

## 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
$\gamma$	Verhältniswert
$\theta_i$	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
$\gamma_{M5}$	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
$\beta$	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  $\theta_i$ , 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  $\gamma$  kann entsprechend [1], Abschnitt 1.5(6) mit Hilfe der einfachen Gleichung  $\gamma = \frac{b_0}{2 * t_0}$  berechnet werden.

Der Verhältniswert  $\beta$  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  $\beta$  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 ( $n > 0$ )

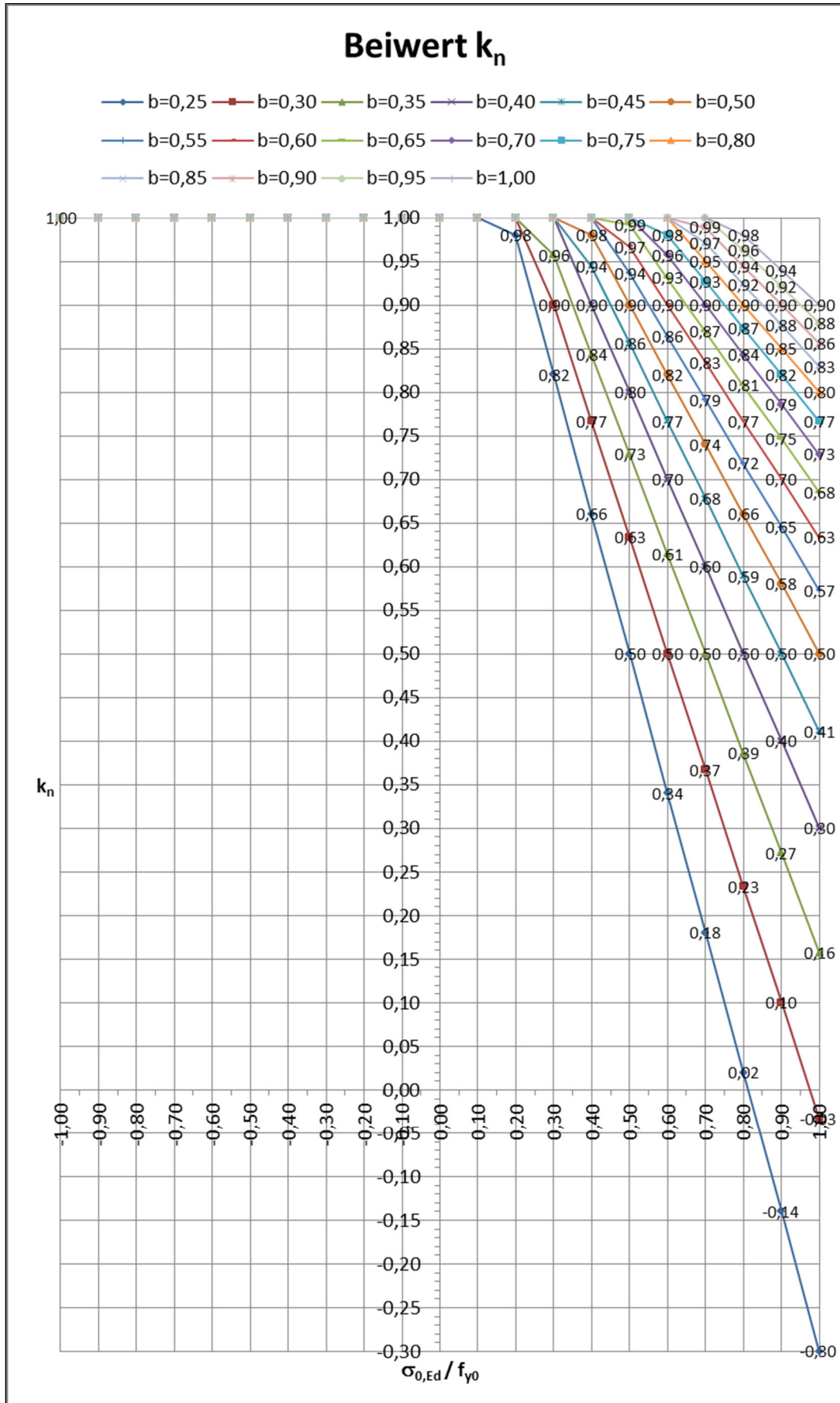
$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 * n}{\beta} \leq 1,0$$

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

Die effektive Breite  $b_{\text{eff}}$  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.

