

3.2.2.2 Köcherfundament

Erläuterung:

Köcherfundamente werden bei Rahmenkonstruktionen eingesetzt, bei denen die Stützen im Fundament eingespannt werden. D.h. es können sowohl Horizontal- und Vertikalkräfte aufgenommen werden, als auch Momente.

Die Einbindetiefe f der Stütze ist von der zulässigen Querkraft des Profiles und der zulässigen Spannung im Beton abhängig. Die Fußplatte ist für die Aufnahme der Normalkraft verantwortlich und wird wie in Kap. 3.2.1.1 als bündige Fußplatte berechnet.

Bei der Herstellung des Fundamentes ist darauf zu achten, daß nach Einführen der Stütze umlaufend zwischen 3 und 5 cm Platz ist, der später mit Quellschutt ausgegossen wird.

Aufgabenstellung:

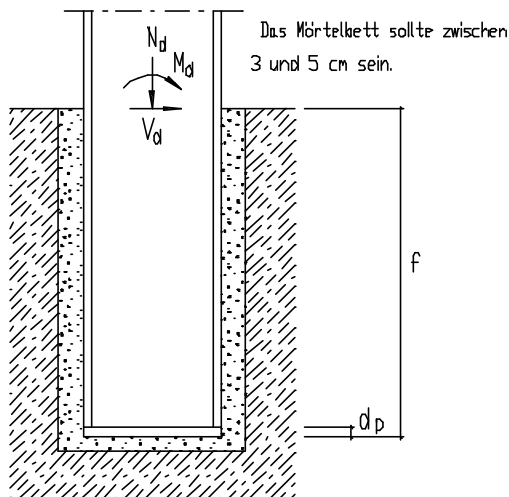
Es werden aus einer statischen Berechnung die Schnittkräfte $N_d = 336 \text{ kN}$, $V_d = 15 \text{ kN}$, $M_d = 150 \text{ kNm}$ entnommen.

Das Stützenprofil soll ein doppelsymmetrisches Walzprofil HEM280 aus ST 37-2 sein.

Die Einbindetiefe f und die Plattenbreite b_p sind unter Berücksichtigung der Grenzwerte zu wählen.

Der verwendete Fundamentbeton soll der Festigkeitsklasse B35 entsprechen.

Die vorgeschlagenen Schweißnähte sind zu prüfen.



Ansicht Bild 3.2.2.2-1

Schnittkräfte:

Normalkraft	$N_d := 336 \text{ kN}$
Querkraft	$V_d := 15 \text{ kN}$
Moment	$M_d := 150 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Material für Stütze und Fundament wählen:

Stütze Stahl := "St37-2"
Fundament Beton := "B35"

Profil für Stütze wählen:

HEM 280

b := 288mm $I_y := 39550 \text{ cm}^4$
h := 310mm $W_y := 2550 \text{ cm}^3$
h₁ := 196mm $S_y := 1480 \text{ cm}^3$
 $t_s := 18.5 \text{ mm}$ $s_y := \frac{I_y}{S_y}$
 $t_g := 33 \text{ mm}$ $A := 240 \text{ cm}^2$
r := 24mm

maximale Blechstärke $t := \max(t_s, t_g)$ t = 33.00 mm

Streckgrenze $S_{f_{yk}}(\text{Stahl}, t) = 240.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

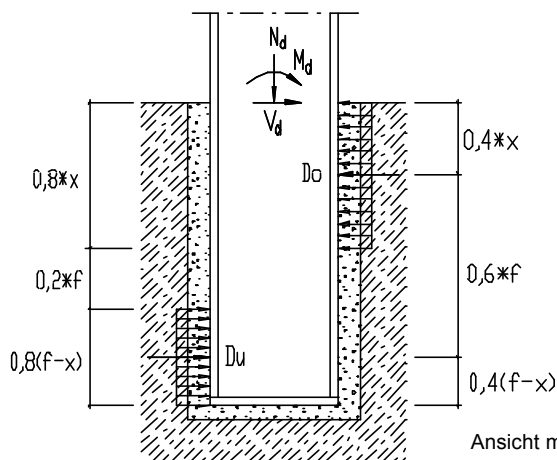
Materialsicherheitsbeiwert $\gamma_M := 1.1$

