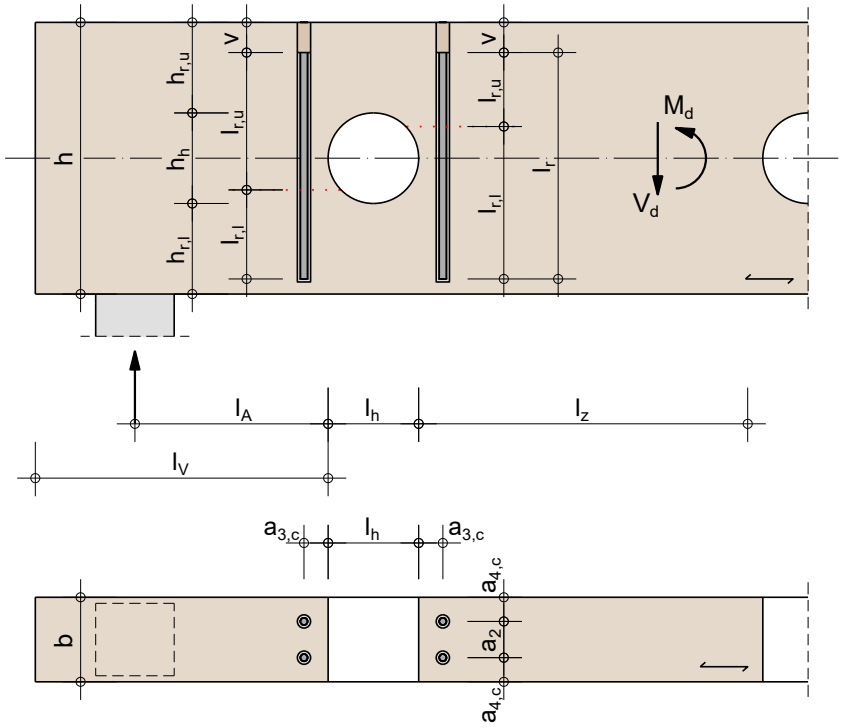
Nachweis kreisförmiger Durchbruch

nach ETA-19/0194 vom 12.09.2019

Anschluss & Geometrie

eingeklebte Gewindestangen - direktes Befüllen der Injektion mit Hilti Dosiersystem



Geometrie:	Brettschichtholz, GL24c	b/h = 200/400 mm	ρ_k = 365 kg/m^3
	$h_{r,u}$ = 130 mm	h_h = 120 mm	$h_{r,l}$ = 150 mm
	h_h/l_h = 120/120 mm	l_A = 450 mm	l_V = 500 mm
	l_z = 400 mm		
Verbindungsmittel:	**2x2 M12 Hilti AM 5.8**	**Hilti HIT-RE 500 V3**	ETA-19/0194
	d = 12 mm	d_{drill} = 14 mm	v = 0.0 mm
	l_r = 380 mm		
	a_2 = 100.0 mm	$a_{3,c}$ = 50.0 mm	$a_{4,c}$ = 50.0 mm

Beanspruchung

Nutzungsklasse	NKL2 - Überdachte offene Tragwerke			
	V_d = 18.00 kN	M_d = 5.00 kNm	KLED: mittel	k_{mod} = 0.80

maßgebender Nachweis:	0.60 $\leq$ 1.00	**Nachweis erfüllt**

Bemessung

Überprüfung der Mindestabstände des Verbindungsmittels

a_2 = 100.0 mm $\geq$	$a_{2,min} = 4d$ = 48.0 mm	nach DIN EN 1995-1-1:2013-08/NA, Tab. NA.23
$a_{3,c}$ = 50.0 mm $\geq$	$a_{3,c,min} = 2.5d$ = 30.0 mm	nach DIN EN 1995-1-1:2013-08/NA, Tab. NA.23
$a_{4,c}$ = 50.0 mm $\geq$	$a_{4,c,min} = 2.5d$ = 30.0 mm	nach DIN EN 1995-1-1:2013-08/NA, Tab. NA.23

Bemessungslasten

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d * 0.7 * h_h}{4 * h} * \left[3 - \frac{(0.7 * h_h)^2}{h^2}\right] = \frac{18.00 * 0.7 * 120}{4 * 400} * \left[3 - \frac{(0.7 * 120)^2}{400^2}\right] = 2.79 \text{ kN} \quad \text{(NA.67)}$$

$$h_r = min\{h_{r,u} + 0.15 * h_h; h_{r,l} + 0.15 * h_h\} = min\{130 + 0.15 * 120; 150 + 0.15 * 120\} = 148 \text{ mm}$$

$$F_{t,M,d} = 0.008 * \frac{M_d}{h_r} = 0.008 * \frac{5.00}{148 * 10^{-3}} = 0.27 \text{ kN} \quad \text{(DIN EN 1995-1-1/NA, NA.68)}$$

