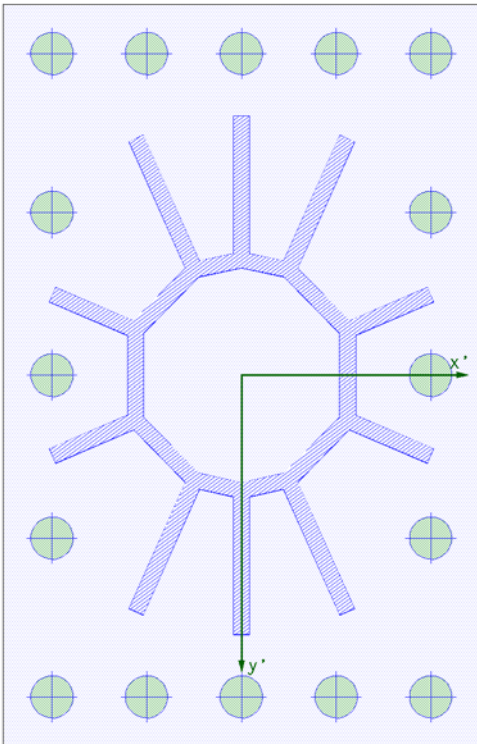


Stahlstützenfuß mit Fußplatte auf Einzelfundament

Stahlnachweise nach DIN EN 1993-1:2010-12 mit NA-Deutschland

Stahlbetonbemessung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 mit NA-Deutschland (DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04)

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt

frei definiertes Profil: Kopie von Querschnitt 2, der Güte S235

Fußplatte

$b_x = 630 \text{ mm}$ $b_y = 980 \text{ mm}$ $t = 25 \text{ mm}$, der Güte S235

Mörtelfuge

$t_F = 20 \text{ mm}$

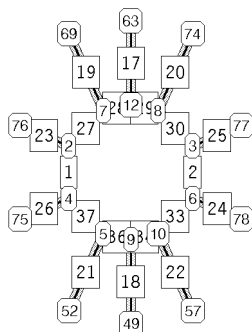
Anker

16 Anker, FK 4.6, M30, ohne Schaft
mit einer Länge von 450 mm

Positionen auf der Fußplatte:

| Nr | x' | y' | Nr | x' | y' |
|----|------|------|----|------|-----|
| | mm | mm | | mm | mm |
| 1 | -250 | -425 | 9 | 250 | 0 |
| 2 | -125 | -425 | 10 | -250 | 215 |
| 3 | 0 | -425 | 11 | 250 | 215 |
| 4 | 125 | -425 | 12 | -250 | 425 |
| 5 | 250 | -425 | 13 | -125 | 425 |
| 6 | -250 | -215 | 14 | 0 | 425 |
| 7 | 250 | -215 | 15 | 125 | 425 |
| 8 | -250 | 0 | 16 | 250 | 425 |

Querschnittsbeschreibung des Stützenprofils (Kopie von Querschnitt 2)



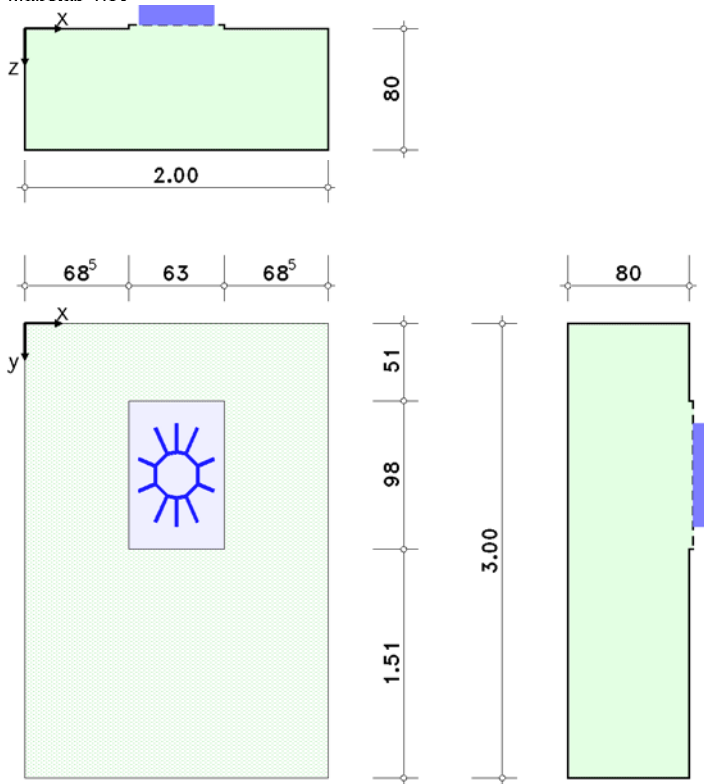
Knotenkoordinaten

| Nr. | x' | y' |
|-----|--------|--------|
| | mm | mm |
| 49 | 0.0 | 341.8 |
| 52 | -139.1 | 312.4 |
| 57 | 139.1 | 312.4 |
| 63 | -0.0 | -341.8 |
| 69 | -139.1 | -312.3 |
| 74 | 139.1 | -312.4 |
| 75 | -249.0 | 105.8 |
| 76 | -249.0 | -105.7 |
| 77 | 249.0 | -105.8 |
| 78 | 249.0 | 105.7 |
| 3 | 139.9 | -59.4 |
| 4 | -139.9 | 59.4 |
| 2 | -139.9 | -59.4 |
| 6 | 139.9 | 59.4 |
| 5 | -61.8 | 138.8 |
| 8 | 61.8 | -138.8 |
| 7 | -61.8 | -138.8 |
| 10 | 61.8 | 138.8 |
| 9 | 0.0 | 151.9 |
| 12 | -0.0 | -151.9 |

Linienlemente

| Nr. | KnoA | KnoE | Dicke |
|-----|------|------|-------|
| | | | mm |
| 17 | 63 | 12 | 20.0 |
| 18 | 9 | 49 | 20.0 |
| 19 | 7 | 69 | 20.0 |
| 20 | 8 | 74 | 20.0 |
| 21 | 5 | 52 | 20.0 |
| 22 | 10 | 57 | 20.0 |
| 23 | 2 | 76 | 20.0 |
| 24 | 6 | 78 | 20.0 |
| 25 | 3 | 77 | 20.0 |
| 26 | 4 | 75 | 20.0 |
| 27 | 2 | 7 | 20.0 |
| 28 | 7 | 12 | 20.0 |
| 29 | 12 | 8 | 20.0 |
| 30 | 8 | 3 | 20.0 |
| 33 | 6 | 10 | 20.0 |
| 34 | 10 | 9 | 20.0 |
| 36 | 9 | 5 | 20.0 |
| 37 | 5 | 4 | 20.0 |
| 1 | 2 | 4 | 20.0 |
| 2 | 3 | 6 | 20.0 |

Ansicht, Draufsicht Einzelfundament
Maßstab 1:50



Betonfestigkeitsklasse C25/30
Betonstahlsorte B500A

1. Bodensituation

Die Einbindetiefe des Fundamentes beträgt $t = 2.40$ m.
Der Grundwasserstand (unter OK Boden) liegt bei $t_w = 2.50$ m.