Bemessungswert der Streckgrenze $f_{yd} := \frac{S_{f_{yk}}(\text{Stahl}, t)}{\gamma_M}$ $f_{yd} = 218.18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Beton
Druckfestigkeit des Betons $S_{\beta_R}(\text{Beton}) = 23.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Zulässige Druckspannung des Betons $zul_{\sigma_b} := \frac{S_{\beta_R}(\text{Beton})}{1.3}$ $zul_{\sigma_b} = 17.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

a) Ermittlung der Einspanntiefe f



Ansicht mit Druckflächen Bild 3.2.2.2-2

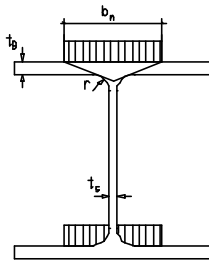
Es wird mit dem rechteckigen Spannungsblock gemäß [3] gerechnet.

Die Druckresultierenden ergeben sich dann wie folgt

$$\text{oben} \quad D_O = 0.8 \cdot x \cdot b \cdot \sigma_b \quad [\text{Gl. 1}]$$

$$\text{unten} \quad D_U = 0.8 \cdot (f - x) \cdot b \cdot \sigma_b \quad [\text{Gl. 2}]$$

Die Breite des Gurtes, die in die Berechnung eingesetzt wird, muß auf den Wert b_n begrenzt werden. Mit Rücksicht auf die Flanschbiegung geht das Berechnungsmodell von einer Einleitung der Betonpressungen in den Steg unter der Neigung 1:2.5 aus.



$$b_n := t_s + 1.6 \cdot r + 5.0 \cdot t_b$$

Draufsicht mit Spannungen Bild 3.2.2.2-3

Da ferner die Betonpressung durch elastische Stauchung des Betons auf beide Stützenflansche verteilt wird, werden auf den direkt belasteten Gurt 55% der Spannung angesetzt und es ergibt sich eine effektive Plattenbreite b_{effn} .

$$b_{effn} := \frac{b_n}{0.55}$$

Es wird eine Substitution für " $b \cdot \sigma_b$ " eingeführt, um die folgenden Gleichungen zu vereinfachen. Die Berechnung erfolgt mit der zulässigen Betonpressung.

$$\text{Substitution} \quad p := b_{effn} \cdot 0.95 \cdot \text{zul}_\sigma \quad [\text{Gl. 3}]$$

Die Gleichgewichtsbedingung $\Sigma H=0$ liefert die Lage der Spannungsnulllinie

$$D_O - D_U - V_d = 0 \quad [\text{Gl. 4}]$$

Die [Gl. 1, 2 und 3] werden in [Gl. 4] eingesetzt und nach "x" aufgelöst.

$$x = 0.5 \cdot f + \frac{V_d}{1.6 \cdot p} \quad [\text{Gl. 5}]$$

Die [Gl. 3 und 5] werden in die [Gl. 1 und 2] eingesetzt. Aus der Bedingung $\Sigma M=0$, bezogen auf den Angriffspunkt von " D_O ", errechnet sich die Mindesteinspanntiefe f der Stütze. Für die Bestimmung von f gibt es zwei verschiedene Grenzkriterien von denen der größere Wert für f maßgebend wird.

- α) Die zulässige Betondruckspannung
- β) Grenzschubspannung im Profilsteg der Stütze

Durch die Substitution und das oben erwähnte Einsetzen gehen die [Gl. 1 und 2] in die [Gl. 6 und 7] über.

$$D_O = 0.4 \cdot f \cdot p + 0.5 \cdot V_d \quad [\text{Gl. 6}]$$

$$D_U = 0.4 \cdot f \cdot p - 0.5 \cdot V_d \quad [\text{Gl. 7}]$$

Zu a) Mindesteinspanntiefe in Abhängigkeit vom Beton

$$D_U \cdot 0.6 \cdot f - V_d \cdot 0.4 \cdot x - M_d = 0 \quad [\text{Gl. 8}]$$

Die [Gl. 7 und 5] werden in [Gl. 8] eingesetzt. Man erhält eine quadratische Gleichung und somit einen eindeutigen Wert für die Einbindetiefe f .

