(c)}$ Randabstände \perp zur Faser

Mindestabstände bei einer Zugdiagonalen



Bearbeitung:



HSW-Ingenieure

Tragwerksplanung und Bauphysik
 Sonderkonstruktionen im Holzbau
 Prüflingenieure für Baustatik

Prof. Dipl.-Ing. Volker Schiermeyer
 Dr.-Ing. Rainer Wiesner

Kirchstraße 8 32547 Bad Oeynhausen

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältiger Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

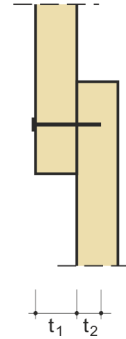
2. Tragfähigkeit metallischer, stiftförmiger Verbindungsmittel auf Abscheren

Allgemeine Berechnung nach EC 5

Holz-Holz- und Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen

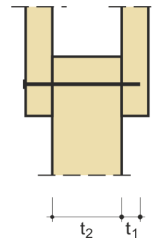
- für einschneittige Verbindungen:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1+\beta} \cdot \left[\sqrt{\beta+2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$



- für zweischnittige Verbindungen:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$



mit $F_{v,Rk}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel

t_i Holz- oder Holzwerkstoffdicke oder Einbindetiefe

$f_{h,i,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit im Holzteil i

d Durchmesser des Verbindungsmittels

$M_{y,Rk}$ charakteristisches Fließmoment des Verbindungsmittels

β Verhältnis der Lochleibungsfestigkeiten der Bauteile zueinander

$F_{ax,Rk}$ charakteristischer Auszieh Widerstand des Verbindungsmittels

Stahl-Holz-Verbindungen

- für ein dünnes Stahlblech, einschneittig

- dünnes Stahlblech als Seitenteil einer zweischnittigen Verbindung

zwei-

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

- dickes Stahlblech als Seitenteil einer zweischnittigen Verbindung

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$

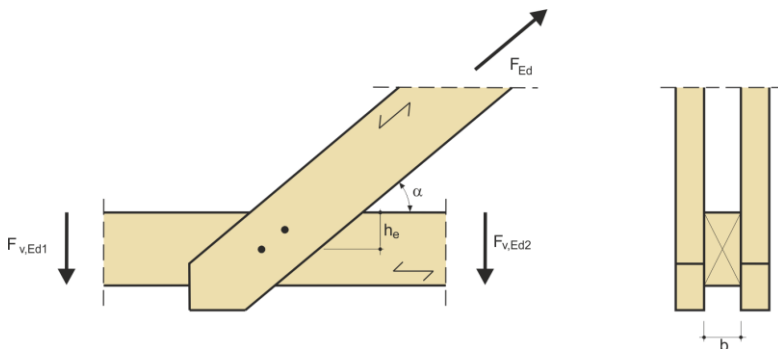
- für Stahlbleche jeder Dicke als Mittelteil einer zweischnittigen Verbindung	- für ein dickes Stahlblech, einschnittig
$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$	$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$
mit	$F_{v,Rk}$ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit pro Scherfuge und Verbindungsmittel
	$f_{h,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit im Holzteil
	t_1 kleinerer Wert der Seitenholzdicke oder der Eindringtiefe
	t_2 Dicke des Mittelholzes
	d Durchmesser des Verbindungsmittels
	$M_{y,Rk}$ charakteristisches Fließmoment des Verbindungsmittels
	$F_{ax,Rk}$ charakteristischer Auszieh Widerstand des Verbindungsmittels

Verbindungsmittelkräfte unter einem Winkel zur Faserrichtung

$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd}$	mit $F_{v,Ed} = \max \left\{ \begin{array}{l} F_{v,Ed,1} \\ F_{v,Ed,2} \end{array} \right\}$	$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{\frac{h_e}{\left(1 - \frac{h_e}{h}\right)}} \quad (\text{für NH})$
mit	$F_{90,Rk}$ charakteristischer Wert der Beanspruchung auf Querzug in N	
	h_e Abstand des am entferntesten angeordneten Verbindungsmittel vom beanspruchten Rand	
	h Höhe des Holzbauteils in mm	
	b Dicke des Holzbauteils in mm	
	w_{pl} Breite der Nagelplatte parallel zur Faserrichtung in mm	
	w Modifikationsbeiwert	

$$w = \max \left\{ \left(\frac{w_{pl}}{100} \right)^{0,35} \quad \text{Nagelplatten} \right. \\ \left. 1 \right.$$

$w = 1$ für alle anderen Verbindungen



2.1 Stabdübelverbindungen (vereinfachte Berechnung nach nationalem Anhang) für Passbolzen, Bolzen und Gewindestangen gelten die Regeln sinngemäß

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

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

$t_{1(2)}$	vorhandene Einbindetiefe
$t_{1(2),req}$	benötigte Einbindetiefe
$M_{y,Rk}$	Charakteristischer Wert des Flieβmomentes
$f_{h,1(2),k}$	Lochleibungsfestigkeit
d	Durchmesser des Verbindungsmittels
$\Delta F_{v,Rk}$	Erhöhung des Tragwiderstandes durch Berücksichtigung des Ausziehwiderstandes

Holz-Holz-Verbindungen
und Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen

$$F_{v,Rd} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1} \quad \text{mit } \beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$$

Stahlblech-Holz-Verbindungen

außen liegende dünne Bleche ($t_s \leq 0,5 \cdot d$)

$$F_{v,Rd} = 1,0 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1}$$

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

$$F_{v,Rd} = \sqrt{2} \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1}$$

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

■ Flieβmoment $M_{y,Rk}$ [Nmm]

$$M_{y,Rk} = 0,30 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

$f_{u,k}$	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahls in N/mm ²
d	Stabdübelndurchmesser in mm

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

Festigkeitsklasse	$f_{u,k}$ [N/mm ²]
3.6	300
4.6 bzw. 4.8	400
5.6 bzw. 5.8	500
8.8	800

■ $f_{u,k}$ für Stabdübel

Stahlsorte	$f_{u,k}$ [N/mm ²]
S 235	360
S 275	430
S 355	470

■ Lochleibungsfestigkeit $f_{h,k}$ [N/mm²]

(ρ_k [kg/m³]; $d \leq 30$ [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 α zur Faserrichtung	$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = k_\alpha \cdot f_{h,0,k}$
	Nadelhölzer	$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d$
	Furnierschichtholz	$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d$
	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	$t_{1,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}}$	$t_{1,req} = 3,93 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d}}$
für Seitenholz 2 (bei einschnittigen Verbindungen)	$t_{2,req} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$t_{2,req} = 3,93 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$
für Mittelhölzer	$t_{2,req} = 1,15 \cdot \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$	$t_{2,req} = 3,25 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,2,k} \cdot d}}$

Stahlblech-Holz-Verbindungen

außen liegende dicke ($t_s \geq d$) und innen liegende Bleche	$t_{req} = 1,15 \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 4,60 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (1)$
---	---

außen liegende dünne Bleche ($t_s \leq 0,5 \cdot d$) zweischnittig beanspruchte Verbindungsmittel in Mittelhölzern:

$$t_{req} = 1,15 \cdot (2 \cdot \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 3,25 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,k} \cdot d}} \quad (2)$$

für alle anderen Fälle:

$$t_{req} = 1,15 \cdot (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}} = 3,93 \cdot \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d}}$$

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
		α_1 Kraft-Faser-Winkel im Seitenholz
		α_2 Kraft-Faser-Winkel im Mittelholz

Wirksame Anzahl für mehrere in Faserrichtung hintereinander angeordnete Stabdübel SDü

ohne Verstärkung gegen Spalten in Faserrichtung:

$$n_{ef} = \left[\min \left\{ n; n^{0,9} \cdot 4 \sqrt{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right\} \right] \cdot \frac{90^\circ - \alpha}{90^\circ} + n \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$$

- n Anzahl der in Faserrichtung hintereinander angeordneten Stabdübel ($2 \leq n \leq 20$)
- a_1 Abstand der Stabdübel untereinander in Faserrichtung
- α Kraft-Faser-Winkel im jeweiligen Holz

