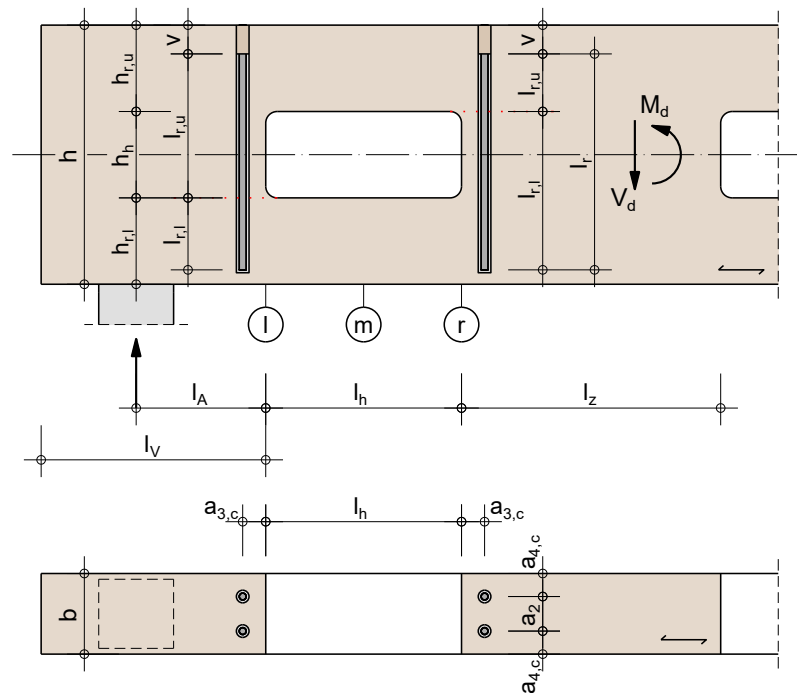


## Nachweis rechteckiger Durchbruch

nach ETA-19/0194 vom 12.09.2019

### Anschluss & Geometrie

eingeklebte Gewindestangen - direktes Befüllen der Injektion mit Hilti Dosiersystem



<b>Geometrie:</b>	Brettschichtholz, GL24c	$b/h = 200/400$ mm	$\rho_k = 365$ kg/m <sup>3</sup>
	$h_{r,u} = 130$ mm	$h_h = 120$ mm	$h_{r,l} = 150$ mm
	$h_h/l_h = 120/300$ mm	$l_A = 450$ mm	$l_V = 500$ mm
	$l_z = 400$ mm		
<b>Verbindungsmittel:</b>	<b>2x2 M12 Hilti AM 5.8</b>	<b>Hilti HIT-RE 500 V3</b>	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	KLED: mittel	$k_{mod} = 0.80$
	$V_{l,d} = 20.00$ kN	$M_{l,d} = 4.00$ kNm	
	$V_{m,d} = 18.00$ kN	$M_{m,d} = 5.00$ kNm	
	$V_{r,d} = 16.00$ kN	$M_{r,d} = 6.00$ kNm	

maßgebender Nachweis:

$0.89 \leq 1.00$

**Nachweis erfüllt**

## Bemessung

### Überprüfung der Mindestabstände des Verbindungsmittels

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

### Bemessungslasten

$$h_r = \min \{h_{r,u}; h_{r,l}\} = \min \{130; 150\} = 130 \text{ mm}$$

linker Rand:

$$F_{l,t,V,d} = \frac{V_{l,d} * h_h}{4 * h} * \left[ 3 - \frac{h_h^2}{h^2} \right] = \frac{20.00 * 120}{4 * 400} * \left[ 3 - \frac{120^2}{400^2} \right] = 4.37 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/NA, NA.67})$$

$$F_{l,t,M,d} = 0.008 * \frac{M_{l,d}}{h_r} = 0.008 * \frac{4.00}{130 * 10^{-3}} = 0.24 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/NA, NA.68})$$

$$F_{l,t,90,d} = F_{l,t,V,d} + F_{l,t,M,d} = 4.37 + 0.24 = 4.61 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/NA, NA.66})$$

rechter Rand:

$$F_{r,t,V,d} = \frac{V_{r,d} * h_h}{4 * h} * \left[ 3 - \frac{h_h^2}{h^2} \right] = \frac{16.00 * 120}{4 * 400} * \left[ 3 - \frac{120^2}{400^2} \right] = 3.49 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/NA, NA.67})$$

