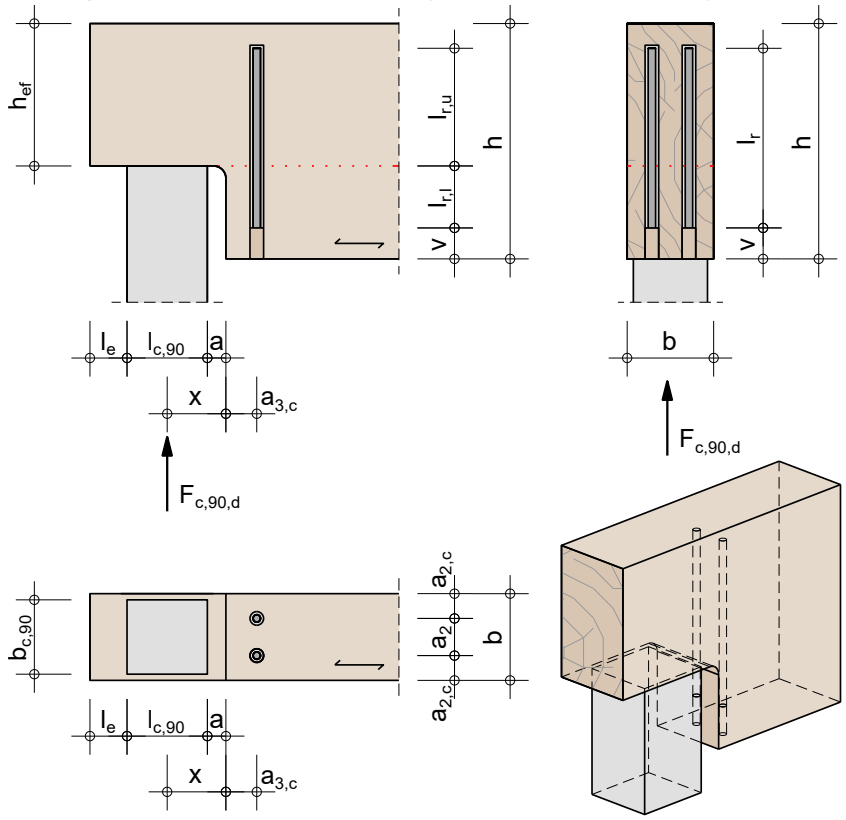
Nachweis Ausklinkung

nach ETA-19/0194 vom 12.09.2019

Anschluss & Geometrie

eingeklebte Gewindestangen - direktes Befüllen der Injektion mit Hilti Dosiersystem



Bauteile:	Brettschichtholz, GL24c	b/h = 200/1000 mm	ρ_k = 365 kg/m^3
	h_{ef} = 700 mm	a = 30 mm	x = 80 mm
	l_e = 20 mm	$l_{c,90}$ = 100 mm	$b_{c,90}$ = 180 mm
Verbinder:	**1x2 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 = 800 mm	$l_{r,l}$ = 300 mm	$l_{r,u}$ = 500 mm
	n_x = 1	$a_{3,c}$ = 50.0 mm	
	n_y = 2	$a_{2,c}$ = 50.0 mm	a_2 = 100.0 mm

Beanspruchung

Nutzungsklasse	NKL2 - Überdachte offene Tragwerke		
$F_{c,90,d}$ =	120.00 kN	KLED: mittel	k_{mod}: 0.8

Nachweis:	0.84 $\leq$ 1.00	**Nachweis erfüllt**

Bemessung

Überprüfung der Mindestabstände

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

Querdrucktragfähigkeit (ohne Verstärkung)

Bauteil:	Brettschichtholz, GL24c	$f_{c,90,k}$ = 2.50 N/mm²	$k_{c,90}$ = 1.75
	Auflagerfläche:	$l_{c,90}$ = 100 mm	$b_{c,90}$ = 180 mm

