

# HO12 – Berechnungsgrundlagen zum Eurocode

Diese Dokumentation beinhaltet die Berechnungsgrundlagen zum Programm HO12 – Ausklinkung – Durchbruch - Holz.

## Inhaltsverzeichnis

Ausklinkungen nach EN 1995-1-1	3
Geometrische Randbedingungen für Ausklinkungen	4
Nachweis für Ausklinkungen allgemein	5
Nachweis nach EN 1995-1-1:2008/2014, 6.5.2	5
Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	6
Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010	6
Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch aufgeleimte Laschen	7
Geometrische Randbedingung für die Laschen nach EN 1995-1-1:2008	7
Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	7
Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010	8
Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch eingeleimte Gewindestangen	9
Nachweis der Gewindestangen nach EN 1995-1-1:2008	9
Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	9
Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013	11
Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch Vollgewindeschrauben	13
Nachweis der Schrauben nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	13
Nachweis der Schrauben nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013	15
Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch selbstbohrende Vollgewindeschrauben SPAX-S nach Zul. Z-9.1-519:2011-03	17
Nachweis der SPAX-S-Schrauben - ÖNORM B 1995-1-1:2010	17
Nachweis der SPAX-S-Schrauben - DIN EN 1995-1-1:2010, 2013	19
Trägerdurchbrüche nach EN 1995-1-1	20
Geometrische Randbedingungen für Trägerdurchbrüche	21
Nachweis für Durchbrüche allgemein	23
Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	23
Schubnachweis im Restquerschnitt	24
Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013	25
Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch aufgeleimte Laschen	27
Geometrische Randbedingung für die Laschen nach EN 1995-1-1:2008	27
Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	29
Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010	30
Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch eingeleimte Gewindestangen	31
Nachweis der Gewindestangen nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	31
Nachweis der Gewindestangen nach DIN EN 1995-1-1:2010,2013	33

---

Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch Vollgewindeschrauben	35
Nachweis der Schrauben nach ÖNORM B 1995-1-1:2010	35
Nachweis der Schrauben nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013	37
Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch selbstbohrende Vollgewindeschrauben SPAX-S nach Zul. Z-9.1-519:2011-03	39
Nachweis der SPAX-S-Schrauben - ÖNORM B 1995-1-1:2010	39
Nachweis der SPAX-S-Schrauben - DIN EN 1995-1-1:2010, 2013	41
Literatur	42

## Ausklinkungen nach EN 1995-1-1

Zunächst werden die geometrischen Randbedingungen geprüft.

[Geometrische Randbedingungen für Ausklinkungen](#)

Die vorhandenen Schnittgrößen müssen immer als Bemessungswerte eingegeben werden. Das Programm bildet intern keine Kombinationen.

Für den Restquerschnitt wird der Spannungsnachweis geführt.

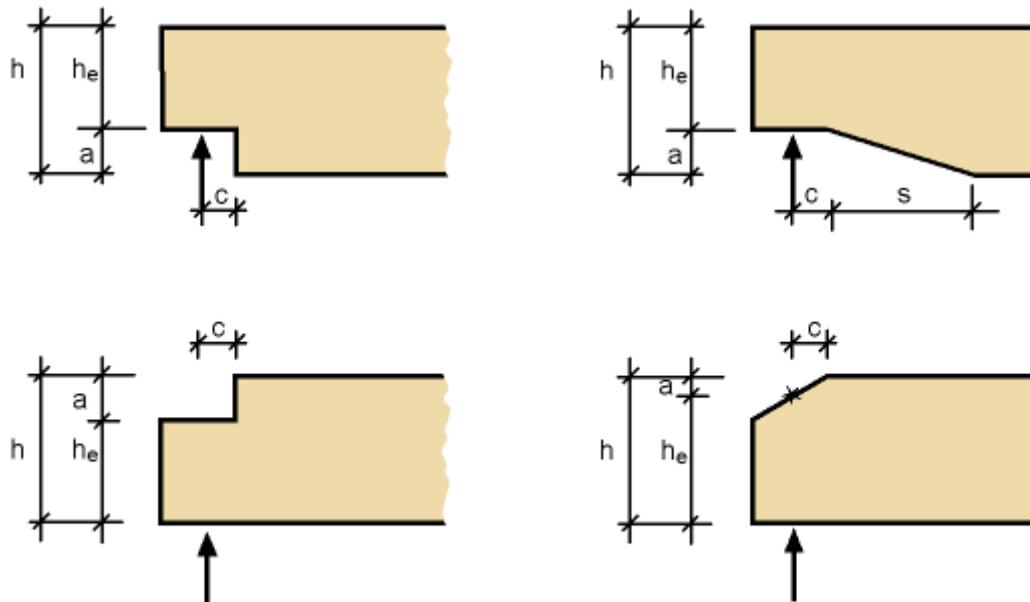
Es wird die aufnehmbare Zugkraft für den unverstärkten und den verstärkten Fall ermittelt.

Zuletzt werden für die ausgewählte Verstärkung die notwendigen Nachweise geführt.

Nachweise für

- [Ausklinkungen allgemein](#)
- [Ausklinkungen mit Verstärkung durch aufgeleimte Laschen](#)
- [Ausklinkungen mit Verstärkung durch eingeleimte Gewindestangen](#)
- [Ausklinkungen mit Verstärkung durch Vollgewindeschrauben](#)
- [Ausklinkungen mit Verstärkung durch selbstbohrende Vollgewindeschrauben SpaxS, Zul. Z-9.1-519](#)

## Geometrische Randbedingungen für Ausklinkungen



### EN 1995-1-1:2008/2014, 6.5

Im EN 1995-1-1:2008/2014 werden die Ausklinkungen in Abschnitt 6.5 geregelt.

Der pure EN 1995-1-1 gibt keine Randbedingungen für Ausklinkungen vor.

Eventuelle Randbedingungen sind den Nationalen Anhängen zu entnehmen.

### ÖNORM B 1995-1-1:2010

ÖNORM B 1995-1-1:2010 enthält in 6.6.7 die Einschränkung dass die Berechnung von Ausklinkungen nur unter folgenden Randbedingungen zulässig ist:

$$\frac{h_e}{h} \geq 0,5 \quad \text{und} \quad \frac{c}{h} \leq 0,4 \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1, Gl.(16)}$$

Wenn Gleichung EN 1995-1-1, (6.60) nicht eingehalten werden kann, dann sind die Ausklinkungen gemäß ÖNORM B 1995-1-1:2010, 6.6.7 zu verstärken. Ein besonderer Hinweis bezüglich Nutzungsklassen analog DIN 1052:2008 gibt es nicht.

### DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

DIN EN 1995-1-1:2010 enthält keine Randbedingungen für die Geometrie. Da der NA aber an die DIN 1052:2008 angelehnt ist, werden deren Randbedingungen geprüft:

$$\frac{h_e}{h} \geq 0,5 \quad \text{und} \quad \frac{c}{h} \leq 0,4 \quad \text{DIN 1052:2008, 11.2}$$

Bei verstärkten Trägersausklinkungen oder bei kurzer, bzw. sehr kurzer Lasteinwirkungsdauer oder bei oben ausgeklinkten Trägern müssen die genannten Bedingungen nicht eingehalten werden.

Trägersausklinkungen in Nutzungsklasse 3 müssen immer verstärkt werden!

## Nachweis für Ausklinkungen allgemein

### Nachweis nach EN 1995-1-1:2008/2014, 6.5.2

Die vorhandene Schubspannung im Restquerschnitt beträgt:

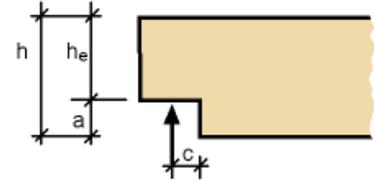
$$\tau_{\text{vorh}} = 1,5 \frac{V_d}{b \cdot h_{\text{ef}}} \quad \text{EN 1995-1-1, Gl. (6.60)}$$

Im EN 1995-1-1, 6-1-7(2) empfiehlt die Norm beim Schubnachweis zur Berücksichtigung von Rissen mit einer effektiven Breite  $b_{\text{ef}} = k_{\text{cr}} \cdot b$  Gl.(6.13a) zu rechnen.

Wir halten diese Empfehlung für den sehr sensiblen Ausklinkungsnachweis für sinnvoll und rechnen daher in Gl.(6.60) mit der effektiven Breite nach Gl.(6.13).

In EN 1995-1-1/A2:2014 wird die Gleichung (6.60) auch demnach korrigiert zu:

$$\tau_{\text{vorh}} = 1,5 \frac{V_d}{b_{\text{ef}} \cdot h_{\text{ef}}} \quad \text{EN 1995-1-1/A2:2014 (6.60)}$$



Die zulässige Schubspannung errechnet sich zu:

$$\tau_{\text{zul}} = k_V \cdot f_{V,d} \quad \text{EN 1995-1-1, Gl. (6.60)}$$

Für oben ausgeklinkte Träger gilt:  $k_V = 1$  EN 1995-1-1, Gl. (6.61)

für unten ausgeklinkte Träger gilt:

$$k_V = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{k_n \cdot \left( 1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \cdot \left( \sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)} \end{array} \right. \quad \text{mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{EN 1995-1-1, Gl. (6.62)}$$

Der Beiwert  $k_n$  ist: EN 1995-1-1, Gl. (6.63)

- 5 für Voll- und Balkenschichtholz
- 6,5 für Brettschichtholz
- 4,5 für Furnierschichtholz

Bei unten schräg ausgeklinkten Trägern wird zusätzlich der kombinierte Spannungsnachweis am angeschnittenen Rand geführt:

$$\frac{\sigma_{m,\alpha,d}}{k_{m,\alpha} \cdot f_{m,\alpha,d}} \leq 1 \quad \text{EN 1995-1-1, Gl.(6.38)}$$

$$\text{mit } \sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = \frac{M_d}{W} \quad \text{EN 1995-1-1, Gl.(6.37)}$$

$$\text{und } k_{m,\alpha} = k_{m,\alpha,t} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{f_{m,d}}{0,75 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan \alpha \right)^2 + \left( \frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha \right)^2}} \quad \text{EN 1995-1-1, Gl.(6.39)}$$

Der Nachweis der Querdruckspannung am Auflager erfolgt nach EN 1995-1-1:2008, 6.1.5 für

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b \cdot l_A} \quad \text{EN 1995-1-1, Gl. (6.4)}$$

Da  $l_1$  nicht bekannt ist, wird im Programm der Beiwert  $k_{c,90}=1,0$  angenommen.