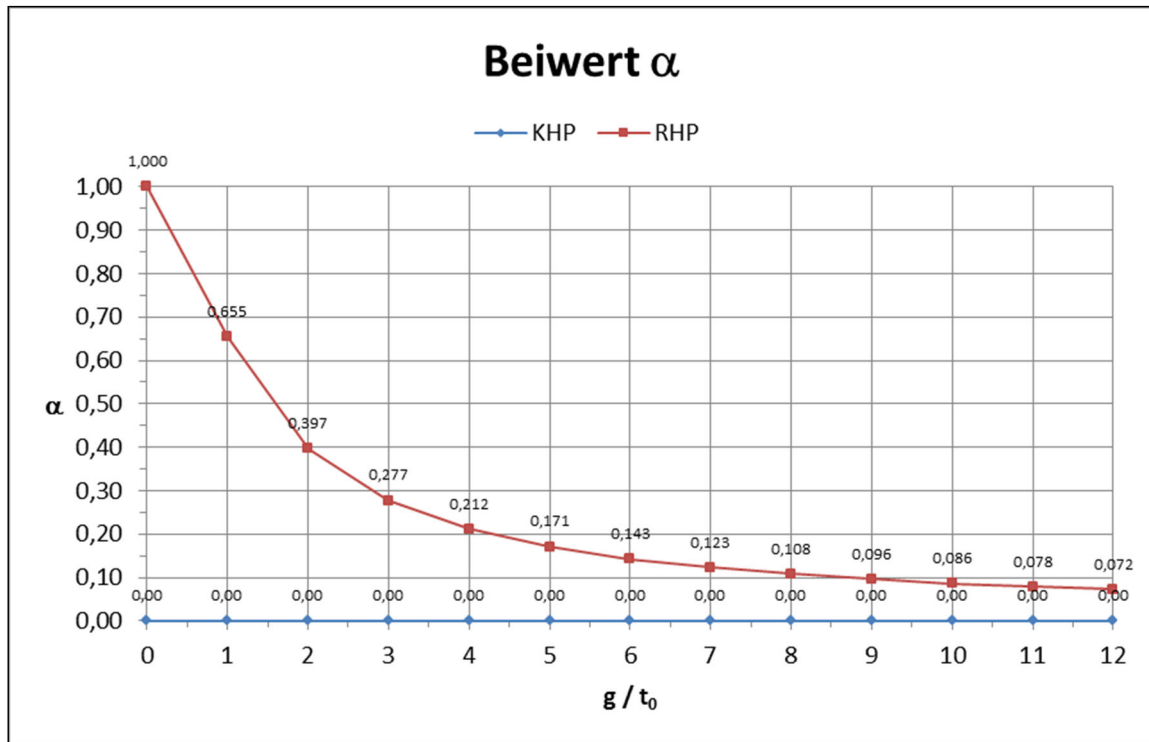
$$A_v = (2 * h_0 + \alpha * b_0) * t_0$$

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

Der Beiwert  $\alpha$  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  $\alpha$  berechnet und in dem folgenden Diagramm graphisch aufbereitet.