$A_{ef,1} = b_{c,90} * (l_{c,90} + min\{30; a\} + min\{30; l_e\}) = 180 * (100 + min\{30; 30\} + min\{30; 20\}) = 27000$ mm²

$f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0.8 * \frac{2.50}{1.30} = 1.54$ N/mm²

$F_{c,90,Rd} = A_{ef,1} * k_{c,90} * f_{c,90,d} = 27000 * 1.75 * 1.54 * 10^{-3} = 72.77$ kN

Nachweis Querdrucktragfähigkeit:	$\frac{F_{c,90,d}}{F_{c,90,Rd}} = \frac{120.00}{72.77}$ = Querdruckverstärkung erforderlich!	1.65 $\geq$ 1.00

Schubspannung im reduzierten Querschnitt

Bauteil:	Brettschichtholz, GL24c	b/h_{ef} = 200/700 mm	$f_{v,k}$ = 3.50 N/mm²

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

$A_{red,ef} = k_{cr} * b * h_{ef} = 0.71 * 200 * 700 = 99400$ mm²

$\tau_d = 1.5 * \frac{F_{c,90,d}}{A_{red,ef}} = 1.5 * \frac{120.00 * 10^3}{99400} = 1.81$ N/mm²

$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0.80 * \frac{3.50}{1.30} = 2.15$ N/mm²

Schubspannungsnachweis red. Querschnitt:	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1.81}{2.15}$ =	0.84 $\geq$ 1.00

Schubspannungsnachweis am ausgeklinkten Auflager (ohne Verstärkung)

$i = 0$ mm

$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} = \frac{700}{1000} = 0.70$

$x = 80$ mm

$$k_n = 6.5 \tag{6.63}$$

$$k_v = min \begin{Bmatrix} 1 \\ \dfrac{k_n * \left(1 + \dfrac{1.1 * i^{1.5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} * \left(\sqrt{\alpha * (1-\alpha)} + 0.8 * \dfrac{x}{h} * \sqrt{\dfrac{1}{\alpha} - \alpha^2}\right)} \end{Bmatrix} \tag{6.62}$$

$$= min \begin{Bmatrix} 1 \\ \dfrac{6.5 * \left(1 + \dfrac{1.1 * 0^{1.5}}{\sqrt{1000}}\right)}{\sqrt{1000} * \left(\sqrt{0.70 * (1-0.70)} + 0.8 * \dfrac{80}{1000} * \sqrt{\dfrac{1}{0.70} - 0.70^2}\right)} = 0.40 \end{Bmatrix}$$

$$= 0.40$$

$$k_{cr} = \frac{2.5}{f_{v,k}} = \frac{2.5}{3.50} = 0.71$$

$$A_{ef} = k_{cr} * b * h_{ef} = 0.71 * 200 * 700 = 99400 \text{ mm}^2$$

$$\tau_d = 1.5 * \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} = 1.5 * \frac{120.00 * 10^3}{99400} = 1.81 \text{ N/mm}^2$$

Schubspannungsnachweis (ohne Verstärkung):	$\frac{\tau_d}{k_v * f_{v,d}} = \frac{1.81}{0.40 * 2.15}$ = Verstärkung der Ausklinkung erforderlich!	$2.10 \geq 1.00$

Biegespannungsnachweis am ausgeklinkten Auflager

$$e = x + a_{3,c} = 80 + 50 = 130 \text{ mm}$$

$$M_d = F_{c,90,d} * e = 120.00 * 130 * 10^{-3} = 15.60 \text{ kNm}$$

$$W_{ef} = \frac{b * h_{ef}^2}{6} = \frac{200 * 700^2 * 10^{-3}}{6} = 16333 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m.d} = \frac{M_d}{W_{ef}} = \frac{15.60 * 10^3}{16333} = 0.96 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0.80 * \frac{24.00}{1.30} = 14.77 \text{ N/mm}^2$$

Biegespannungsnachweis:	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0.98}{14.77}$ =	$0.07 \leq 1.00$