$$F_{r,t,M,d} = 0.008 * \frac{M_{r,d}}{h_r} = 0.008 * \frac{6.00}{130 * 10^{-3}} = 0.37 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/NA, NA.68})$$

$$F_{r,t,90,d} = F_{r,t,V,d} + F_{r,t,M,d} = 3.49 + 0.37 = 3.86 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/NA, NA.66})$$

maßgebende Bemessungslast:

$$F_{t,90,d} = \max (F_{l,t,90,d}; F_{r,t,90,d}) = \max (4.61; 3.86) = 4.61 \text{ kN}$$

### unverstärkte Durchbrüche

Mindest- und Höchstmaße für unverstärkte Durchbrüche:

$l_V = 500 \text{ mm} \geq$	$h = 400 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.7 erfüllt
$l_z = 400 \text{ mm} \geq$	$1.5 * h = 600 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.7 nicht erfüllt
$l_A = 450 \text{ mm} \geq$	$h/2 = 200 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.7 erfüllt
$h_{r,u(r,l)} = 130 \text{ mm} \geq$	$0.35 * h = 140 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.7 nicht erfüllt
$l_h = 300 \text{ mm} \leq$	$0.4 * h = 160 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.7 nicht erfüllt
$h_h = 120 \text{ mm} \leq$	$0.15 * h = 60 \text{ mm}$	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:

$l_V = 500 \text{ mm} \geq$	$h = 400 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$l_z = 400 \text{ mm} \geq$	$h = 400 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$l_A = 450 \text{ mm} \geq$	$h/2 = 200 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$h_{r,u(r,l)} = 130 \text{ mm} \geq$	$0.25 * h = 100 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$l_h = 300 \text{ mm} \leq$	$h = 400 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$l_h/h_h = 2.5 \leq$	$2.5$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt
$h_h = 120 \text{ mm} \leq$	$0.3 * h = 120 \text{ mm}$	Bedingung nach NCI NA.6.8 erfüllt

## Biegespannungsnachweis am Durchbruch

**Bauteil:** Brettschichtholz, GL24c  $f_{v,k} = 3.50 \text{ N/mm}^2$   $f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$

$$I_{netto} = \frac{b * h^3}{12} - \left[ \frac{b * h_h^3}{12} + h_h * b * \left( \frac{h}{2} - h_{r,u} - \frac{h_h}{2} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{200 * 400^3}{12} - \left[ \frac{200 * 120^3}{12} + 120 * 200 * \left( \frac{400}{2} - 130 - \frac{120}{2} \right)^2 \right] = 1035466667 \text{ mm}^4$$

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

$$A_{r,u} = b * h_{r,u} = 200 * 130 = 26000 \text{ mm}^2$$

$$A_{r,l} = b * h_{r,l} = 200 * 150 = 30000 \text{ mm}^2$$

$$A_r = A_{r,u} + A_{r,l} = 26000 + 30000 = 56000 \text{ mm}^2$$

$$W_{r,u} = \frac{b * h_{r,u}^2}{6} = \frac{200 * 130^2}{6} = 563333 \text{ mm}^3$$

$$W_{r,l} = \frac{b * h_{r,l}^2}{6} = \frac{200 * 150^2}{6} = 750000 \text{ mm}^3$$

$$V_{r,u,d} = \frac{A_{r,u}}{A_r} * V_{m,d} = \frac{26000}{56000} * 18.00 = 8.36 \text{ kN}$$

$$V_{r,l,d} = \frac{A_{r,l}}{A_r} * V_{m,d} = \frac{30000}{56000} * 18.00 = 9.64 \text{ kN}$$

$$M_{r,u,d} = \frac{V_{r,u,d} * l_h}{2} = \frac{8.36 * 300 * 10^{-3}}{2} = 1.254 \text{ kNm}$$

$$M_{r,l,d} = \frac{V_{r,l,d} * l_h}{2} = \frac{9.64 * 300 * 10^{-3}}{2} = 1.446 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{r,u,m,d} = \frac{M_{m,d}}{W_{netto}} + \frac{M_{r,u,d}}{W_{r,u}} = \frac{5.00 * 10^6}{5177333} + \frac{1.254 * 10^6}{563333} = 3.19 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{r,l,m,d} = \frac{M_{m,d}}{W_{netto}} + \frac{M_{r,l,d}}{W_{r,l}} = \frac{5.00 * 10^6}{5177333} + \frac{1.446 * 10^6}{750000} = 2.89 \text{ N/mm}^2$$