2. Belastung

2.1. Einwirkungsstruktur

Auf der linken Seite sind die Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur dargestellt. Auf der rechten Seite sind deren überlagerungsspezifische Eigenschaften angegeben.

verwendete Symbole: Einwirkung Lastfall

1: ständige Lasten

1: Eigengewicht (1)

2: Nutzlasten (2)

2: Nutzlasten (2/1)

3: Windlasten

3: Windlast (1)

4: Windlast (2)

ständige Lasten

additiv

veränderliche Nutzlasten in Versammlungs-, Verkaufsräumen

additiv

veränderliche Windlasten

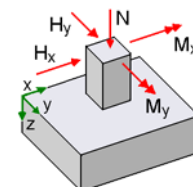
alternativ in Gruppe A

alternativ in Gruppe A

2.2. Charakteristische Stützenlast

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze auf OK Fundamentplatte

| Lastf. | N _{st} kN | H _{x,st} kN | H _{y,st} kN | M _{x,st} kNm | M _{y,st} kNm |
|--------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 17.08 | -1.26 | -3.15 | -26.96 | 10.49 |
| 2 | 1.18 | -5.50 | -13.20 | -112.82 | 45.65 |
| 3 | 0.81 | -1.19 | -11.04 | -86.77 | 9.14 |
| 4 | 0.81 | -5.41 | -0.98 | -7.01 | 37.89 |



2.3. Eigengewicht

Das Gewicht der Fundamentplatte wird mit $\gamma_E = 24.00$ kN/m³ berücksichtigt.

Die Höhe der Erdauflast beträgt $h_A = 1.60$ m.

Die mittlere Wichte der Erdauflast beträgt $\gamma_A = 19.00$ kN/m³.

Resultierende Schnittgrößen in der Bodenfuge: $N_0 / M_{0,x} / M_{0,y} = 283.63$ kN / 9.38 / 0.00 kNm.

Das Eigengewicht wird im Lastfall 1 mit berücksichtigt.

3. Nachweis des Stahlstützenfußes

3.1. Materialsicherheitsbeiwerte

| Bemessungssit. | γ_{M0} | γ_{M2} | γ_c | γ_μ |
|----------------|---------------|---------------|------------|--------------|
| ständig | 1.00 | 1.25 | 1.50 | 1.20 |

3.2. Bemessungswerte Stahlachse

3.2.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

| LK | Bemessungssit. | Faktorisierung | LK | Bemessungssit. | Faktorisierung |
|----|---------------------------|------------------------------|----|---------------------------|------------------------------|
| 1 | ständig und vorübergehend | Lf1 | 12 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4 |
| 2 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1 | 13 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.7·1.5·Lf2 |
| 3 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf2 | 14 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2 |
| 4 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf2 | 15 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf3 |
| 5 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.6·1.5·Lf3 | 16 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf3 |
| 6 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf3 | 17 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf3 |
| 7 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3 | 18 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf3 |
| 8 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3 | 19 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf4 |
| 9 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.6·1.5·Lf4 | 20 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf4 |
| 10 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf4 | 21 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf4 |
| 11 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4 | 22 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf4 |

3.2.2. Stützenlast

Erhöhungsfaktor für Momente: $\Delta M_{St,TH,II,0} = M_{St} \cdot 20\%$
 (zur Berücksichtigung des Momentenzuwachses aus nichtlinearen Effekten)

| LK | N _{St,d} kN | H _{x,St,d} kN | H _{y,St,d} kN | M _{x,St,d} kNm | M _{y,St,d} kNm | LK | N _{St,d} kN | H _{x,St,d} kN | H _{y,St,d} kN | M _{x,St,d} kNm | M _{y,St,d} kNm |
|----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 17.08 | -1.26 | -3.15 | -32.35 | 12.59 | 12 | 25.56 | -14.82 | -24.93 | -254.32 | 140.09 |
| 2 | 23.06 | -1.70 | -4.25 | -43.68 | 16.99 | 13 | 18.32 | -7.03 | -17.01 | -174.51 | 70.11 |
| 3 | 18.85 | -9.51 | -22.95 | -235.43 | 94.76 | 14 | 24.30 | -7.48 | -18.11 | -185.83 | 74.51 |
| 4 | 24.83 | -9.95 | -24.05 | -246.75 | 99.16 | 15 | 18.30 | -3.05 | -19.71 | -188.54 | 29.04 |
| 5 | 17.81 | -2.33 | -13.09 | -126.06 | 22.46 | 16 | 24.27 | -3.49 | -20.81 | -199.86 | 33.45 |
| 6 | 23.79 | -2.77 | -14.19 | -137.39 | 26.86 | 17 | 19.53 | -8.82 | -33.57 | -330.69 | 86.56 |
| 7 | 19.58 | -10.58 | -32.89 | -329.14 | 104.63 | 18 | 25.51 | -9.26 | -34.67 | -342.01 | 90.96 |
| 8 | 25.56 | -11.02 | -33.99 | -340.46 | 109.04 | 19 | 18.30 | -9.38 | -4.62 | -44.97 | 80.79 |
| 9 | 17.81 | -6.13 | -4.03 | -39.92 | 53.51 | 20 | 24.27 | -9.82 | -5.72 | -56.29 | 85.20 |
| 10 | 23.79 | -6.57 | -5.13 | -51.25 | 57.92 | 21 | 19.53 | -15.15 | -18.48 | -187.12 | 138.31 |
| 11 | 19.58 | -14.38 | -23.83 | -243.00 | 135.68 | 22 | 25.51 | -15.59 | -19.58 | -198.45 | 142.71 |

3.3. Schweißnaht zwischen Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem vereinfachten Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.3

$$F_{w,Ed} = \sigma_w \cdot v \cdot a_w$$

$$F_{w,Rd} = f_{w,d} \cdot a_w$$

$$f_{w,d} = (f_u / 30.5) / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$U = F_{w,Ed} / F_{w,Rd}$$

Die Verbindung wird mit einer **umlaufenden Kehlnaht** ausgeführt.

Die Normalkraft wird zu 50 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 5 \text{ mm}$

