

Tipp 25/02

Tragfähigkeit ebener, geschweißter K- und N-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 K- und N-Anschlüsse von RHP- bzw. KHP-Streben an RHP-Gurtstäbe ist grundsätzlich nach [1], Tabelle 7.12 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 7.12 aus [1] werden zwei grundsätzliche Ausbildungen der Anschlüsse unterschieden. Dementsprechend sind K- und N-Anschlüsse mit Überlappung nach den Vorgaben der Tabelle 7.10 aus [1] nachzuweisen. Für K- und N-Anschlüsse mit Spalt sind die Tragfähigkeiten N_{Rd} entsprechend Tabelle 7.12 aus [1] zu berechnen.

Für K- und N-Anschlüsse mit Spalt sind vier grundsätzliche Versagensarten nachzuweisen. Hierbei handelt es sich um Flanschversagen des Gurtstabes, Schubversagen 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 der 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

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9 * k_n * f_{y0} * t_0^2 * \sqrt{\gamma} * \left(\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 * b_0} \right)}{\sin \theta_i} \cdot \gamma_{M5}$$

- Schubversagen des Gurtstabes

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} * A_v}{\sqrt{3} * \sin \theta_1} \cdot \gamma_{M5}$$

$$N_{0,Rd} = \frac{(A_0 - A_v) * f_{y0} + A_v * f_{y0} * \sqrt{1 - \left(\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \right)^2}}{\gamma_{M5}}$$

- Versagen der Strebe

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{yi} * t_i * (2 * h_i - 4 * t_i + b_i + b_{eff})}{\gamma_{M5}}$$

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

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} * t_0 * \left(\frac{2 * h_i}{\sin \theta_i} + b_i + b_{e,p} \right)}{\gamma_{M5}}$$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Kennwerte berücksichtigt.

$N_{i,Rd}$	Tragfähigkeit der RHP- oder KHP-Strebe i
k_n	Beiwert
f_{y0}	Nennwert der Streckgrenze des RHP-Gurtstabes
t_0	Wandstärke des RHP-Gurtstabes
γ	Verhältniswert
θ_i	Winkel zwischen RHP- oder KHP-Strebe i und RHP-Gurtstab
b_1	Breite der Strebe i = 1
b_2	Breite der Strebe i = 2
h_1	Höhe der Strebe i = 1
h_2	Höhe der Strebe i = 2
b_0	Breite des RHP-Gurtstabes
γ_{M5}	Teilsicherheitsbeiwert
A_v	Schubfläche des RHP-Gurtstabes
$N_{0,Rd}$	Tragfähigkeit des RHP-Gurtstabes
A_0	Querschnittsfläche des RHP-Gurtstabes
V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft im RHP-Gurtstab
$V_{pl,Rd}$	Bemessungswert der plastischen Querkrafttragfähigkeit des RHP-Gurtstabes
f_{yi}	Nennwert der Streckgrenze der RHP- oder KHP-Strebe i
t_i	Wandstärke der RHP- oder KHP-Strebe i
h_i	Höhe der Strebe i
b_i	Breite der RHP- oder KHP-Strebe i
b_{eff}	effektive Breite der Strebe i
β	Verhältniswert
$b_{e,p}$	effektive Breite der Strebe i beim Durchstanzen

Die Nennwerte der Streckgrenzen f_{y0} und f_{yi} , die Wandstärken t_0 und t_i , die Winkel θ_i , die Bauteilbreiten b_i , die Bauteilhöhe h_i , die Querschnittsfläche A_0 sowie die Querkräfte V_{Ed} und $V_{pl,Rd}$ können den Projektunterlagen bzw. Tabellenwerken entnommen werden.

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

Der Verhältniswert β kann entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6) für K- und N-Anschlüsse mit Hilfe von einfachen Gleichungen berechnet werden. Für KHP-Streben ist $\beta = \frac{d_1 + d_2}{2 * b_0}$ und für RHP-Streben

$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 * b_0}$ anzusetzen. Dabei sind d_1 und d_2 die Außendurchmesser der KHP-Streben 1 und

2. Mit Hilfe des Wertes β wird das Breitenverhältnis der Streben zum Gurtstab berücksichtigt.

Für die Berechnung des Beiwertes k_n sind die in [1], Tabelle 7.12 angegebenen, folgenden Gleichungen zu verwenden.

