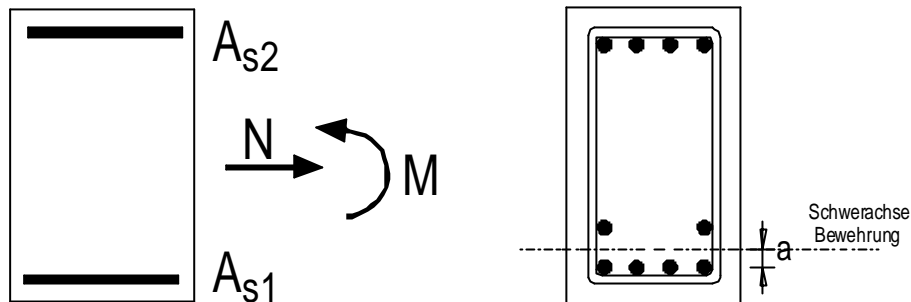


Biegebemessung Rechteckquerschnitt mit Druckbewehrung:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**Vorwerte:**

Querschnittsbreite $b =$		0,25 m
Querschnittshöhe $h =$		0,75 m
Betondeckung $c_{nom} =$		0,035 m
Stabdurchmesser $d_s =$	GEW("Bewehrung/As"; ds;) =	28 mm
Stabdurchmesser $d_{s2} =$	GEW("Bewehrung/As"; ds;) =	14 mm
Vorhaltemaß wegen innerem Hebelarm $a =$		0,010 m

Belastung:

$M_G =$	250,00 kNm
$M_Q =$	240,00 kNm
$N_G =$	-80,00 kN
$N_Q =$	-60,00 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$) =	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;) =	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton) =	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl) =	500,00 N/mm ²
E-Modul Stahl $E_s =$		200000 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50
$g_s =$	1,15
$g_c =$	1,50

Berechnung:

$f_{yd} =$	f_{yk} / g_s	=	434,78 N/mm ²
$e_{yd} =$	$\frac{f_{yd}}{E_s}$	=	2,174*10 ⁻³
$a_{cc} =$			1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} * a_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²
$N_{Ed} =$	$g_G * N_G + g_Q * N_Q$	=	-198,00 kN
$M_{Ed} =$	$g_G * M_G + g_Q * M_Q$	=	697,50 kNm

$$d = h - c_{\text{nom}} - \frac{d_s}{2 \cdot 10^3} - a = 0,691 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,316 \text{ m}$$

$$M_{\text{Ed},s} = \text{ABS}(M_{\text{Ed}}) - N_{\text{Ed}} \cdot z_{s1} = 760,07 \text{ kNm}$$

$$m_{\text{Ed},s} = \frac{M_{\text{Ed},s} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = 0,318$$

$m_{\text{Ed},s,\text{lim}}$ für Betonfestigkeitsklassen C50/60
Grenzwert $m_{\text{Ed},s,\text{lim}} = 0,296$

$$\frac{m_{\text{Ed},s}}{m_{\text{Ed},s,\text{lim}}} = \underline{\underline{1.074 > 1.0}}$$

⇒ Druckbewehrung erforderlich!

$$z = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"}; z; m=m_{\text{Ed},s,\text{lim}}) = 0,813$$

$$e_{s1} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"}; e_{s1}; m=m_{\text{Ed},s}) \cdot 10^{-3} = 0,0036$$

$$e_{c2} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"}; e_{c2}; m=m_{\text{Ed},s}) \cdot 10^{-3} = -0,0035$$

$$\text{lim_}M_{\text{Ed},s} = m_{\text{Ed},s,\text{lim}} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}} \cdot 10^3 = 706,67 \text{ kNm}$$

$$D_{\text{MEd},s} = M_{\text{Ed},s} - \text{lim_}M_{\text{Ed},s} = 53,40 \text{ kNm}$$

$$d_2 = c_{\text{nom}} + \frac{d_{s2}}{2 \cdot 10^3} = 0,042 \text{ m}$$

$$z = z \cdot d = 0,562 \text{ m}$$

$$\text{erf_}A_{s1} = \frac{1}{f_{\text{yd}}} \cdot \left(\frac{\text{lim_}M_{\text{Ed},s}}{z} + \frac{D_{\text{MEd},s}}{d - d_2} + N_{\text{Ed}} \right) \cdot 10 = 26,26 \text{ cm}^2$$

gew: 5 Æ 28 mit:

$$A_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s \geq \text{erf_}A_{s1}) = 5 \text{ Æ } 28$$

$$\text{vorh_}A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,\text{gew}}) = 30,79 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf_}A_{s1} / \text{vorh_}A_s = \underline{\underline{0.85 < 1}}$$

$$\text{erf_}A_{s2} = \frac{1}{\text{abs}(f_{\text{yd}})} \cdot \frac{D_{\text{MEd},s}}{d - d_2} \cdot 10 = 1,89 \text{ cm}^2$$

gew: 2 Æ 14 mit:

$$A_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_{s2}; A_s \geq \text{erf_}A_{s2}) = 2 \text{ Æ } 14$$

$$\text{vorh_}A_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,\text{gew}}) = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf_}A_{s2} / \text{vorh_}A_s = \underline{\underline{0.61 < 1}}$$