| LK | a_w mm | σ_w, max kN/cm ² | τ_w, max kN/cm ² | σ_w, v, max kN/cm ² | $F_{w,Ed}$ kN/cm | $F_{w,Rd}$ kN/cm | U |
|----|-------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------|---------------------|-------------|
| 1 | 5 | -1.72 | 0.00 | 1.72 | 0.86 | 10.39 | 0.08 |
| 2 | 5 | -2.32 | 0.00 | 2.32 | 1.16 | 10.39 | 0.11 |
| 3 | 5 | -12.86 | 0.01 | 12.86 | 6.43 | 10.39 | 0.62 |
| 4 | 5 | -13.46 | 0.01 | 13.46 | 6.73 | 10.39 | 0.65 |
| 5 | 5 | -5.79 | 0.01 | 5.79 | 2.89 | 10.39 | 0.28 |
| 6 | 5 | -6.39 | 0.01 | 6.39 | 3.19 | 10.39 | 0.31 |
| 7 | 5 | -16.92 | 0.02 | 16.92 | 8.46 | 10.39 | 0.81 |
| 8 | 5 | -17.52 | 0.02 | 17.52 | 8.76 | 10.39 | 0.84 |
| 9 | 5 | 4.79 | 0.02 | 4.79 | 2.40 | 10.39 | 0.23 |
| 10 | 5 | 5.34 | 0.00 | 5.34 | 2.67 | 10.39 | 0.26 |
| 11 | 5 | -14.72 | 0.01 | 14.72 | 7.36 | 10.39 | 0.71 |
| 12 | 5 | -15.32 | 0.01 | 15.32 | 7.66 | 10.39 | 0.74 |
| 13 | 5 | -9.52 | 0.01 | 9.52 | 4.76 | 10.39 | 0.46 |
| 14 | 5 | -10.12 | 0.01 | 10.12 | 5.06 | 10.39 | 0.49 |
| 15 | 5 | -8.50 | 0.01 | 8.50 | 4.25 | 10.39 | 0.41 |
| 16 | 5 | -9.10 | 0.01 | 9.10 | 4.55 | 10.39 | 0.44 |
| 17 | 5 | -16.29 | 0.02 | 16.29 | 8.15 | 10.39 | 0.78 |
| 18 | 5 | -16.89 | 0.02 | 16.89 | 8.45 | 10.39 | 0.81 |
| 19 | 5 | 6.94 | 0.06 | 6.94 | 3.47 | 10.39 | 0.33 |
| 20 | 5 | 7.49 | 0.05 | 7.49 | 3.75 | 10.39 | 0.36 |
| 21 | 5 | 13.71 | -0.14 | 13.71 | 6.86 | 10.39 | 0.66 |
| 22 | 5 | 14.26 | -0.15 | 14.26 | 7.13 | 10.39 | 0.69 |

Maximale Nahtdicke $a_{w,max} = 5 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung $U = 0.84 < 1.00$



3.4. FE-Berechnung

Die Berechnung der Pressungen unter der Fußplatte und der maßgebenden Schnittgrößen in der Fußplatte erfolgt durch eine FEM-Berechnung mit Steifzifferverfahren. Die Anfangsbettung der Platte ergibt sich aus dem E-Modul des Betons unter der Fußplatte. Für die Flächenbettung gilt Zugfederausschaltung. Die Anker werden durch Punktfedern berücksichtigt, die nur auf Zug wirken.

Die Platte wird in 21 Elemente in X-Richtung und 32 Elemente in Y-Richtung eingeteilt. Die Betonpressung wird begrenzt auf die zulässige Teilflächenpressung mit $\lim \sigma_{c,d} = f_{Rd,u}$. Die Ersatzfeder für die Anker wird angesetzt mit $c = E \cdot A / l = 2618.00 \text{ kN/cm}$.

3.4.1. Spannungen in der Fußplatte (Elast.-Plast.)

Schnittgrößen

| LK | X _{Fp} cm | Y _{Fp} cm | m _{xx} kNcm/cm | m _{yy} kNcm/cm | m _{xy} kNcm/cm | v _x kN/cm | v _y kN/cm |
|----|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 46.5 | 13.8 | -2.63 | -3.51 | 0.07 | -0.09 | -0.22 |
| 2 | 46.5 | 13.8 | -3.55 | -4.74 | 0.10 | -0.12 | -0.30 |
| 3 | 46.5 | 13.8 | -20.66 | -27.46 | 0.53 | -0.71 | -1.75 |
| 4 | 46.5 | 13.8 | -21.59 | -28.69 | 0.56 | -0.74 | -1.82 |
| 5 | 46.5 | 13.8 | -9.35 | -13.01 | 0.24 | -0.35 | -0.80 |
| 6 | 46.5 | 13.8 | -10.28 | -14.25 | 0.27 | -0.38 | -0.88 |
| 7 | 46.5 | 13.8 | -27.43 | -37.05 | 0.72 | -0.97 | -2.32 |
| 8 | 46.5 | 13.8 | -28.35 | -38.27 | 0.75 | -1.01 | -2.40 |
| 9 | 61.5 | 38.3 | -1.70 | -7.62 | 0.39 | 0.67 | 0.24 |
| 10 | 61.5 | 38.3 | -1.90 | -8.52 | 0.44 | 0.74 | 0.25 |
| 11 | 46.5 | 13.8 | -23.43 | -30.33 | 0.57 | -0.76 | -1.97 |
| 12 | 46.5 | 13.8 | -24.35 | -31.56 | 0.60 | -0.80 | -2.05 |
| 13 | 46.5 | 13.8 | -15.25 | -20.27 | 0.39 | -0.52 | -1.29 |
| 14 | 46.5 | 13.8 | -16.18 | -21.50 | 0.42 | -0.56 | -1.37 |
| 15 | 46.5 | 13.8 | -13.82 | -19.32 | 0.34 | -0.52 | -1.18 |
| 16 | 46.5 | 13.8 | -14.75 | -20.56 | 0.37 | -0.55 | -1.26 |
| 17 | 46.5 | 13.8 | -26.52 | -36.23 | 0.70 | -0.96 | -2.25 |
| 18 | 46.5 | 13.8 | -27.44 | -37.46 | 0.73 | -0.99 | -2.33 |
| 19 | 61.5 | 38.3 | -2.44 | -10.97 | 0.56 | 0.97 | 0.37 |
| 20 | 61.5 | 38.3 | -2.64 | -11.88 | 0.61 | 1.05 | 0.38 |
| 21 | 46.5 | 13.8 | -19.88 | -25.08 | 0.46 | -0.62 | -1.67 |
| 22 | 46.5 | 13.8 | -20.80 | -26.31 | 0.48 | -0.65 | -1.74 |

Spannungen und Ausnutzungen

$$\sigma_{Pl,V} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2))^{0.5}$$

$$\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_{MO}$$

$$U = \sigma_{Pl,V} / \sigma_{Rd}$$

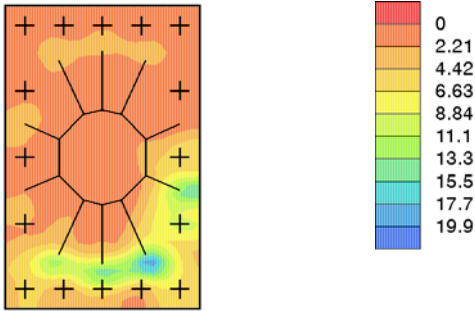
| LK | X _{Fp} cm | Y _{Fp} cm | $\sigma_{Pl,V}$ kN/cm ² | σ_{Rd} kN/cm ² | U | LK | X _{Fp} cm | Y _{Fp} cm | $\sigma_{Pl,V}$ kN/cm ² | σ_{Rd} kN/cm ² | U |
|----|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------|----|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------|
| 1 | 46.5 | 13.8 | 2.03 | 23.50 | 0.09 | 12 | 46.5 | 13.8 | 18.41 | 23.50 | 0.78 |
| 2 | 46.5 | 13.8 | 2.74 | 23.50 | 0.12 | 13 | 46.5 | 13.8 | 11.75 | 23.50 | 0.50 |
| 3 | 46.5 | 13.8 | 15.92 | 23.50 | 0.68 | 14 | 46.5 | 13.8 | 12.46 | 23.50 | 0.53 |
| 4 | 46.5 | 13.8 | 16.63 | 23.50 | 0.71 | 15 | 46.5 | 13.8 | 11.08 | 23.50 | 0.47 |
| 5 | 46.5 | 13.8 | 7.47 | 23.50 | 0.32 | 16 | 46.5 | 13.8 | 11.79 | 23.50 | 0.50 |
| 6 | 46.5 | 13.8 | 8.18 | 23.50 | 0.35 | 17 | 46.5 | 13.8 | 20.87 | 23.50 | 0.89 |
| 7 | 46.5 | 13.8 | 21.40 | 23.50 | 0.91 | 18 | 46.5 | 13.8 | 21.58 | 23.50 | 0.92 |
| 8 | 46.5 | 13.8 | 22.11 | 23.50 | 0.94 | 19 | 61.5 | 38.3 | 6.46 | 23.50 | 0.27 |
| 9 | 61.5 | 38.3 | 4.48 | 23.50 | 0.19 | 20 | 61.5 | 38.3 | 6.99 | 23.50 | 0.30 |
| 10 | 61.5 | 38.3 | 5.01 | 23.50 | 0.21 | 21 | 46.5 | 13.8 | 14.73 | 23.50 | 0.63 |
| 11 | 46.5 | 13.8 | 17.70 | 23.50 | 0.75 | 22 | 46.5 | 13.8 | 15.44 | 23.50 | 0.66 |