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

Wirksame Stabdübelanzahl n_{ef} für $a_1 = 5 \cdot d$ und $\alpha = 0^\circ$

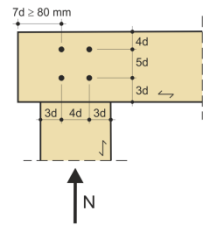
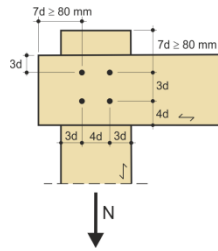
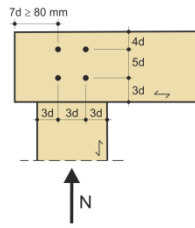
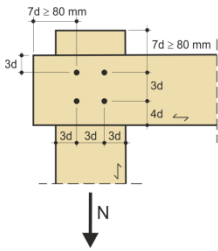
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_{ef}	1,00	1,47	2,12	2,74	3,35	3,95	4,54	5,12	5,69	6,26
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n_{ef}	6,82	7,37	7,92	8,47	9,01	9,55	10,08	10,62	11,15	11,67

■ Mindestabstände für Stabdübel, Passbolzen sowie Bolzen und Gewindestangen

	Winkel	Stabdübel und Passbolzen
a ₁ parallel zur Faserrichtung	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2 \cdot \text{lcos}\alpha) \cdot d$
a ₂ rechtwinklig zur Faserrichtung	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$
a _{3,t} beanspruchtes Hirnholzende	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7 \cdot d; 80\text{mm})$
a _{3,c} unbeanspruchtes Hirnholzende	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(a_{3,t} \cdot \text{l sin}\alpha) \cdot d; 3 \cdot d]$ $3 \cdot d$ $\max[(a_{3,t} \cdot \text{l sin}\alpha) \cdot d; 3 \cdot d]$
a _{4,t} beanspruchter Rand	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \cdot \text{sin}\alpha) \cdot d; 3 \cdot d]$
a _{4,c} unbeanspruchter Rand	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$

Erforderliche Abstände für Stabdübel und Passbolzen

für Bolzen und Gewindestangen



	Winkel	Bolzen und Gewindestangen
a ₁ parallel zur Faserrichtung	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \text{lcos}\alpha) \cdot d$
a ₂ rechtwinklig zur Faserrichtung	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 \cdot d$
a _{3,t} beanspruchtes Hirnholzende	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max[7 \cdot d; 80\text{mm}]$
a _{3,c} unbeanspruchtes Hirnholzende	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(1 + 6 \cdot \text{sin}\alpha) \cdot d$ $4 \cdot d$ $(1 + 6 \cdot \text{l sin}\alpha) \cdot d$
a _{4,t} beanspruchter Rand	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2\text{sin}\alpha) \cdot d; 3 \cdot d]$
a _{4,c} unbeanspruchter Rand	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 \cdot d$

■ Erhöhung der Tragfähigkeit

für Passbolzen $\Delta F_{v,Rk} = \min \{ 0,25 \cdot F_{v,Rk}; 0,25 \cdot F_{ax,Rk} \}$

$F_{ax,Rk}$ Tragfähigkeit des Passbolzens in Richtung der Stiftachse ¹⁾

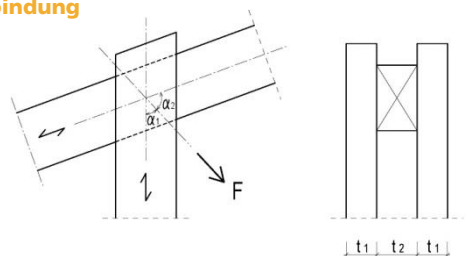
1) Für $F_{ax,Rk}$ kann i.d.R. die über die Pressung $\sigma_{c,90}$ unter der U-Scheibe des Passbolzens aufnehmbare Kraft angesetzt werden

■ Charakteristische Tragfähigkeit einer Holz-Holz-Verbindung

Werte in kN pro Scherfuge für NH C24, Stabdübel S 235

mit:

- α_1 Kraft-Faser-Winkel im Seitenholz
- α_2 Kraft-Faser-Winkel im Mittelholz
- t_{1req} Mindestholzdicke im Seitenholz
- t_{2req} Mindestholzdicke im Mittelholz
- $F_{v,Rk}$ Charakteristische Tragfähigkeit eines Stabdübels je Scherfuge



d	α_1	$\alpha_2 = 0^\circ$			$\alpha_2 = 30^\circ$			$\alpha_2 = 45^\circ$			$\alpha_2 = 60^\circ$			$\alpha_2 = 90^\circ$		
		$t_{1,req}$	$t_{2,req}$	$F_{v,Rk}$	$t_{1,req}$	$t_{2,req}$	$F_{v,Rk}$	$t_{1,req}$	$t_{2,req}$	$F_{v,Rk}$	$t_{1,req}$	$t_{2,req}$	$F_{v,Rk}$	$t_{1,req}$	$t_{2,req}$	$F_{v,Rk}$
6	0	33	28	1,92	33	30	1,86	33	32	1,82	33	34	1,77	32	36	1,73
	30	36	27	1,86	35	29	1,82	35	31	1,77	35	33	1,73	34	35	1,70
	45	38	26	1,82	37	29	1,77	37	31	1,73	37	33	1,70	36	35	1,66
	60	40	26	1,77	39	28	1,73	39	30	1,70	39	32	1,66	38	34	1,63
	90	41	25	1,73	41	27	1,70	41	29	1,66	41	31	1,63	40	33	1,60
8	0	42	35	3,18	42	38	3,09	41	41	3,01	41	44	2,94	41	46	2,86
	30	45	34	3,09	45	37	3,01	44	40	2,94	44	43	2,86	44	45	2,80
	45	48	33	3,01	48	36	2,94	47	39	2,86	47	42	2,80	46	44	2,74
	60	51	33	2,94	50	35	2,86	50	38	2,80	50	41	2,74	49	43	2,68
	90	53	32	2,86	53	35	2,80	52	37	2,74	52	40	2,68	51	43	2,63
10	0	51	42	4,71	51	46	4,57	50	50	4,44	49	53	4,32	49	57	4,21
	15	52	42	4,67	52	46	4,53	51	50	4,41	50	53	4,29	50	56	4,18
	30	55	41	4,57	54	45	4,44	54	49	4,32	53	52	4,21	53	55	4,11
	45	58	40	4,44	58	44	4,32	57	47	4,21	57	51	4,11	56	54	4,01
	60	62	39	4,32	61	43	4,21	60	46	4,11	60	50	4,01	59	53	3,93
	75	64	38	4,24	63	42	4,14	63	46	4,04	62	49	3,95	62	52	3,86
	90	65	38	4,21	64	42	4,11	64	45	4,01	63	49	3,93	63	52	3,84
12	0	60	50	6,47	59	54	6,26	58	59	6,08	58	63	5,90	57	67	5,75
	15	61	49	6,41	60	54	6,21	60	58	6,03	59	63	5,86	58	67	5,71
	30	64	48	6,26	64	53	6,08	63	57	5,90	62	62	5,75	62	66	5,60
	45	69	47	6,08	68	51	5,90	67	56	5,75	66	60	5,60	66	64	5,47
	60	73	45	5,90	72	50	5,75	71	54	5,60	71	59	5,47	70	63	5,34
	75	76	44	5,79	75	49	5,64	74	53	5,50	73	58	5,38	73	62	5,26
	90	77	44	5,75	76	49	5,60	75	53	5,47	74	57	5,34	74	61	5,23
16	0	77	64	10,61	76	71	10,23	75	77	9,90	74	83	9,60	73	89	9,32
	15	79	63	10,50	78	70	10,14	77	76	9,82	76	82	9,52	75	88	9,25
	30	83	62	10,23	82	68	9,90	81	75	9,60	80	81	9,32	79	86	9,06
	45	90	60	9,90	88	66	9,60	87	72	9,32	86	79	9,06	86	84	8,83
	60	96	58	9,60	94	64	9,32	93	71	9,06	92	76	8,83	91	82	8,61
	75	100	57	9,39	98	63	9,13	97	69	8,89	96	75	8,67	95	81	8,46
	90	101	56	9,32	100	63	9,06	99	69	8,83	98	75	8,61	97	80	8,41
20	0	94	78	15,47	93	87	14,88	91	96	14,35	90	104	13,87	89	112	13,44
	15	96	77	15,30	95	86	14,73	94	95	14,21	92	103	13,75	91	111	13,33
	30	103	75	14,88	101	84	14,35	100	93	13,87	99	101	13,44	98	108	13,04
	45	111	72	14,35	110	81	13,87	108	90	13,44	107	98	13,04	106	105	12,68
	60	119	70	13,87	117	79	13,44	116	87	13,04	115	95	12,68	113	103	12,35
	75	124	68	13,55	123	77	13,14	121	85	12,78	120	93	12,44	119	101	12,12
	90	126	68	13,44	125	76	13,04	123	85	12,68	122	93	12,35	121	100	12,04
24	0	112	92	20,93	110	104	20,06	108	115	19,29	106	126	18,60	105	136	17,98
	15	115	91	20,69	113	103	19,85	111	114	19,10	110	125	18,43	108	134	17,83
	30	123	89	20,06	121	100	19,29	119	111	18,60	118	122	17,98	116	131	17,42
	45	134	85	19,29	132	97	18,60	130	108	17,98	128	118	17,42	127	128	16,91
	60	144	82	18,60	142	94	17,98	140	104	17,42	138	114	16,91	136	124	16,44
	75	151	80	18,14	149	91	17,57	147	102	17,04	145	112	16,56	143	122	16,12
	90	153	80	17,98	151	91	17,42	149	101	16,91	147	111	16,44	146	121	16,01