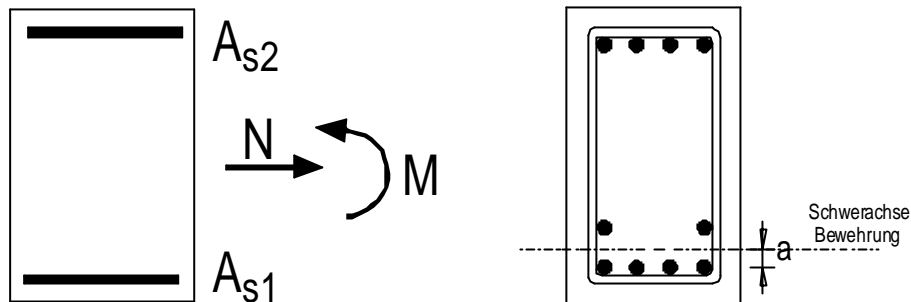
$$e_{s2} = (\text{abs}(e_{c2}) + e_{s1}) \cdot \frac{d - d_2}{d} - e_{s1} = 3,07 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{s2} / e_{\text{yd}} = \underline{\underline{1.41 > 1}}$$

Die Streckgrenze wird erreicht.

Biegebemessung Rechteckquerschnitt mit Druckbewehrung:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**Vorwerte:**

Querschnittsbreite $b =$		0,25 m
Querschnittshöhe $h =$		0,75 m
Betondeckung $c_{nom} =$		0,035 m
Stabdurchmesser $d_s =$	GEW("Bewehrung/As"; ds;) =	28 mm
Stabdurchmesser $d_{s2} =$	GEW("Bewehrung/As"; ds;) =	14 mm
Vorhaltemaß wegen innerem Hebelarm $a =$		0,010 m

Belastung:

$M_G =$	250,00 kNm
$M_Q =$	240,00 kNm
$N_G =$	-80,00 kN
$N_Q =$	-60,00 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$) =	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;) =	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton) =	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl) =	500,00 N/mm ²
E-Modul Stahl $E_s =$		200000 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50
$g_s =$	1,15
$g_c =$	1,50

Berechnung:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

$$e_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,174 \cdot 10^{-3}$$

$$a_{cc} = 1,00$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{1,5} = 20,00 \text{ N/mm}^2$$

$$N_{Ed} = g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q = -198,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q = 697,50 \text{ kNm}$$

$$d = h - c_{nom} - \frac{d_s}{2 \cdot 10^3} - a = 0,691 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,316 \text{ m}$$

$$M_{Ed,s} = \text{ABS}(M_{Ed}) - N_{Ed} \cdot z_{s1} = 760,07 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed,s} = \frac{M_{Ed,s} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,318$$

$m_{Ed,s,lim}$ für Betonfestigkeitsklassen C50/60

$$\text{Grenzwert } m_{Ed,s,lim} = 0,296$$

$$\frac{m_{Ed,s}}{m_{Ed,s,lim}} = \underline{\underline{1,074 > 1,0}}$$

⇒ Druckbewehrung erforderlich!

$$d_2 = c_{nom} + \frac{d_{s2}}{2 \cdot 10^3} = 0,042 \text{ m}$$

$$\text{Differenz } m_D = m_{Ed,s} - m_{Ed,s,lim} = 0,022$$

$$z = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } z; m = m_{Ed,s,lim}) = 0,813$$

$$e_{s1} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } e_{s1}; m = m_{Ed,s}) \cdot 10^{-3} = 0,0036$$

$$e_{c2} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } e_{c2}; m = m_{Ed,s}) \cdot 10^{-3} = -0,0035$$

$$w_{1,lim} = \frac{m_{Ed,s,lim}}{z} = 0,364$$

$$w_D = \frac{m_D}{1 - \frac{d_2}{d}} = 0,023$$

$$\text{erf}_{A_{s1}} = \frac{(w_{1,lim} + w_D) \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} + N_{Ed} \cdot 10^{-3}}{f_{yd}} \cdot 10^4 = 26,20 \text{ cm}^2$$

gew: 5 Æ 28 mit:

$$A_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_{s1}}) = 5 \text{ Æ } 28$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez} = A_{s,gew}) = 30,79 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_{s1}} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,85 < 1}}$$

gew: 2 Æ 14 mit:

$$w_2 = w_D = 0,023$$

$$\text{erf}_{A_{s2}} = \frac{w_2 * d * b * f_{cd}}{f_{yd}} * 10^4 = 1,83 \text{ cm}^2$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_{s2}; A_s^3 \text{ erf}_{A_{s2}}) = 2 \text{ Æ } 14$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez} = A_{s, \text{gew}}) = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_{s2}} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{0,59 < 1}$$

