

Mit der Vorgabe eines Höchstabstandes lotrechter Bügelschenkel in tangentialer Richtung von $s_{t,max} = 1,5 d$ im Bereich innerhalb des kritischen Rundschnittes und $s_{t,max} = 2,0 d$ für den außenliegenden Bereich ergibt sich die Mindestanzahl erforderlicher Vertikalsprossen für die erste Reihe in Abhängigkeit von h_{cK}/d sowie für die restlichen Reihen in Abhängigkeit von s_r/d (Bild 7.3).

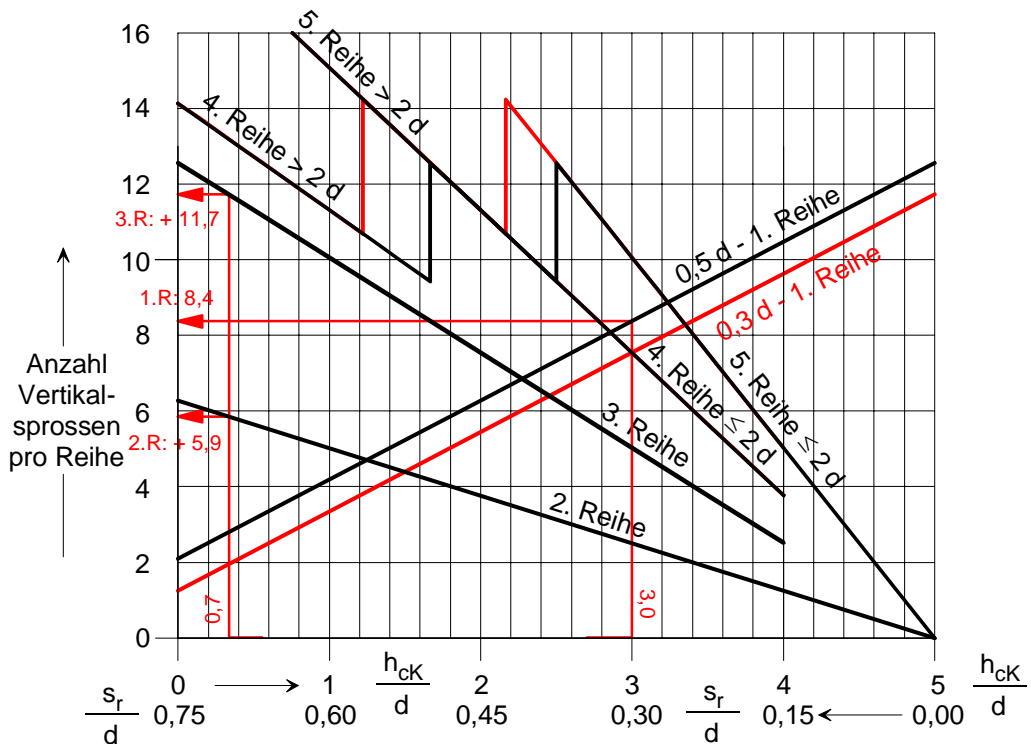


Bild 7.3 Ermittlung der erf. Mindestanzahl von Bewehrungselementen pro Bewehrungsreihe

Nationale Vorschriften gemäß ÖNORM B 1992-1-1:2011

In den ersten beiden Reihen innerhalb des kritischen Rundschnittes ist die Querschnittsfläche der Schubelemente um jeweils 60 % zu erhöhen.

Der maximale Durchstanzwiderstand in Platten oder Fundamenten mit Durchstanzbewehrungen, die jeweils die äußeren Lagen der Biegebewehrung umfassen, darf $V_{Rd,max} = 1,65 V_{Rd,c}$ nicht überschreiten. Umfassen sie nur die inneren Lagen, dann ist der maximale Durchstanzwiderstand auf $V_{Rd,max} = 1,40 V_{Rd,c}$ zu beschränken, wobei der Faktor 1,40 für Nutzhöhen ≤ 20 cm gilt. Für Nutzhöhen bis 70 cm darf zwischen 1,40 und 1,65 linear interpoliert werden. Für Platten oder Fundamente mit $d > 70$ cm gilt stets 1,65.