Charakteristische Lochleibungsfestigkeiten $f_{h,0,k}$ in N/mm²

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

Beiwerte k_α für NH zur Berücksichtigung des Kraft-Faser-Winkels

$$k_\alpha = \frac{1}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

Charakteristische Fließmomente $M_{y,Rk}$ in Nmm

$$M_{y,Rk} = 0,30 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

Die Werte sind ebenfalls gültig für Stabdübel, Passbolzen und Bolzen

		ρ_k [kg/m ³]	Durchmesser [mm]							
			6	8	10	12	16	20	24	30
$f_{h,0,k}$ [N/mm ²]	C 24	350	26,98	26,40	25,83	25,26	24,11	22,96	21,81	20,09
	C 30	380	29,29	28,67	28,04	27,42	26,17	24,93	23,68	21,81
	D 30	530	40,85	39,98	39,11	38,24	36,51	34,77	33,03	30,42
	D 35	540	43,16	42,25	41,33	40,41	38,57	36,74	34,90	32,14
	D 40	550	45,48	44,51	43,54	42,57	40,64	38,70	36,77	33,87
	D 60	700	53,96	52,81	51,66	50,51	48,22	45,92	43,62	40,18
	GL 24c	365	28,13	27,54	26,94	26,34	25,14	23,94	22,75	20,95
	GL 24h	385	29,68	29,04	28,41	27,78	26,52	25,26	23,99	22,10
	GL 28c	390	30,06	29,42	28,78	28,14	26,86	25,58	24,30	22,39
	GL 28h	425	32,76	32,06	31,37	30,67	29,27	27,88	26,49	24,40
	GL 30c	390	30,06	29,42	28,78	28,14	26,86	25,58	24,30	22,39
	GL 30h	430	33,14	32,44	31,73	31,03	29,62	28,21	26,80	24,68
	GL 32c	400	30,83	30,18	29,52	28,86	27,55	26,24	24,93	22,96
	GL 32h	440	33,92	33,19	32,47	31,75	30,31	28,86	27,42	25,26
k_α für Nadelhölzer	$\alpha = 0^\circ$	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	5°	-	0,997	0,996	0,996	0,996	0,996	0,995	0,995	0,994
	10°	-	0,987	0,986	0,985	0,984	0,983	0,981	0,979	0,976
	15°	-	0,971	0,969	0,968	0,966	0,962	0,958	0,955	0,949
	20°	-	0,951	0,948	0,945	0,942	0,935	0,929	0,923	0,914
	25°	-	0,927	0,923	0,918	0,914	0,905	0,896	0,887	0,875
	30°	-	0,901	0,895	0,889	0,883	0,871	0,860	0,849	0,833
	35°	-	0,874	0,866	0,859	0,852	0,837	0,824	0,811	0,792
	40°	-	0,846	0,837	0,829	0,820	0,804	0,788	0,773	0,752
	45°	-	0,820	0,810	0,800	0,791	0,772	0,755	0,738	0,714
	50°	-	0,795	0,784	0,773	0,763	0,743	0,724	0,706	0,681
	55°	-	0,772	0,760	0,749	0,738	0,716	0,696	0,677	0,651
	60°	-	0,752	0,739	0,727	0,716	0,693	0,672	0,653	0,625
	65°	-	0,735	0,721	0,709	0,697	0,674	0,652	0,632	0,603
	70°	-	0,720	0,707	0,694	0,681	0,657	0,635	0,615	0,586
	75°	-	0,709	0,695	0,682	0,669	0,645	0,622	0,602	0,573
80°	-	0,701	0,687	0,673	0,660	0,636	0,613	0,592	0,563	
85°	-	0,696	0,682	0,668	0,655	0,631	0,608	0,587	0,557	
90°	-	0,694	0,680	0,667	0,654	0,629	0,606	0,585	0,556	
$M_{y,Rk}$ [Nmm]		$f_{u,k}$ [N/mm ²]								
	S 235	360	11 392	24 069	42 996	69 071	145 927	260 676	418 768	748 064
	S 275	430	13 608	28 749	51 356	82 501	174 302	311 363	500 195	893 521
	S 355	470	14 873	31 423	56 133	90 176	190 516	340 328	546 724	976 640
	3.6	300	9 494	20 057	35 830	57 559	121 606	217 230	348 973	623 387
	4.6 / 4.8	400	12 658	26 743	47 773	76 745	162 141	289 640	465 297	831 183
	5.6 / 5.8	500	15 823	33 429	59 716	95 932	202 676	362 051	581 622	1 038 978
8.8	800	25 317	53 487	95 546	153 491	324 282	579 281	930 594	1 662 365	

■ 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 sollten nicht mehr als 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser des Bolzens. In Stahlblechen sollten die Bolzenlöcher nicht mehr als 2mm oder $0,1d$ größer als der Bolzendurchmesser sein.
- Die Löcher für Gewindestangen dürfen bis zu 1 mm größer sein als der Nenndurchmesser (= Gewindeaußendurchmesser) der Gewindestange.