Maximale Ausnutzung U = 0.94 < 1.00

x_{Fp}/y_{Fp} - Koordinaten auf der Fußplatte m_{xx}/m_{yy} - Momente m_{xy} - Drillmoment v_x/v_y - Querkraft
 $\sigma_{Pl,V}$ - plastische Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung U - Ausnutzung

Spannungsverteilung - $\sigma_{P1,V}$ [kN/cm²]

LK 8 (max $\sigma_{P1,V}$)



3.4.2. Betonpressung unter der Fußplatte

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$$U_{fjd} = \sigma_{c,m} / f_{jd}$$

$$U_{A,Druck} = \text{vorh} (A_{\sigma_c > f_{jd}} / A_{Druck}) / \text{zul} (A_{\sigma_c > f_{jd}} / A_{Druck})$$

Bemessungswert der Beton- bzw. Mörtelfestigkeit unter Lagerpressung: $f_{jd} = 1.0 \cdot f_{cd}$

Nachweis nur bei Pressungsflächen größer als 5% der Plattenfläche ($A_{Druck} > 308.7 \text{ cm}^2$)

Beschränkung für stark belastete Pressungsbereiche:

Das zulässige Verhältnis der Fläche mit Betonpressungen größer als der Bemessungswert ($A_{\sigma_c > f_{jd}}$) zur gesamten Druckfläche (A_{Druck}) beträgt: $\text{zul} (A_{\sigma_c > f_{jd}} / A_{Druck}) = 30\%$

| LK | l _{im} | $\sigma_{c,d}$ kN/cm ² | A_{Druck} cm ² | F_{Druck} kN | $A_{\sigma_c > f_{jd}}$ cm ² | $\sigma_{c,max}$ kN/cm ² | $\sigma_{c,m}$ kN/cm ² | f_{jd} kN/cm ² | U_{fjd} - | $A_{\sigma_c > f_{jd}} / A_{Druck}$ % |
|----|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------|----------------|--|
| 1 | 4.25 | 1736.4 | 70.18 | - | 0.39 | 0.040 | 1.42 | 0.03 | 0.00 | |
| 2 | 4.25 | 1745.6 | 94.74 | - | 0.53 | 0.054 | 1.42 | 0.04 | 0.00 | |
| 3 | 4.25 | 1662.9 | 463.08 | 73.5 | 2.71 | 0.278 | 1.42 | 0.20 | 4.42 | |
| 4 | 4.25 | 1662.9 | 487.63 | 101.1 | 2.81 | 0.293 | 1.42 | 0.21 | 6.08 | |
| 5 | 4.25 | 1727.3 | 225.62 | - | 1.16 | 0.131 | 1.42 | 0.09 | 0.00 | |
| 6 | 4.25 | 1736.4 | 248.55 | - | 1.27 | 0.143 | 1.42 | 0.10 | 0.00 | |
| 7 | 4.25 | 1681.3 | 605.66 | 156.2 | 3.27 | 0.360 | 1.42 | 0.25 | 9.29 | |
| 8 | 4.25 | 1672.1 | 629.85 | 165.4 | 3.42 | 0.377 | 1.42 | 0.27 | 9.89 | |
| 9 | 4.25 | 1782.4 | 145.21 | - | 1.10 | 0.081 | 1.42 | 0.06 | 0.00 | |
| 10 | 4.25 | 1690.5 | 167.34 | - | 1.26 | 0.099 | 1.42 | 0.07 | 0.00 | |
| 11 | 4.25 | 1681.3 | 531.60 | 137.8 | 3.11 | 0.316 | 1.42 | 0.22 | 8.20 | |
| 12 | 4.25 | 1681.3 | 556.09 | 156.2 | 3.16 | 0.331 | 1.42 | 0.23 | 9.29 | |
| 13 | 4.25 | 1653.8 | 345.19 | 45.9 | 2.01 | 0.209 | 1.42 | 0.15 | 2.78 | |
| 14 | 4.25 | 1662.9 | 369.74 | 45.9 | 2.15 | 0.222 | 1.42 | 0.16 | 2.76 | |
| 15 | 4.25 | 1745.6 | 332.69 | 45.9 | 1.69 | 0.191 | 1.42 | 0.13 | 2.63 | |
| 16 | 4.25 | 1727.3 | 355.33 | 55.1 | 1.82 | 0.206 | 1.42 | 0.15 | 3.19 | |
| 17 | 4.25 | 1653.8 | 588.66 | 147.0 | 3.15 | 0.356 | 1.42 | 0.25 | 8.89 | |
| 18 | 4.25 | 1617.0 | 611.33 | 147.0 | 3.31 | 0.378 | 1.42 | 0.27 | 9.09 | |
| 19 | 4.25 | 1699.7 | 202.25 | 9.2 | 1.58 | 0.119 | 1.42 | 0.08 | 0.54 | |
| 20 | 4.25 | 1736.4 | 222.27 | 9.2 | 1.71 | 0.128 | 1.42 | 0.09 | 0.53 | |
| 21 | 4.25 | 1690.5 | 462.51 | 73.5 | 3.02 | 0.274 | 1.42 | 0.19 | 4.35 | |
| 22 | 4.25 | 1681.3 | 486.88 | 82.7 | 3.06 | 0.290 | 1.42 | 0.20 | 4.92 | |

Maximale Ausnutzung $U_{fjd} = 0.27 < 1.00$

Maximaler Anteil der Druckfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$: $A_{\sigma_c > f_{jd}} / A_{Druck} = 9.89 < 30.00 \%$

Zugehörige Ausnutzung $U_{A,Druck} = 0.33 < 1.00$

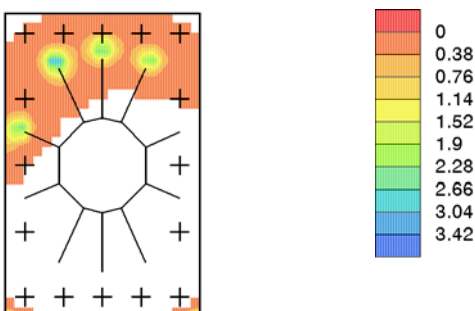
A_{Druck} - Fläche mit Betonpressungen F_{Druck} - Res. Druckkraft auf den Beton $\sigma_{c,max}$ - maximale Betonpressung

