

Tipp 25/01

Tragfähigkeit ebener, geschweißter T-, X- und Y-Anschlüsse von Rechteck- bzw. Kreishohlprofilstreben an Rechteckhohlprofilgurtstäbe nach DIN EN 1993-1-8:2010-12 [1] in Verbindung mit DIN EN 1993-1-8/NA:2020-11 [2]

Die Tragfähigkeit N_{Rd} ebener, geschweißter Anschlüsse von RHP- bzw. KHP-Streben an RHP-Gurtstäbe ist grundsätzlich nach [1], Tabelle 7.11 zu ermitteln. Dabei sind jedoch auch die Vorgaben aus [1], Abschnitt 7.5 zu berücksichtigen. So ist zu beachten, dass der Gültigkeitsbereich nach [1], Tabelle 7.8 eingehalten wird. Werden die Gültigkeitsbereiche dieser Tabelle nicht eingehalten, sind alle Versagensformen nach [1], Abschnitt 7.2.2 nachzuweisen. Dies erfolgt dann auch unter Berücksichtigung der Sekundärmomente, welche sich aus der Rotationssteifigkeit ergeben.

Nach Tabelle 7.11 aus [1] sind vier grundsätzliche Versagensarten nachzuweisen. Hierbei handelt es sich um Flanschversagen des Gurtstabes, Seitenwandversagen des Gurtstabes, Versagen der Strebe und Durchstanzen der Strebe durch den Gurtstab. Entsprechend [1], Abschnitt 7.5.2.1(3) ist die Tragfähigkeit des Anschlusses durch den kleineren dieser vier Werte definiert.

Es ist zu beachten, dass bei KHP-Streben nur eine reduzierte Tragfähigkeit $N_{Rd,KHP} = \frac{\pi}{4} * N_{Rd}$ angesetzt werden darf.

Die Gleichungen für die Tragfähigkeiten N_{Rd} für die vier Versagensarten sind nachfolgend wiedergegeben.

- Flanschversagen des Gurtstabes mit $\beta \leq 0,85$

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n * f_{y0} * t_0^2 * \left(\frac{2 * \eta}{\sin \theta_1} + 4 * \sqrt{1 - \beta} \right)}{(1 - \beta) * \sin \theta_1 * \gamma_{M5}}$$

- Seitenwandversagen des Gurtstabes mit $\beta = 1,0$

$$N_{1,Rd} = \frac{k_n * f_b * t_0 * \left(\frac{2 * h_1}{\sin \theta_1} + 10 * t_0 \right)}{(1 - \beta) * \sin \theta_1 * \gamma_{M5}}$$

- Versagen der Strebe mit $\beta \geq 0,85$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{yi} * t_1 * (2 * h_1 - 4 * t_1 + 2 * b_{eff})}{\gamma_{M5}}$$

- Durchstanzen mit $0,85 \leq \beta \leq 1 - \frac{1}{\gamma}$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} * t_0 * \left(\frac{2 * h_1}{\sin \theta_1} + 2 * b_{e,p} \right)}{\sqrt{3} * \sin \theta_1 * \gamma_{M5}}$$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Kennwerte berücksichtigt.

$N_{1,Rd}$ Tragfähigkeit der RHP- oder KHP-Strebe 1

k_n	Beiwert
f_{y0}	Nennwert der Streckgrenze des RHP-Gurtstabes
t_0	Wandstärke des RHP-Gurtstabes
β	Verhältniswert
θ_1	Winkel zwischen RHP- oder KHP-Strebe 1 und RHP-Gurtstab
η	Verhältniswert
γ_{M5}	Teilsicherheitsbeiwert
f_b	Festigkeitsgrenze für das Stegblech des Gurtstabes infolge lokalen Beulens
h_1	Höhe der Strebe 1
f_{yi}	Nennwert der Streckgrenze der RHP- oder KHP-Strebe i ($i = 1$)
t_1	Wandstärke der RHP- oder KHP-Strebe 1
b_{eff}	effektive Breite der Strebe, die auf den RHP-Gurtstab aufsetzt
γ	Verhältniswert
$b_{e,p}$	effektive Breite der Strebe beim Durchstanzen

Die Nennwerte der Streckgrenzen f_{y0} und f_{yi} , die Wandstärken t_0 und t_1 , den Winkel θ_1 sowie die Bauteilhöhe h_1 können den Projektunterlagen bzw. Tabellenwerken entnommen werden.