■ Holz-Holz-Verbindung (ein- oder zweischnittig)

Charakteristische Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$ je Stabdübel S235 je Scherfuge für $\alpha = 0^\circ$ ¹⁾²⁾

Die an der Verbindung beteiligten Hölzer haben die gleiche Güte $\Rightarrow \beta = 1,0$

d _{St} [mm]	NH C 24			NH C 30			LH D 30			LH D 35			LH D 40			LH D 60		
	$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 530 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 540 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 550 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 700 \text{ kg/m}^3$		
	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]
6	1,92	33	28	2,00	32	27	2,36	27	23	2,39	27	22	2,41	27	22	2,72	24	20
8	3,19	42	35	3,32	41	34	3,92	35	29	3,96	34	28	4,00	34	28	4,51	30	25
10	4,71	51	42	4,91	49	41	5,80	42	35	5,85	41	34	5,91	41	34	6,67	36	30
12	6,47	60	50	6,74	57	48	7,96	49	40	8,04	48	40	8,11	48	40	9,15	43	35
16	10,61	77	64	11,06	74	61	13,06	63	52	13,18	62	51	13,30	62	51	15,01	55	35
20	15,47	94	78	16,12	90	75	19,04	77	63	19,22	76	63	19,40	75	62	21,88	67	55
24	20,94	112	92	21,82	107	89	25,77	91	75	26,01	9	75	26,25	89	74	29,61	79	66
30	30,03	139	115	31,29	133	110	36,95	113	94	37,30	112	93	37,64	111	92	42,47	98	82

d _{St} [mm]	GL 24						GL 28						GL 30					
	c			h			c			h			c			h		
	$\rho_k = 365 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 390 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 425 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 390 \text{ kg/m}^3$			$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$		
F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	F _{v,Rk} [kN]	t _{1,req} [mm]	t _{2,req} [mm]	
6	1,96	33	27	2,00	32	27	2,03	32	26	2,12	30	25	2,03	32	26	2,13	30	25
8	3,26	42	34	3,32	41	34	3,37	40	33	3,51	39	32	3,37	40	33	3,53	38	32
10	4,81	50	42	4,91	49	41	4,97	49	40	5,19	47	39	4,97	49	40	5,22	46	38
12	6,61	59	49	6,74	57	48	6,83	57	47	7,13	54	45	6,83	57	47	7,17	54	45
16	10,84	75	62	11,06	74	61	11,20	73	60	11,69	70	58	11,20	73	60	11,76	69	58
20	15,80	92	76	16,12	90	75	16,33	89	74	17,05	85	71	16,33	89	74	17,15	85	70
24	21,38	109	91	21,82	107	89	22,10	106	88	23,07	101	84	22,10	106	88	23,21	101	83
30	30,67	136	113	31,29	133	110	31,70	132	109	33,09	126	104	31,70	132	109	33,28	125	104

1) Tragfähigkeitswerte dürfen auch für Passbolzen unter Beachtung von $\Delta F_{v,Rk}$ verwendet werden.

2) t_{2,req} gilt für Mittelhölzer

2.2 Nagelverbindungen (vereinfachte Berechnung nach nationalem Anhang)

Tragfähigkeit je Scherfuge bei Beanspruchung senkrecht zur Stiftachse (Abscheren)

$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{t_1}{t_{1,req}} ; \frac{t_2}{t_{2,req}} ; 1 \right\} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \Delta F_{v,Rk}$	$t_{1(2)}$	vorhandene Einschlagtiefe
	$t_{1(2),req}$	benötigte Einschlagtiefe
	$M_{y,Rk}$	Charakteristischer Wert des Fliemoments
	$f_{h,1(2),k}$	Lochleibungsfestigkeit
	d	Durchmesser des Verbindungsmittels
	$\Delta F_{v,Rk}$	Erhöhung des Tragwiderstandes bei Holzwerkstoff-Holz Verbindungen mit profilierten Nägeln

Holz-Holz Verbindungen	$F_{v,Rd} = 1,0 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1}$
Holzwerkstoff-Holz Verbindungen	$F_{v,Rd} = A \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1}$
Stahlblech-Holz Verbindungen	$F_{v,Rd} = A \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{1,1}$

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
Gipsplatten nach DIN 18180	1,1
innen liegendes oder dickes außen liegendes Blech	1,4
dünnes außen liegendes Blech	1,0

Fließmoment $M_{y,Rk}$ [Nmm]

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

runde glattschaftige Drahtngel $d = \text{Nageldurchmesser in mm}$	$M_{y,Rk} = 0,30 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$
Nägel mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt $d = \text{kleinste Seitenlänge des Querschnitts}$	$M_{y,Rk} = 0,45 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$

$f_u = \text{charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahls in N/mm}^2$

Lochleibungsfestigkeit $f_{h,k}$

(ρ_k [kg/m³]; 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	$f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2}$	$f_{h,k} = 65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1}$

Zementgebundene Spanplatten nach DIN EN 13986 und DIN 634-2	$f_{h,k} = (75 + 1,9 \cdot d) \cdot d^{-0,5} + \frac{d}{10}$
Gipsplatten nach DIN 18180	$f_{h,k} = 3,9 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,7}$
Faserplatten HB.HLA2; harte Holzfaserverplatten 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.

Für Nageldurchmesser $> 8 \text{ mm}$ gelten die charakteristischen Werte der Lochleibungsfestigkeiten für Bolzen

■ Mindestholzdicken

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

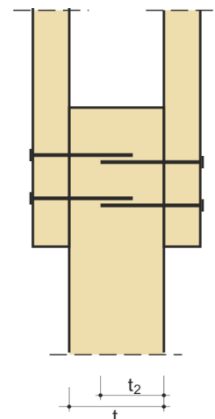
Holz-Holz Verbindungen ($d \leq 8 \text{ mm}$)	$t_{i,\text{req}} = 9 \cdot d$
Holzwerkstoff-Holz Verbindungen	siehe Tabelle NA.14, im NA
Stahlblech-Holz Verbindungen	siehe Tabelle NA.15, im NA

■ Mindestnagelabstände

	Winkel	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	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm} : (5 + 5 \cdot \lvert \cos \alpha \rvert) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm} : (5 + 7 \cdot \lvert \cos \alpha \rvert) \cdot d$	$(7 + 8 \cdot \lvert \cos \alpha \rvert) \cdot d$	$(4 + \lvert \cos \alpha \rvert) \cdot d$
a_2	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$(3 + \lvert \sin \alpha \rvert) \cdot d$
$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(15 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$	$(7 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d$
$a_{3,c}$	$90^\circ \leq \alpha < 270^\circ$	$10 \cdot d$	$15 \cdot d$	$7 \cdot d$
$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm} : (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm} : (5 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$d < 5 \text{ mm} : (7 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm} : (7 + 5 \cdot \sin \alpha) \cdot d$	$d < 5 \text{ mm} : (3 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d$ $d \geq 5 \text{ mm} : (3 + 4 \cdot \sin \alpha) \cdot d$
$a_{4,c}$	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5 \cdot d$	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$

α Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

- Falls $(t - t_2) > 4 \cdot d$, dürfen sich die von beiden Seiten in nicht vorgebohrte Nagellöcher eingeschlagenen Nägel im Mittelholz übergreifen.
- Holz sollte vorgebohrt werden, wenn
 - die charakteristische Rohdichte des Holzes $\geq 500 \text{ kg/m}^3$
 - der Nageldurchmesser $> 6 \text{ mm}$ ist
- Für Holzwerkstoff-Holz Verbindungen gelten die 0,85-fachen obigen Werte. Die Abstände zum Rand und zum Hirnholz bleiben unverändert, sofern nachfolgend nichts anderes festgelegt wird.
- für Gipsplatten-Holz Verbindungen ist der Mindestabstand abweichend zu vorher zu $a_1 = 20 \cdot d$ anzunehmen.
- Bei Stahlblech-Holz Verbindungen gelten für die Abstände untereinander die 0,7-fachen obigen Werte
- Bei BSH aus Nadelholz darf für die Bestimmung der Nagelabstände stets von einer Rohdichte $\rho_k = 420 \text{ kg/m}^3$ ausgegangen werden.