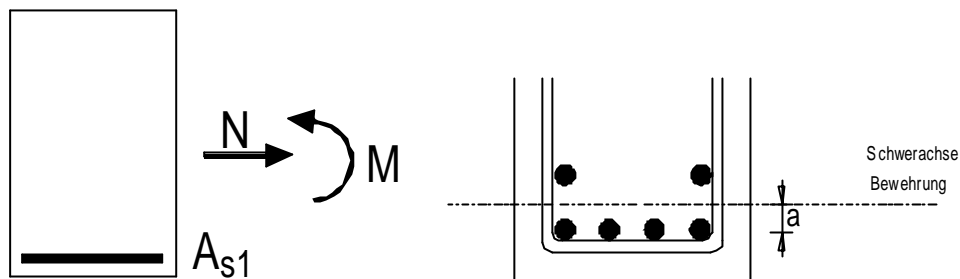
$$e_{s2} = (\text{abs}(e_{c2}) + e_{s1}) * \frac{d - d_2}{d} - e_{s1} = 3,07 * 10^{-3}$$

$$e_{s2} / e_{yd} = \underline{1,41 > 1}$$

Die Streckgrenze wird erreicht.

Biegebemessung Rechteckquerschnitt Omega-Verfahren:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**Vorwerte:**

Querschnittsbreite b=	0,30 m
Querschnittshöhe h=	0,75 m
Betondeckung c_{nom} =	0,035 m
Hebelarm a =	0,020 m
Stabdurchmesser d_s = GEW("Bewehrung/As"; ds;)	= 25 mm

Belastung:

M_G =	250,00 kNm
M_Q =	150,00 kNm
N_G =	-80,00 kN
N_Q =	-60,00 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
f_{ck} =	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
f_{yk} =	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
α_{cc} =			1,00

Sicherheitsbeiwerte:

g_G =	1,35
g_Q =	1,50
g_s =	1,15
g_c =	1,50

Berechnung:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{g_c} = 20,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / g_s = 434,78 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{Ed} = g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q = -198,00 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q = 562,50 \text{ kNm}$$

$$d = h - c_{nom} - \frac{d_s \cdot 10^{-3}}{2} - a = 0,683 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,308 \text{ m}$$

$$M_{Ed,s} = ABS(M_{Ed}) - N_{Ed} * z_{s1} = 623,48 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed,s} = \frac{M_{Ed,s} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} = 0,223$$

$$w = TAB(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } w; m=m_{Ed,s}) = 0,257$$

$$erf_{A_s} = \frac{w * d * b * f_{cd} + N_{Ed} * 10^{-3}}{f_{yd}} * 10^4 = 19,67 \text{ cm}^2$$

gew: 5 Æ 25 mit:

$$A_{s,gew} = GEW(\text{"Bewehrung/As"; } Bez; d_s = d_s; As^3 erf_{A_s}) = 5 \text{ Æ } 25$$

$$vorh_{A_s} = TAB(\text{"Bewehrung/As"; } As; Bez=A_{s,gew}) = 24,54 \text{ cm}^2$$

$$erf_{A_s} / vorh_{A_s} = \underline{0.80 < 1}$$

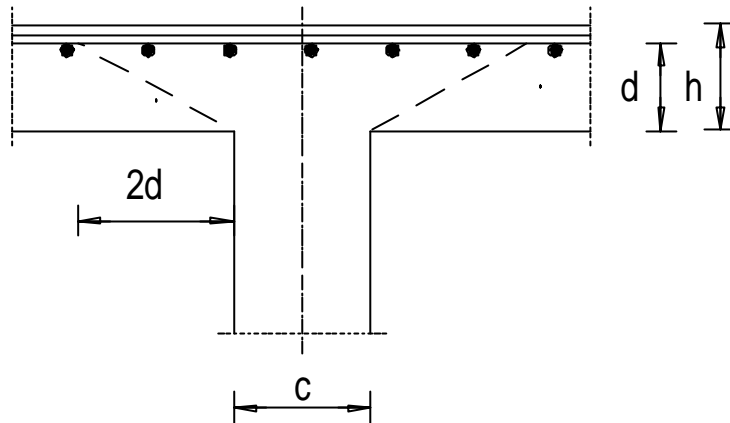
$$n = TAB(\text{"Bewehrung/As"; } n; Bez=A_{s,gew}) = 5$$

Querschnittsbreite ausreichend:

$$b - 2 * c_{nom} - (n * d_s + MAX(d_s; 20)) * (n - 1) * 10^{-3} = \underline{0.00 \geq 0}$$

Durchstanz-Nachweis Flachdecke:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Deckendicke $h =$	24,00 cm
statische Höhe $d_x =$	19,00 cm
statische Höhe $d_y =$	19,00 cm
Stützenbreite $b_x =$	45,00 cm
Stützendicke $b_y =$	45,00 cm
s_r der radiale Abstand der Durchstanzbewehrungsreihen [mm]	
$s_r =$	$0,75 \cdot d_y \cdot 10 = 142,50 \text{ mm}$
Abstand zur nächsten Stütze in x-Richtung	
$l_x =$	2,00 m
Abstand zur nächsten Stütze in y-Richtung	
$l_y =$	2,00 m