$\sigma_{c,m}$ - mittlere Betonpressung U_{fjd} - Ausnutzung mittl. Lagerpressung

$U_{A,Druck}$ - Ausnutzung der zul. Pressungsfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$

Pressungsverteilung [kN/cm²]

LK 18 (max $\sigma_{c,m}$)



3.4.3. Ankerzugkräfte

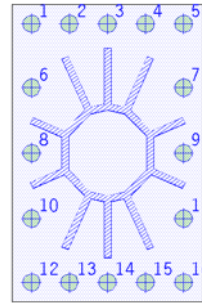
$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$U = F_{t,Ed,max} / F_{t,Rd}$$

Spannungsquerschnitt für M30: $A_s = 5.61 \text{ cm}^2$

Es werden keine Senkschrauben verwendet: $k_2 = 0.90$

Nummerierung



| LK | F _{t,Ed,1} kN | F _{t,Ed,2} kN | F _{t,Ed,3} kN | F _{t,Ed,4} kN | F _{t,Ed,5} kN | F _{t,Ed,6} kN | F _{t,Rd} kN | U _{max} - |
|----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 2 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 3 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 4 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 5 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 6 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 7 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 8 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 9 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 10 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 11 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 12 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 13 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 14 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 15 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 16 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 17 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 18 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 19 | --- | --- | --- | 0.72 | 0.60 | --- | 161.57 | 0.00 |
| 20 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 21 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |
| 22 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 161.57 | 0.00 |

| LK | F _{t,Ed,7} kN | F _{t,Ed,8} kN | F _{t,Ed,9} kN | F _{t,Ed,10} kN | F _{t,Ed,11} kN | F _{t,Ed,12} kN | F _{t,Rd} kN | U _{max} - |
|----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 0.47 | --- | 8.78 | 2.05 | 11.96 | 1.96 | 161.57 | 0.07 |
| 2 | 0.63 | --- | 11.85 | 2.77 | 16.14 | 2.65 | 161.57 | 0.10 |
| 3 | 10.59 | --- | 80.32 | 18.37 | 97.75 | 16.13 | 161.57 | 0.60 |
| 4 | 10.75 | --- | 83.39 | 19.08 | 101.93 | 16.82 | 161.57 | 0.63 |
| 5 | --- | 3.53 | 21.68 | 17.47 | 38.38 | 11.11 | 161.57 | 0.24 |
| 6 | --- | 2.81 | 24.44 | 17.61 | 42.59 | 11.81 | 161.57 | 0.26 |
| 7 | 5.56 | --- | 91.27 | 30.09 | 124.39 | 25.29 | 161.57 | 0.77 |
| 8 | 5.63 | --- | 94.21 | 30.83 | 128.51 | 25.96 | 161.57 | 0.80 |
| 9 | 15.41 | --- | 41.69 | --- | 32.86 | --- | 161.57 | 0.26 |
| 10 | 15.03 | --- | 44.58 | --- | 36.97 | --- | 161.57 | 0.28 |
| 11 | 24.42 | --- | 112.71 | 13.88 | 118.40 | 13.20 | 161.57 | 0.73 |
| 12 | 24.56 | --- | 115.76 | 14.58 | 122.57 | 13.89 | 161.57 | 0.76 |
| 13 | 7.55 | --- | 58.85 | 13.47 | 71.99 | 11.88 | 161.57 | 0.45 |
| 14 | 7.71 | --- | 61.92 | 14.18 | 76.18 | 12.57 | 161.57 | 0.47 |
| 15 | --- | 7.39 | 30.90 | 28.93 | 55.99 | 17.21 | 161.57 | 0.35 |
| 16 | --- | 6.55 | 33.64 | 29.01 | 60.16 | 17.90 | 161.57 | 0.37 |
| 17 | --- | 2.46 | 77.07 | 35.79 | 116.40 | 27.20 | 161.57 | 0.72 |
| 18 | --- | 1.72 | 79.96 | 35.81 | 120.50 | 27.87 | 161.57 | 0.75 |
| 19 | 27.14 | --- | 63.82 | --- | 46.84 | --- | 161.57 | 0.39 |
| 20 | 26.39 | --- | 66.78 | --- | 51.00 | --- | 161.57 | 0.41 |
| 21 | 31.03 | --- | 113.29 | 7.13 | 106.65 | 7.22 | 161.57 | 0.70 |
| 22 | 31.13 | --- | 116.32 | 7.80 | 110.82 | 7.90 | 161.57 | 0.72 |

| LK | F _{t,Ed,13} kN | F _{t,Ed,14} kN | F _{t,Ed,15} kN | F _{t,Ed,16} kN | F _{t,Rd} kN | U _{max} - |
|----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 5.44 | 9.61 | 8.67 | 4.16 | 161.57 | 0.06 |
| 2 | 7.34 | 12.98 | 11.70 | 5.62 | 161.57 | 0.08 |
| 3 | 44.03 | 76.20 | 68.20 | 32.64 | 161.57 | 0.47 |
| 4 | 45.94 | 79.57 | 71.23 | 34.10 | 161.57 | 0.49 |
| 5 | 27.12 | 40.60 | 32.82 | 15.11 | 161.57 | 0.25 |
| 6 | 29.05 | 43.99 | 35.87 | 16.58 | 161.57 | 0.27 |
| 7 | 65.92 | 107.38 | 92.49 | 43.68 | 161.57 | 0.66 |
| 8 | 67.78 | 110.72 | 95.51 | 45.14 | 161.57 | 0.69 |

| LK | Ft,Ed,13 kN | Ft,Ed,14 kN | Ft,Ed,15 kN | Ft,Ed,16 kN | Ft,Rd kN | U _{max} - |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|-----------------------|
| 9 | 2.29 | 11.85 | 15.27 | 8.04 | 161.57 | 0.09 |
| 10 | 4.06 | 15.14 | 18.27 | 9.49 | 161.57 | 0.11 |
| 11 | 40.08 | 78.12 | 74.71 | 36.51 | 161.57 | 0.48 |
| 12 | 41.99 | 81.48 | 77.74 | 37.96 | 161.57 | 0.50 |
| 13 | 32.45 | 56.22 | 50.34 | 24.11 | 161.57 | 0.35 |
| 14 | 34.36 | 59.59 | 53.38 | 25.56 | 161.57 | 0.37 |
| 15 | 41.52 | 61.21 | 48.88 | 22.37 | 161.57 | 0.38 |
| 16 | 43.44 | 64.59 | 51.93 | 23.84 | 161.57 | 0.40 |
| 17 | 68.84 | 108.11 | 90.78 | 42.49 | 161.57 | 0.67 |
| 18 | 70.74 | 111.46 | 93.80 | 43.96 | 161.57 | 0.69 |
| 19 | 0.97 | 13.58 | 19.67 | 10.60 | 161.57 | 0.12 |
| 20 | 2.29 | 16.76 | 22.70 | 12.07 | 161.57 | 0.14 |
| 21 | 26.22 | 59.59 | 61.27 | 30.57 | 161.57 | 0.38 |
| 22 | 28.12 | 62.95 | 64.30 | 32.03 | 161.57 | 0.40 |