Der Verhältniswert β kann entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6) für T-, Y- und X-Anschlüsse mit Hilfe einer einfachen Gleichung berechnet werden. Für KHP-Streben ist $\beta = \frac{d_1}{b_0}$ und für RHP-Streben $\beta = \frac{b_1}{b_0}$ anzusetzen. Dabei sind d_1 der Außendurchmesser der KHP-Strebe und b_1 die Breite der RHP-Strebe. Mit Hilfe dieses Wertes wird das Breitenverhältnis der Streben zum Gurtstab berücksichtigt.

Der Verhältniswert η kann ebenfalls entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6) für T-, Y- und X-Anschlüsse mit Hilfe einer einfachen Gleichung berechnet werden. Für KHP-Streben ist $\eta = \frac{d_1}{b_0}$ und für RHP-Streben

$\eta = \frac{b_1}{b_0}$ anzusetzen. Mit Hilfe dieses Wertes wird das Verhältnis der Strebenhöhe zur Gurtstabbreite berücksichtigt.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{M5} ist nach [1], Abschnitt 2.2 in Verbindung mit [2] mit $\gamma_{M5} = 1,0$ festgelegt.

Die Festigkeitsgrenze für das Stegblech des Gurtstabes infolge lokalen Beulens f_b ist nach den Vorgaben aus [1], Tabelle 7.11 zu berechnen. Dabei wird grundsätzlich zwischen einer Zug- oder Druckbeanspruchung in der Strebe unterschieden. Dies geht aus den folgenden Gleichungen hervor.

- Zugkraft in der Strebe
 $f_b = f_{y0}$
- Druckkraft in der Strebe
bei T- oder Y-Anschlüssen
 $f_b = \chi * f_{y0}$
bei X-Anschlüssen
 $f_b = 0,8 * \chi * f_{y0} * \sin \theta_1$

Dabei ist χ der Abminderungsbeiwert nach der maßgebenden Biegeknickkurve entsprechend [3], Abschnitt 6.3.1.2 mit der folgenden Gleichung zu bestimmen.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0$$

In dieser Gleichung werden die Funktion Φ zur Bestimmung von χ und der Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ berücksichtigt.

Die Funktion Φ ist entsprechend [3], Abschnitt 6.3.1.2 mit Hilfe der folgenden Gleichung zu bestimmen.

$$\Phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

In dieser Gleichung findet auch der Imperfektionsbeiwert α Berücksichtigung. Dieser ergibt sich, entsprechend [3], Tabelle 6.1, in Abhängigkeit von der Knicklinie des Strebenprofils.

Entsprechend [3], Tabelle 6.2 ist für warmgefertigte RHP oder KHP aus Stählen S 235 bis S 420 die Knicklinie a und aus S 460 die Knicklinie a₀ anzunehmen. Somit ist für warmgefertigte RHP oder KHP aus Stählen S 235 bis S 420 der Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,21$ und für den Stahl S 460 $\alpha = 0,13$ anzusetzen.

Für kaltgefertigte RHP oder KHP ist nach [3], Tabelle 6.2 immer die Knicklinie c anzunehmen. Somit ergibt sich für diese Profile ein Imperfektionsbeiwert $\alpha = 0,49$.