Belastung:

Bemessungsquerkraft $V_{Ed} =$	809,00 kN
$g_c =$	1,50

Material:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez;)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$a_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{g_c}$	=	20,00 N/mm ²

obere Deckenbewehrung:

$Bew_x =$	GEW("Bewehrung/AsFläche"; Bez;)	=	Æ 20 / e = 8.5
$a_{sx} =$	TAB("Bewehrung/AsFläche"; a_s; Bez=Bew_x)	=	36,96 cm ² /m
$Bew_y =$	GEW("Bewehrung/AsFläche"; Bez;)	=	Æ 20 / e = 8.5
$a_{sy} =$	TAB("Bewehrung/AsFläche"; a_s; Bez=Bew_y)	=	36,96 cm ² /m

Berechnung:

$$d_{\text{eff}} = \frac{d_x + d_y}{2} = 19,00 \text{ cm}$$

Nachweis der Durchstanzsicherheit:

Kritischer Rundschnitt für Rechteckquerschnitt und in der Nähe sind keine weiteren konzentrierten Lasten oder Öffnungen.

$$u_1 = \frac{2 \cdot (b_x + b_y + p \cdot 2,0 \cdot d_{\text{eff}})}{100} = 4,19 \text{ m}$$

$$\text{Abstand} = \frac{u_1 - (b_x + b_y) \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot p} = 0,38 \text{ m}$$

Bei Tragwerken, deren Stabilität gegen seitliches Ausweichen von der Rahmenwirkung zwischen Platten und Stützen unabhängig ist und bei denen sich die Längen der angrenzenden Felder nicht um mehr als 25 % unterscheiden, dürfen Näherungswerte für β verwendet werden.

$$\text{für Innenstütze } \beta = 1,15$$

$$n_{\text{Ed}} = \frac{\beta \cdot V_{\text{Ed}} \cdot 10^{-3}}{u_1 \cdot d_{\text{eff}} \cdot 10^{-2}} = 1,169 \text{ MN/m}^2$$

Grenztragfähigkeit der Platte je Längeneinheit ohne Durchstanzbewehrung:

$$k = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d_{\text{eff}} \cdot 10}}; 2,0\right) = 2,0000$$

$$r = \text{MIN}\left(0,4 \cdot \frac{f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}}; 0,02\right) = 0,02$$

$$C_{\text{Rd,c}} = \frac{0,18}{g_c} = 0,12$$

$$n_{\text{min}} = 0,035 \cdot \sqrt[3]{k} \cdot \sqrt{f_{\text{ck}}} = 0,542 \text{ MN/m}^2$$

$$k_1 = 0,10$$

Annahme:

Betondruckspannung am Schwerpunkt infolge Normalkraft und/oder Vorspannung $s_{\text{cp}} = 0$;

$$s_{\text{cp}} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{\text{Rd,c}} = C_{\text{Rd,c}} \cdot k^3 \cdot \sqrt{100 \cdot r \cdot f_{\text{ck}}} + k_1 \cdot s_{\text{cp}} = 0,940 \text{ MN/m}^2$$

$$n_{\text{Rd,c,min}} = n_{\text{min}} + k_1 \cdot s_{\text{cp}} = 0,542 \text{ MN/m}^2$$

$$n_{\text{Rd,c}} = \text{MAX}(n_{\text{Rd,c}}; n_{\text{Rd,c,min}}) = 0,940 \text{ MN/m}^2$$

$$n_{\text{Ed}} / n_{\text{Rd,c}} = \underline{\underline{1,24 > 1 !!!}}$$

☞ Durchstanzbewehrung erforderlich.

$$n = 0,6 \cdot (1 - f_{\text{ck}}/250) = 0,528$$

$$u_0 = 2 \cdot (b_x + b_y) \cdot 10 = 1800 \text{ mm}$$

$$n_{Ed,0} = \frac{b \cdot V_{Ed} \cdot 10^3}{u_0 \cdot d_{eff} \cdot 10} = 2,720 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed,0} = n_{Ed,0} \cdot u_0 \cdot 10^{-3} \cdot d_{eff} \cdot 10^2 = 0,93 \text{ MN}$$

$$V_{Rd,max} = \text{MIN}\left(0,5 \cdot n \cdot f_{cd} \cdot \frac{u_0}{10} \cdot \frac{d_{eff}}{10}; 1,65 \cdot n_{Rd,c} \cdot u_1 \cdot \frac{d_{eff}}{10}\right) = 1,23 \text{ MN}$$

$$\frac{V_{Ed,0}}{V_{Rd,max}} = \underline{\underline{0,76 \text{ \textsterling} 1}}}$$

Bemessung der Durchstanzbewehrung rechtwinklig zur Plattenebene:

Damit der Durchstanzwiderstand aufgebaut werden kann, darf im angegebenen Wirkungsbereich b_{eff} je nach Lage der Stütze die obere bzw. untere Biegebewehrung in x- bzw. y-Richtung die Mindestbewehrung pro Meter $a_{s,min}$ im Mittel nicht unterschreiten.