$l_A$  ist die Länge, die zur Ermittlung der effektiven Druckfläche benutzt wird. Eventuelle Ergänzungen nach EN 1995-1-1 sind bei der Eingabe zu berücksichtigen.

## Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

ÖNORM B 1995-1-1:2010 übernimmt die Berechnung nach EN 1995-1-1:2008, 6.5.2

## Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010

Der Nachweis erfolgt analog zu EN 1995-1-1:2008, 6.5.2.

Der Beiwert  $k_v$  darf nach DIN EN 1995-1-1:2010, NCI zu 6.5.2 wie folgt bestimmt werden:

$$\text{Für } c < h_e k_v = \left( \frac{h}{h_e} \right) \cdot \left[ 1 - \frac{(h-h_e) \cdot c}{h \cdot h_e} \right], \text{ ansonsten } k_v = 1$$

## Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch aufgeleimte Laschen

### Geometrische Randbedingung für die Laschen nach EN 1995-1-1:2008

EN 1995-1-1 regelt keine Verstärkungen von Ausklinkungen!

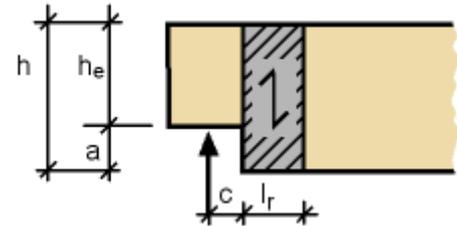
### Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

ÖNORM B 1995-1-1:2010 enthält ebenfalls keine Vorschriften für Verstärkungen von Ausklinkungen, schreibt die aber in 6.6.7 bei Nichteinhaltung der Gleichung EN 1995-1-1:2008, (6.60) zwingend vor.

Die Laschen werden daher analog den Laschen als Verstärkungen bei Durchbrüchen nach ÖNORM B 1995-1-1:2010 Anhang C.3 nachgewiesen.

Um die Wirksamkeit der Lasche zu gewährleisten, werden die geometrischen Randbedingungen analog DIN 1052:2008 geprüft:

$$0,25 \leq \frac{l_r}{h-h_e} \leq 0,5 \quad \text{DIN 1052:2008, Gl. (169)}$$



EN 1995-1-1, bzw ÖNORM B 1995-1-1 gibt keine aufzunehmende Zugkraft für die Laschen vor.

Daher erfolgt die Ermittlung analog DIN 1052:2008:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3(1-\alpha)^2 - 2(1-\alpha)^3 \right] \quad \text{mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN 1052:2008, Gl.(162)}$$

Die vorhandene Zugspannung in der Lasche beträgt

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot l_r} \quad \text{analog ÖNORM B 1995-1-1, Gl. (C.17)}$$

Es ist nachzuweisen, dass  $\kappa_k \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1$  ist. analog ÖNORM B 1995-1-1, Gl. (C.16)

Der Beiwert  $\kappa_k$  zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung wird vom Programm mit 2,0 angenommen.

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h-h_e) \cdot l_r} \quad \text{analog ÖNORM B 1995-1-1, Gl. (C.15)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k2,d}} \leq 1$  ist. analog ÖNORM B 1995-1-1, Gl. (C.14)

Eine Regelung bezüglich Bemessungswerten/Festigkeiten für Klebefugen fehlt in EN 1995-1-1, bzw ÖNORM B 1995-1-1. Daher wird der Bemessungswert dem Anhang der DIN 1052:2008 entnommen.

Dabei ist  $f_{k2,d}$  der Bemessungswert der Klebefugenfestigkeit nach Tabelle F.23, Zeile 3

3	$f_{k2,k}$	Klebefuge zwischen Trägeroberfläche und Verstärkungsplatte	0,75
---	------------	--	------

Das Programm ermittelt sowohl die Zugspannungsausnutzung der Lasche, als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

## Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010

DIN EN 1995-1-1:2010, 2013 regelt die Verstärkung von Ausklinkungen in NCI NA.6.8.3:

Folgende geometrische Randbedingungen sind zu beachten:

$$0,25 \leq \frac{l_r}{h-h_e} \leq 0,5 \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010 (NA.82), bzw (NA.84)}$$

Die aufzunehmende Zugkraft für die Laschen ergibt sich zu:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3(1-\alpha)^2 - 2(1-\alpha)^3 \right] \text{ mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010 (NA.75), bzw (NA.77)}$$

Die vorhandene Zugspannung in der Lasche beträgt

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot l_r} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010 (NA.81), bzw (NA.83)}$$

Es ist nachzuweisen, dass  $\kappa_k \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1$  ist. DIN EN 1995-1-1:2010 (NA.80), bzw (NA.82)

Der Beiwert  $\kappa_k$  zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung wird vom Programm mit 2,0 angenommen.

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h-h_e) \cdot l_r} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010 (NA.79), bzw (NA.81)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k2,d}} \leq 1$  ist. DIN EN 1995-1-1:2010 (NA.78), bzw (NA.80)

Dabei ist  $f_{k2,d}$  der Bemessungswert der Klebefugenfestigkeit nach Tabelle NA.12, Zeile 3

3	$f_{k2,k}$	Klebefuge zwischen Trägersoberfläche und Verstärkungsplatte	0,75
---	------------	---	------

Das Programm ermittelt sowohl die Zugspannungsausnutzung der Lasche, als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

## Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch eingeleimte Gewindestangen

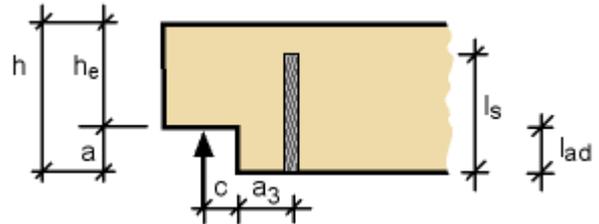
### Nachweis der Gewindestangen nach EN 1995-1-1:2008

EN 1995-1-1 regelt keine Verstärkungen von Ausklinkungen!

### Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

ÖNORM B 1995-1-1:2010 enthält ebenfalls keine Vorschriften für Verstärkungen von Ausklinkungen, schreibt die aber in 6.6.7 bei Nichteinhaltung der Gleichung EN 1995-1-1:2008, (6.60) zwingend vor.

Die Gewindestangen werden daher analog den Gewindestangen als Verstärkungen bei Durchbrüchen nach ÖNORM B 1995-1-1:2010 Anhang C.4 nachgewiesen.



EN 1995-1-1, bzw. ÖNORM B 1995-1-1 gibt keine aufzunehmende Zugkraft für die Verstärkung vor.

Daher erfolgt die Ermittlung analog DIN 1052:2008:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3(1-\alpha)^2 - 2(1-\alpha)^3 \right] \quad \text{mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN 1052:2008, Gl.(162)}$$

Gewindestangen sind in EN 1995-1-1 nicht geregelt.

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Gewindestange wird daher nach EN 1993-1-8, 3.6, Tabelle 3.4 ermittelt.

$$R_{ax,d} = F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_{sp}}{\gamma_{M2}} \quad \text{EN 1993-1-8, Tabelle 3.4}$$

Dabei werden  $k_2=0,9$  und  $\gamma_{M2}=1,25$  angenommen.

Die charakteristische Streckgrenze und Zugfestigkeit für Gewindestangen werden nach EN 1993-1-8, Tabelle 3.1 angesetzt:

Festigkeitsklasse	$f_{y,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{u,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
4,8	320	400
5,8	400	500
8,8	640	800

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{\text{ef},d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{\text{ad}}} \quad \text{analog EN 1995-1-1, Gl. (C.19)}$$

Nachweis für Klebfugen in EN 1995-1-1, bzw. ÖNORM B 1995-1-1 nicht geregelt.

$$\text{Es wird nachgewiesen, dass } \frac{\tau_{\text{ef},d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad \text{ist.} \quad \text{analog EN 1995-1-1, Gl. (C.18)}$$

Da in EN 1995-1-1, bzw. ÖNORM B 1995:1-1 kein Wert für die Klebfugenfestigkeit angegeben ist, wird der Bemessungswert  $f_{k1,d}$  nach DIN 1052:2008, Tabelle F.23, Zeile 2 angesetzt:

			Wirksame Einklebelänge $l_{ad}$ des Stahlstabes		
			$\leq 250\text{mm}$	$250\text{mm} < l_{ad} \leq 500\text{mm}$	$500\text{mm} < l_{ad} \leq 1000\text{mm}$
2	$f_{k1,k}$	Klebefuge zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung	4,0	$5,25 - 0,005 \cdot l_{ad}$	$3,5 - 0,0015 \cdot l_{ad}$

Die Mindesteinleimlänge beträgt  $l_E \geq 2 \cdot l_{ad}$  bzw.  $l_E \geq 2 \cdot (h - h_e)$

Die Gewindestange muss jeweils mindestens mit  $l_{ad,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Gewindestangenlänge ergeben als die Mindesteinleimlänge.