Querzugverstärkung der Ausklinkung

Klebefugenfestigkeit

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} = \frac{700}{1000} = 0.70$$

$$F_{t,90,d} = 1.3 * F_{c,90,d} * \left[3 * (1-\alpha)^2 - 2 * (1-\alpha)^3\right] = 1.3 * 120.00 * \left[3 * (1-0.7)^2 - 2 * (1-0.7)^3\right] = 33.70 \text{ kN} \quad \text{(NA.77)}$$

$n = n_x * n_y = 1 * 2 = 2$

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

$l_{ad} = min\{l_{r,l}; l_{r,u}\} = min\{300; 500\} = 300$ mm

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

$l_{ad,min} = max\{0.5 * d^2; 10 * d; 100 \text{ mm}\} = max\{72; 120; 100\} = 120 \text{ mm} \leq l_{ad} = 300 \text{ mm}$

$l_{ad,max} = min\{40 * d; 750 \text{ mm}\} = min\{480; 750\} = 480 \text{ mm} \geq l_{ad} = 300 \text{ mm}$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_{ef} * d * \pi * l_{ad}} = \frac{33.70 * 10^3}{1.87 * 12 * \pi * 300} = 1.59 \text{ N/mm}^2 \quad \text{(NA.79)}$$

$$f_{vr,k} = 5.55 - 0.005 * l_{ad} = 5.55 - 0.005 * 300 = 4.05 \text{ N/mm}^2 \quad \text{(ETA-19/0194)}$$

$$f_{vr,d} = k_{mod} * \frac{f_{vr,k}}{\gamma_M} = 0.8 * \frac{4.05}{1.30} = 2.49 \text{ N/mm}^2 \quad \text{(TR 070, Gl. 4.3)}$$

Nachweis der Klebefugenfestigkeit:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{vr,d}} = \frac{1.59}{2.49} =$	$0.64 \leq 1.00$

Stahlzugtragfähigkeit

Verbinder:	**1x2 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:

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

Stahlzugtragfähigkeit der Verbindung:

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

Nachweis Stahlzugtragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,Rd}} = \frac{33.70}{48.41} =$	$0.70 \leq 1.00$

Dehnvermögen des Holzes

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

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

Dehnvermögen des Holzes:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{33.70}{44.73} =$	$0.75 \leq 1.00$

Überprüfung Querzug

$$\frac{l_{r,l}}{v + l_{r,l}} = \frac{300}{0 + 300} = 1.00 > 0.70$$

$$\frac{l_{r,u}}{h_{ef}} = \frac{500}{700} = 0.71 > 0.70$$

Gemäß DIN EN 1995-1-1/NA:20213-08, NCI Zu 8.1.4 (NA.6) ist kein Querzugnachweis erforderlich.

Zusammenstellung der Ergebnisse

Nachweis Querdruck (unverstärkt):	$\frac{F_{c,90,d}}{F_{c,90,Rd}} = \frac{120.00}{72.77} =$	$1.65 \geq 1.00$
Schubspannungsnachweis red. Querschnitt:	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1.81}{2.15} =$	$0.84 \leq 1.00$
Schubspannungsnachweis (unverstärkt):	$\frac{\tau_d}{k_v * f_{v,d}} = \frac{1.81}{0.40 * 2.15} =$	$2.10 \geq 1.00$
Biegespannungsnachweis:	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{0.98}{14.47} =$	$0.07 \leq 1.00$
Klebefugenfestigkeit:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{vr,d}} = \frac{1.59}{2.49} =$	$0.64 \leq 1.00$
Stahlzugtragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,Rd}} = \frac{33.70}{48.41} =$	$0.70 \leq 1.00$
Dehnvermögen des Holzes:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{33.70}{44.73} =$	$0.75 \leq 1.00$

Nachweis:	$0.84 \leq 1.00$ Querdruckverstärkung erforderlich!	**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