Nach ÖNORM B 1992-1-1:2007 ist die bezogene Ausmitte $e/b_{eff} = 0,125$ bei Innenstützen, mit $b_{eff} = 0,3 \cdot l_{x/y}$

$$e_x = 0,125 \cdot 0,3 \cdot l_x = 0,07 \text{ m}$$

$$e_y = 0,125 \cdot 0,3 \cdot l_y = 0,07 \text{ m}$$

$$b_{eff,x} = 0,3 \cdot l_x = 0,60 \text{ m}$$

$$b_{eff,y} = 0,3 \cdot l_y = 0,60 \text{ m}$$

$$a_{s,min,x} = \frac{V_{Ed} \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot \frac{d_{eff}}{10} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{e_x}{b_{eff,x}} \cdot 10^4 = 1,27 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min,y} = \frac{V_{Ed} \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot \frac{d_{eff}}{10} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{e_y}{b_{eff,y}} \cdot 10^4 = 1,27 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min} = \frac{a_{s,min,x} + a_{s,min,y}}{2} = 1,27 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Kontrolle:

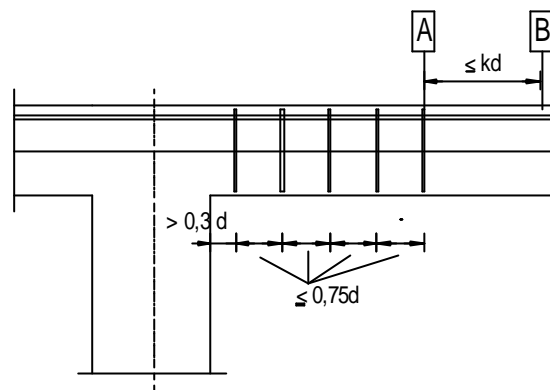
$$a_{s,min,x} / a_{sx} = \underline{\underline{0,03 \text{ \textsterling} 1}}}$$

$$a_{s,min,y} / a_{sy} = \underline{\underline{0,03 \text{ \textsterling} 1}}}$$

Die Durchstanzbewehrung darf nur in Platten mit einer Dicke $h = 200$ mm rechnerisch berücksichtigt werden. Die Regelungen für zugelassene Durchstanzelemente werden dadurch nicht berührt.

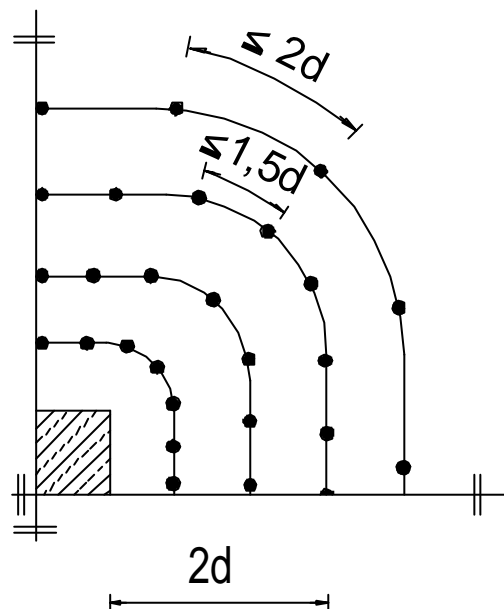
$$\text{Bügelneigung } \alpha = 90,00^\circ$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d_{eff} \cdot 10 = 297,50 \text{ N/mm}^2$$



A Äußerer Rundschnitt, der noch Durchstanzbewehrung benötigt

B Erster Rundschnitt, der keine Durchstanzbewehrung benötigt



$$\text{im Abstand } a_1 = 0,5 \cdot d_{\text{eff}} = 9,50 \text{ cm}$$

$$u_{\text{cont},1} = ((b_x + b_y) \cdot 2 + p \cdot a_1 \cdot 2) \cdot 10^{-2} = 2,40 \text{ m}$$

$$n_{\text{Ed},1} = \frac{b \cdot V_{\text{Ed}} \cdot 10^{-3}}{u_{\text{cont},1} \cdot d_{\text{eff}} \cdot 10^{-2}} = 2,04 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\text{sw},1} = \frac{n_{\text{Ed},1} - 0,75 \cdot n_{\text{Rd},c}}{1,5 \cdot \left(\frac{d_{\text{eff}} \cdot 10}{s_r}\right) \cdot f_{\text{ywd},\text{ef}} \cdot \left(\frac{1}{u_1 \cdot 10^3 \cdot d_{\text{eff}} \cdot 10}\right) \cdot \sin(a)} \cdot 10^{-2} = 17,86 \text{ cm}^2$$