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

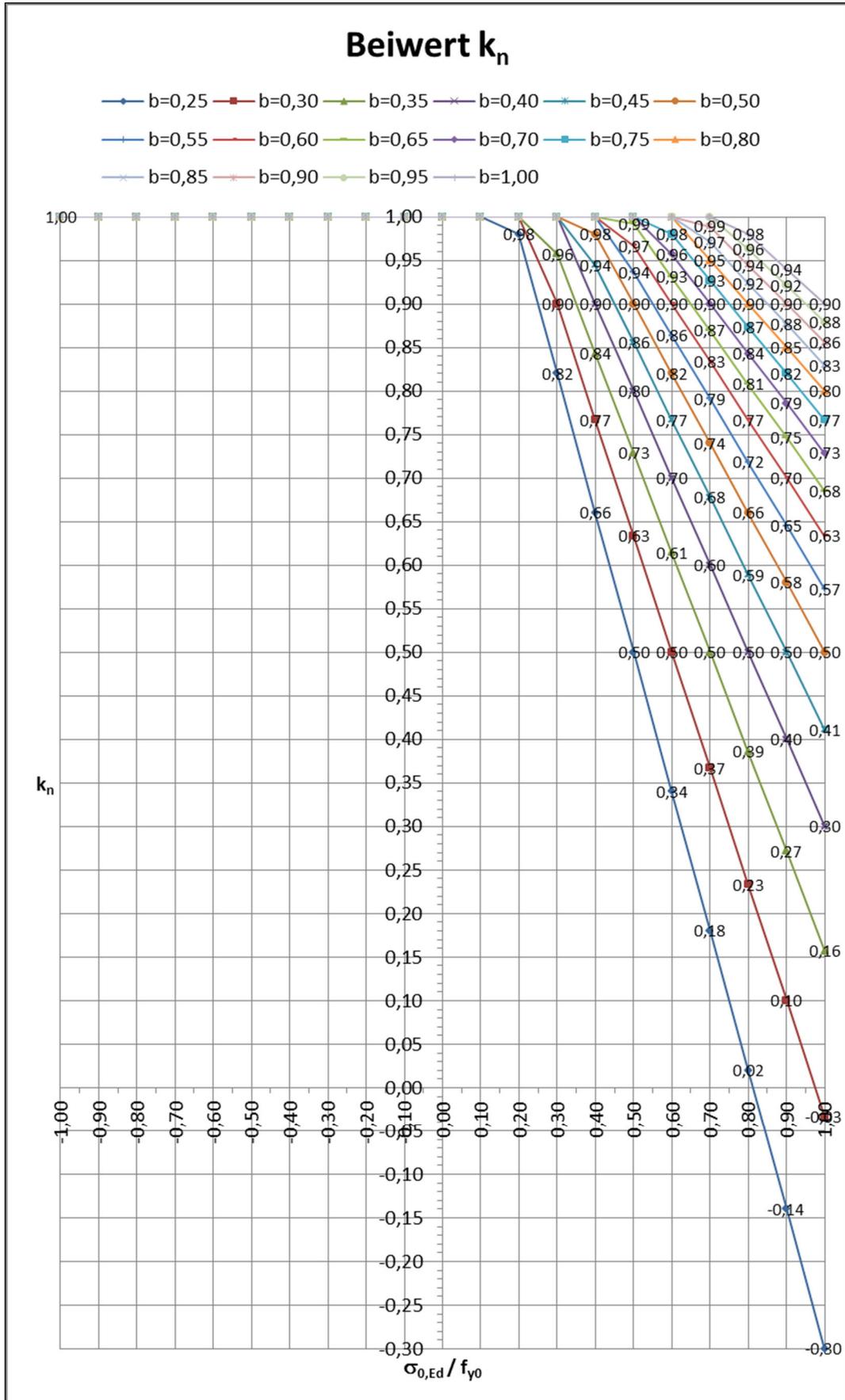
$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 * n}{\beta} \leq 1,0$$

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

$$k_n = 1,0$$

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



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

Die effektive Breite b_{eff} der Streben i ist entsprechend der folgenden Gleichung, welche in [1], Tabelle 7.12 zu finden ist, zu berechnen.

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

Für die effektive Breite der Strebe beim Durchstanzen $b_{e,p}$ ist in [1], Tabelle 7.12 die folgende Berechnungsgleichung angegeben.

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

Die Schubfläche des RHP-Gurtstabes A_v ist entsprechend [1], Tabelle 7.12 mit Hilfe der folgenden Gleichung zu bestimmen.