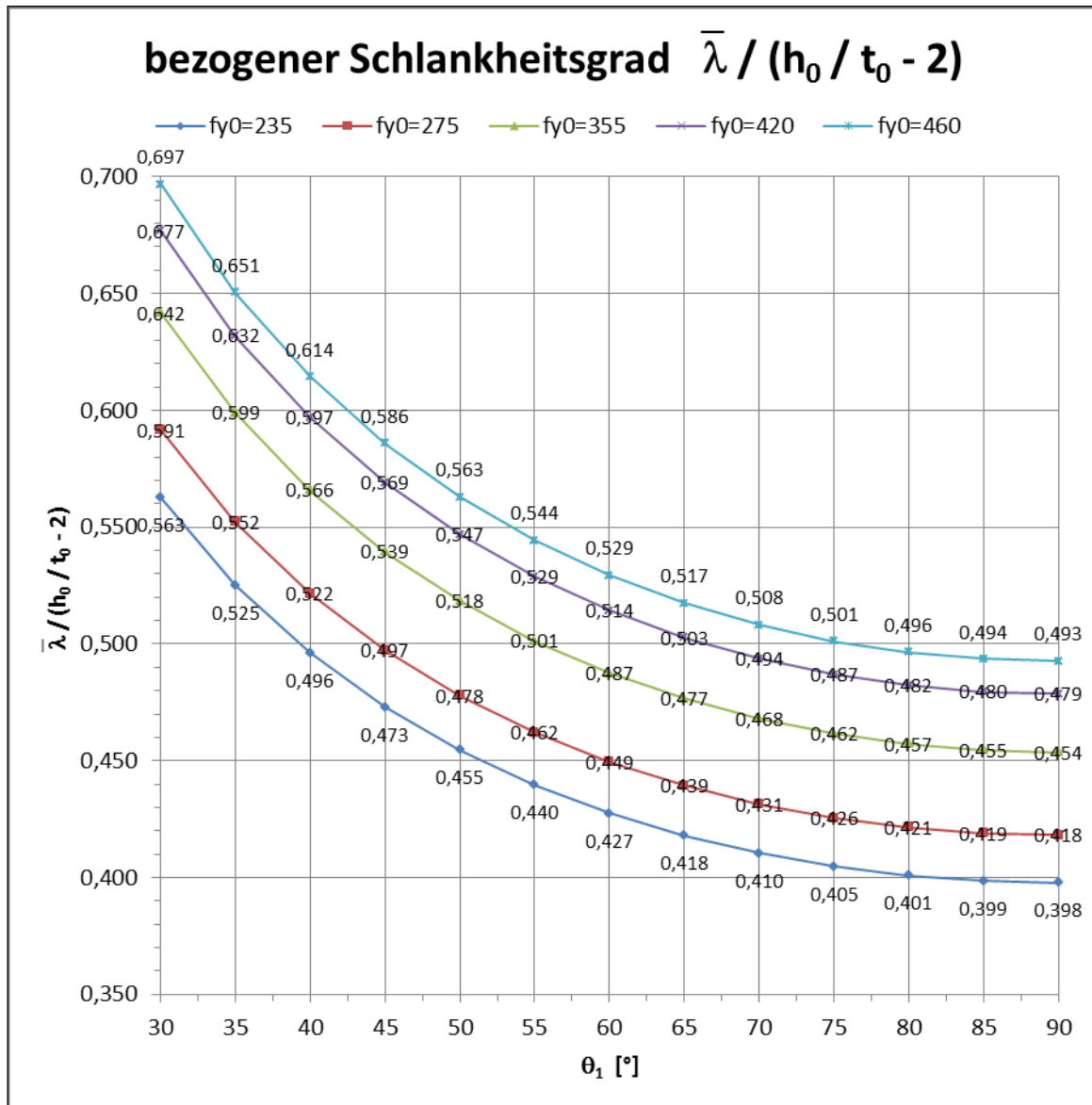
Der Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ ist abweichend von [3] in [1], Tabelle 7.11 definiert. Dementsprechend ist der Schlankheitsgrad mit Hilfe der folgenden Gleichung zu berechnen.

$$\bar{\lambda} = 3,46 * \frac{\left(\frac{h_0}{t_0} - 2\right) * \sqrt{\frac{1}{\sin \theta_1}}}{\sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}}$$

In dieser Gleichung werden zusätzlich die Höhe des RHP-Gurtstabes h_0 und der E-Modul des Gurtstabmaterials E berücksichtigt. Die Höhe h_0 kann den Projektunterlagen bzw. Tabellenwerken entnommen werden. Der E-Modul ist entsprechend [3], Abschnitt 3.2.6(1) mit $E = 210000 \text{ N/mm}^2$ anzunehmen.