Mindestbewehrung:

$$A_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \frac{\overline{\sigma}_{f_{ck}}}{f_{yk}}}{(1,5 \cdot \sin(a) + \cos(a)) / (s_r \cdot 10^{-3} \cdot u_{cont,1})} \cdot 10^4 = 2,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw,1} = \text{MAX}(A_{sw,1}; A_{sw,min}) = 17,86 \text{ cm}^2$$

konstruktiv erforderliche Anzahl der Bügel, wegen Abstand £ 1,5 *d.

$$\text{erforderliche Anzahl } n_1 = \frac{u_{cont,1}}{1,5 \cdot d_{eff} \cdot 10^{-2}} + 0,5 = 9$$

$$d_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } ds;) = 14 \text{ mm}$$

$$A_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } ds=d_{s,gew}; n^3 n_1; A_s^3 A_{sw,1}) = 12 \text{ \AA } 14$$

$$\text{vorh}_{A_{sw,1}} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez=A_s}) = 18,47 \text{ cm}^2$$

Reihe 2:

$$\text{im Abstand } a_2 = 0,75 \cdot d_{eff} = 14,25 \text{ cm}$$

$$u_{cont,2} = ((b_x + b_y) \cdot 2 + p \cdot (a_1 + a_2) \cdot 2) \cdot 10^{-2} = 3,29 \text{ m}$$

$$n_{Ed,2} = \frac{b \cdot V_{Ed} \cdot 10^{-3}}{u_{cont,2} \cdot d_{eff} \cdot 10^{-2}} = 1,49 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{sw,2} = \frac{n_{Ed,2} \cdot 10^{-0,75} \cdot n_{Rd,c}}{1,5 \cdot \left(\frac{d_{eff} \cdot 10}{s_r}\right) \cdot f_{ywd,ef} \cdot \left(\frac{1}{u_1 \cdot 10^{-3} \cdot d_{eff} \cdot 10}\right) \cdot \sin(a)} \cdot 10^{-2} = 10,50 \text{ cm}^2$$

Mindestbewehrung:

$$A_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \frac{\overline{\sigma}_{f_{ck}}}{f_{yk}}}{(1,5 \cdot \sin(a) + \cos(a)) / (s_r \cdot 10^{-3} \cdot u_{cont,2})} \cdot 10^4 = 2,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw,2} = \text{MAX}(A_{sw,2}; A_{sw,min}) = 10,50 \text{ cm}^2$$

konstruktiv erforderliche Anzahl der Bügel, wegen Abstand £ 1,5 *d.

$$\text{erforderliche Anzahl } n_2 = \frac{u_{cont,2}}{1,5 \cdot d_{eff} \cdot 10^{-2}} + 0,5 = 12$$

$$d_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } ds;) = 14 \text{ mm}$$

$$A_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } ds=d_{s,gew}; A_s^3 A_{sw,2}; n^3 n_2) = 12 \text{ \AA } 14$$

$$\text{vorh}_{A_{sw,2}} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez=A_s}) = 18,47 \text{ cm}^2$$

Kontrolle

$$A_{sw,1} / \text{vorh}_{A_{sw,1}} = \underline{0,97 < 1}$$

$$A_{sw,2} / \text{vorh}_{A_{sw,2}} = \underline{0,57 < 1}$$

Der Rundschnitt $u_{out,ef}$ für den Durchstanzbewehrung nicht mehr erforderlich ist.

$$u_{out,ef} = \frac{b \cdot V_{Ed} \cdot 10^{-3}}{n_{Rd,c} \cdot d_{eff} \cdot 10^{-2}} = 5,21 \text{ m}$$

$$\text{Abstand}_{out,ef} = \frac{u_{out,ef} - (b_x + b_y) \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot p} = 0,54 \text{ m}$$

Der äußerste Rundschnitt der Durchstanzbewehrung hat in der Regel nicht weiter als $k \cdot d$ von $u_{out,ef}$ entfernt sein.

$$\begin{aligned} \text{Faktor } k &= 1,50 \\ kd &= k \cdot d_{eff} = 28,50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Restabstand} = \text{Abstand}_{out,ef} - kd/100 - (a_1 + a_2)/100 = 0,02 \text{ cm}$$