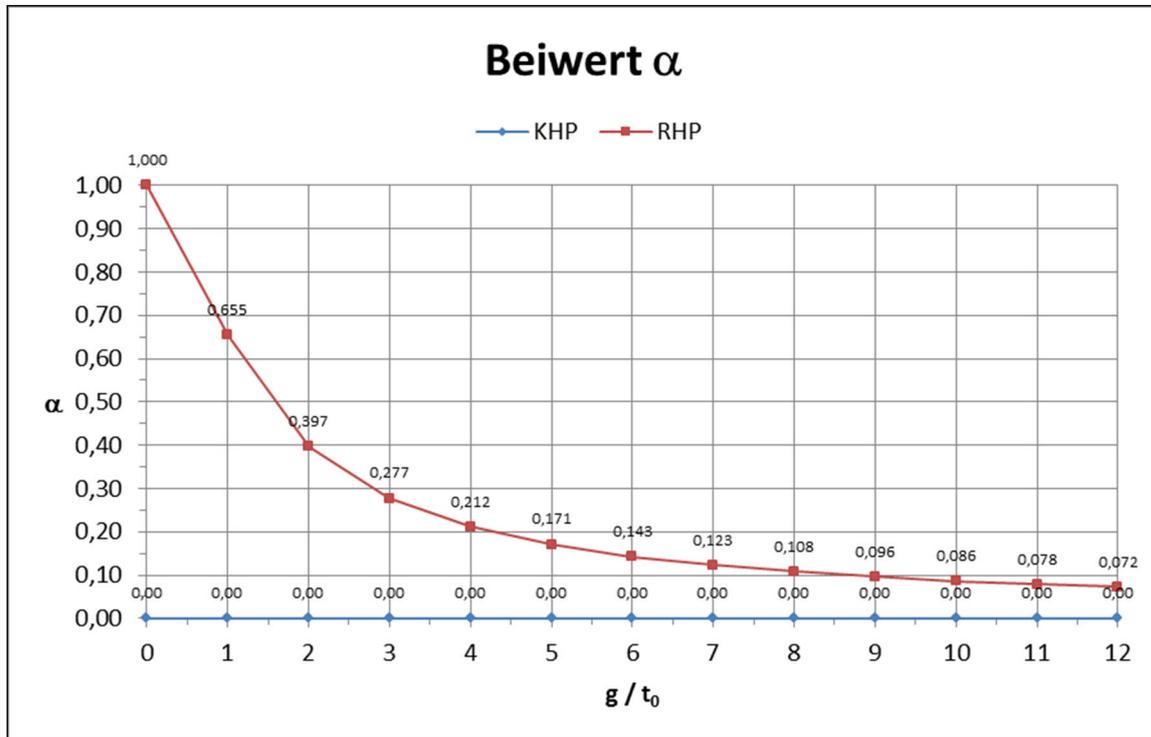
$$A_v = (2 * h_0 + \alpha * b_0) * t_0$$

Die Höhe des RHP-Gurtstabes h_0 kann entsprechenden Tabellenwerken entnommen werden.

Der Beiwert α ist nach [1], Tabelle 7.12 für KHP-Streben mit $\alpha = 0$ und für RHP-Streben mit

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4 * g^2}{3 * t_0^2}}} \text{ anzusetzen.}$$

In dieser Gleichung wird auch die Spaltbreite $g \geq 0$ berücksichtigt. Für $0 \leq \frac{g}{t_0} \leq 12$ wurde der Beiwert α berechnet und in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



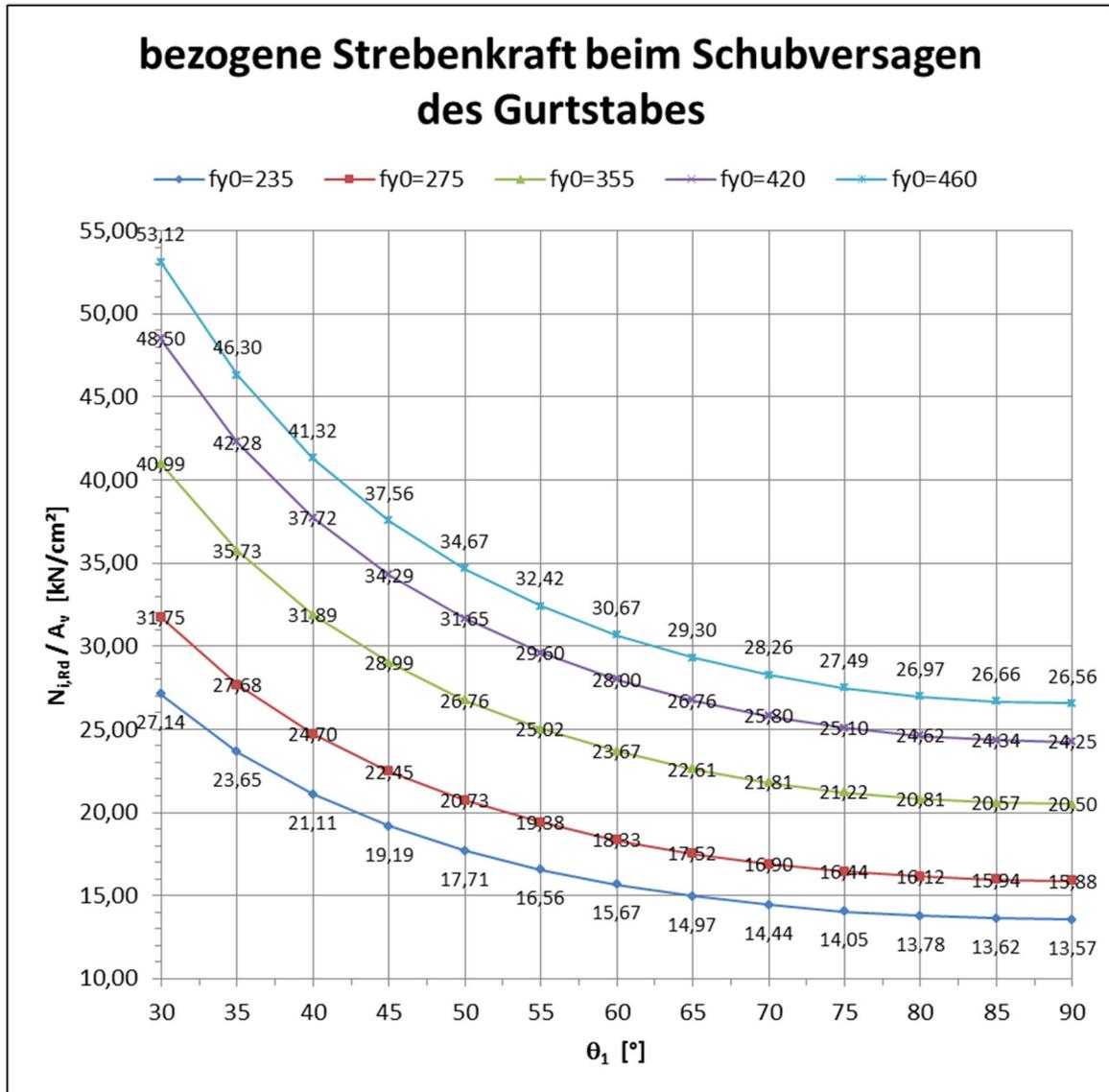
Mit Hilfe dieses Diagramms kann somit sehr schnell der Beiwert α abgelesen werden und damit ist eine Berechnung der Schubfläche des RHP-Gurtstabes A_v problemlos möglich.