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} = 2.79 + 0.27 = 3.06 \text{ kN} \quad \text{(DIN EN 1995-1-1/NA, NA.66)}$$

unverstärkte Durchbrüche

Mindest- und Höchstmaße für unverstärkte Durchbrüche:

l_V = 500 mm $\geq$	h = 400 mm	Bedingung nach NCI NA.6.7 erfüllt
l_z = 400 mm $\geq$	$1.5 * h$ = 600 mm	Bedingung nach NCI NA.6.7 nicht erfüllt
l_A = 450 mm $\geq$	$h/2$ = 200 mm	Bedingung nach NCI NA.6.7 erfüllt
$h_{r,u(r,l)}$ = 130 mm $\geq$	$0.35 * h$ = 140 mm	Bedingung nach NCI NA.6.7 nicht erfüllt
l_h = 120 mm $\leq$	$0.4 * h$ = 160 mm	Bedingung nach NCI NA.6.7 erfüllt
h_h = 120 mm $\leq$	$0.15 * h$ = 60 mm	Bedingung nach NCI NA.6.7 nicht erfüllt

Mindestens eine der geometrischen Randbedingungen zur Ausführung unverstärkter Durchbrüche ist nicht erfüllt. Der Durchbruch muss verstärkt werden.

verstärkte Durchbrüche

Mindest- und Höchstmaße für verstärkte Durchbrüche nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 NCI NA.6.8.4:

l_V = 500 mm $\geq$	h = 400 mm	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
l_z = 400 mm $\geq$	h = 400 mm	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
l_A = 450 mm $\geq$	$h/2$ = 200 mm	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$h_{r,u(r,l)}$ = 130 mm $\geq$	$0.25 * h$ = 100 mm	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
l_h = 120 mm $\leq$	h = 400 mm	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
l_h/h_h = 2.5 $\leq$	2.5	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
h_h = 120 mm $\leq$	$0.3 * h$ = 120 mm	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt

Biegespannungsnachweis am Durchbruch

Bauteil: Brettschichtholz, GL24c $f_{v,k}$ = 3.50 N/mm² $f_{m,k}$ = 24.00 N/mm²

$$I_{netto} = \frac{b*h^3}{12} - \left[\frac{b*h_h^3}{12} + h_h*b*\left(\frac{h}{2} - h_{r,u} - \frac{h_h}{2}\right)^2\right]$$
$$= \frac{200*400^3}{12} - \left[\frac{200*120^3}{12} + 120*200*\left(\frac{400}{2} - 130 - \frac{120}{2}\right)^2\right] = 1035466667 \text{ mm}^4$$

$$W_{netto} = \frac{I_{netto}}{\frac{h}{2}} = \frac{1035466667}{\frac{400}{2}} = 5177333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_{netto}} = \frac{5.00*10^6}{5177333} = 0.97 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0.80 * \frac{24.0}{1.30} = 14.77 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis Biegespannung:	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0.97}{14.77} =$	$0.07 \leq 1.00$

Schubspannung am Durchbruch

$$\kappa_{max} = 1.84 * \left(1 + \frac{l_h}{h}\right) * \left(\frac{h_h}{h}\right)^{0.2} = 1.84 * \left(1 + \frac{120}{400}\right) * \left(\frac{120}{400}\right)^{0.2}$$ (aus [1], E 11.4.4)
$$= 1.88$$

$$k_{cr} = \frac{2.50}{f_{v,k}} = \frac{2.50}{3.50} = 0.71$$

$$b_{ef} = k_{cr} * b = 0.71 * 200 = 142 \text{ mm}$$

$$\tau_{max,d} = \kappa_{max} * \frac{1.5 * V_d}{b_{ef} * (h - h_h)} = 1.88 * \frac{1.5 * 18.00 * 10^3}{142 * (400 - 120)} = 1.28 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0.80 * \frac{3.50}{1.30} = 2.15 \text{ N/mm}^2$$

Schubspannungsnachweis:	$\frac{\tau_{max,d}}{f_{v,d}} = \frac{1.28}{2.15} =$	$0.60 \leq 1.00$

Klebefugenfestigkeit

links des Durchbruchs:	$l_{r,l}$ = 148 mm	$l_{r,u}$ = 232 mm
rechts des Durchbruchs:	$l_{r,l}$ = 232 mm	$l_{r,u}$ = 148 mm

$$l_{ad} = min\left\{l_{r,l}; l_{r,u}\right\} = min\left\{148; 232\right\} = 148 \text{ mm}$$

Überprüfung der Einklebelänge l_{ad} nach TR 070, Gl. 4.4 und ETA-19/0194:

$$l_{ad,min} = max\left\{0.5 * d^2; 10 * d; 100 \text{ mm}\right\} = max\left\{72; 120; 100\right\} = 120 \text{ mm} \leq l_{ad} = 148 \text{ mm}$$