Beispiel 11: (Durchstanznachweis über Innenstütze)

geg : Baustoffe :

Beton C 30/37

$$f_{cd} = 20 \text{ MN} / \text{m}^2$$

Stahl BSt 550

$$f_{ywd} = 47,8 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

30 cm Flachdecke :

Nutzhöhe: $d = 25,5$ cm

Quadratstütze: $h_c = 60$ cm

Biegebewehrung über Stütze $\varnothing 26 / s = 20,5$ cm

$$a_{s,vorh} = 25,9 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Bemessungsschnittgröße:

max Querkraft im Rundschnitt u_1

$$\beta V_{Ed} = 1.395 \text{ kN}$$

ges : Querkraftbewehrung A_{sw}

kritischer Rundschnitt u_1 :

$$h_{cK} = \kappa_F hc = 1,2732 \cdot 60 = 76,4 \text{ cm}$$

$$u_1 = (4d + h_{cK}) \pi = (4 \cdot 0,255 + 0,764) \pi = 5,60 \text{ m}$$

maximaler Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung:

$$\frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{a_{sl}}{d} = \frac{25,9}{25,5} = 1,0 \% \Rightarrow \tau_{Rd} = 0,37 \text{ MN/m}^2 \text{ Tabelle 7.1}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{0,2}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{0,2}{0,255}} = 1,886$$

$$V_{Rd,c} = \tau_{Rd} k u_1 d = 0,37 \cdot 1,886 \cdot 5,60 \cdot 0,255 \cdot 1000 = 996,5 \text{ kN}$$

$$\beta V_{Ed} > V_{Rd,c} \quad \text{Durchstanzbewehrung ist notwendig}$$

Anwendung des Diagramms in Bild 7.2:

$$\frac{\beta V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{1395,0}{996,5} = 1,40 \quad \frac{h_{cK}}{d} = \frac{76,4}{25,5} = 3$$

Das Diagramm in Bild 7.2 liefert für dieses Beispiel zwei Möglichkeiten:

Wird die erste Bewehrungsreihe im Abstand von $0,3d$ vom Stützenrand angeordnet, dann liegt der Schnittpunkt der beiden Zeiger im Diagramm (Bild 7.2) oberhalb der roten $0,3d$ – Grenzlinie für drei Reihen und es sind im Bewehrungsbereich I_{DB} vier Bewehrungsreihen anzuordnen. Wird der Abstand der ersten Bewehrungsreihe mit $0,5d$ gewählt, dann liegt der Schnittpunkt unterhalb der schwarzen $0,5d$ - Grenzlinie und es werden nur 3 Bewehrungsreihen benötigt. Für Bügelbewehrungen empfehlen sich aus Gründen geradzahligkeit geradzahlige Werte n .

Für die Wahl von $n = 3$ Bewehrungsreihen ist der Abstand $\kappa_{i=1}d$ der innersten Reihe vom Stützenrand mit $\kappa_{i=1} = 0,5$ festgelegt und zur Sicherung des Durchstanzwiderstandes werden Innenbügel gemäß EN 1992-1-1, Bild 9.5 in Form von Doppelklammern verwendet:

äußerer Rundschnitt $u_{out,ef}$, ab dem keine Durchstanzbewehrung notwendig ist:

$$u_{out,ef} = \frac{\beta V_{Ed}}{V_{Rd,c}} u_1 = 1,40 \cdot 5,60 = 7,84 \text{ m}$$

Bewehrungsbereich:

$$I_{DB} = \frac{u_{out,ef} - u_1}{2\pi} + (0,5 - \kappa_{i=1})d = \frac{7,84 - 5,60}{2\pi} + (0,5 - 0,5)0,255 = 0,357 \text{ m} = 36 \text{ cm}$$

Abstand der Bewehrungsringe:

$$s_r = \frac{I_{DB}}{n-1} = \frac{36}{(3-1)} = 18 \text{ cm} \quad \leq 0,75d = 0,75 \cdot 25,5 = 19 \text{ cm}$$

Anzahl aktiver Bewehrungsringe:

$$n_{act} = \frac{1,5d}{s_r} = \frac{1,5 \cdot 25,5}{18} = 2,13$$

Erforderliche Bewehrungsquerschnittsfläche:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d = 250 + 0,25 \cdot 255 = 313,75 \text{ N/mm}^2 = 31,4 \text{ kN/cm}^2 \leq 47,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{sw,all} = \frac{\beta V_{Ed} - 0,75 V_{Rd,c}}{f_{ywd,ef}} = \frac{1395,0 - 0,75 \cdot 996,5}{31,4} = 20,63 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} = \frac{A_{sw,all}}{n_{act}} = \frac{20,63}{2,13} = 9,69 \text{ cm}^2 \quad \text{pro Bewehrungsreihe gem. EN 1992-1-1}$$

$$A_{sw,1+2} = 1,6 \times 9,69 = 15,50 \text{ cm}^2 \quad \text{1. + 2. Bewehrungsreihe gem. B 1992-1-1}$$

$$\text{Gewählter Durchmesser der Doppelklammer } \phi_{Kl} = 8 \text{ mm:} \quad A_{s,Kl} = 1,0 \text{ cm}^2$$