Das Programm ermittelt sowohl die Zugkraftausnutzung der Gewindestangen als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

### Anordnung der Gewindestangen

Die Anordnung erfolgt in Analogie zu ÖNORM B 1995-1-1, Anhang C.3.3

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung der Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Gewindestange zulässig.

Die Mindestabstände dabei betragen nach ÖNORM B 1995-1-1, C.3.3(3)

$$a_1 \geq 4 \cdot d \quad a_2 \geq 4 \cdot d \quad a_{3,c} \geq 2,5 \cdot d \quad a_{4,c} \geq 2,5 \cdot d$$

Eingeleimte Gewindestangen können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ad}$  entsprechend.

## Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

DIN EN 1995-1-1:2010, 2013 regelt die Verstärkung von Ausklinkungen mit eingeklebten Stangen nach NCI NA.6.8.3

Die aufzunehmende Zugkraft beträgt:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3k_1 - \alpha \zeta^2 - 2k_1 - \alpha \zeta^3 \right] \text{ mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.75), bzw (NA.77)}$$

Gewindestangen sind in EN 1995-1-1 nicht geregelt.

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Gewindestange wird daher nach EN 1993-1-8, 3.6, Tabelle 3.4 ermittelt.

$$R_{ax,d} = F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_{sp}}{\gamma_{M2}} \quad \text{EN 1993-1-8, Tabelle 3.4}$$

Dabei werden  $k_2=0,9$  und  $\gamma_{M2}=1,25$  angenommen.

Die charakteristische Streckgrenze und Zugfestigkeit für Gewindestangen werden nach EN 1993-1-8, Tabelle 3.1 angesetzt:

Festigkeitsklasse	$f_{y,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{u,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
4,8	320	400
5,8	400	500
8,8	640	800

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.77), bzw (NA.79)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1$  ist. DIN EN 1995-1-1, (NA.76), bzw (NA.78)

Der Bemessungswert  $f_{k1,d}$  beträgt nach DIN EN 1995-1-1, Tabelle NA.12, Zeile 2:

			Wirksame Einklebelänge $l_{ad}$ des Stahlstabes		
			$\leq 250\text{mm}$	$250\text{mm} < l_{ad} \leq 500\text{mm}$	$500\text{mm} < l_{ad} \leq 1000\text{mm}$
2	$f_{k1,k}$	Klebefuge zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung	4,0	$5,25 - 0,005 \cdot l_{ad}$	$3,5 - 0,0015 \cdot l_{ad}$

Nach DIN EN 1995-1-1, NCI NA.11.2.3 (NA.5) beträgt die Mindesteinleimlänge

$$l_{ad,min} \geq \max \begin{cases} 0,5 \cdot d^2 \\ 10 \cdot d \end{cases} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.145), bzw (NA.156)}$$

Die rechnerische Mindestlänge der Gewindestange ergibt sich zu  $l_E \geq 2 \cdot l_{ad,min}$

Die Gewindestange muss jeweils mindestens mit  $l_{ad,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Gewindestangenlänge ergeben als die Mindesteinleimlänge.

Das Programm ermittelt sowohl die Zugkraftausnutzung der Gewindestangen als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

### Anordnung der Gewindestangen

Die Anordnung erfolgt nach DIN EN 1995-1-1, Tabelle NA.22, bzw. DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1 (NA.5):

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung der Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Gewindestange zulässig.

$$a_1 \geq 4 \cdot d$$

$$a_2 \geq 3 \cdot d$$

$$a_{3,c} \geq 2,5 \cdot d$$

$$a_{4,c} \geq 2,5 \cdot d$$

Eingeleitete Gewindestangen können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ad}$  entsprechend.

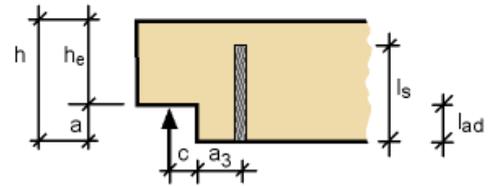
## Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch Vollgewindeschrauben

### Nachweis der Schrauben nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

EN 1995-1-1, bzw ÖNORM B 1995-1-1 gibt keine aufzunehmende Zugkraft für die Verstärkung vor.

Daher erfolgt die Ermittlung analog DIN 1052:2008:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3(1-\alpha)^2 - 2(1-\alpha)^3 \right] \text{ mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN 1052:2008, Gl.(162)}$$



Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Schraube beträgt nach EN 1995-1-1, 8.7.2:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2 \text{ (f(Holz)) Ausziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2 \text{ (f(Holz)) Durchziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{tens,k} \cdot \frac{1}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,25 \text{ Schraube zerreißt} \end{array} \right.$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} \quad \text{EN 1995-1-1:2008, Gl. (8.39)}$$

$f_{head,k}$  und  $f_{tens,k}$  nach EN 14592. Leider sind dort keine Werte aufgelistet.

Daher lautet der Vorschlag von Hr Zimnik:

$$f_{tens,k} = f_{yk} \cdot \pi \cdot d_{kern}^2$$

Da noch keine Werte für den Kopfdurchziehparameter  $f_{head,k}$  vorliegen, wird zunächst der ungünstigste Wert  $f_{2,k}$  aus DIN 1052:2008, Tabelle 15 benutzt:

$$f_{head,k} = f_{2,k} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

Ausziehparameter  $f_{1,k}$  und Kopfdurchziehparameter  $f_{2,k}$  entsprechend DIN 1052:2008, Tabelle 15:

Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

mit der charakteristischen Rohdichte  $\rho_k$  in kg/m<sup>3</sup>, jedoch höchstens 500 kg/m<sup>3</sup>

Nach EN 1995-1-1:2010, 8.7.1(3) beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 6 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Mindestabstände nach EN 1995-1-1, 8.7.2, Tabelle 8.6

$$a_1 \geq 7 \cdot d \qquad a_2 \geq 5 \cdot d \qquad a_{1,CG} \geq 10 \cdot d \qquad a_{2,CG} \geq 4 \cdot d$$

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog ÖNORM B 1995-1-1, C.3.3 (3) angesetzt werden:

$$a_2 \geq 4 \cdot d \qquad a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d \qquad a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

Vollgewindeschrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Nachweis der Schrauben nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

Eingeschraubte Stahlstäbe werden gemäß DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1 (NA.6) sinngemäß wie eingeklebte Gewindestangen nach NCI NA.6.8.3 bemessen.

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ergibt sich zu:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3(1-\alpha)^2 - 2(1-\alpha)^3 \right] \text{ mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.75), bzw. (NA.77)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Schraube beträgt nach EN 1995-1-1, 8.7.2:

$$R_{ax,d} = \min \begin{cases} \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2 \text{ (f(Holz)) Ausziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2 \text{ (f(Holz)) Durchziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{tens,k} \cdot \frac{1}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,25 \text{ Schraube zerreißt} \end{cases}$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} \quad \text{EN 1995-1-1:2008, Gl. (8.39)}$$

$f_{head,k}$  und  $f_{tens,k}$  nach EN 14592. Leider sind dort keine Werte aufgelistet.

Daher lautet der Vorschlag von Hr Zimnik:

$$f_{tens,k} = f_{yk} \cdot \pi \cdot d_{kern}^2$$

Da noch keine Werte für den Kopfdurchziehparameter  $f_{head,k}$  vorliegen, wird zunächst der ungünstigste Wert  $f_{2,k}$  aus DIN 1052:2008, Tabelle 15 benutzt:

$$f_{head,k} = f_{2,k} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

Ausziehparameter  $f_{1,k}$  und Kopfdurchziehparameter  $f_{2,k}$  entsprechend DIN 1052:2008, Tabelle 15:

Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

mit der charakteristischen Rohdichte  $\rho_k$  in kg/m<sup>3</sup>, jedoch höchstens 500 kg/m<sup>3</sup>

Nach EN 1995-1-1:2010, 8.7.1(3) beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 6 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Mindestabstände nach EN 1995-1-1, 8.7.2 Tabelle 8.6

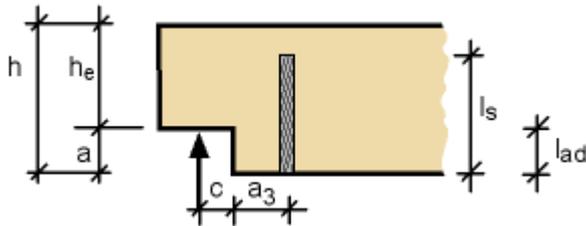
$$a_1 \geq 7 \cdot d \quad a_2 \geq 5 \cdot d \quad a_{1,CG} \geq 10 \cdot d \quad a_{2,CG} \geq 4 \cdot d$$

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1(NA.5) angesetzt werden:

$$a_2 \geq 3 \cdot d \quad a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d \quad a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

Vollgewindeschrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Nachweis für Ausklinkungen mit Verstärkung durch selbstbohrende Vollgewindeschrauben SPAX-S nach Zul. Z-9.1-519:2011-03



### Nachweis der SPAX-S-Schrauben - ÖNORM B 1995-1-1:2010

Nach Z-9.1-519:2011-03, 3.3 in Verbindung mit ÖNORM B 1995-1-1:2010 gilt:

EN 1995-1-1, bzw ÖNORM B 1995-1-1 gibt keine aufzunehmende Zugkraft für die Verstärkung vor.