$$f_b^2 - \left(2.08 \cdot \frac{V_d}{p} \right) f_b - 1.04 \cdot \left(\frac{V_d}{p} \right)^2 - 4.17 \cdot \frac{M_d}{p} = 0 \quad [\text{Gl. 9}]$$

Damit ergibt sich für die Einspanntiefe

$$f_b := 1.04 \cdot \frac{V_d}{p} + \sqrt{2.12 \cdot \left(\frac{V_d}{p} \right)^2 + 4.17 \cdot \frac{M_d}{p}} \quad f_b = 30.60 \text{ cm}$$

Zu b) Mindesteinspanntiefe in Abhängigkeit vom Stützenprofil

$$D_U \cdot 0.6 \cdot f - V_d \cdot 0.4 \cdot x - M_d = 0 \quad [\text{Gl. 10}]$$

[Gl. 2] wird mit der Substitution nach "x" aufgelöst

$$D_U = 0.8 \cdot (f - x) \cdot p \quad x = f - \frac{D_U}{0.8 \cdot p} \quad [\text{Gl. 11}]$$

Die Gesamtdruckflächen, wie aus der Zeichnung oben ersichtlich, ergeben sich aus der Höhe " $f \cdot 0.2 \cdot f$ " und der Breite " b ". Die Höhe mal der [Gl. 3] ergibt die Gesamtkraft. Aus der $\Sigma H=0$ ergibt sich dann.

$$D_O - D_U - V_d = 0 \quad [\text{Gl. 12}]$$

$$D_O + D_U = 0.8 \cdot f \cdot p \quad [\text{Gl. 13}]$$

[Gl. 13] wird nach " $0.8 \cdot p$ " aufgelöst

$$0.8 \cdot p = \frac{D_O + D_U}{f} \quad [\text{Gl. 14}]$$

[Gl. 12] wird nach " D_O " aufgelöst und in [Gl. 13] eingesetzt

$$0.8 \cdot p = \frac{2 \cdot D_U + V_d}{f} \quad [\text{Gl. 15}]$$

[Gl. 15] wird in [Gl. 11] eingesetzt

$$x = f \cdot \left(1 - \frac{D_U}{2 \cdot D_U + V_d} \right) \quad [\text{Gl. 16}]$$

[Gl. 16] wird in [Gl. 10] eingesetzt und man erhält eine Gleichung, die von D_U und f abhängig ist. Da die maximale Querkraft im Spannungsbereich D_U entspricht, wird D_U , um den Querschnitt voll auszunutzen, gleich der maximal zulässigen Querkraft V_{Rd} gesetzt und die Mindesteinspanntiefe in Abhängigkeit vom Stützenprofil bestimmt.

$$0.6 \cdot D_U \cdot f - 0.4 \cdot V_d \cdot f \cdot \left(1 - \frac{D_U}{2 \cdot D_U + V_d} \right) - M_d = 0 \quad [\text{Gl. 17}]$$

$$\tau_{Rd} := \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_{Rd} = 125.97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{Rd} := t_s \cdot s_y \cdot \tau_{Rd}$$

$$V_{Rd} = 622.75 \text{ kN}$$

$$D_U := V_{Rd}$$

$$f_t := \frac{M_d}{0.6 \cdot D_u - 0.4 \cdot V_d \cdot \left(1 - \frac{D_u}{2 \cdot D_u + V_d} \right)} \quad f_t = 40.47 \text{ cm}$$

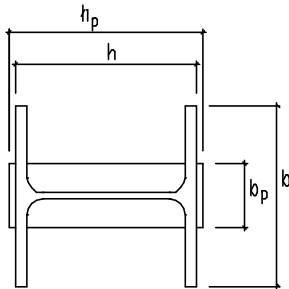
Einbindetiefe der Stütze

$$\max_f := \max(f_b, f_t) \quad \max_f = 40.47 \text{ cm}$$

$$f \text{ muß größer gewählt werden als } \max_f \quad f := 100 \text{ cm}$$

b) Aufnahme der Normalkraft durch die Fußplatte

Nachweis siehe Kapitel 3.2.1.1 Bündige Fußplatte



Abmessungen der Fußplatte:

Draufsicht mit Fußplatte Bild 3.2.2.2-4

$$h_p := h + 20 \text{ mm} \quad h_p = 330.00 \text{ mm}$$

$$\text{erf}_{b_p} := \frac{N_d}{h_p \cdot \text{zul}_{\sigma_b}}$$

$$\text{erf}_{b_p} = 57.55 \text{ mm} \quad b_p := 100 \text{ mm}$$

$$\text{Fläche für die Fußplatte} \quad A_p := h_p \cdot b_p \quad A_p = 3.30 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$\text{vorhandene Spannung im Beton} \quad \text{vorh}_{\sigma_b} := \frac{N_d}{A_p} \quad \text{vorh}_{\sigma_b} = 10.18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Druckfestigkeit des Betons} \quad S_{\beta R}(\text{Beton}) = 23.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

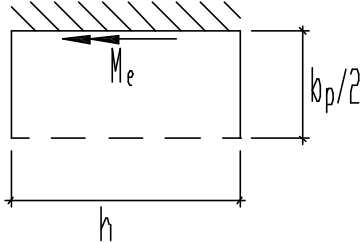
$$\text{Zulässige Druckspannung des Betons} \quad \text{zul}_{\sigma_b} := \frac{S_{\beta R}(\text{Beton})}{1.3} \quad \text{zul}_{\sigma_b} = 17.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Nachweis} \quad \text{vorh}_{\sigma_b} \leq \text{zul}_{\sigma_b}$$

$$\text{Nachweis}(\text{vorh}_{\sigma_b}, \text{zul}_{\sigma_b}) = \text{"Nachweis erfüllt!"}$$

Plattendicke ermitteln

Die Schnittgrößen werden mit Hilfe der Czerny Tafeln [1] ermittelt. Untersucht wird eine dreiseitig gelagerte Platte, mit einem eingespannten, zwei gelenkigen und einem freien Rand



3-seitig gelagerte Platte Bild 3.2.2.2-5

$$\begin{aligned} \text{Seitenlängen} \quad l_y &:= \frac{b_p}{2} \quad l_x := h \\ \text{Seitenverhältnis} &:= \frac{l_y}{l_x} \quad \text{Seitenverhältnis} = 0.16 \end{aligned}$$



Das gerundete Seitenverhältnis zum Auslesen der Tabellenwerte

$$\text{ger_sv} = 0.25$$



Ermittlung des Einspannmoments am Stützensteg

Tabellenwert aus Czerny Tafel

$$\text{TW_myerm}(\text{ger_sv}) = 2.26$$

Einspannmoment je Längeneinheit

$$\text{myerm} := \frac{\text{vorh_}\sigma_b}{\text{TW_myerm}(\text{ger_sv})} \cdot l_y^2 \quad \text{myerm} = 112.63 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{cm}}$$



Ermittlung der Querkraft am Stützensteg

Tabellenwert aus Czerny Tafel

$$\text{TW_qyerm}(\text{ger_sv}) = 0.97$$

Querkraft je Längeneinheit

$$\text{qyerm} := \frac{\text{vorh_}\sigma_b}{\text{TW_qyerm}(\text{ger_sv})} \cdot l_y \quad \text{qyerm} = 5.25 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

Ermittlung der Plattendicke mit dem Nachweisverfahren EI-EI

$$\text{erf_}W_p = \frac{M}{\sigma_{Rd}} \quad [\text{Gl. 17}]$$

$$W_p = 1 \cdot \frac{d_p^2}{6} \quad [\text{Gl. 18}]$$

Aus [Gl. 1 und 2] wird durch Einsetzen von

$$\begin{aligned} M &\longrightarrow m_{\text{yerm}} \\ \sigma_{\text{Rd}} &\longrightarrow f_{\text{yd}} \end{aligned}$$

die folgende Gleichung für die erforderliche Plattendicke bestimmt

$$\text{erf_d}_p := \sqrt{\frac{6 \cdot m_{\text{yerm}}}{f_{\text{yd}}}} \quad \text{erf_d}_p = 17.60 \text{ mm}$$



Aufgerundete Plattendicke

$$d_p = 20.00 \text{ mm}$$

Ermittlung der Plattendicke mit dem Nachweisverfahren EI-PI:

$$M_{\text{pld}} = f_{\text{yd}} \cdot 1 \cdot \frac{d_p^2}{4} \quad [\text{Gl. 19}]$$

$$V_{\text{plzd}} = \frac{f_{\text{yd}}}{\sqrt{3}} \cdot 1 \cdot d_p \quad [\text{Gl. 20}]$$