■ Mindestrandabstände

Holzwerkstoff	Rand unbeanspruch	Rand beansprucht
Sperrholz (gilt auch fürs Hirnholz)	$3 \cdot d$	$(3+4 \cdot \sin\alpha) \cdot d$
OSB-Platten, kunstharzgebundene Holzspanplatten, Faserplatten HB.HLA2	$3 \cdot d$	$7 \cdot d$
Gipsplatten	$7 \cdot d$	$10 \cdot d$

■ Höchstabstände

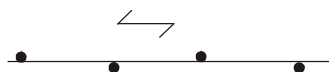
	in Faserrichtung	⊥ zur Faser
Holz	$\leq 40 \cdot d$	$\leq 20 \cdot d$
Holzwerkstoffe	$\leq 40 \cdot d$	$\leq 40 \cdot d$
Gipsplatten	$\min(60 \cdot d; 150\text{mm})$	$\min(60 \cdot d; 150\text{mm})$

■ wirksame Anzahl für mehrere in Faserrichtung in einer Reihe angeordnete Nägel

in einer Reihe rechtwinklig zur Faser nicht um mind. 1d versetzt

$$n_{\text{ef}} = n^{\text{kef}}$$

Nagelabstand	k_{ef}	
	nicht vorgebohrt	vorgebohrt
$a_1 \geq 14d$	1,0	1,0
$a_1 = 10d$	0,85	0,85
$a_1 = 7d$	0,7	0,7
$a_1 = 4d$	-	0,5



Erhöhung der Tragfähigkeit bei profilierten Nägeln

Bei einschnittigen Holzwerkstoff-Holz- (nicht für Gipsplatten) und Stahlblech-Holz-Nagelverbindungen mit profilierten Nägeln:

$$\Delta F_{v,Rk} = \min \{ 0,50 \cdot F_{v,Rk}; 0,25 \cdot F_{ax,Rk} \}$$

■ Hinweise

- Auf Abscheren beanspruchte Verbindungen müssen aus mindestens zwei Nägeln bestehen.
- Bei Einbindelängen $< 4 d$ gilt für die der Nagelspitze nächstliegende Scherfuge $F_{v,Rk} = 0$.
- Wegen der Spaltgefahr muss bei Nagelverbindungen ohne Vorbohren die Dicke von Holzbauteilen mindestens

$$\text{betragen: } t = \max \left\{ 14 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{200} \right\}$$

$$\text{Bei Bauteilen aus Kiefernholz gilt: } t = \max \left\{ 7 \cdot d; (13 \cdot d - 30) \cdot \frac{\rho_k}{400} \right\}$$

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 $10 \cdot d$ sowie bei $420 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$ größer $14 \cdot d$ betragen.

- Bei der Berechnung der Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$ 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 pro Scherfuge bei Holz-Holz-Verbindungen ¹⁾

(pro Scherfuge, Nägel nach DIN EN 10 230)

Vollholz		NH C 24		NH C 30		LH D 30		LH D 35		LH D 40		LH D 60		Mindesteinbinde- tiefe
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3		$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$		$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$		$530 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		
d [mm]	Nagellänge ℓ [mm]	$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$t_{req}=9 \cdot d$ [mm]
		nvb	vb	nvb	vb	vb	vb	vb	vb	vb	vb	vb		
2,7	40, 50, 60	523	599	545	624	737	744	751	847	25				
3,0	50, 60, 70, 80	622	723	648	753	890	898	906	1022	27				
3,4	60, 70, 80, 90	765	904	797	942	1112	1123	1133	1278	31				
3,8	70, 80, 90, 100	919	1102	958	1148	1356	1369	1381	1558	35				
4,2	90, 100, 110	1085	1317	1130	1372	1620	1636	1651	1862	38				
4,6	90, 100, 120	1260	1548	1313	1613	1905	1923	1940	2189	42				
5,0	100, 120, 140	1446	1795	1507	1870	2209	2229	2250	2538	45				
5,5	140	1693	2125	1764	2214	2615	2640	2664	3005	50				

Brettschichtholz		GL 24 h		GL 24 c		GL 28 h		GL 28 c		GL 30 h		GL 30 c		Mindesteinbinde- tiefe
Charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3		$\rho_k = 385 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_k = 365 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_k = 425 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_k = 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_k = 430 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$\rho_k = 390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		
d [mm]	Nagellänge ℓ [mm]	$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$F_{v,Rk}$ [N]		$t_{req}=9 \cdot d$ [mm]
		nvb	vb	nvb	vb	nvb	vb	nvb	vb	nvb	vb	nvb	vb	
2,7	40, 50, 60	548	628	534	611	576	660	552	632	580	664	552	632	25
3,0	50, 60, 70, 80	653	758	635	738	686	796	657	763	690	801	657	763	27
3,4	60, 70, 80, 90	803	948	781	923	843	996	808	954	848	1002	808	954	31
3,8	70, 80, 90, 100	964	1156	939	1125	1013	1214	971	1163	1019	1221	971	1163	35
4,2	90, 100, 110	1138	1381	1108	1345	1195	1451	1145	1390	1202	1459	1145	1390	38
4,6	90, 100, 120	1322	1623	1287	1581	1389	1706	1330	1634	1397	1716	1330	1634	42
5,0	100, 120, 140	1517	1882	1477	1833	1594	1978	1527	1894	1603	1989	1527	1894	45
5,5	140	1775	2229	1729	2170	1865	2342	1787	2243	1876	2355	1787	2243	50

nicht vorgebohrt (nvb), vorgebohrt (vb)

1) Gilt nur für runde glattschaftige Nägel und für Sondernägel mit $f_u = 600 \text{ N/mm}^2$ unter Einhaltung der Mindesteinbinde tiefe.

2.3. Holzschraubenverbindungen

Nachweisführung

Nenndurchmesser	Nachweis der Tragfähigkeit, wirksame Anzahl, Lochleibungsfestigkeit, Mindestholzdicke	Mindestabstände
$d \leq 6 \text{ mm}$	wie Nägel	wie Nägel
$d > 6 \text{ mm}$	wie Bolzen	wie Bolzen

Fließmoment $M_{y,Rk}$ [Nmm]

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

d = Nenndurchmesser der Schraube in mm

$$M_{y,Rk} = 0,30 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

Erhöhung der Tragfähigkeit

Bei einschnittigen Verbindungen mit Holzschrauben gilt:

$$\Delta F_{v,Rk} = \min \{ F_{v,Rk}; 0,25 \cdot F_{ax,Rk} \}$$

Hinweise

- Nenndurchmesser entspricht dem Außendurchmesser des Schraubengewindes.
- Für Schrauben mit teilweise glattem Schaft, bei denen der Außendurchmesser des Gewindeteils gleich dem Schaftdurchmesser ist, gelten die Festlegungen auf Abscheren, vorausgesetzt:
 - der Durchmesser des glatten Schafts wird als wirksamer Durchmesser d_{ef} angenommen
 - Einbindetiefe des glatten Schaftes in das Holz mit der Schraubenspitze beträgt nicht weniger als $4d$
- Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, dann wird zur Berechnung der Tragfähigkeit d_{ef} mit dem 1,1 fachen des Gewindekerndurchmessers angesetzt

Vorböhrn für Holzschrauben nach DIN 7998

$d \leq 6 \text{ mm}$	nicht erforderlich, aber zulässig
$d > 6 \text{ mm}$	auf die Tiefe des glatten Schaftes mit dem Schaftdurchmesser d und Führungsloch des Gewindeteiles mit $0,7 \cdot d$

Stets Vorböhrn 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 vorzuböhrn.

3. Tragfähigkeit bei Beanspruchung in Richtung der Stiftachse

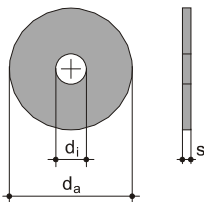
3.1. Beanspruchung in Richtung der Bolzenachse

Hinweise

- Für die Tragfähigkeit in Richtung der Bolzenachse und der Ausziehwiderstand eines Bolzen sollten der kleinere der folgenden Werte angenommen werden:
 - Zugfestigkeit des Bolzen
 - Tragfähigkeit der Unterlegscheibe oder (bei Stahlblech-Holz-Verbindung) des Stahlbleches
- Tragfähigkeit einer Unterlegscheibe sollte unter Annahme eines charakteristischen Wertes der Druckfestigkeit in der Berührungsfläche von $3,0 \cdot f_{c,90,k}$ berechnet werden
- Die Tragfähigkeit eines Stahlbleches sollte auf diejenige einer kreisrunden Unterlegscheibe mit dem kleineren Wert als Durchmesser von:
 - $12 \cdot t$, mit t als Stahlblechdicke
 - $4 \cdot d$, mit d als Bolzendurchmesser
- Hinweise gelten auch für Passbolzen

Tragfähigkeit $F_{ax,Rk}$ Druck in kN \perp zur Faser unter Unterlegscheiben für Schraubenbolzen