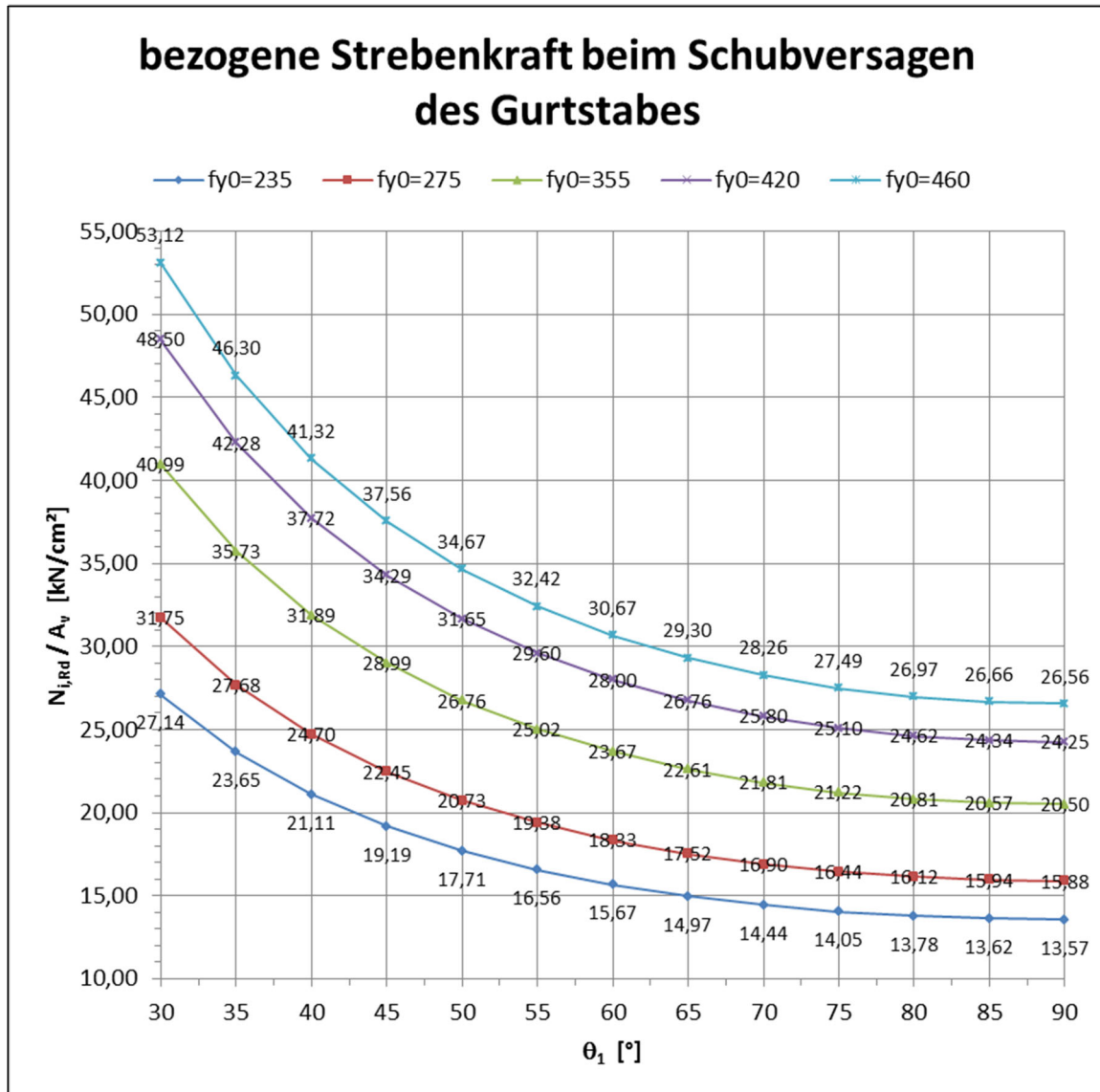
Mit Hilfe dieses Diagramms kann somit sehr schnell der Beiwert  $\alpha$  abgelesen werden und damit ist eine Berechnung der Schubfläche des RHP-Gurtstabes  $A_v$  problemlos möglich.

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

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

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  $\alpha$  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<br>Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen   |
| [2] | DIN EN 1993-1-8/NA:2020-11 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode<br>3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten<br>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>