Anwendung des Diagramms in Bild 7.3:

1. Reihe:

$$\frac{h_{ck}}{d} = 3$$

konstruktiv: $n_{1,R} = 8,4$ (Ablesung, siehe Bild 7.3)

statisch erf.: $n_{1,R} = \frac{15,50}{1,0} = 15,5 = \text{maßgebend:}$ gew. 16 Stück

2. Reihe:

$$\frac{s_r}{d} = \frac{18}{25,5} = 0,7$$

konstruktiv: $n_{2,R} = n_{1,R} + 5,9$ (Ablesung) = $8,4 + 5,9 = 14,3$ Stück

statisch erf.: $n_{2,R} = \frac{15,50}{1,0} = 15,5 = \text{maßgebend:}$ gew.: 20 Stück

3. Reihe:

$$\frac{s_r}{d} = \frac{18}{25,5} = 0,7$$

konstruktiv: $n_{3,R} = n_{1,R} + 11,7$ (Ablesung) = $8,4 + 11,7 = 20,1$ Stück = maßg.

Einfachklammer 0,5 cm²: statisch erf.: $n_{3,R} = \frac{9,69}{0,5} = 19,4 \sim \text{würde auch konstr. Anforderung entsprechen}$

Doppelklammer 1,0 cm²: statisch erf.: $n_{3,R} = \frac{9,69}{1,0} = 9,7 = \text{nicht maßgebend, gewählt aber aus Gründen}$

der einfachen Verlegeanweisung und zur Vermeidung von Irrtümern: **1 Doppelklammer / Knoten** : 36 Stück

Insgesamt: $A_{sw,all,vorh} = (16 + 20 + 36) 1,0 = 72,0 \text{ cm}^2$

Mindestbewehrung:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \frac{\sqrt{30}}{550} = 0,0008$$

$$A_{sw,min,all} = \rho_{w,min} u_1 d 10000 = 0,0008 \cdot 5,60 \cdot 0,255 \cdot 10000 = 11,42 \text{ cm}^2$$

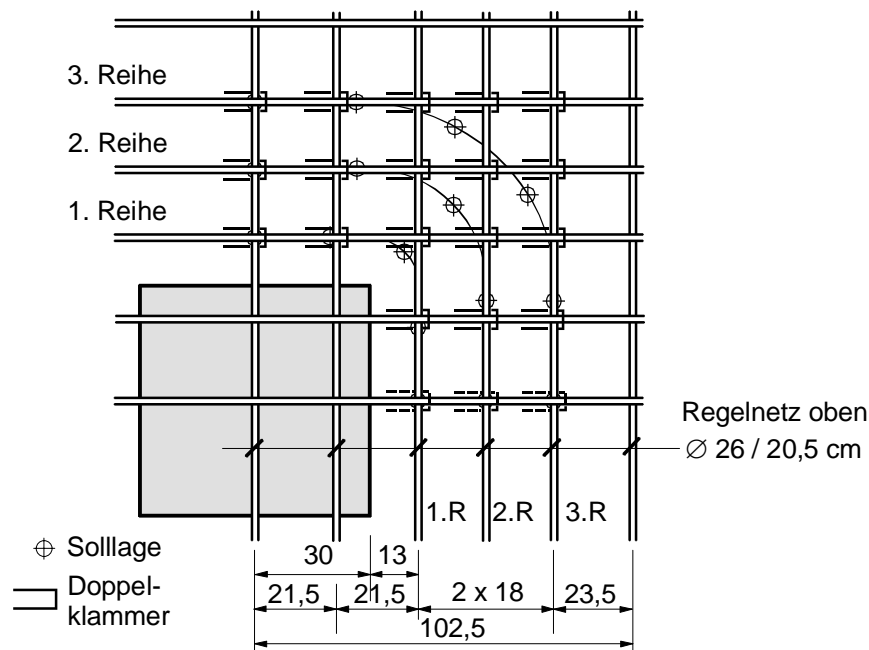


Bild 7.4 Anordnung der Doppelklammern im Durchstanzbereich $I_{DB} = 2 \times 18 \text{ cm}$