Durch Umstellen dieser Gleichung kann der bezogene Schlankheitsgrad $\frac{\bar{\lambda}}{\frac{h_0}{t_0} - 2} = 3,46 * \frac{\sqrt{\frac{1}{\sin \theta_1}}}{\sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}}$ be-

rechnet werden. Für die Winkel $30^\circ \leq \theta_1 \leq 90^\circ$ und die Streckgrenzen $235 \text{ N/mm}^2 \leq f_{y0} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ wurde dieser bezogene Schlankheitsgrad jeweils ermittelt und in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



Die effektive Breite der Strebe b_{eff} ist entsprechend der folgenden Gleichung, welche in [1], Tabelle 7.11 zu finden ist, zu berechnen.

$$b_{\text{eff}} = \frac{10}{b_0} * \frac{f_{y0} * t_0}{f_{yi} * t_i} \leq b_1$$

Bei dieser Art von Anschlüssen ist $t_i = t_1$ zu setzen.

Der Verhältniswert γ kann entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6) mit Hilfe der einfachen Gleichung $\gamma = \frac{b_0}{2 * t_0}$ berechnet werden.

Für die effektive Breite der Strebe beim Durchstanzen $b_{e,p}$ ist in [1], Tabelle 7.11 die folgende Berechnungsgleichung angegeben.

$$b_{e,p} = \frac{10}{\frac{b_0}{t_0}} * b_i$$

Bei dieser Art von Anschlüssen ist $b_i = b_1$ zu setzen.

Zuletzt muss noch der Beiwert k_n bestimmt werden. Für die Berechnung des Beiwertes k_n sind die in [1], Tabelle 7.11 angegebenen, folgenden Gleichungen zu verwenden.

- bei Druckspannungen im Gurtstab ($n > 0$)

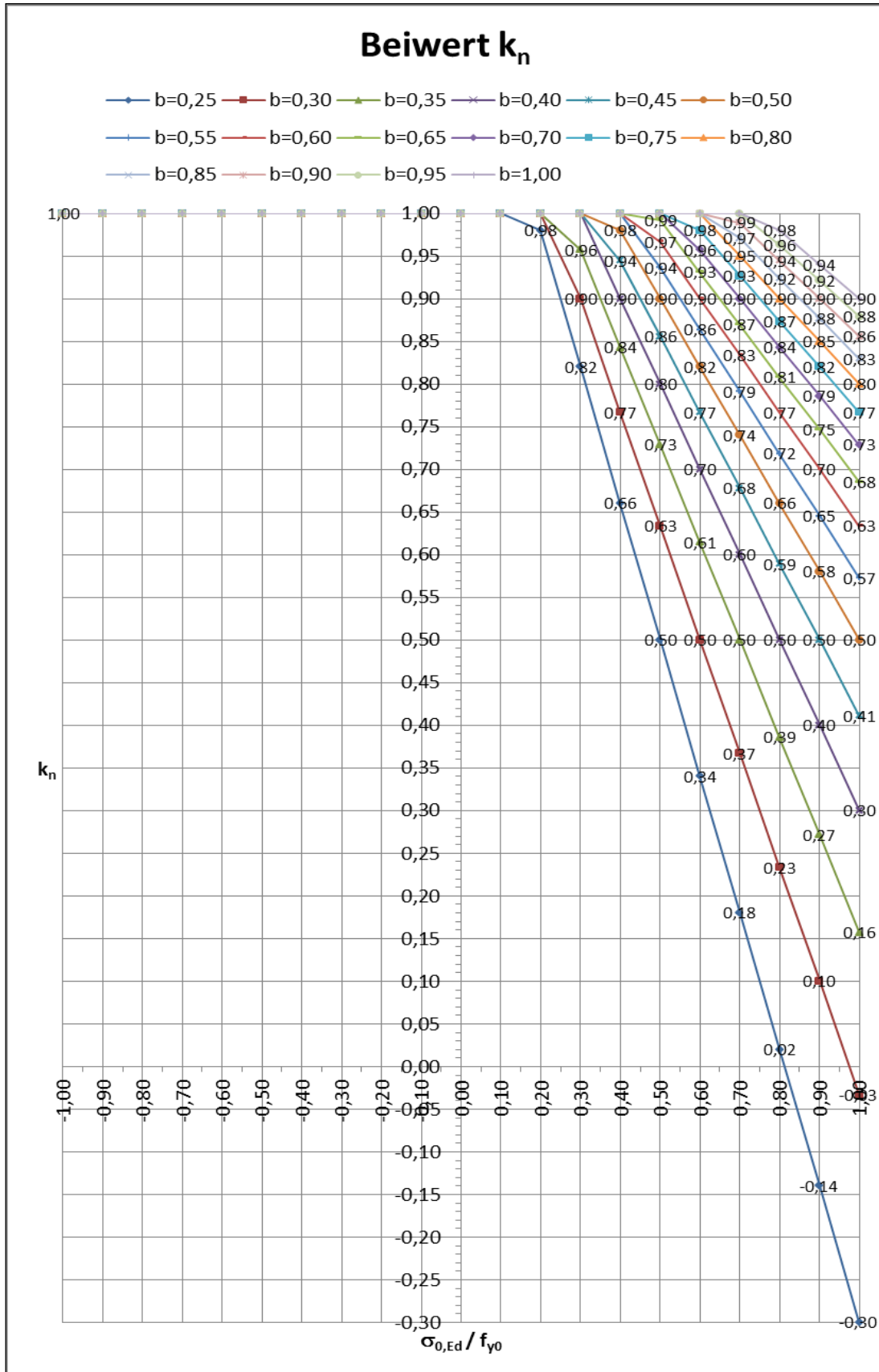
$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 * n}{\beta} \leq 1,0$$