Daher erfolgt die Ermittlung analog DIN 1052:2008:

Die durch die SPAX-S-Schrauben aufzunehmende Zugkraft ist:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3(1-\alpha)^2 - 2(1-\alpha)^3 \right] \text{ mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \text{ DIN 1052:2008, Gl.(162)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine SPAX-S-Schraube beträgt nach 3.3.2:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{ax} \cdot f_{t,k} \cdot l_{ef} \cdot d_1 \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 \text{ (3.2.2.1, Gl (2))}$$

und  $R_{ax,d} \leq \frac{R_{t,u,k}}{\gamma_M}$  mit  $\gamma_M = 1,25$  (von Schrauben) und  $R_{t,u,k}$  nach 3.2.2.1 letzter Absatz

mit  $k_{ax} = 1,25$  für 90° eingedrehte Schrauben und

	$f_{t,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Vollholz, BSH, Balkenschichtholz	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 \leq 8\text{mm}$	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 > 8\text{mm}$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

charakteristischer Wert der Zugtragfähigkeit  $R_{t,u,k}$  nach Z-9.1-519, Tabelle 1

Gewindeaußendurchmesser $d_1$ in [mm]	$R_{t,u,k}$ in [kN]
8	17
10	28
12	38

Nach 3.2.2.1 beträgt die Mindestschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 4 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der SPAX-S-Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Die Mindestabstände dabei betragen, da die Vollgewindeschrauben immer eine CUT-Spitze haben, nach Z-9.1-519, Abs. 4.4

$$a_1 \geq 5 \cdot d$$

$$a_2 \geq 2,5 \cdot d,$$

$$a_{3,c} \geq 5 \cdot d$$

$$a_{4,c} \geq 3 \cdot d$$

da  $a_1$  immer als  $\infty$   
angesetzt werden  
kann.

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog ÖNORM B 1995-1-1, C.3.3 (3) angesetzt werden:

$$a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

$$a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

SPAX-Schrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Nachweis der SPAX-S-Schrauben - DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

Nach Z-9.1-519:2011-03, 3.3 in Verbindung mit DIN EN 1995-1-1:2010,2013 gilt:

Die durch die SPAX-S-Schrauben aufzunehmende Zugkraft ist:

$$F_{t,90,d} = (\text{erf } Z_{\text{Verst}}) = 1,3 \cdot V_d \cdot \left[ 3 \left[ 1 - \alpha \right]^2 - 2 \left[ 1 - \alpha \right]^3 \right] \text{ mit } \alpha = \frac{h_e}{h} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.75), bzw. (NA.77)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine SPAX-S-Schraube beträgt nach 3.3.2:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{ax} \cdot f_{1,k} \cdot l_{ef} \cdot d_1 \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 \quad (3.2.2.1, \text{GI (2)})$$

und  $R_{ax,d} \leq \frac{R_{t,u,k}}{\gamma_M}$  mit  $\gamma_M = 1,25$  (von Schrauben) und  $R_{t,u,k}$  nach 3.2.2.1 letzter Absatz

mit  $k_{ax} = 1,25$  für 90° eingedrehte Schrauben und

	$f_{1,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Vollholz, BSH, Balkenschichtholz	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 \leq 8\text{mm}$	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 > 8\text{mm}$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

charakteristischer Wert der Zugtragfähigkeit  $R_{t,u,k}$  nach Z-9.1-519, Tabelle 1

Gewindeaußendurchmesser $d_1$ in [mm]	$R_{t,u,k}$ in [kN]
8	17
10	28
12	38

Nach 3.2.2.1 beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 4 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der SPAX-S-Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Die Mindestabstände dabei betragen, da die Vollgewindeschrauben immer eine CUT-Spitze haben, nach Z-9.1-519, Abs. 4.4, bzw. :

$$a_1 \geq 5 \cdot d \qquad a_2 \geq 2,5 \cdot d, \qquad a_{3,c} \geq 5 \cdot d \qquad a_{4,c} \geq 3 \cdot d$$

da  $a_1$  immer als  $\infty$   
angesetzt werden  
kann.

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1 (NA.5) angesetzt werden:

$$a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d \qquad a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

SPAX-Schrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Trägerdurchbrüche nach EN 1995-1-1

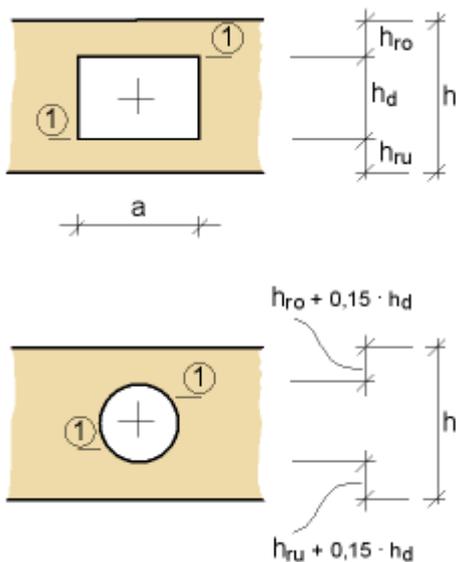
Zunächst werden die geometrischen Randbedingungen geprüft.

### Geometrische Randbedingungen für Trägerdurchbrüche

Die vorhandenen Schnittgrößen müssen immer als Bemessungswerte eingegeben werden. Das Programm bildet intern keine Kombinationen.

Für die verschiedenen Nachweise werden die Querkräfte und Momente an den Durchbruchsrändern und in Durchbruchmitte benötigt.

Bei rechteckigen Durchbrüchen müssen die Schnittgrößen direkt an den Rändern vorgegeben werden, bei runden Durchbrüchen im Abstand  $\pm a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$  vom Durchbruchmittelpunkt



Für den geschwächten Querschnitt und die optional ausgewählte Verstärkung werden folgende Nachweise geführt für:

[Durchbrüche allgemein](#)

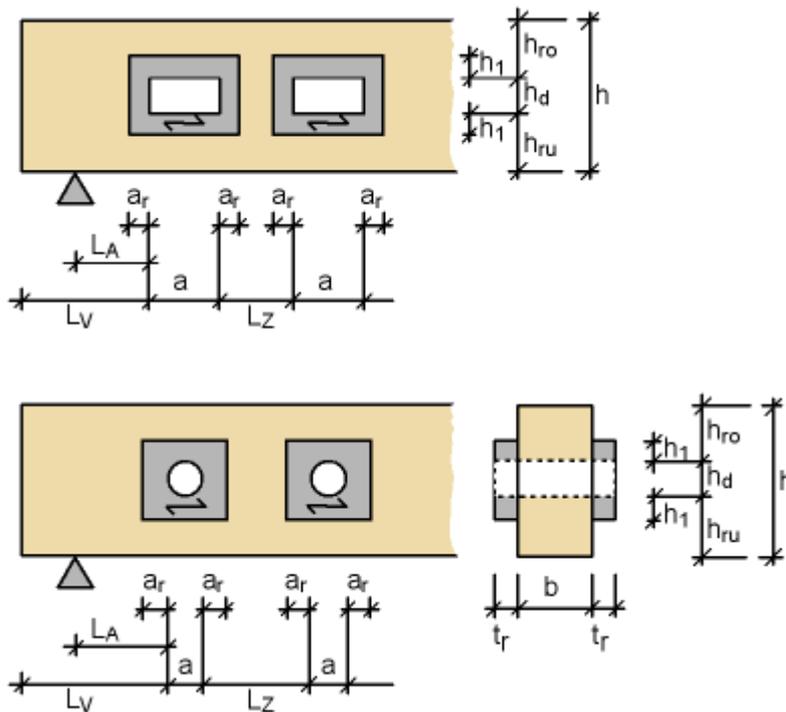
[Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch aufgeleimte Laschen](#)

[Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch eingeleimte Gewindestangen](#)

[Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch Vollgewindeschrauben](#)

[Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch selbstbohrende Vollgewindeschrauben SpaxS, Zul. Z-9.1-519](#)

## Geometrische Randbedingungen für Trägerdurchbrüche



### EN 1995-1-1:2008/2014

In EN 1995-1-1 sind Durchbrüche leider nicht geregelt.

### ÖNORM B 1995-1-1:2010

In ÖNORM B 1995-1-1:2010 werden die Durchbrüche in Anhang C geregelt.

Die Berechnung ist gemäß ÖNORM B 1995-1-1, C.1 (3) für Trägerdurchbrüche nur dann zulässig, wenn folgende geometrischen Bedingungen eingehalten werden:

$$l_V \geq h \quad l_Z \geq \max \begin{cases} 1,25 \cdot h \\ 300\text{mm} \end{cases} \quad l_A \geq \frac{h}{2} \quad h_{\text{Rest,ob}} \geq 0,35 \cdot h \quad h_{\text{Rest,un}} \geq 0,35 \cdot h \quad a \leq 2,5 \cdot h_d \quad h_d \leq 0,20 \cdot h$$

Die Festlegungen gelten nach C.1 (1) nur für rechteckige Biegeträger aus Brettschichtholz oder Furnierschichtholz!

Des Weiteren ist bei rechteckigen Durchbrüchen darauf zu achten, dass die Ecken mit einem Radius von mindestens 15 mm ausgerundet werden.

Durchbrüche mit einem Durchmesser  $d < 80 \text{ mm}$  oder  $< 1/10 h$  müssen nicht nach ÖNORM B 1995-1-1, C.1 nachgewiesen werden. Beachten Sie jedoch die Regeln für kleine Querschnittsschwächungen nach C.1 (3).

Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 müssen immer verstärkt werden!

### DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

In DIN EN 1995-1-1:2010,2013 werden die Durchbrüche NCI NA.6.7 geregelt.