Die Strebentragfähigkeit beim Schubversagen des Gurtstabes kann durch Umstellen der obigen Gleichung als bezogene Strebentragfähigkeit entsprechend der folgenden Gleichung ausgedrückt werden.

$$\frac{N_{i,Rd}}{A_v} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3} * \sin \theta_i \gamma_{M5}}$$

Diese bezogene Strebentragfähigkeit $\frac{N_{i,Rd}}{A_v}$ wurde jeweils für $f_{y0} = 235 \text{ N/mm}^2$, $f_{y0} = 275 \text{ N/mm}^2$,

$f_{y0} = 355 \text{ N/mm}^2$, $f_{y0} = 420 \text{ N/mm}^2$ und $f_{y0} = 460 \text{ N/mm}^2$ sowie Strebenwinkel $30^\circ \leq \theta_1 \leq 90^\circ$ ermittelt und die Ergebnisse in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass die Bedingung für die Ermittlung der Durchstantragfähigkeit $N_{i,Rd}$ einfacher formuliert werden kann. In [1], Tabelle 7.12 wird als Bedingung $\beta \leq 1 - \frac{1}{\gamma}$ angegeben.

Entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6) ist für K- und N-Anschlüsse mit KHP-Streben $\beta = \frac{d_1 + d_2}{2 * b_0}$ und für

RHP-Streben $\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 * b_0}$ anzusetzen. Weiterhin ist entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6)

$\gamma = \frac{b_0}{2 * t_0}$ anzunehmen. Somit ergeben sich für die Ermittlung der Durchstantragfähigkeit von K- und N-Anschlüssen die folgenden Bedingungen.

- KHP-Streben

$$\frac{d_1 + d_2}{2 * b_0} \leq 1 - \frac{1}{\frac{b_0}{2 * t_0}} \quad \rightarrow \quad \frac{d_1 + d_2}{2 * b_0} \leq 1 - \frac{2 * t_0}{b_0} \quad \rightarrow \quad \frac{d_1 + d_2}{2} \leq b_0 - 2 * t_0$$

- RHP-Streben

$$\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 * b_0} \leq 1 - \frac{1}{\frac{b_0}{2 * t_0}} \quad \rightarrow \quad \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4} \leq b_0 - 2 * t_0$$

Mit Hilfe der drei Diagramme können die Beiwerte k_n und α sowie die bezogene Tragfähigkeit beim Schubversagen des Gurtstabes $\frac{N_{i,Rd}}{A_v}$ für ebene, geschweißte K- und N-Anschlüsse von RHP- bzw.

KHP-Streben an RHP-Gurtstäbe mit Spalt einfacher bestimmt werden. Dadurch kann die umfangreiche Berechnung der Tragfähigkeit N_{Rd} dieser Anschlüsse etwas vereinfacht werden.

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 |

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>