Bolzen	d_i [mm]	d_a [mm]	s [mm]	A_{ef} [cm ²]	C24	C30	für alle Brettschichthölzer
M 12	14	58	6	24,88	18,66	20,15	18,66
M 16	18	68	6	33,77	25,32	27,35	25,32
M 20	22	80	8	46,46	34,84	37,63	34,84
M 24	27	105	8	80,86	60,64	65,50	60,64



3.2. Beanspruchung in Richtung der Nagelachse

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

Nägel, mit anderem als glatten

Schaft: ¹⁾ Mindesteindringtiefen

(Nagelung \perp zur Faserrichtung und bei Schrägnagelung)

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{array} \right.$$

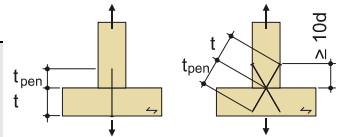
Nägel, glatter Schaft: ¹⁾ Mindesteindringtiefen

(Nagelung \perp zur Faserrichtung und bei Schrägnagelung)

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{ax,k} \cdot d \cdot t + f_{head,k} \cdot d_h^2 \end{array} \right.$$

1) Mindesteindringtiefen

glattschaftige Nägel	8 · d
Nägel mit profilierten Schaft	6 · d



- $f_{ax,k}$ Ausziehfestigkeit
- $f_{head,k}$ Kopfdurchziehfestigkeit
- t_{pen} Eindringtiefe auf der Seite der Nagelspitze oder Länge des profilierten Schaftteils
- t Dicke des Bauteils beim Nagelkopf
- d_h Kopfdurchmesser des VM
- d Nageldurchmesser

Hinweise

- Bei Bauholz mit einer Einbauholzfeuchte gleich oder größer der Fasersättigung ($\geq 30\%$) und der Möglichkeit des Austrocknens im eingebauten Zustand erfolgt bei Nagelverbindungen eine Reduktion von $f_{ax,k}$ und $f_{head,k}$ auf 2/3.
- Bei Stahlblech-Holz-Verbindungen darf Kopfdurchziehen außer Betracht bleiben.
- Die Nagelabstände müssen bei in Schafrichtung beanspruchten Nägeln den Abständen von rechtwinklig zur Schafrichtung beanspruchten Nägeln entsprechen. Bei einer Schrägnagelung muss zum belasteten Hirnholende mindestens ein Abstand von $10 \cdot d$ eingehalten werden.
- Bei Verbindungen mit profilierten Nägeln in vorgebohrten Löchern, darf $f_{ax,k}$ nur zu 70% angesetzt werden, wenn das Bohrloch nicht größer als der Kerndurchmesser ist.

Charakteristische Werte für die Auszieh- und Kopfdurchziehfestigkeit

Nägel nach DIN EN 14592

Nageltyp	$f_{ax,k}$	$f_{head,k}$ ¹⁾	Nageltyp	$f_{ax,k}$	$f_{head,k}$ ¹⁾
glattschaftige Nägel ³⁾	$20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	Profilierte Nägel der Tragfähigkeitsklasse ⁴⁾		
			1 bzw. A	$30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
			2 bzw. B	$40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
			3 bzw. C	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

charakteristische Rohdichte ρ_k in kg/m^3 , jedoch höchstens $500 kg/m^3$

- 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 $\rho_k = 380 kg/m^3$ in Rechnung zu stellen. Bei $12 mm \leq$ Plattendicke $< 20 mm$ ist anzusetzen $f_{2,k} = 8 N/mm^2$ und für Plattendicke $< 12 mm$ ist $R_{ax,k} = 400 N$ anzunehmen.
- 2) **Holzschrauben nach DIN 7998 dürfen in die Tragfähigkeitsklasse 2A eingestuft werden.**
- 3) gilt für eine Eindringtiefe von mind. $12d$, sonst sollte die Ausziehfestigkeit mit $(t_{pen} / 4d - 2)$ multipliziert werden
- 4) gilt für eine Eindringtiefe von mind. $8d$, sonst sollte die Ausziehfestigkeit mit $(t_{pen} / 2d - 3)$ multipliziert werden

3.3. Beanspruchung in Richtung der Schraubenachse

Charakteristischer Wert des Ausziehwiderstandes

Schrauben nach EN 14592:

$$6\text{mm} \leq d \leq 12\text{mm}$$

$$0,6 \leq \frac{d_1}{d} \leq 0,75$$

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot \ell_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}$$

mit $f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot \ell_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8}$

d Außendurchmesser des Gewindes
 d_1 Innendurchmesser des Gewindes
 $f_{ax,k}$ Ausziehfestigkeit \perp zur Faser
 n_{ef} wirksame Anzahl von Schrauben
 ℓ_{ef} Eindringtiefe des Gewindeteils in mm

und $k_d = \min\left\{\frac{d}{8}; 1\right\}$

bei anderen Gewinden gilt:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot \ell_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8}$$

$f_{ax,k}$ nach EN 14592 charakteristischer Ausziehparameter \perp zur Faser
 ρ_a zugehörige Rohdichte zu $f_{ax,k}$

Charakteristischer Wert des Durchziehwiderstandes

bei Verbindungen unter einem Winkel $\alpha \geq 30^\circ$ zur Faser

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8}$$

$f_{head,k}$ char. Durchziehparameter nach EN 14592
 d_h Durchmesser des Schraubenkopfes in mm

Charakteristische Zugfestigkeit der Verbindung

$$F_{t,Rk} = n_{ef} \cdot f_{tens,k}$$

$f_{tens,k}$ char. Zugwiderstand der Schraube nach EN 14592
 n_{ef} wirksame Anzahl

Wirksame Anzahl der Schrauben

Schraubengruppe, die durch ein Kraftkomponente in Schaftrichtung beansprucht wird

$$n_{ef} = n^{0,9}$$

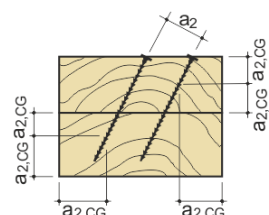
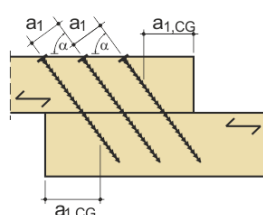
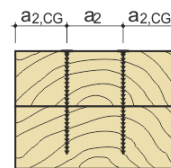
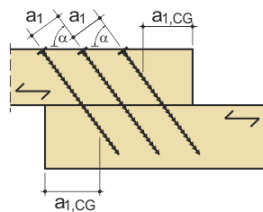
n_{ef} wirksame Anzahl der Schrauben
 n Anzahl der Schrauben in einer Verbindung

Hinweise

- geringste Einbindetiefe des Gewindeteils auf der Seite der Schraube sollte $6d$ betragen
- Zugfestigkeit der Verbindung gilt für Abreißwiderstand des Schraubenkopfes sowie Zugwiderstand des Schaftes

Mindestschraubenabstände

- a_1 Mindest-Schraubenabstand in einer parallel zur Faserrichtung und Schraubennachse liegenden Ebene $7 \cdot d$
- a_2 Mindest-Schraubenabstand rechtwinklig zu einer parallel zur Faserrichtung und Schraubennachse liegenden Ebene $5 \cdot d$
- $a_{1,CG}$ Mindestabstand der Hirnholenden zum Schwerpunkt des Schraubengewindes im Bauteil $10 \cdot d$
- $a_{2,CG}$ Mindestabstand des Schwerpunkts des Schraubengewindes im Bauteil $4 \cdot d$



4. Tragfähigkeit kombiniert beanspruchter Nägel und Holzschrauben

Nachweis der Tragfähigkeit

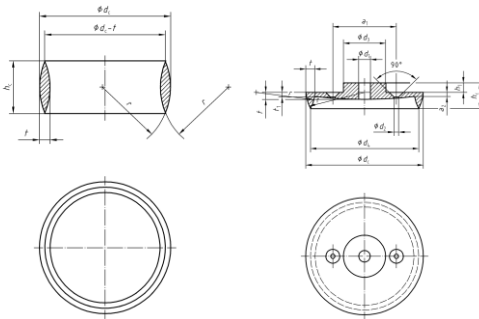
$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^m + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^m \leq 1$	$F_{ax,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit parallel zur Stiftachse (Herausziehen)
	$F_{v,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit rechtwinklig zur Stiftachse (Abschern)
	$m = 1$	für glattschaftige Nägel
	$m = 2$	für Nägel mit anderem als glatten Schaft und für Holzschrauben