Die Berechnung ist gemäß DIN EN 1995-1-1:2010, 2013, NCI NA.6.7(NA.1) für Trägerdurchbrüche nur dann zulässig, wenn folgende geometrischen Bedingungen eingehalten werden:

$$l_V \geq h \quad l_Z \geq \max \begin{cases} 1,5 \cdot h \\ 300\text{mm} \end{cases} \quad l_A \geq \frac{h}{2} \quad h_{\text{Rest,ob}} \geq 0,35 \cdot h \quad h_{\text{Rest,un}} \geq 0,35 \cdot h \quad a \leq 0,4 \cdot h \quad h_d \leq 0,15 \cdot h$$

Die Festlegungen gelten nach NA.6.7 nur für rechteckige Biegeträger aus Brettschichtholz oder Furnierschichtholz!

Ein Mindestradius für die Ausrundung von Ecken bei rechteckigen Durchbrüchen ist in der Norm nicht vorgegeben. Zur Vermeidung des Aufreisens des Trägers an den Eckpunkten empfiehlt sich jedoch die Ecken mindestens mit einem Radius von 15 mm auszurunden.

Durchbrüche mit einem Durchmesser  $d < 50$  mm müssen nicht nach DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.7 nachgewiesen werden. Beachten Sie jedoch die Regeln für kleine Querschnittsschwächungen!

Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 müssen immer verstärkt werden!

## Nachweis für Durchbrüche allgemein

### Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

Der Bemessungswert der Zugkraft ermittelt sich wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,v,d} + F_{t,M,d} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.3)}$$

für rechteckige Durchbrüche gilt dabei

$$F_{t,v,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \left( \frac{h_d}{h} - \frac{h_d^2}{h^2} \right) \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.4)}$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.5)}$$

mit

$$h_r = \min \left\{ \begin{array}{l} k_{h_{ro}} \\ h_{ru} \end{array} \right. \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.6)}$$

für runde Durchbrüche gilt

$$F_{t,v,d} = \frac{V_d \cdot 0,7 \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \left( \frac{0,7 \cdot h_d}{h} - \frac{(0,7 \cdot h_d)^2}{h^2} \right) \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.4)}$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.5)}$$

mit

$$h_r = \min \left\{ \begin{array}{l} k_{h_{ro}} + 0,15 \cdot h_d \\ h_{ru} + 0,15 \cdot h_d \end{array} \right. \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.7)}$$

Die aufnehmbare Zugkraft beträgt:

$$\text{zul} F_{t,90,d} = 0,5 \cdot l_{t,90} \cdot b \cdot f_{t,90,d} \cdot k_{t,90} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.1)}$$

$$\text{mit } l_{t,90} = 0,5 \cdot h_d + h \quad \text{für rechteckige Durchbrüche} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.8)}$$

$$\text{und } l_{t,90} = 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h \quad \text{für runde Durchbrüche} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.9)}$$

$$\text{und } k_{t,90} = \min \left\{ \begin{array}{l} k_1 \\ \frac{450}{h} \cdot k \end{array} \right. \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.2)}$$

Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 müssen immer verstärkt werden! ÖNORM B 1995-1-1:2010, C.1(4)

Bei rechteckigen Durchbrüchen müssen die erhöhten Schubspannungen in den Durchbruchsecken nachgewiesen werden. Entsprechend C.2 (4) wird der Nachweis auch bei runden Durchbrüchen mit der reduzierten Durchbruchshöhe geführt.

Nach ÖNORM B 1995-1-1:2010, C.2 (3) muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\tau_d = \kappa_\tau \cdot \frac{1,5 \cdot V_d}{b_{ef} \cdot (h - h_d)} \leq f_{v,d} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2009, Gl.(C.10)}$$

mit

$$\kappa_{\tau} = 1,84 \cdot \left[ 1 + \frac{a}{h} \right] \cdot \left( \frac{h_d}{h} \right)^{0,2} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1;2009, Gl.(C.11)}$$

Und  $b_{\text{ef}} = k_{\text{cr}} \cdot b$

Für  $0,1 \leq \frac{a}{h} \leq 1,0$  und  $0,1 \leq \frac{h_d}{h} \leq 0,4$

#### Zusätzlicher Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1, C.2 (4)

Durch die Kraftumleitung wird der Verlauf der Biegespannung im Träger gestört, was zu einer deutlichen Erhöhung der Biegeandspannungen im Bereich der Durchbruchsecken führt.

Diese Erhöhung der Biegeandspannung kann vereinfacht berücksichtigt werden, indem ein Biegeandspannungsnachweis in Durchbruchmitte mit dem Nettoquerschnitt geführt wird.

$$\sigma_{m,d} = \frac{N_d}{A_n} + \frac{M_d}{W_n} \leq f_{m,d}$$

$$\text{mit } W_{n,ob} = \frac{I_{y,s,n}}{z_{ob}}, \quad W_{n,un} = \frac{I_{y,s,n}}{z_{un}}, \quad A_n = b \cdot (h_{ro} + h_{ru}), \quad z_{ob} = \frac{\sum A_i \cdot z_{i,ob}}{\sum A_i}, \quad z_{un} = h - z_{ob},$$

$$I_{y,s,n} = \sum \theta_{y_i} + A_i \cdot z_{is}^2$$

Bei rechteckigen Durchbrüchen werden zur näherungsweisen Berücksichtigung der Rahmenwirkung des Durchbruchbereiches zusätzlich die Spannungen in den Restquerschnitten berücksichtigt.

$$\sigma_{m,d,ro} = \frac{M_{d,ro}}{W_{ro}} \quad \text{und} \quad \sigma_{m,d,ru} = \frac{M_{d,ru}}{W_{ru}}$$

mit

$$M_{d,ro} = V_d \cdot \frac{h_{ro}}{h_{ro} + h_{ru}} \cdot \frac{a}{2} \quad \text{und} \quad M_{d,ru} = V_d \cdot \frac{h_{ru}}{h_{ro} + h_{ru}} \cdot \frac{a}{2}$$

und

$$W_{ro} = \frac{b \cdot h_{ro}^2}{6} \quad \text{und} \quad W_{ru} = \frac{b \cdot h_{ru}^2}{6}$$

$$\sigma_{m,d,ob} = \frac{N_d}{A_n} + \frac{M_d}{W_{n,ob}} + \sigma_{m,d,ro} \leq f_{m,d} \quad \text{und} \quad \sigma_{m,d,un} = \frac{N_d}{A_n} + \frac{M_d}{W_{n,un}} + \sigma_{m,d,ru} \leq f_{m,d}$$

ÖNORM B 1995-1-1;2009, Gl.(C.12)

ÖNORM B 1995-1-1;2009, Gl.(C.13)

Für runde Durchbrüche darf dieser zusätzliche Anteil entfallen. Es genügt der Biegeandspannungsnachweis mit dem Nettoquerschnitt.

Der zusätzliche Nachweis der erhöhten Biegeandspannungen in den Ecken nach dem Aufsatz von Blaß und Steck /7/ entfällt bei ÖNORM B 1995-1-1, da der obige Nachweis diesem entspricht.

#### Schubnachweis im Restquerschnitt

Zusätzlich zu den in der Norm aufgeführten Nachweisen wird der Schubnachweis im Restquerschnitt geführt:

$$\tau_{ob,d} = \frac{V_d \cdot S_{ob,y}}{I_{y,netto} \cdot b} \quad \text{und} \quad \frac{\tau_{ob,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

mit  $b$  = effektive Breite.

Für  $\tau_{un,d}$  erfolgt der Nachweis analog.

## Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

Der Bemessungswert der Zugkraft ermittelt sich wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.64), 2013 (NA.66)}$$

für rechteckige Durchbrüche gilt dabei

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \frac{b}{h} - \frac{h_d^2}{h^2} \cdot \frac{b}{h} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.65), 2013 (NA.67)}$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.66), 2013 (NA.68)}$$

mit

$$h_r = \min \left\{ \frac{K_{h_{ro}}}{h_{ru}} \right\} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.66), 2013 (NA.68)}$$

für runde Durchbrüche gilt

$$F_{t,V,d} = \frac{V_d \cdot k_{0,7} \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \frac{b}{h} - \frac{k_{0,7} \cdot h_d^2}{h^2} \cdot \frac{b}{h} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.65), 2013 (NA.67)}$$

und

$$F_{t,M,d} = 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.66), 2013 (NA.68)}$$

mit

$$h_r = \min \left\{ \frac{K_{h_{ro}} + 0,15 \cdot h_d}{h_{ru} + 0,15 \cdot h_d} \right\} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.66), 2013 (NA.68)}$$

Die aufnehmbare Zugkraft beträgt:

$$zul F_{t,90,d} = 0,5 \cdot l_{t,90} \cdot b \cdot f_{t,90,d} \cdot k_{t,90} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.61), 2013 (NA.63)}$$

$$\text{mit } l_{t,90} = 0,5 \cdot h_d + h_0 \quad \text{für rechteckige Durchbrüche} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.62), 2013 (NA.64)}$$

$$\text{und } l_{t,90} = 0,353 \cdot h_d + 0,5 \cdot h \quad \text{für runde Durchbrüche} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.63), 2013 (NA.65)}$$

$$\text{und } k_{t,90} = \min \left\{ \frac{K_1}{\frac{f_{t,90,d}}{h} \cdot K} \right\}^{0,5} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.61), 2013 (NA.63)}$$

Durchbrüche in Nutzungsklasse 3 müssen immer verstärkt werden!

DIN EN 1995-1-1:2010/2013, NA.6.7 (NA.2)

### Zusätzlicher Nachweis nach Aufsatz von Blaß und Steck /7/

Durch die Kraftumleitung wird der Verlauf der Biegespannung im Träger gestört, was zu einer deutlichen Erhöhung der Biegerandspannungen im Bereich der Durchbruchsecken führt.