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

Nachweis Biegespannung:	$max \left\{ \frac{\sigma_{r,u,m,d}}{f_{m,d}}; \frac{\sigma_{r,l,m,d}}{f_{m,d}} \right\} = \frac{3.19}{14.77} = 0.22 \leq 1.00$
-------------------------	---

### Schubspannung am Durchbruch

$$\kappa_{max} = 1.84 * \left(1 + \frac{l_h}{h}\right) * \left(\frac{h_h}{h}\right)^{0.2} = 1.84 * \left(1 + \frac{300}{400}\right) * \left(\frac{120}{400}\right)^{0.2} = 2.53 \quad (\text{aus [1], E 11.4.4})$$

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

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

$$V_d = max(V_{l,d}; V_{r,d}) = max(20.00; 16.00) = 20.00 \text{ kN}$$

$$\tau_{max,d} = \kappa_{max} * \frac{1.5 * V_d}{b_{ef} * (h - h_h)} = 2.53 * \frac{1.5 * 20.00 * 10^3}{142 * (400 - 120)} = 1.91 \text{ N/mm}^2$$

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

Schubspannungsnachweis:	$\frac{\tau_{max,d}}{f_{v,d}} = \frac{1.91}{2.15} = 0.89 \leq 1.00$
-------------------------	---

### Klebefugenfestigkeit

links des Durchbruchs:  $l_{r,l} = 130 \text{ mm}$   $l_{r,u} = 250 \text{ mm}$

rechts des Durchbruchs:  $l_{r,l} = 250 \text{ mm}$   $l_{r,u} = 130 \text{ mm}$

$$l_{ad} = min\{l_{r,l}; l_{r,u}\} = min\{130; 250\} = 130 \text{ mm}$$

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

$$l_{ad,min} = max\{0.5 * d^2; 10 * d; 100 \text{ mm}\} = max\{72; 120; 100\} = 120 \text{ mm} \leq l_{ad} = 130 \text{ mm}$$

$$l_{ad,max} = min\{40 * d; 750 \text{ mm}\} = min\{480; 750\} = 480 \text{ mm} \geq l_{ad} = 130 \text{ mm}$$

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

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n_{ef} * d * \pi * l_{ad}} = \frac{4.61 * 10^3}{1.87 * 12 * \pi * 130} = 0.50 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{NA.86})$$

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

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

Nachweis der Klebefugenfestigkeit:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{vr,d}} = \frac{0.50}{2.65} = 0.19 \leq 1.00$
------------------------------------	---

## Stahlzugtragfähigkeit

**Verbindungsmittel:** 2x2 M12 Hilti AM 5.8

Hilti AG

ETA-19/0194

$$f_{uk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s = A_{ef} = 0.843 \text{ cm}^2$$

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:

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

Nachweis Stahlzugtragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,Rd}} = \frac{4.61}{48.41} =$	$0.10 \leq 1.00$
---------------------------------	--	------------------

## Zusammenstellung der Ergebnisse

Nachweis Biegespannung:	$\max \left\{ \frac{\sigma_{r,u,m,d}}{f_{m,d}}; \frac{\sigma_{r,l,m,d}}{f_{m,d}} \right\} = \frac{3.19}{14.77} =$	$0.22 \leq 1.00$
Schubspannungsnachweis:	$\frac{\tau_{max,d}}{f_{v,d}} = \frac{1.91}{2.15} =$	$0.89 \leq 1.00$
Nachweis der Klebefugenfestigkeit:	$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{vr,d}} = \frac{0.50}{2.65} =$	$0.19 \leq 1.00$
Nachweis Stahlzugtragfähigkeit:	$\frac{F_{t,90,d}}{F_{t,Rd}} = \frac{4.61}{48.41} =$	$0.10 \leq 1.00$

maßgebender Nachweis:	$0.89 \leq 1.00$	<b>Nachweis erfüllt</b>
-----------------------	------------------	-------------------------

## 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