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

5. Dübel besonderer Bauart

■ charakteristischer Wert der Tragfähigkeit $F_{v,Rk}$

Ring- und Scheibendübel (Typ A/B)



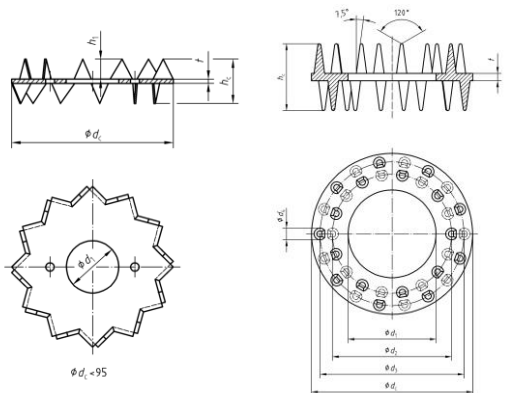
Ringdübel Typ A

Scheibendübel Typ B

Die Tragfähigkeit der Verbindungseinheit bestimmt sich nur aus der Tragfähigkeit der Dübel besonderer Bauart in Abhängigkeit vom Kraftfaserwinkel.

$$F_{v,\alpha,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_\alpha \cdot 35 \cdot d_c^{1,5} \\ k_1 \cdot k_3 \cdot h_e \cdot k_\alpha \cdot 31,5 \cdot d_c \end{array} \right. \quad \text{in N}$$

Scheibendübel mit Zähnen oder Dornen (Typ C)



Scheibendübel

Scheibendübel

Typ C1: doppelseitig Typ C10: doppelseitig

Typ C2: einseitig Typ C11: einseitig

Die Tragfähigkeit der Verbindungseinheit setzt sich aus der Tragfähigkeit der Dübel besonderer Bauart **und** der Tragfähigkeit der zugehörigen Bolzen zusammen.

$$F_{v,0,Rk} = \begin{cases} k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot 18 \cdot d_c^{1,5} & \text{C1 und C2} \\ k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot 25 \cdot d_c^{1,5} & \text{C10 und C11} \end{cases} \quad \text{in N}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit $F_{v,Rd}$

$$F_{v,0,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,0,Rk}}{\gamma_M} \quad \text{bzw.} \quad F_{v,\alpha,Rd} = k_{mod} \frac{F_{v,\alpha,Rk}}{\gamma_M} \quad \text{in N} \quad \text{mit } \gamma_M = 1,30$$

Definition der Beiwerte k_i

- Einfluss der Seiten- bzw. Mindestholzdicke

$$k_1 = \min \begin{cases} 1 \\ t_1 / (3 \cdot h_e) \\ t_2 / (5 \cdot h_e) \end{cases} \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} \text{Seitenholzdicke} \quad t_{1,\min} = 2,25 \cdot h_e \\ \text{Mittelholzdicke} \quad t_{2,\min} = 3,75 \cdot h_e \end{array}$$

- Einfluss des Abstandes vom beanspruchten Hirnholzende ($-30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$, für andere Werte von α ist $k_2 = 1,0$)

für Dübel Typ A1 und B1	für Dübel Typ C1 und C2
$k_2 = \min \begin{cases} k_a \\ a_{3,t} / (2 \cdot d_c) \end{cases}$	$k_2 = \min \begin{cases} 1,0 \\ a_{3,t} / (1,5 \cdot d_c) \end{cases} \quad \text{mit} \quad a_{3,t} = \max \begin{cases} 1,1 \cdot d_c \\ 7 \cdot d \\ 80 \text{ mm} \end{cases}$
Bei Verbindungen mit einem Dübel pro Scherfuge: $k_a = 1,25$ mit mehr als einem Dübel pro Scherfuge: $k_a = 1,0$	für Dübel Typ C10 und C11
	$k_2 = \min \begin{cases} 1,0 \\ a_{3,t} / (2 \cdot d_c) \end{cases} \quad \text{mit} \quad a_{3,t} = \max \begin{cases} 1,5 \cdot d_c \\ 7 \cdot d \\ 80 \text{ mm} \end{cases}$

- Einfluss der Rohdichte

für Dübel Typ A1 und B1	für Dübel Typ C1 bis C11
$k_3 = \min \begin{cases} 1,75 \\ \rho_k / 350 \end{cases}$	$k_3 = \min \begin{cases} 1,5 \\ \rho_k / 350 \end{cases}$

- Einfluss der an der Verbindung beteiligten Werkstoffe

$$k_4 = \begin{cases} 1,0 & \text{für Holz-Holz-Verbindungen} \\ 1,1 & \text{für Stahlblech-Holz-Verbindungen} \end{cases} \quad \text{nur für Dübel Typ A1 und B1}$$

- Einfluss des Kraft-Faser-Winkels

$\alpha = 0^\circ$	$k_\alpha = 1,0$	nur für Dübel Typ A1 und B1
$\alpha > 0^\circ$	$k_\alpha = \frac{1}{(1,3 + 0,001 \cdot d_c) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$	

Maximaler Modifikationsbeiwert k_3 in Abhängigkeit von der charakteristischen Rohdichte ρ_k

C 24	C 30	D30	D 40	D60	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL30c	GL30h	GL32c	GL32h
350	380	530	540	700	365	385	390	425	390	430	400	440
1,00	1,09	1,51	1,54	2,00	1,04	1,10	1,11	1,21	1,11	1,23	1,14	1,26

Modifikationsbeiwert k_α für die Dübeltypen A und B

α	$d_c = 65 \text{ mm}$	$d_c = 80 \text{ mm}$	$d_c = 95 \text{ mm}$	$d_c = 126 \text{ mm}$	$d_c = 128 \text{ mm}$	$d_c = 160 \text{ mm}$	$d_c = 190 \text{ mm}$
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

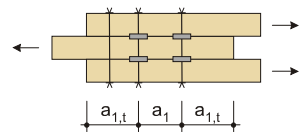
n	α	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10
n_{ef}	0°	2,00	2,85	3,6	4,25	4,8	5,25	5,6	5,85	6,00
	30°	2,00	2,90	3,73	4,50	5,20	5,83	6,40	6,90	7,33
	45°	2,00	2,93	3,80	4,63	5,40	6,13	6,80	7,43	8,00
	60°	2,00	2,95	3,87	4,75	5,60	6,42	7,20	7,95	8,67

Mindestabstände für Dübel besonderer Bauart

	Dübeltyp A und B	Dübeltyp C1 und C2	Dübeltyp C10 und C11	Bolzen
$a_1 \quad 0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(1,2 + 0,3 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(1,2 + 0,8 \cdot \cos \alpha) \cdot d_c$	$(3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d_b$ (min. $4 \cdot d_b$)
$a_2 \quad 0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$4 \cdot d_b$
$a_{3,t} \quad -90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$2,0 \cdot d_c$	$1,5 \cdot d_c$	$2,0 \cdot d_c$	$7 \cdot d_b$ (min. 80mm)
$a_{3,c} \quad 90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$7 \cdot d_b \cdot \sin \alpha$ (min. $4 \cdot d_b$)
	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	$1,2 \cdot d_c$	
	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,9 + 0,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,4 + 1,6 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	
$a_{4,t} \quad 0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$(0,6 + 0,2 \cdot \sin \alpha) \cdot d_c$	$3 \cdot d_b$
$a_{4,c} \quad 180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$0,6 \cdot d_c$	$0,6 \cdot d_c$	$0,6 \cdot d_c$	$3 \cdot d_b$

d_c = Dübeldurchmesser, d_b = Bolzendurchmesser

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



Kennwerte für Dübel besonderer Bauart

Typ	Durchmesser	Höhe	Einlasstiefe/ Einpresstiefe	Dicke	Dübelnfläche	Mindestholzdicke Seitenholz ³⁾	Mindestholzdicke Mittelholz ³⁾	Mindestbolzen- durchmesser ⁶⁾	Mindestholzbreite	Mindestend- abstand	charakteristische Tragfähigkeit ^{1),2)}
	d _c [mm]	h _c [mm]	h _e [mm]	t [mm]	ΔA [mm ²]	t ₁ [mm]	t ₂ [mm]	d _b [mm]	b [mm]	a _{1,1} [mm]	F _{v,0,Rk} [kN]
A1 ⁷⁾	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	34,5	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 ⁵⁾	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 ⁵⁾	50	27,0	12,0	3,0	460	36	60	10	60	100	8,8
	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 ≤ 95 mm dürfen Sondernägels oder Holzschrauben anstelle des Bolzens verwendet werden