Diese Erhöhung der Biegerandspannung kann vereinfacht berücksichtigt werden, indem ein Biegerandspannungsnachweis in Durchbruchmitte mit dem Nettoquerschnitt geführt wird.

$$\sigma_{m,d} = \frac{N_d}{A_n} + \frac{M_d}{W_n} \leq f_{m,d}$$

$$\text{mit } W_{n,ob} = \frac{I_{y,s,n}}{z_{ob}}, \quad W_{n,un} = \frac{I_{y,s,n}}{z_{un}}, \quad A_n = b \cdot (h_{ro} + h_{ru}), \quad z_{ob} = \frac{\sum A_i \cdot z_{i,ob}}{\sum A_i}, \quad z_{un} = h - z_{ob},$$

$$I_{y,s,n} = \sum \theta_{yi} + A_i \cdot z_{is}^2$$

Bei rechteckigen Durchbrüchen werden zur näherungsweisen Berücksichtigung der Rahmenwirkung des Durchbruchbereiches zusätzlich die Spannungen in den Restquerschnitten berücksichtigt.

$$\sigma_{m,d,ro} = \frac{M_{d,ro}}{W_{ro}} \quad \text{und} \quad \sigma_{m,d,ru} = \frac{M_{d,ru}}{W_{ru}}$$

mit

$$M_{d,ro} = V_d \cdot \frac{h_{ro}}{h_{ro} + h_{ru}} \cdot \frac{a}{2} \quad \text{und} \quad M_{d,ru} = V_d \cdot \frac{h_{ru}}{h_{ro} + h_{ru}} \cdot \frac{a}{2}$$

und

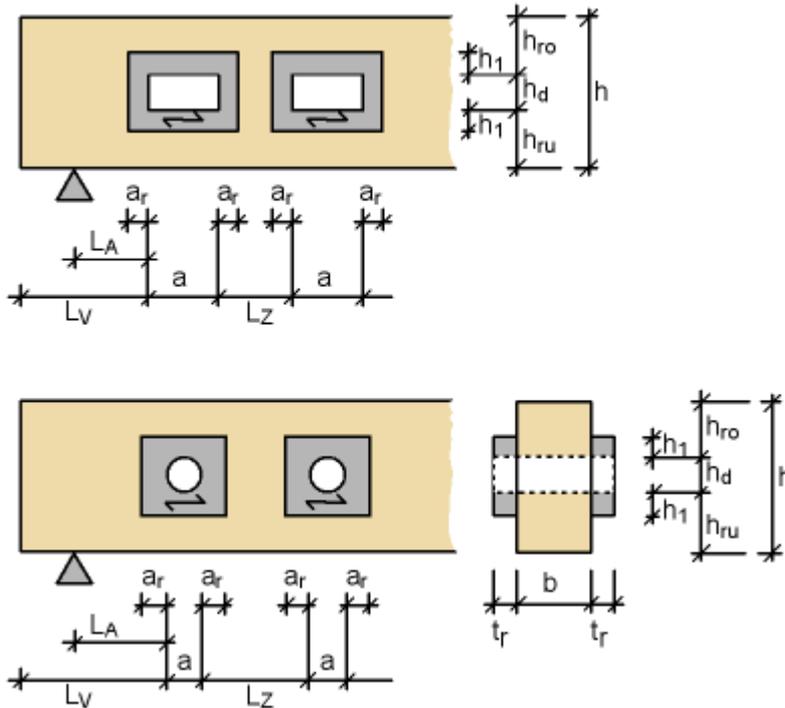
$$W_{ro} = \frac{b \cdot h_{ro}^2}{6} \quad \text{und} \quad W_{ru} = \frac{b \cdot h_{ru}^2}{6}$$

$$\sigma_{m,d,ob} = \frac{N_d}{A_n} + \frac{M_d}{W_{n,ob}} + \sigma_{m,d,ro} \leq f_{m,d} \quad \text{und} \quad \sigma_{m,d,un} = \frac{N_d}{A_n} + \frac{M_d}{W_{n,un}} + \sigma_{m,d,ru} \leq f_{m,d}$$

Für runde Durchbrüche darf dieser zusätzliche Anteil entfallen. Es genügt der Biegerandspannungsnachweis mit dem Nettoquerschnitt.

## Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch aufgeleimte Laschen

Geometrische Randbedingung für die Laschen nach EN 1995-1-1:2008



### EN 1995-1-1:2008

In EN 1995-1-1 sind Durchbrüche leider nicht geregelt. Es taucht nicht einmal das Wort Durchbrüche auf!

### ÖNORM B 1995-1-1:2010

In ÖNORM B 1995-1-1:2010 werden die Durchbrüche in Anhang C geregelt.

Der Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch Laschen ist nach ÖNORM B 1995-1-1:2010, C.1

(3) nur dann zulässig, wenn folgende Randbedingungen eingehalten werden:

$$l_V \geq h \quad l_Z \geq \max \begin{cases} h \\ 300\text{mm} \end{cases} \quad l_A \geq \frac{h}{2} \quad h_{\text{Rest,ob}} \geq 0,25 \cdot h \quad h_{\text{Rest,un}} \geq 0,25 \cdot h \quad a \leq 2,5 \cdot h_d \quad h_d \leq 0,4 \cdot h$$

Für die Abmessungen der Laschen gilt:

$$a_r \leq 0,6 \cdot l_{t,90} \text{ und } a_r \geq 0,25 \cdot a \quad \text{mit } l_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h)$$

$$h_1 \geq 0,25 \cdot a \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, C3.2(3)}$$

### DIN EN 1995-1-1:2010,2013

In DIN EN 1995-1-1:2010,2013 werden die Durchbrüche in NCI NA.6.8.4 geregelt.

Der Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch Laschen ist nach DIN EN 1995-1-1:2009, NCI NA.6.8.4 nur dann zulässig, wenn folgende Randbedingungen eingehalten werden:

$$\begin{array}{ccccccc}
 I_V \geq h & I_Z \geq \max \begin{cases} h \\ 300\text{mm} \end{cases} & I_A \geq \frac{h}{2} & \begin{array}{l} h_{\text{Rest,ob}} \geq 0,25 \cdot h \\ h_{\text{Rest,un}} \geq 0,25 \cdot h \end{array} & \begin{array}{l} a \leq h \\ \frac{a}{h_d} \leq 2,5 \end{array} & \begin{array}{l} h_d \leq 0,3 \cdot h \\ \text{innenliegende} \\ \text{Verstärkung} \end{array} & \begin{array}{l} h_d \leq 0,4 \cdot h \\ \text{außenliegende} \\ \text{Verstärkung} \end{array}
 \end{array}$$

Für die Abmessungen der Laschen gilt:

$$a_r \leq 0,6 \cdot l_{t,90} \text{ und } a_r \geq 0,25 \cdot a \text{ mit } l_{t,90} = 0,5 \cdot (h_d + h)$$

$$h_1 \geq 0,25 \cdot a \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.89+90), bzw (NA.91,92)}$$

## Nachweis nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ermittelt sich wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,v,d} + F_{t,m,d} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.3)}$$

Die vorhandene Zugspannung in der Lasche beträgt dann

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot a_r} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.17)}$$

Es ist nachzuweisen, dass  $\kappa_k \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1$  ist. ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.16)

Der Beiwert  $\kappa_k$  zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung wird vom Programm mit 2,0 angenommen.

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot h_{ad}} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.15)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1$  ist. ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.14)

Die effektive Laschenhöhe beträgt

bei rechteckigen Durchbrüchen  $h_{ad} = h_1$

bei runden Durchbrüchen  $h_{ad} = h_1 + 0,15 \cdot h_d$

Das Programm ermittelt sowohl die Zugspannungsausnutzung der Lasche, als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

## Nachweis nach DIN EN 1995-1-1:2010

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ermittelt sich wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.64), bzw (NA.66)}$$

Die vorhandene Zugspannung in der Lasche beträgt dann

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot a_r} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.88) , bzw (NA.90)}$$

Es ist nachzuweisen, dass  $\kappa_k \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1$  ist. DIN EN 1995-1-1, (NA.87) , bzw (NA.89)

Der Beiwert  $\kappa_k$  zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Spannungsverteilung wird vom Programm mit 2,0 angenommen.

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot a_r \cdot h_{ad}} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.86) , bzw (NA.88)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k2,d}} \leq 1$  ist. DIN EN 1995-1-1, (NA.85) , bzw (NA.87)

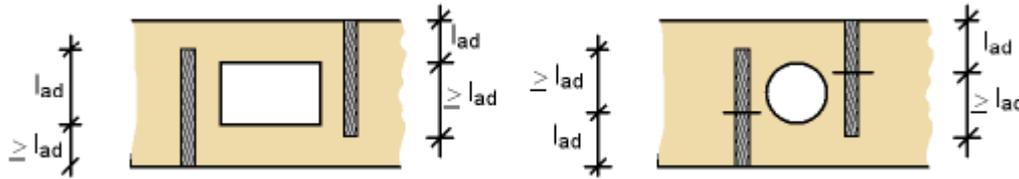
Die effektive Laschenhöhe beträgt

bei rechteckigen Durchbrüchen  $h_{ad} = h_1$

bei runden Durchbrüchen  $h_{ad} = h_1 + 0,15 \cdot h_d$

Das Programm ermittelt sowohl die Zugspannungsausnutzung der Lasche, als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

## Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch eingeleimte Gewindestangen



### Nachweis der Gewindestangen nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ermittelt sich nach ÖNORM B 1995-1-1:2010, C.3.3 wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.3)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Gewindestange wird daher nach EN 1993-1-8, 3.6, Tabelle 3.4 ermittelt.

$$R_{ax,d} = F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_{sp}}{\gamma_{M2}} \quad \text{EN 1993-1-8, Tabelle 3.4}$$

Dabei werden  $k_2=0,9$  und  $\gamma_{M2}=1,25$  angenommen.