M-V-Interaktion

$$M_{\text{plvd}} = \sqrt{1 - \left(\frac{V_d}{V_{\text{plzd}}} \right)^2} \cdot M_{\text{pld}} \quad [\text{Gl. 21}]$$

Nachweis

$$\frac{\max M_d}{M_{\text{plvd}}} \leq 1 \quad [\text{Gl. 22}]$$

Bemessungswerte $V_{\text{pd}} := q_{\text{yerm}}$ $M_{\text{pd}} := m_{\text{yerm}}$

Aus [Gl. 3, 4, 5, 6] wird die erforderliche Plattendicke ermittelt

$$\text{erf_d}_p := \frac{\sqrt{3 \cdot V_{\text{pd}}^2 + \sqrt{9 \cdot V_{\text{pd}}^4 + 64 \cdot f_{\text{yd}}^2 \cdot M_{\text{pd}}^2}}}{\sqrt{2} \cdot f_{\text{yd}}} \quad \text{erf_d}_p = 14.67 \text{ mm}$$



Aufgerundete Plattendicke

$$d_p = 20.00 \text{ mm}$$

Für die weitere Berechnung wird die nach dem EI-PI Verfahren ermittelte Plattendicke verwendet.

Nachweis der Schweißnaht zwischen Fußplatte und Profil

Eine Kraftübertragung direkt über den Kontakt zwischen Fußplatte und Profil wird nicht angesetzt, da sonst die Kontaktbereiche winkeligerecht maschinell zu bearbeiten sind.

Grenzschnweißnahtspannung $\alpha_W := 0.95$

$$\sigma_{\text{WRd}} := \alpha_W \cdot f_{\text{yd}} \quad \sigma_{\text{WRd}} = 207.27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Druckspannung in der Stütze $\sigma_d := \frac{N_d}{A} \quad \sigma_d = 14.00 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Stegschweißnaht :

$$\begin{aligned} \min_t &:= \min(t_s, d_p) & \min_t &= 18.50 \text{ mm} \\ \max_t &:= \max(t_s, d_p) & \max_t &= 20.00 \text{ mm} \\ \min_{a_W} &:= \max(2 \cdot \text{mm}, \sqrt{\max_t \cdot \text{mm}} - 0.5 \cdot \text{mm}) & \min_{a_W} &= 3.97 \text{ mm} \\ \max_{a_W} &:= 0.7 \cdot \min_t & \max_{a_W} &= 12.95 \text{ mm} \\ \text{erf}_{a_W} &:= \frac{\sigma_d \cdot t_s}{2 \cdot \sigma_{WRd}} & \text{erf}_{a_W} &= 0.62 \text{ mm} \end{aligned}$$



empfohlene Schweißnaht $a_{Ws} := \text{ceil}(a) \cdot \text{mm}$ $a_{Ws} = 4.00 \text{ mm}$

Stegschweißnaht $\sigma_{Wsd} := \frac{\sigma_d \cdot t_s}{2 \cdot a_{Ws}}$ $\sigma_{Wsd} = 32.38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Nachweis $\frac{\sigma_{Wsd}}{\sigma_{WRd}} \leq 1$

Nachweis $\left(\frac{\sigma_{Wsd}}{\sigma_{WRd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !"}$

Gurtenschweißnaht :

$$\begin{aligned} \min_t &:= \min(t_g, d_p) & \min_t &= 20.00 \text{ mm} \\ \max_t &:= \max(t_g, d_p) & \max_t &= 33.00 \text{ mm} \\ \min_{a_W} &:= \max(2 \cdot \text{mm}, \sqrt{\max_t \cdot \text{mm}} - 0.5 \cdot \text{mm}) & \min_{a_W} &= 5.24 \text{ mm} \\ \max_{a_W} &:= 0.7 \cdot \min_t & \max_{a_W} &= 14.00 \text{ mm} \\ \text{erf}_{a_W} &:= \frac{\sigma_d \cdot t_g}{2 \cdot \sigma_{WRd}} & \text{erf}_{a_W} &= 1.11 \text{ mm} \end{aligned}$$



empfohlene Schweißnaht $a_{Wg} := \text{ceil}(a) \cdot \text{mm}$ $a_{Wg} = 6.00 \text{ mm}$