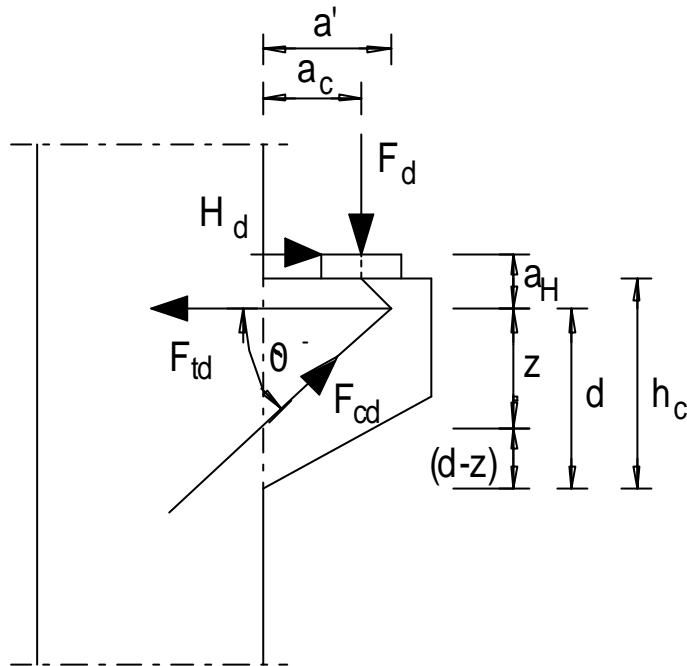
$$n_{Ed,a} = \frac{b \cdot V_{Ed} \cdot 10^{-3}}{u_{out,ef} \cdot d_{eff} \cdot 10^{-2}} = 0,94 \text{ MN/m}^2$$

Nachweis :

$$n_{Ed,a} / n_{Rd,c} = \underline{1,00 < 1}$$

Bemessung Konsole mit dem Stabwerksmodell:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Kraftabstand a_c =	20,00 cm
Konsolehöhe h_c =	60,00 cm
Dicke der Lasteintragplatte h_{pl} =	4,00 cm
Schwerpunktabstand der Bewehrung d_1 =	4,00 cm
Konsolebreite b_w =	50,00 cm
Breite Lasteintragplatte b_x =	120,00 mm
Länge Lasteintragplatte b_y =	350,00 mm

Material und Sicherheitsbeiwerte:

Beton = GEW("Beton/EC"; Bez;)	=	C50/60
Stahl = GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
f_{ck} = TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	50,00 N/mm ²
f_{yk} = TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
f_{yd} = $f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
f_{cd} = $f_{ck} / 1,5$	=	33,33 N/mm ²
a_{cc} =		1,00

Belastung:

F_d =	250,00 kN
H_d =	45,00 kN

Berechnung:

Abstand a_H =	$h_{pl} + d_1$	=	8,00 cm
H_d =	$\text{MAX}(0,2 \cdot F_d ; H_d)$	=	50,00 kN
d =	$h_c - d_1$	=	56,00 cm

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,48$$

$$\text{zul. Spannung Lager } s_{Rd,L} = 0,48 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) * f_{ck} = 19,20 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{Ed,L} = \frac{F_d * 10^3}{b_x * b_y} = 5,95 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis:

$$\frac{s_{Ed,L}}{s_{Rd,L}} = \underline{\underline{0,31 \leq 1}}$$

Bemessung Betonstrebe

$$\text{Nutzhöhe } d = h_c - d_1 = 56,00 \text{ cm}$$

$$\text{Entfernung } a' = (a_c + 0,2 * a_H) = 21,60 \text{ cm}$$

$$\text{Verhältnis } e_1 = \frac{a'}{d} = 0,4$$

$$\text{Bemessungswert der Betons } f_{cd} = v * f_{cd} = 16,00 \text{ N/mm}^2$$

Ermittlung der Druckstrebenneigung :

$$\frac{F_{Ed}}{f_{cd} * d * b_w} = \left(1 - \frac{a'}{d} * \tan(Q) \right) * \sin(2 * Q)$$

Diese Gleichung kann für den Winkel Q nicht direkt gelöst werden. In der nachfolgenden Tabelle ist der Winkel mit dem Eingangswert f_1 ermittelbar.

$$\text{Eingangswert } f_1 = \frac{F_d * 10^3}{f_{cd} * d * b_w * 10^2} = 0,056$$

$$Q = \text{TAB}(\text{"Beton/DSKO"; Theta ; } e \geq e_1 ; f = f_1) = 39,00^\circ$$

$$z_0 = (a_c + 0,2 * a_H) * \text{TAN}(Q) = 17,49 \text{ cm}$$

Kontrolle:

$$a_c / z_0 = \underline{\underline{1,14 > 1 \text{ Bem. Stabwerkmodell}}}$$

Konsolen mit ($a_c < z_0$) können mit dem Stabwerkmodell berechnet werden.

Hauptzugbewehrung

$$\text{Zugkraft } F'_{td} = F_d * \left(\frac{1}{\tan(Q)} + 0,2 \right) = 358,72 \text{ kN}$$

$$A_{s,\text{main}} = \frac{F'_{td} * 10^3}{f_{yd}} * 10^{-2} = 8,25 \text{ cm}^2$$

gewählt : 2 \bar{A} 20 Schlaufen

$$d_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } ds;) = 20 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } Bez; d_s = d_{s,\text{gew}}; As \geq A_{s,\text{main}}/2) = 2 \bar{A} 20$$

$$\begin{aligned} \text{vorh}_{A_{s,\text{main}}} &= 2 \cdot \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez}=A_{s,\text{gew}}) &= & 12,56 \text{ cm}^2 \\ n &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; n; Bez}=A_{s,\text{gew}}) &= & 2 \end{aligned}$$