$l_{ad,max} = min\left\{40 * d; 750\ \text{mm}\right\} = min\left\{480; 750\right\} = 480\ \text{mm} \geq l_{ad} = 148\ \text{mm}$

$n_{ef} = n^{0.9} = 2^{0.9} = 1.87$

$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_{ef} * d * \pi * l_{ad}} = \frac{3.08 * 10^3}{1.87 * 12 * \pi * 148} = 0.30\ \text{N/mm}^2$ (NA.86)

$f_{vr,k} = 4.30\ \text{N/mm}^2$ (ETA-19/0194)

$f_{vr,d} = k_{mod} * \frac{f_{vr,k}}{\gamma_M} = 0.8 * \frac{4.30}{1.30} = 2.65\ \text{N/mm}^2$

Nachweis der Klebefugenfestigkeit:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{vr,d}} = \frac{0.30}{2.65}$ =	$0.11 \leq 1.00$

Stahlzugtragfähigkeit

Verbindungsmittel:	**2x2 M12 Hilti AM 5.8**	Hilti AG	ETA-19/0194
	f_{uk} = 500 N/mm²	f_{yk} = 400 N/mm²	$A_s = A_{ef}$ = 0.843 cm²

Stahlzugtragfähigkeit einer Gewindestange:

$F_{t,d} = f_{yd} * A_{ef} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} * A_{ef} = \frac{400}{1.30} * 0.843 * 10^{-1} = 25.94\ \text{kN}$ (DIN EN 1995-1-1/NA, NA.155)

Stahlzugtragfähigkeit der Verbindung:

$F_{t,Rd} = n_{ef} * F_{t,d} = n^{0.9} * F_{t,d} = 2^{0.9} * 25.94 = 48.41\ \text{kN}$

Nachweis Stahlzugtragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,Rd}} = \frac{4.24}{48.41}$ =	$0.09 \leq 1.00$

Dehnvermögen des Holzes

$F_{ax,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} * E_s * A_s * \varepsilon_{u,tim}$
$= \frac{0.80}{1.30} * 210000 * 10^{-1} * 0.843 * 2.2 * 10^{-3} = 23.97\ \text{kN}$ (FprEN 1995-1-1, Gl. 11.85)

$F_{ax,Rd} = n_{ef} * F_{ax,d} = n^{0.9} * F_{ax,d} = 2^{0.9} * 23.97 = 44.73\ \text{kN}$

Dehnvermögen des Holzes:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{4.24}{44.73}$ =	$0.09 \leq 1.00$

Zusammenstellung der Ergebnisse

Nachweis Biegespannung:	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0.97}{14.77} =$	$0.07 \leq 1.00$
Schubspannungsnachweis:	$\frac{\tau_{max,d}}{f_{v,d}} = \frac{1.28}{2.15} =$	$0.60 \leq 1.00$
Nachweis der Klebefugenfestigkeit:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{vr,d}} = \frac{0.30}{2.65} =$	$0.11 \leq 1.00$
Nachweis Stahlzugtragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,Rd}} = \frac{4.24}{48.41} =$	$0.09 \leq 1.00$
Dehnvermögen des Holzes:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{4.24}{44.73} =$	$0.09 \leq 1.00$

maßgebender Nachweis:	$0.60 \leq 1.00$	**Nachweis erfüllt**

Hinweise

- Die Installation erfolgt durch direktes Befüllen der Injektion mit dem Hilti Dosiersystem.

Ausführung und Überwachung

- Die Installationsanweisungen der ETA sind zu beachten (z. B. die Dokumentation der Holzfeuchte, Temperatur während der Verklebung und Aushärtung, Klebermenge, Anfangs- und Endzeitpunkt der Verklebung etc.).
- Die Klebefugendicke t_b ist einzuhalten.
- Es ist auf saubere und unverbrannte Bohrlochwände zu achten.
- Abstandshalter und Zentrierhilfen sind zu verwenden.
- Die Herstellung von geklebten Verbindungen erfordert in einigen Ländern eine Bescheinigung über den Nachweis der Eignung zum Kleben tragender Holzbauteile gemäß DIN 1052-10:2012, Tabelle 2. Es ist zu prüfen ob diese Bescheinigung erforderlich ist und ob das ausführende Unternehmen eine entsprechende Qualifikation vorweisen kann.

verwendete Normen

DIN EN 14080:2013-09	Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz
DIN EN 1995-1-1:2010-12	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen, Teil 1-1
DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07	Änderung A2 zu EC5
DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08	Nationaler Anhang (EC5)
TR 070 aus Oktober 2019	Design of Glued-in Rods for Timber Connections European Organisation for technical Assessment
ETA-19/0194 vom 12.09.2019	Hilti HIT-RE 500 V3 Glued-in rods for timber connections Hilti Aktiengesellschaft, 9494 Schaan, Fürstentum Liechtenstein
[1]	Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken Auflage 1, August 2004