Gurtenschweißnaht $\sigma_{Wgd} := \frac{\sigma_d \cdot t_g}{2 \cdot a_{Wg}}$ $\sigma_{Wgd} = 38.50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Nachweis $\frac{\sigma_{Wgd}}{\sigma_{WRd}} \leq 1$

Nachweis $\left(\frac{\sigma_{Wgd}}{\sigma_{WRd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !"}$

c.) Nachweis des Stützenprofils

Für den Einspannungsbereich ist nachzuweisen, daß die maximale Schub-, Längs- und Vergleichsspannung die zulässigen Werte nicht überschreiten. Maximalwerte treten auf an den Stegenden bei Walzprofilen, also am Ausrundungsbeginn der Querschnitte. In der Zeichnung an den Punkten a und b. Da an diesen Stellen über die Trägerflansche die Betonpressungen eingeleitet werden, ergibt sich mit den Normalspannungen aus Längskraft und Biegemoment ein zweiachsiger Spannungszustand.

Ermittlung der Schnittgrößen

Abgesehen von dem Fall, daß die mit den zulässigen Betondruckspannungen bestimmte Einspanntiefe f das Stützenprofil nicht überfordert, muß die mit wachsendem Wert f abnehmende Gleichstreckenlast p nunmehr berechnet werden, und zwar durch Elimination von p aus der Beziehung für f nach Abschnitt a [Gl. 9].

$$f_b^2 - \left(2.08 \cdot \frac{V}{p} \right) f_b - 1.04 \cdot \left(\frac{V}{p} \right)^2 - 4.17 \cdot \frac{M}{p} = 0 \quad [\text{Gl. 9}]$$

Die [Gl.9] wird so umgeformt, daß man wiederum eine quadratische Gleichung erhält.

$$p^2 - \left(2.08 \cdot \frac{V}{f} + 4.17 \cdot \frac{M}{f^2} \right) \cdot p - 1.04 \cdot \left(\frac{V}{f} \right)^2 = 0 \quad [\text{Gl. 23}]$$

Zur Vereinfachung der weiteren Berechnung wird eine weitere Substitution eingeführt.

Substitution $\alpha := 2.08 \cdot \frac{V_d}{f} + 4.17 \cdot \frac{M_d}{f^2}$

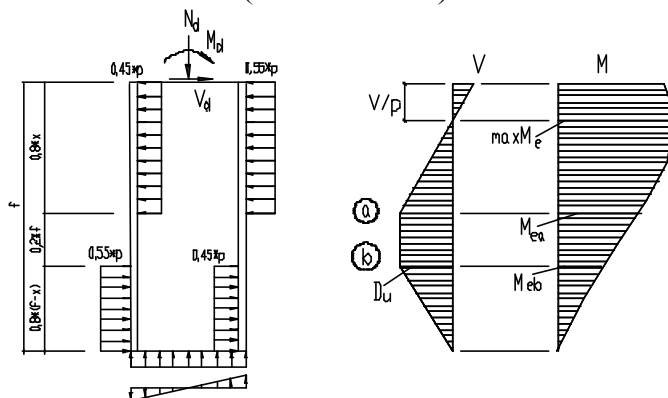
[Gl. 23] wird jetzt nach der Gleichstreckenlast vorh_p aufgelöst.

$$\text{vorh}_p := \frac{\alpha}{2} + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 + 1.04 \cdot \left(\frac{V_d}{f} \right)^2} \quad \text{vorh}_p = 657.06 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{max_V}_{ed} := D_u \quad \text{max_M}_{ed} := M_d + \frac{V_d^2}{2 \cdot \text{vorh}_p}$$

$$\text{M}_{ea} := \text{max_V}_{ed} \cdot \left(0.4 \cdot f - 0.25 \cdot \frac{V_d}{\text{vorh}_p} \right) \quad \text{M}_{ea} = 245.55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{M}_{ebd} := \text{max_V}_{ed} \cdot \left(0.2 \cdot f - 0.25 \cdot \frac{V_d}{\text{vorh}_p} \right) \quad \text{M}_{ebd} = 121.00 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



enten- und Querkraftverlauf Bild 3.2.2.2-6

Längsspannung

$$\max_{\sigma_{ed}} := \frac{N_d}{A} + \frac{\max_{M_{ed}}}{W_y}$$

$$\max_{\sigma_{ed}} = 72.89 \frac{N}{mm^2}$$

Nachweis $\frac{\max_{\sigma_{ed}}}{f_{yd}}$

$$\text{Nachweis} \left(\frac{\max_{\sigma_{ed}}}{f_{yd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !!"}$$