Maximale Ausnutzung $U = 0.80 < 1.00$

f_{ub} - Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes $F_{t,Ed,i}$ - Zugkraft des Ankers $F_{t,Rd}$ - Grenzzugkraft der Anker
 U_{max} - max. Ausnutzung

3.5. Nachweis gegen Gleiten der Fußplatte

$$H_{res,d} = (H_{x,St,d}^2 + H_{y,St,d}^2)^{0.5}$$

$$N_{z,d} = A_{Druck} \cdot \sigma_{c,m}$$

$$H_{Rd} = \mu_k / \gamma_{Rd} \cdot N_{z,d} \text{ mit } \mu_k = 0.6 \text{ entsprechend [1]}$$

| LK | H _{res,d} kN | N _{z,d} kN | H _{Rd} kN | U - | LK | H _{res,d} kN | N _{z,d} kN | H _{Rd} kN | U - |
|----|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------|----|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 1 | 3.39 | 70.18 | 35.09 | 0.10 | 12 | 29.01 | 556.09 | 278.04 | 0.10 |
| 2 | 4.58 | 94.74 | 47.37 | 0.10 | 13 | 18.41 | 345.19 | 172.59 | 0.11 |
| 3 | 24.84 | 463.08 | 231.54 | 0.11 | 14 | 19.59 | 369.74 | 184.87 | 0.11 |
| 4 | 26.03 | 487.63 | 243.81 | 0.11 | 15 | 19.94 | 332.69 | 166.35 | 0.12 |
| 5 | 13.29 | 225.62 | 112.81 | 0.12 | 16 | 21.10 | 355.33 | 177.66 | 0.12 |
| 6 | 14.46 | 248.55 | 124.27 | 0.12 | 17 | 34.71 | 588.66 | 294.33 | 0.12 |
| 7 | 34.55 | 605.66 | 302.83 | 0.11 | 18 | 35.89 | 611.33 | 305.66 | 0.12 |
| 8 | 35.73 | 629.85 | 314.92 | 0.11 | 19 | 10.45 | 202.25 | 101.13 | 0.10 |
| 9 | 7.34 | 145.21 | 72.61 | 0.10 | 20 | 11.36 | 222.27 | 111.13 | 0.10 |
| 10 | 8.34 | 167.34 | 83.67 | 0.10 | 21 | 23.90 | 462.51 | 231.25 | 0.10 |
| 11 | 27.83 | 531.60 | 265.80 | 0.10 | 22 | 25.03 | 486.88 | 243.44 | 0.10 |

Maximale Ausnutzung $U = 0.12 < 1.00$

$H_{res,d}$ - Bemessungswert der resultierende Gleitkraft $N_{z,d}$ - Bemessungswert der Druckkraft in der Gleitfuge
 μ_k - charakt. Wert der Reibungszahl H_{Rd} - Bemessungswert der Grenzgleitkraft U - Ausnutzung

4. Bemessung der Fundamentplatte

4.1. Material sicherheitsbeiwerte

| Bemessungssit. | γ_c | γ_s |
|---------------------------|------------|------------|
| ständig und vorübergehend | 1.50 | 1.15 |

4.2. Bemessungswerte Stahlbetonbemessung

4.2.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

| LK | Bemessungssit. | Faktorisierung | LK | Bemessungssit. | Faktorisierung |
|----|---------------------------|------------------------------|----|---------------------------|------------------------------|
| 1 | ständig und vorübergehend | Lf1 | 12 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4 |
| 2 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1 | 13 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.7·1.5·Lf2 |
| 3 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf2 | 14 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2 |
| 4 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf2 | 15 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf3 |
| 5 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.6·1.5·Lf3 | 16 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf3 |
| 6 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf3 | 17 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf3 |
| 7 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3 | 18 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf3 |
| 8 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3 | 19 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf4 |
| 9 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.6·1.5·Lf4 | 20 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+1.5·Lf4 |
| 10 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf4 | 21 | ständig und vorübergehend | Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf4 |
| 11 | ständig und vorübergehend | Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4 | 22 | ständig und vorübergehend | 1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf4 |

4.2.2. Stützenlast

Erhöhungsfaktor für Momente: $\Delta M_{St,TH,II,0} = M_{St} \cdot 20\%$
(zur Berücksichtigung des Momentenzuwachses aus nichtlinearen Effekten)

| LK | N _{St,d} kN | H _{x,St,d} kN | H _{y,St,d} kN | M _{x,St,d} kNm | M _{y,St,d} kNm | LK | N _{St,d} kN | H _{x,St,d} kN | H _{y,St,d} kN | M _{x,St,d} kNm | M _{y,St,d} kNm |
|----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 17.08 | -1.26 | -3.15 | -32.35 | 12.59 | 5 | 17.81 | -2.33 | -13.09 | -126.06 | 22.46 |
| 2 | 23.06 | -1.70 | -4.25 | -43.68 | 16.99 | 6 | 23.79 | -2.77 | -14.19 | -137.39 | 26.86 |
| 3 | 18.85 | -9.51 | -22.95 | -235.43 | 94.76 | 7 | 19.58 | -10.58 | -32.89 | -329.14 | 104.63 |
| 4 | 24.83 | -9.95 | -24.05 | -246.75 | 99.16 | 8 | 25.56 | -11.02 | -33.99 | -340.46 | 109.04 |



| LK | Nst,d kN | Hx,St,d kN | Hy,St,d kN | Mx,St,d kNm | My,St,d kNm | LK | Nst,d kN | Hx,St,d kN | Hy,St,d kN | Mx,St,d kNm | My,St,d kNm |
|----|-------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----|-------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 9 | 17.81 | -6.13 | -4.03 | -39.92 | 53.51 | 16 | 24.27 | -3.49 | -20.81 | -199.86 | 33.45 |
| 10 | 23.79 | -6.57 | -5.13 | -51.25 | 57.92 | 17 | 19.53 | -8.82 | -33.57 | -330.69 | 86.56 |
| 11 | 19.58 | -14.38 | -23.83 | -243.00 | 135.68 | 18 | 25.51 | -9.26 | -34.67 | -342.01 | 90.96 |
| 12 | 25.56 | -14.82 | -24.93 | -254.32 | 140.09 | 19 | 18.30 | -9.38 | -4.62 | -44.97 | 80.79 |
| 13 | 18.32 | -7.03 | -17.01 | -174.51 | 70.11 | 20 | 24.27 | -9.82 | -5.72 | -56.29 | 85.20 |
| 14 | 24.30 | -7.48 | -18.11 | -185.83 | 74.51 | 21 | 19.53 | -15.15 | -18.48 | -187.12 | 138.31 |
| 15 | 18.30 | -3.05 | -19.71 | -188.54 | 29.04 | 22 | 25.51 | -15.59 | -19.58 | -198.45 | 142.71 |