- bei Zugspannungen im Gurtstab ($n \leq 0$)

$$k_n = 1,0$$

Dabei ist das Spannungsverhältnis n nach [1], Abschnitt 1.5(5) als $n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{\frac{f_{y0}}{\gamma_{M5}}}$ definiert. In dieser

Gleichung findet die maximal einwirkende Druckspannung im RHP-Gurtstab $\sigma_{0,Ed}$ am Anschluss Berücksichtigung. Da die einwirkende Spannung $\sigma_{0,Ed}$ den Nennwert der Materialstreckgrenze f_{y0} nicht überschreiten darf, ergibt sich für n ein Wertebereich von $-1,0 \leq n \leq 1,0$. Für diesen Bereich und für $0,25 \leq \beta \leq 1,00$ wurde der Beiwert k_n ermittelt und die Ergebnisse im folgenden Diagramm graphisch aufbereitet. Es ist zu beachten, dass sich bei der Auswertung für $\beta = 0,25$ und $n \geq 0,80$ bzw. $\beta = 0,30$ und $n \geq 0,97$ auch negative Werte für k_n ergaben. Diese kleinen Breitenverhältnisse bei gleichzeitig hoher Gurtstabauslastung sind sicherlich nicht praxisrelevant. Jedoch wäre eine entsprechende normative Einschränkung hier wünschenswert.



Mit Hilfe dieser Diagramme können der Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ und der Beiwerte k_n für ebene, geschweißte T-, X- und Y-Anschlüsse von RHP- bzw. KHP-Streben an RHP-Gurtstäbe einfacher bestimmt werden. Dadurch wird die umfangreiche Berechnung der Tragfähigkeit N_{Rd} dieser Anschlüsse etwas vereinfacht.

Literatur:

- | | | |
|-----|----------------------------|---|
| [1] | DIN EN 1993-1-8:2010-12 | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen |
| [2] | DIN EN 1993-1-8/NA:2020-11 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode
3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen |
| [3] | DIN EN 1993-1-1:2010-12 | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den
Hochbau |
| [4] | DIN EN 1993-1-1/A1:2014-07 | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den
Hochbau |
| [5] | DIN EN 1993-1-1/NA:2022-10 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode
3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den
Hochbau |

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfam
T. Schellenberg
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 4266-3400
Telefax 03342 4266-7608
BPA@LBV.Brandenburg.de
<https://lbv.brandenburg.de>