5) Bei d_c ≤ 117 mm dürfen Sondernägels oder Holzschrauben anstelle des Bolzens verwendet werden. Die Tragfähigkeit dieser Verbindungsmittel ist zusätzlich in Rechnung zu stellen

6) Maximaler Bolzendurchmesser siehe DIN 1052

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

Genaue Berechnung (nur bei Verbindungen mit metallischen Verbindungsmitteln)

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

$$\text{mit } K = \frac{K_u}{\gamma_M} = \frac{2}{3} \cdot \frac{K_{ser}}{\gamma_M}$$

Verschiebungsmoduln K_{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
Stabdübel, Bolzen mit oder ohne Lochspiel ¹⁾ , Schrauben, Nägel (vorgebohrt)	$\rho_m^{1,5} \cdot d / 23$
Nägel (nicht vorgebohrt)	$\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 30$
Klammern	$\rho_m^{1,5} \cdot d^{0,8} / 80$
Ringdübel Typ A und Scheibendübel Typ B nach EN 912	$\rho_m \cdot d_c / 2$
Scheibendübel mit Zähnen Typen C1 bis C9 nach EN 912	$1,5 \cdot \rho_m \cdot d_c / 4$
Scheibendübel mit Zähnen Typen C10, C11 nach EN 912	$\rho_m \cdot d_c / 2$

a) Das Lochspiel ist zusätzlich zu der Verschiebung hinzuzurechnen

ρ_m Mittelwert der Rohdichte kg/m^3 ,

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}} \quad \text{bei unterschiedlichen mittleren Rohdichten } \rho_{m,1} \text{ und } \rho_{m,2} \text{ von zwei miteinander verbundenen Holzwerkstoffteilen}$$

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

d Stiftdurchmesser in mm

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

Bei Stahlblech-Holz- oder Beton-Holz-Verbindungen sollte K_{ser} mit dem Faktor 2,0 multipliziert werden

7. Zimmermannmäßige Verbindungen

Nachweis der Tragfähigkeit von Versätzen

Nachweis der Aufnahme der Strebenkraft in der Kontaktfläche:

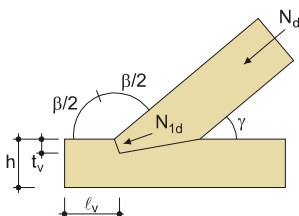
$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1 \quad \text{bzw.} \quad \frac{N_{l(2),d} / A_{\text{Kontakt}}}{k_{c,\alpha} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

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

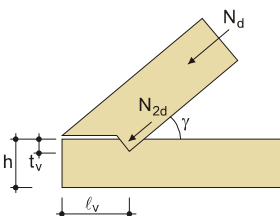
Nachweis der erforderlichen Vorholzlänge der Schwelle infolge Abscherbeanspruchung

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

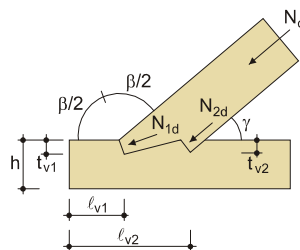
Stirnversatz (S)



Fersenversatz (F)



Doppelter Versatz (D)



$$R_{S,d} = b \cdot t_v \cdot f_{c,0,d} \cdot k_S \stackrel{!}{\geq} N_d$$

$$R_{F,d} = b \cdot t_v \cdot f_{c,0,d} \cdot k_F \stackrel{!}{\geq} N_d$$

$$R_{D,d} = R_{S,d} + R_{F,d} \stackrel{!}{\geq} N_d$$

$$\ell_v \geq \frac{N_d \cdot \cos \gamma}{b \cdot k_{cr} \cdot f_{v,d}}$$

$$\ell_v \geq \frac{N_d \cdot \cos \gamma}{b \cdot k_{cr} \cdot f_{v,d}}$$

$$\ell_{v,1} \geq \frac{N_{S(1),d} \cdot \cos \gamma}{b \cdot k_{cr} \cdot f_{v,d}} \quad \ell_{v,2} \geq \frac{N_d \cdot \cos \gamma}{b \cdot k_{cr} \cdot f_{v,d}}$$

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

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

Werte für Nadelholz C 24

mit $f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$; $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$; $f_{v,k} = 4,0 \text{ N/mm}^2$ gemäß DIN EN 338:2010-02

γ	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
k_S	0,976	0,958	0,937	0,912	0,886	0,860	0,835	0,812	0,792	0,775
k_F	0,881	0,808	0,736	0,671	0,620	0,582	0,560	0,553	0,564	0,596

Werte für Brettschichtholz GL24c

mit $f_{c,0,g,k} = 21,5 \text{ N/mm}^2$; $f_{c,90,g,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$; $f_{v,g,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$ gemäß DIN EN 14080:2013-09

γ	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
k_S	0,957	0,928	0,896	0,863	0,830	0,799	0,772	0,748	0,729	0,714
k_F	0,833	0,751	0,678	0,618	0,573	0,543	0,526	0,524	0,538	0,572

■ Grundlagen für die Konstruktion von Versätzen

Versatztiefen	für $\gamma \leq 40^\circ$	$t_v \leq h / 4$
	$\gamma \geq 60^\circ$	$t_v \leq h / 6$
Vorholzlängen	$l_v \geq 200 \text{ mm}$ $l_v \leq 8 \cdot t_v$	als Mindestlänge als rechnerisch ansetzbare Länge

8. Zugstöße und Zugverbindungen

Die Außenlaschen erhalten aus der ausmittigen Kräfteinleitung 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

Änderungsvermerke:

- **Erstellungsdatum 04.06.2012**
- **Überarbeitung am 23.07.2012**
- **Anpassung am 15.08.2012 auf die Festigkeitswerte für BSH nach DIN 1052:2008-12 mit Ausnahme von $f_{v,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$ für alle BSH; Anpassung der k_s - und k_f -Werte für BSH in der untersten Tabelle auf Seite 19 (zimmermannsmäßige Verbindungen).**
- **Redaktionelle Änderungen (Schreibfehler korrigiert) am 02.06.2014 vorgenommen.**
- **Am 26.05.2015 Tabelle für $F_{ax,Rk}$ auf Seite 14 angepasst;**
- **Anpassung der Gleichung für die Bestimmung der effektiven Anzahl der Stabdübel hintereinander auf Seite 5; Kapitel 7 überarbeitet; Kapitel 5 „Dübel besonderer Bauart“ wieder aufgenommen**
- **Im Juli 2016: Seite 22 Werte für Versätze angepasst**
- **Im Juli 2017: charakteristische Rohdichte der Brettschichthölzer in den Tabellen angepasst**
- **Im Oktober 2017: Tabellen auf Seite 8 ($f_{h,k}$) und Seite 9 ($F_{v,Rk}$ für Brettschichtholz) angepasst**
- **Im September 2018: Tabellenbezüge zu Mindestholzdicken auf Seite 11 angepasst.**
- **Stabdübeltragfähigkeiten in Tabelle auf Seite 9 für BSHW angepasst**