Die charakteristische Streckgrenze und Zugfestigkeit für Gewindestangen werden nach EN 1993-1-8, Tabelle 3.1 angesetzt:

Festigkeitsklasse	$f_{y,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{u,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
4,8	320	400
5,8	400	500
8,8	640	800

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.19)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1$  ist. ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.18)

Da in EN 1995-1-1, bzw ÖNORM B 1995:1-1 kein Wert für die Klebfugenfestigkeit angegeben ist, wird der Bemessungswert  $f_{k1,d}$  nach DIN 1052:2008, Tabelle F.23, Zeile 2 angesetzt:

		Wirksame Einklebelänge $l_{ad}$ des Stahlstabes			
		$\leq 250\text{mm}$	$250\text{mm} < l_{ad} \leq 500\text{mm}$	$500\text{mm} < l_{ad} \leq 1000\text{mm}$	
2	$f_{k1,k}$	Klebfuge zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung	4,0	$5,25 - 0,005 \cdot l_{ad}$	$3,5 - 0,0015 \cdot l_{ad}$

Die wirksame Einklebetiefe ist

bei rechteckigen Durchbrüchen  $l_{ad} = \min \left\{ \begin{matrix} h_{ru} \\ h_{ro} \end{matrix} \right.$

bei runden Durchbrüchen 
$$l_{ad} = \min \left\{ \begin{array}{l} h_{ru} + 0,15 \cdot h_d \\ h_{ro} + 0,15 \cdot h_d \end{array} \right.$$

Die Mindesteinleimlänge beträgt  $l_E \geq 2 \cdot l_{ad}$  bzw.  $l_E \geq 2 \cdot (h - h_e)$  ÖNORM B 1995-1-1:2010, C.3.3(2)

Die Gewindestange muss jeweils mindestens mit  $l_{ad,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Gewindestangenlänge ergeben als die Mindesteinleimlänge.

Max. Gewindestangendurchmesser  $d \leq 20\text{mm}$

Das Programm ermittelt sowohl die Zugkraftausnutzung der Gewindestangen als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

### Anordnung der Gewindestangen

Die Anordnung erfolgt in Analogie zu ÖNORM B 1995-1-1, Anhang C.3.3

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung der Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Gewindestange zulässig.

Die Mindestabstände dabei betragen nach ÖNORM B 1995-1-1, C.3.3(3):

$$a_1 \geq 4 \cdot d \qquad a_2 \geq 4 \cdot d \qquad a_{3,c} \geq 2,5 \cdot d \qquad a_{4,c} \geq 2,5 \cdot d$$

Eingeleitete Gewindestangen können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ad}$  entsprechend.

## Nachweis der Gewindestangen nach DIN EN 1995-1-1:2010,2013

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ermittelt sich nach DIN EN 1995-1-1:2010/2013, NCI NA.6.8.4 wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.64), bzw (NA.66)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Gewindestange wird daher nach EN 1993-1-8, 3.6, Tabelle 3.4 ermittelt.

$$R_{ax,d} = F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_{sp}}{\gamma_{M2}} \quad \text{EN 1993-1-8, Tabelle 3.4}$$

Dabei werden  $k_2=0,9$  und  $\gamma_{M2} = 1,25$  angenommen.

Die charakteristische Streckgrenze und Zugfestigkeit für Gewindestangen werden nach EN 1993-1-8, Tabelle 3.1 angesetzt:

Festigkeitsklasse	$f_{y,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{u,b,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
4,8	320	400
5,8	400	500
8,8	640	800

Die Schubspannung in der Klebefuge errechnet sich wie folgt:

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n \cdot d_r \cdot \pi \cdot l_{ad}} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.84), bzw (NA.86)}$$

Es wird nachgewiesen, dass  $\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1$  ist. DIN EN 1995-1-1, (NA.83), bzw (NA.85)

Der zulässige Bemessungswert  $f_{k1,d}$  ist nach DIN EN 1995-1-1, Tabelle NA.12, Zeile 2:

			Wirksame Einklebelänge $l_{ad}$ des Stahlstabes		
			$\leq 250\text{mm}$	$250\text{mm} < l_{ad} \leq 500\text{mm}$	$500\text{mm} < l_{ad} \leq 1000\text{mm}$
2	$f_{k1,k}$	Klebefuge zwischen Stahlstab und Bohrlochwandung	4,0	$5,25 - 0,005 \cdot l_{ad}$	$3,5 - 0,0015 \cdot l_{ad}$

Die wirksame Einklebetiefe ist

bei rechteckigen Durchbrüchen  $l_{ad} = \min \left\{ \begin{array}{l} h_{ru} \\ h_{ro} \end{array} \right.$

bei runden Durchbrüchen  $l_{ad} = \min \left\{ \begin{array}{l} h_{ru} + 0,15 \cdot h_d \\ h_{ro} + 0,15 \cdot h_d \end{array} \right.$

Nach DIN EN 1995-1-1, NCI NA.11.2.3 (NA.5) beträgt die Mindesteinleimlänge

$$l_{ad,min} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot d^2 \\ 10 \cdot d \end{array} \right. \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.145), bzw (NA.156)}$$

Die rechnerische Mindestlänge der Gewindestange ergibt sich zu  $l_E \geq 2 \cdot l_{ad,min}$

Die Gewindestange muss jeweils mindestens mit  $l_{ad,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Gewindestangenlänge ergeben als die Mindesteinleimlänge.

Max. Gewindestangendurchmesser  $d \leq 20\text{mm}$

Das Programm ermittelt sowohl die Zugkraftausnutzung der Gewindestangen als auch die Schubspannungsausnutzung der Leimfuge.

### Anordnung der Gewindestangen

Die Anordnung erfolgt nach DIN EN 1995-1-1, Tabelle NA.22, bzw. DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1 (NA.5):

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung der Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Gewindestange zulässig.

$$a_1 \geq 4 \cdot d$$

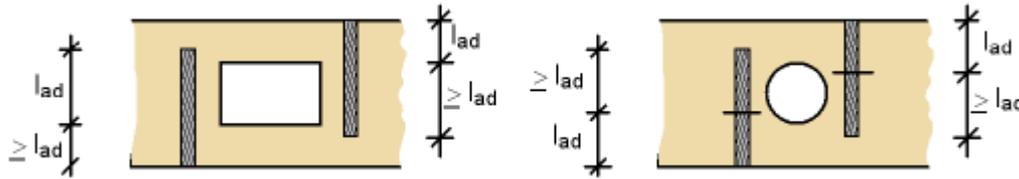
$$a_2 \geq 3 \cdot d$$

$$a_{3,c} \geq 2,5 \cdot d$$

$$a_{4,c} \geq 2,5 \cdot d$$

Eingeleimte Gewindestangen können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ad}$  entsprechend.

## Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch Vollgewindeschrauben



### Nachweis der Schrauben nach ÖNORM B 1995-1-1:2010

Nach ÖNORM B 1995-1-1:2010, Anhang C.4 sind eingeschraubte Stahlstäbe sinngemäß wie eingeklebte Gewindestangen nach C.3 zu bemessen.

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ermittelt sich analog zu den Gewindestangen wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.3)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Schraube beträgt nach EN 1995-1-1, 8.7.2:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2_{(f(\text{Holz}))} \text{ Ausziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2_{(f(\text{Holz}))} \text{ Durchziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{tens,k} \cdot \frac{1}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,25 \text{ Schraube zerreißt} \end{array} \right.$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} \quad \text{EN 1995-1-1:2008, Gl. (8.39)}$$

$f_{head,k}$  und  $f_{tens,k}$  nach EN 14592. Leider sind dort keine Werte aufgelistet.

Daher lautet der Vorschlag von Hr Zimnik:

$$f_{tens,k} = f_{yk} \cdot \pi \cdot d_{ker}^2$$

Da noch keine Werte für den Kopfdurchziehparameter  $f_{head,k}$  vorliegen, wird zunächst der ungünstigste Wert  $f_{2,k}$  aus DIN 1052:2008, Tabelle 15 benutzt:

$$f_{head,k} = f_{2,k} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

Ausziehparameter  $f_{1,k}$  und Kopfdurchziehparameter  $f_{2,k}$  entsprechend DIN 1052:2008, Tabelle 15:

Tragfähigkeitsklasse	$f_{1,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tragfähigkeitsklasse	$f_{2,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

mit der charakteristischen Rohdichte  $\rho_k$  in kg/m<sup>3</sup>, jedoch höchstens 500 kg/m<sup>3</sup>

Nach EN 1995-1-1:2010, 8.7.1(3) beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 6 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

## Anordnung der Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Mindestabstände nach EN 1995-1-1, 8.7.2, Tabelle 8.6

$$a_1 \geq 7 \cdot d \quad a_2 \geq 5 \cdot d \quad a_{1,CG} \geq 10 \cdot d \quad a_{2,CG} \geq 4 \cdot d$$

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog ÖNORM B 1995-1-1, C.3.3 (3) angesetzt werden:

$$a_2 \geq 4 \cdot d \quad a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d \quad a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

Vollgewindeschrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Nachweis der Schrauben nach DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

Eingeschraubte Stahlstäbe werden gemäß DIN EN 1995-1-1, NCI NA 6.8.1 (NA.6) sinngemäß wie eingeklebte Gewindestangen nach NCI NA.6.8.4 bemessen.

Der Bemessungswert der aufzunehmenden Zugkraft ermittelt sich analog zu den Gewindestangen wie folgt:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{DIN EN 1995-1-1, (NA.64), bzw (NA.66)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine Schraube beträgt nach EN 1995-1-1, 8.7.2:

$$R_{ax,d} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2 (f(\text{Holz})) \text{ Ausziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left( \frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,3 - 1,2 (f(\text{Holz})) \text{ Durchziehen} \\ n_{ef} \cdot f_{tens,k} \cdot \frac{1}{\gamma_M} \text{ mit } \gamma_M = 1,25 \text{ Schraube zerreist} \end{array} \right.$$

$F_{head,k}$  und  $f_{tens,k}$  nach EN 14592. Leider sind dort keine Werte aufgelistet.