4.3. Bemessung für Biegung

4.3.1. Längsbewehrung in x-Richtung

Stahlrandabstand oben/unten $h_{so}/h_{su} = 5.0/5.0$ cm

Momente in den Bemessungsschnitten

| LK | x = 68.5 cm kNm | x = 131.5 cm kNm | LK | x = 68.5 cm kNm | x = 131.5 cm kNm | LK | x = 68.5 cm kNm | x = 131.5 cm kNm |
|----|--------------------|---------------------|----|--------------------|---------------------|----|--------------------|---------------------|
| 1 | 3.49 | -3.89 | 9 | 15.75 | -15.98 | 17 | 27.90 | -22.95 |
| 2 | 4.72 | -5.25 | 10 | 16.97 | -17.34 | 18 | 28.62 | -24.81 |
| 3 | 30.72 | -24.88 | 11 | 47.12 | -32.82 | 19 | 23.97 | -23.93 |
| 4 | 31.25 | -26.91 | 12 | 46.10 | -36.39 | 20 | 25.14 | -25.39 |
| 5 | 6.51 | -6.68 | 13 | 21.96 | -19.14 | 21 | 48.40 | -33.26 |
| 6 | 7.72 | -8.08 | 14 | 22.43 | -21.09 | 22 | 46.36 | -37.44 |
| 7 | 34.45 | -26.98 | 15 | 8.74 | -8.35 | | | |
| 8 | 34.80 | -29.21 | 16 | 9.90 | -9.76 | | | |

Bemessung für LK 22: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = 26.69/-0.29\%$ erf $A_{s,o} = 1.1$ cm²

Bemessung für LK 21: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = -0.33/26.69\%$ erf $A_{s,u} = 1.4$ cm²

4.3.2. Längsbewehrung in y-Richtung

Stahlrandabstand oben/unten $h_{so}/h_{su} = 6.0/6.0$ cm

Momente in den Bemessungsschnitten

| LK | y = 51.0 cm kNm | y = 149.0 cm kNm | LK | y = 51.0 cm kNm | y = 149.0 cm kNm | LK | y = 51.0 cm kNm | y = 149.0 cm kNm |
|----|--------------------|---------------------|----|--------------------|---------------------|----|--------------------|---------------------|
| 1 | 2.54 | -27.02 | 9 | 3.24 | -31.11 | 17 | 56.62 | -124.11 |
| 2 | 3.43 | -36.48 | 10 | 4.13 | -40.57 | 18 | 37.88 | -164.22 |
| 3 | 25.27 | -117.42 | 11 | 27.58 | -118.53 | 19 | 3.72 | -33.74 |
| 4 | 22.74 | -137.06 | 12 | 24.93 | -137.53 | 20 | 4.59 | -43.29 |
| 5 | 10.43 | -78.20 | 13 | 15.80 | -98.38 | 21 | 18.87 | -100.76 |
| 6 | 11.31 | -87.73 | 14 | 15.77 | -111.58 | 22 | 18.49 | -113.34 |
| 7 | 55.94 | -124.11 | 15 | 16.67 | -107.66 | | | |
| 8 | 38.09 | -163.44 | 16 | 16.73 | -121.03 | | | |

Bemessung für LK 18: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = 27.09/-0.80\%$ erf $A_{s,o} = 4.9$ cm²

Bemessung für LK 17: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = -0.45/27.06\%$ erf $A_{s,u} = 1.7$ cm²

4.3.3. Gewählte Bewehrung in x-Richtung

Oben **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
2 Ø 10 = 1.6 > 1.1 cm²

Unten (Verteilung nach [2])

| Breite | cm | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 |
|------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Verteilung | % | 17.1 | 20.3 | 20.3 | 17.1 | 13.6 | 11.6 |
| erf A_s | cm ² | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| gewählt | | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 | 1 Ø 10 |
| vorh A_s | cm ² | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

Vorhandene untere Bewehrung insgesamt: $\Sigma A_s = 4.7 > 1.4$ cm²

4.3.4. Gewählte Bewehrung in y-Richtung

Oben **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
7 Ø 10 = 5.5 > 4.9 cm²

Unten (Verteilung nach [2])

| Breite | cm | 200.0 | gewählt | | 3 Ø 10 |
|------------|-----------------|-------|------------|-----------------|---------------|
| Verteilung | % | 100.0 | vorh A_s | cm ² | 2.4 |
| erf A_s | cm ² | 1.7 | | | |

Vorhandene untere Bewehrung insgesamt: $\Sigma A_s = 2.4 > 1.7$ cm²

$\varepsilon_o/\varepsilon_u$ - Dehnungen in den Randfasern (oben/unten)

4.4. Durchstanznachweis

4.4.1. Einwirkung im kritischen Rundschnitt

$$V_{Ed,crit} = \beta \cdot V_{Ed,red} / (u_{crit} \cdot d)$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

$$\Delta V_{Ed} = A_{crit} (\sigma_{Ed,gd,m} - g_{Ed,Platte})$$

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(k_x \cdot M_{Ed,x} / V_{Ed} \cdot u_{crit} / W_{crit,x} \right)^2 + \left(k_y \cdot M_{Ed,y} / V_{Ed} \cdot u_{crit} / W_{crit,y} \right)^2} \geq 1.10$$

$$W_{crit} = \int |e| dl \quad \text{mit } dl: \text{Differential des Umfangs} \\ e: \text{Abstand von } dl \text{ zur Achse von } M_{Ed}$$

Beiwert zur Ermittlung der Schubspannungen aus Momentenbeanspruchung

(nach [3], Tabelle 6.1)

$$c_1/c_2 = 0.98/0.63 = 1.56 \Rightarrow k_x = 0.66$$

$$c_1/c_2 = 0.63/0.98 = 0.64 \Rightarrow k_y = 0.49$$

Rechenwerte des kritischen Rundschnittes

| LK | a _{crit} cm | a/d | u _{crit} m | A _{crit} m ² | W _{crit,x} m ² | W _{crit,y} m ² | LK | a _{crit} cm | a/d | u _{crit} m | A _{crit} m ² | W _{crit,x} m ² | W _{crit,y} m ² |
|----|-------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----|-------------------------|------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 15.6 | 0.21 | 4.20 | 1.198 | 1.8743 | 1.5300 | 12 | 10.1 | 0.14 | 3.85 | 0.973 | 1.5744 | 1.2525 |
| 2 | 15.6 | 0.21 | 4.20 | 1.198 | 1.8743 | 1.5300 | 13 | 2.6 | 0.04 | 3.38 | 0.703 | 1.2135 | 0.9213 |
| 3 | 2.2 | 0.03 | 3.36 | 0.691 | 1.1966 | 0.9059 | 14 | 4.5 | 0.06 | 3.50 | 0.768 | 1.2995 | 0.9999 |
| 4 | 4.8 | 0.06 | 3.52 | 0.781 | 1.3171 | 1.0160 | 15 | 1.9 | 0.03 | 3.34 | 0.678 | 1.1798 | 0.8906 |
| 5 | 4.8 | 0.06 | 3.52 | 0.781 | 1.3171 | 1.0160 | 16 | 3.7 | 0.05 | 3.45 | 0.742 | 1.2648 | 0.9681 |
| 6 | 6.7 | 0.09 | 3.64 | 0.847 | 1.4065 | 1.0980 | 17 | 11.2 | 0.15 | 3.92 | 1.016 | 1.6324 | 1.3060 |
| 7 | 12.3 | 0.17 | 3.99 | 1.061 | 1.6914 | 1.3605 | 18 | 13.4 | 0.18 | 4.06 | 1.106 | 1.7514 | 1.4160 |
| 8 | 15.3 | 0.20 | 4.18 | 1.182 | 1.8535 | 1.5108 | 19 | 13.0 | 0.17 | 4.04 | 1.091 | 1.7313 | 1.3974 |
| 9 | 13.8 | 0.19 | 4.09 | 1.121 | 1.7716 | 1.4348 | 20 | 13.8 | 0.19 | 4.09 | 1.121 | 1.7716 | 1.4348 |
| 10 | 14.2 | 0.19 | 4.11 | 1.136 | 1.7919 | 1.4536 | 21 | 6.7 | 0.09 | 3.64 | 0.847 | 1.4065 | 1.0980 |
| 11 | 7.8 | 0.10 | 3.71 | 0.889 | 1.4615 | 1.1485 | 22 | 8.9 | 0.12 | 3.78 | 0.930 | 1.5175 | 1.2000 |

Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

| LK | V _{Ed} kN | σ _{Ed,gd,m} kN/m ² | ΔV _{Ed} kN | M _{Ed,x,Sp} kNm | M _{Ed,y,Sp} kNm | β | V _{Ed,crit} N/mm ² |
|----|-----------------------|---|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|---|
| 1 | 17.08 | 7.43 | 8.90 | -32.35 | -12.59 | 3.96 | 0.010 |
| 2 | 23.06 | 10.01 | 12.00 | -43.68 | -16.99 | 3.96 | 0.014 |
| 3 | 18.85 | 24.22 | 16.73 | -235.43 | -94.76 | 25.76 | 0.022 |
| 4 | 24.83 | 24.84 | 19.39 | -246.75 | -99.16 | 19.72 | 0.041 |
| 5 | 17.81 | 17.98 | 14.04 | -126.06 | -22.46 | 13.60 | 0.020 |
| 6 | 23.79 | 20.58 | 17.44 | -137.39 | -26.86 | 10.97 | 0.026 |
| 7 | 19.58 | 3.98 | 4.22 | -329.14 | -104.63 | 28.14 | 0.145 |
| 8 | 25.56 | 3.19 | 3.77 | -340.46 | -109.04 | 21.53 | 0.151 |
| 9 | 17.81 | 8.43 | 9.45 | -39.92 | -53.51 | 6.41 | 0.018 |
| 10 | 23.79 | 11.02 | 12.52 | -51.25 | -57.92 | 5.69 | 0.021 |
| 11 | 19.58 | 14.98 | 13.31 | -243.00 | -135.68 | 24.43 | 0.055 |
| 12 | 25.56 | 14.81 | 14.41 | -254.32 | -140.09 | 18.99 | 0.074 |
| 13 | 18.32 | 22.82 | 16.05 | -174.51 | -70.11 | 19.74 | 0.018 |
| 14 | 24.30 | 25.05 | 19.23 | -185.83 | -74.51 | 15.51 | 0.030 |
| 15 | 18.30 | 24.84 | 16.86 | -188.54 | -29.04 | 20.33 | 0.012 |
| 16 | 24.27 | 27.26 | 20.22 | -199.86 | -33.45 | 15.94 | 0.025 |
| 17 | 19.53 | 6.59 | 6.70 | -330.69 | -86.56 | 28.46 | 0.125 |
| 18 | 25.51 | 5.08 | 5.62 | -342.01 | -90.96 | 22.00 | 0.145 |
| 19 | 18.30 | 9.10 | 9.92 | -44.97 | -80.79 | 8.33 | 0.023 |
| 20 | 24.27 | 11.68 | 13.09 | -56.29 | -85.20 | 7.05 | 0.026 |
| 21 | 19.53 | 16.89 | 14.32 | -187.12 | -138.31 | 20.96 | 0.040 |
| 22 | 25.51 | 17.64 | 16.41 | -198.45 | -142.71 | 16.39 | 0.053 |

ΔV_{Ed} - Resultierende aus Sohldruck M_{Ed,x,Sp}/M_{Ed,y,Sp} - Momente bezügl. Schwerpunkt des Rundschnittes

β - Lasterhöhungsfaktor aus exzentrischer Belastung V_{Ed,crit} - Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

4.4.2. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot \text{zug} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2 \cdot d/a \geq v_{min} \cdot 2 \cdot d/a \quad [N/mm^2]$$

$$C_{Rd,c} = 0.15/\gamma_c$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2.0 \quad \text{mit } d \text{ [mm]}$$

$$\rho_{l,zug,max} = \text{Minimum von } (0.02, 0.5 \cdot f_{cd}/f_{yd})$$

$$\rho_{l,zug} = \sqrt{(\rho_{lx,zug} \cdot \rho_{ly,zug})} \leq \rho_{l,zug,max}$$

$$v_{min} = 0.0525/\gamma_c \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad \text{für } d \leq 600 \text{ mm}$$

$$v_{min} = 0.0375/\gamma_c \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad \text{für } d \geq 800 \text{ mm}$$

Mittlere statische Nutzhöhe

$$d_m = (75 + 74)/2 = 74.5 \text{ cm}$$

Maßstabsfaktor

$$k = 1 + \sqrt{200/745} = 1.52 < 2$$

Längsbewehrungsgrad der verankerten Zugbewehrung

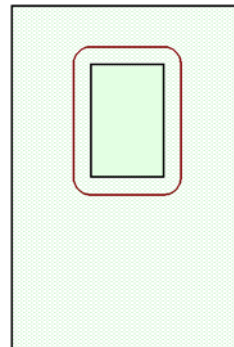
Mittelwert aus der Zugbewehrung bis zum Abstand 3d von der Stütze

$$a_{s,x,3d} = 4.7/3 = 1.58 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,y,3d} = 2.4/2 = 1.18 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{lx,zug} = 1.58/75 \cdot 10^{-2} = 0.00021$$

$$\rho_{ly,zug} = 1.18/74 \cdot 10^{-2} = 0.00016$$



$$\rho_{l,zug} = \sqrt{0.00021 \cdot 0.00016} = 0.00018$$

Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

$$C_{Rd,c} = 0.15/1.5 = 0.1$$

$$\rho_{l,zug,max} = \text{Minimum von } (0.02, 0.5 \cdot 14.17/434.78) = 0.0163 > 0.0002$$

$$v_{min} \cdot 2 \cdot d/a = 0.0416/1.5 \cdot 1.52^{3/2} \cdot 25^{0.5} \cdot 2 \cdot 74.5/15.3 = 2.532 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = 0.1 \cdot 1.52 \cdot (100 \cdot 0.00018 \cdot 25)^{1/3} \cdot 2 \cdot 74.5/15.3 = 1.142 \text{ N/mm}^2 < 2.532 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow v_{Rd,c} = 2.532 \text{ N/mm}^2$$

$0.151 \text{ N/mm}^2 < 2.532 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich

5. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

| | |
|---|---|
| Längsbewehrung x-Richtung (oben) erf $A_{s,x}$ = 1.1 cm ² | Längsbewehrung y-Richtung (oben) erf $A_{s,y}$ = 4.9 cm ² |
| Längsbewehrung x-Richtung (unten) erf $A_{s,x}$ = 1.4 cm ² | Längsbewehrung y-Richtung (unten) erf $A_{s,y}$ = 1.7 cm ² |

Literatur und Normen:

[1] DIN V 4141-1: Lager im Bauwesen, Teil 1, Mai 2003

[2] DAfStb Heft 240: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken, Beuth, 3. Aufl., 1991

[3] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2004