Schubspannung

$$\tau_{em} := \frac{\max_{V_{ed}}}{t_s \cdot (h - t_g)}$$

$$\tau_{em} = 121.52 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{Rd} := \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_{Rd} = 125.97 \frac{N}{mm^2}$$

Nachweis $\frac{\tau_{em}}{\tau_{Rd}}$

$$\text{Nachweis} \left(\frac{\tau_{em}}{\tau_{Rd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !!"}$$

Vergleichsspannung

Im Querschnitt a auf der Druckseite

$$\sigma_{xa} := - \left(\frac{N_d}{A} \right) - \frac{M_{ead}}{W_y} \cdot \frac{h_1}{h}$$

$$\sigma_{xa} = -74.88 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{za} := -0.55 \cdot \frac{vorh_p}{t_s}$$

$$\sigma_{za} = -19.53 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vaD} := \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{za}^2 - \sigma_{xa} \cdot \sigma_{za} + 3 \cdot \tau_{em}^2}$$

$$\sigma_{vaD} = 220.98 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Nachweis} \left(\frac{\sigma_{vaD}}{f_{yd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis näherungsweise erfüllt !!"}$$

Im Querschnitt a auf der Zugseite

$$\sigma_{xa} := - \left(\frac{N_d}{A} \right) + \frac{M_{ead}}{W_y} \cdot \frac{h_1}{h}$$

$$\sigma_{xa} = 46.88 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{za} := 0.45 \cdot \frac{vorh_p}{t_s}$$

$$\sigma_{za} = 15.98 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vaZ} := \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{za}^2 - \sigma_{xa} \cdot \sigma_{za} + 3 \cdot \tau_{em}^2}$$

$$\sigma_{vaZ} = 214.50 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Nachweis} \left(\frac{\sigma_{vaZ}}{f_{yd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !!"}$$

Im Querschnitt b auf der Druckseite

$$\sigma_{xb} := - \left(\frac{N_d}{A} \right) - \frac{M_{ebd}}{W_y} \cdot \frac{h_1}{h} \quad \sigma_{xb} = -44.00 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zb} := 0.45 \cdot \frac{vorh_p}{t_s} \quad \sigma_{zb} = 15.98 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vbD} := \sqrt{\sigma_{xb}^2 + \sigma_{zb}^2 - \sigma_{xb} \cdot \sigma_{zb} + 3 \cdot \tau_{em}^2} \quad \sigma_{vbD} = 217.25 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Nachweis} \left(\frac{\sigma_{vbD}}{f_{yd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !"}$$

Im Querschnitt b auf der Zugseite

$$\sigma_{xb} := - \left(\frac{N_d}{A} \right) + \frac{M_{ebd}}{W_y} \cdot \frac{h_1}{h} \quad \sigma_{xb} = -44.00 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zb} := -0.55 \cdot \frac{vorh_p}{t_s} \quad \sigma_{zb} = -19.53 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vbZ} := \sqrt{\sigma_{xb}^2 + \sigma_{zb}^2 - \sigma_{xb} \cdot \sigma_{zb} + 3 \cdot \tau_{em}^2} \quad \sigma_{vbZ} = 212.73 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Nachweis} \left(\frac{\sigma_{vbZ}}{f_{yd}}, 1 \right) = \text{"Nachweis erfüllt !"}$$

$\text{kN} \equiv 1000\text{N}$

$\text{MN} \equiv 1000\text{kN}$

➔ Übersicht:C:_CD-ROM Mathcad\1_Arbeitsblaetter\MIT\TV_3_51_Charakteristische_Werte.mcd(R)

➔ Übersicht:C:_CD-ROM Mathcad\1_Arbeitsblaetter\MIT\TV_3_52_Nachweis.mcd(R)