Daher lautet der Vorschlag von Hr Zimnik:

$$f_{tens,k} = f_{yk} \cdot \pi \cdot d_{kern}^2$$

Ausziehparameter  $f_{ax,k}$  und Kopfdurchziehparameter  $f_{head,k}$  entsprechend DIN EN 1995-1-1, Tabelle NA.15 (Nägel):

Tragfähigkeitsklasse	$f_{ax,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tragfähigkeitsklasse	$f_{head,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	$30 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	A	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
2	$40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	B	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
3	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$	C	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

mit der charakteristischen Rohdichte  $\rho_k$  in kg/m<sup>3</sup>, jedoch höchstens 500 kg/m<sup>3</sup>

Nach EN 1995-1-1:2010/2013, 8.7.1(3) beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 6 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Mindestabstände nach EN 1995-1-1, 8.7.2, Tabelle 8.6:

$$a_1 \geq 7 \cdot d$$

$$a_2 \geq 5 \cdot d$$

$$a_{1,CG} \geq 10 \cdot d$$

$$a_{2,CG} \geq 4 \cdot d$$

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog DIN EN 1995-1-1:2010 Bild NA.11, bzw. DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1 (NA.5) angesetzt werden:

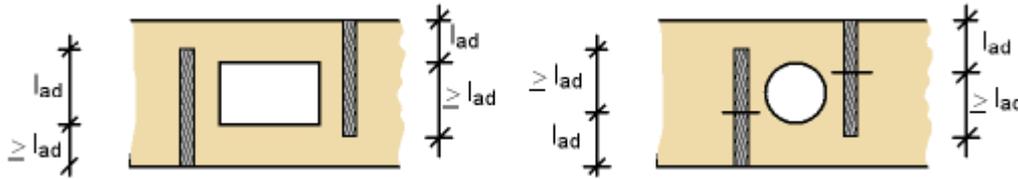
$$a_2 \geq 3 \cdot d$$

$$a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

$$a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

Vollgewindeschrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Nachweis für Trägerdurchbrüche mit Verstärkung durch selbstbohrende Vollgewindeschrauben SPAX-S nach Zul. Z-9.1-519:2011-03



### Nachweis der SPAX-S-Schrauben - ÖNORM B 1995-1-1:2010

Nach Z-9.1-519:2011-03, 3.3 in Verbindung mit ÖNORM B 1995-1-1:2010 gilt:

Die durch die SPAX-S-Schrauben aufzunehmende Zugkraft ist:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{ÖNORM B 1995-1-1:2010, Gl. (C.3)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine SPAX-S-Schraube beträgt nach 3.3.2:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{ax} \cdot f_{1,k} \cdot l_{ef} \cdot d_1 \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \quad \text{mit } \gamma_M = 1,3 \quad (3.2.2.1, \text{ Gl (2)})$$

und  $R_{ax,d} \leq \frac{R_{t,u,k}}{\gamma_M}$  mit  $\gamma_M = 1,25$  (von Schrauben) und  $R_{t,u,k}$  nach 3.2.2.1 letzter Absatz

mit  $k_{ax} = 1,25$  für 90° eingedrehte Schrauben und

	$f_{1,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Vollholz, BSH, Balkenschichtholz	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 \leq 8\text{mm}$	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 > 8\text{mm}$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

charakteristischer Wert der Zugtragfähigkeit  $R_{t,u,k}$  nach Z-9.1-519, Tabelle 1

Gewindeaußendurchmesser $d_1$ in [mm]	$R_{t,u,k}$ in [kN]
8	17
10	28
12	38

Nach 3.2.2.1 beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 4 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der SPAX-S-Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Die Mindestabstände dabei betragen, da die Vollgewindeschrauben immer eine CUT-Spitze haben, nach Z-9.1-519, Abs. 4.4

$$a_1 \geq 5 \cdot d$$

$$a_2 \geq 2,5 \cdot d,$$

$$a_{3,c} \geq 5 \cdot d$$

$$a_{4,c} \geq 3 \cdot d$$

da  $a_1$  immer als  $\infty$   
angesetzt werden  
kann.

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog ÖNORM B 1995-1-1, C.3.3 (3) angesetzt werden:

$$a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

$$a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

SPAX-Schrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Nachweis der SPAX-S-Schrauben - DIN EN 1995-1-1:2010, 2013

Nach Z-9.1-519:2011-03, 3.3 in Verbindung mit DIN EN 1995-1-1:2010/2013 gilt:

Die durch die SPAX-S-Schrauben aufzunehmende Zugkraft ist:

$$F_{t,90,d} = F_{t,V,d} + F_{t,M,d} \quad \text{DIN EN 1995-1-1:2010, (NA.64), 2013 (NA.66)}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugkraft für eine SPAX-S-Schraube beträgt nach 3.3.2:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{ax} \cdot f_{1,k} \cdot l_{ef} \cdot d_1 \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \quad \text{mit } \gamma_M = 1,3 \quad (3.2.2.1, \text{Gl (2)})$$

$$\text{und } R_{ax,d} \leq \frac{R_{t,u,k}}{\gamma_M} \quad \text{mit } \gamma_M = 1,25 \text{ (von Schrauben) und } R_{t,u,k} \text{ nach 3.2.2.1 letzter Absatz}$$

mit  $k_{ax} = 1,25$  für 90° eingedrehte Schrauben und

	$f_{1,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Vollholz, BSH, Balkenschichtholz	$80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 \leq 8\text{mm}$	$70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$
KERTO mit $d_1 > 8\text{mm}$	$60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$

charakteristischer Wert der Zugtragfähigkeit  $R_{t,u,k}$  nach Z-9.1-519, Tabelle 1

Gewindeaußendurchmesser $d_1$ in [mm]	$R_{t,u,k}$ in [kN]
8	17
10	28
12	38

Nach 3.2.2.1 beträgt die Mindesteinschraubtiefe  $l_{s,min} \geq 4 \cdot d$

Die rechnerische Mindestlänge der Schraube ergibt sich zu  $l_s \geq 2 \cdot l_{s,min}$

Die Schraube muss jeweils mindestens mit  $l_{s,min}$  oberhalb und unterhalb der gefährdeten Fuge eingebunden sein. Dadurch kann sich eine konstruktiv größere erforderliche Schraubenlänge ergeben als die rechnerische Mindestlänge.

Das Programm ermittelt die Zugkraftausnutzung der Schrauben.

### Anordnung der SPAX-S-Schrauben

Es dürfen nicht mehr als 1 Reihe hintereinander in Achsrichtung des Trägers angeordnet werden. In Querrichtung ist mehr als 1 Schraube zulässig.

Die Mindestabstände dabei betragen, da die Vollgewindeschrauben immer eine CUT-Spitze haben, nach Z-9.1-519, Abs. 4.4:

$$a_1 \geq 5 \cdot d \quad a_2 \geq 2,5 \cdot d, \quad a_{3,c} \geq 5 \cdot d \quad a_{4,c} \geq 3 \cdot d$$

da  $a_1$  immer als  $\infty$   
angesetzt werden kann.

Bei vorgebohrten Schrauben darf analog DIN EN 1995-1-1:2010 Bild NA.11, bzw. DIN EN 1995-1-1, NCI NA.6.8.1 (NA.5) angesetzt werden:

$$a_{1,CG} \geq 2,5 \cdot d \quad a_{2,CG} \geq 2,5 \cdot d$$

SPAX-Schrauben können auch versenkt eingegeben werden. Dabei verringert sich das Maß  $l_{ef}$  entsprechend.

## Literatur

- /1/ DIN 1052: 04.88, Teil 1, Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung
- /2/ DIN 1052: 10.96, Teil 1 A1, Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung, Änderungen
- /3/ Erläuterungen zur DIN 1052: 04.88
- /4/ DIN 1052: 08.2004
- /5/ Erläuterungen zur DIN 1052: 08.2004
- /6/ Zulassung Z-9.1-519, SPAX-Vollgewindeschrauben
- /7/ Blaß, Steck, Querzugverstärkungen von Holzbauteilen aus Bauen mit Holz, 03/99, 04/99, 05/99
- /8/ Blaß, Bejtka, Selbstbohrende Holzschrauben und ihre Anwendungsmöglichkeiten, Holzbau Kalender 2004
- /9/ Informationsdienst Holz, Teil 5 Konstruktionsbeispiele
- /10/ Brüninghoff, Schmidt, Wiegand, „Praxisnahe Empfehlung zur Reduzierung von Querzugrissen“ aus Bauen mit Holz, 11/93
- /11/ DIN EN 20898-1: Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen
- /12/ DIN 18800-1: Stahlbauten
- /13/ Anpassungsrichtlinie zur DIN 18800
- /14/ DIN 1052:2008-12
- /15/ DIN EN 1995-1-1:2008-09
- /16/ DIN EN 1995-1-1:2010-12
- /17/ DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12
- /18/ ÖNORM B 1995-1-1:2009-07
- /19/ ÖNORM B 1995-1-1:2010-08
- /20/ DIN EN 1993-1-8:2005-07
- /21/ DIN EN 1993-1-8 Ber1: 2009-12
- /22/ EDIN EN 1993-1-8/NA:2007-05
- /23/ DIN EN 1993-1-8:2010-12
- /24/ Zulassung Z-9.1-614, Würth ASSY VG-plus Vollgewindeschrauben
- /25/ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08
- /26/ DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07