Für $a_c \leq 0,5 \cdot h_c$ sind in der Regel geschlossene horizontale oder schräge Bügel mit $A_{s,\text{link}} \geq k_1 \cdot A_{s,\text{main}}$ zusätzlich zur Hauptzugbewehrung einzulegen.

$$\frac{a_c}{0,5 \cdot h_c} = \underline{0,67 \leq 1}$$

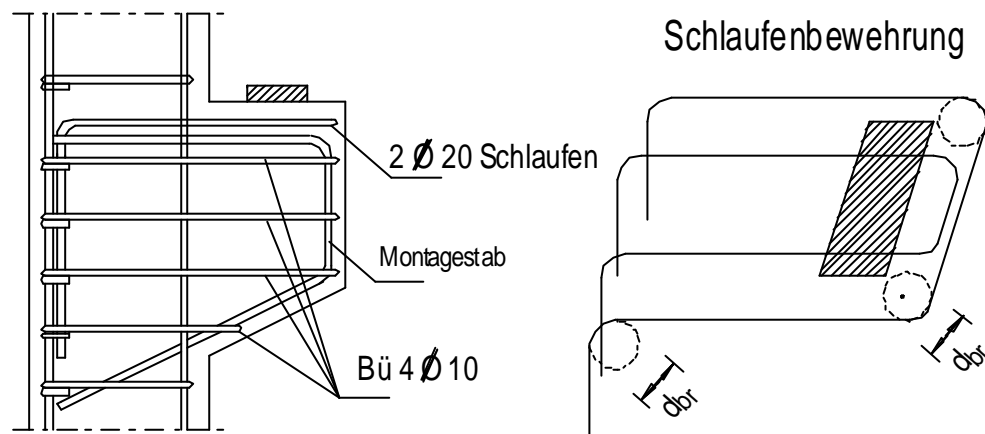
Horizontal links (S $A_{s,\text{link}} \geq A_{s,\text{main}}$)

$$SA_{s,\text{link}} = 0,4 \cdot A_{s,\text{main}} = 3,30 \text{ cm}^2$$

gewählt : Bü 4 \varnothing 10

EN 1992-1-1 J.3.(2)

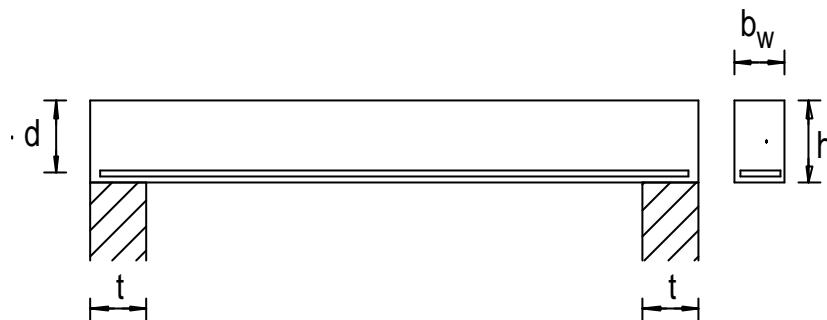
$$\begin{aligned} k_1 &= 0,10 \\ \text{erf}_{A_{s,\text{link}}} &= k_1 \cdot A_{s,\text{main}} = 0,82 \text{ cm}^2 \\ d_{\text{slnk,gew}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; ds; } A_s \geq 0,5 \cdot \text{erf}_{A_{s,\text{link}}}; n=1) = 10 \text{ mm} \\ A_{\text{slnk,gew}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_{\text{slnk,gew}}; A_s \geq SA_{s,\text{link}}/2) = 4 \varnothing 10 \\ \text{vorh}_{A_{\text{slnk}}} &= 2 \cdot \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez}=A_{\text{slnk,gew}}) = 6,28 \text{ cm}^2 \\ n &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; n; Bez}=A_{\text{slnk,gew}}) = 4 \end{aligned}$$



Bügel von außen schließen

Querkraftbemessung eines Rechteckquerschnittes ohne Querkraftbew.:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Auflagertiefe t =	0,30 m
Querschnittsbreite b_w =	0,30 m
Balkenhöhe h =	0,42 m
statische Nutzhöhe d =	0,375 m
Biegezugbewehrung A_{s1} =	13,23 cm ²
Länge l =	3,00 m

Belastung:

Streckenlast g =	20,20 kN/m
Streckenlast p =	9,41 kN/m
Auflagerkraft V_G =	$g \cdot l/2 = 30,30$ kN
Auflagerkraft V_Q =	$p \cdot l/2 = 14,12$ kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C20/25
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
f_{ck} =	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
f_{yk} =	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
f_{yd} =	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("Beton/EC"; f_{ctm} ; Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
acc =		=	1,00
f_{cd} =	$\frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{1,5}$	=	13,33 N/mm ²
g_G =	1,35		
g_Q =	1,50		
g_c =	1,50		

Querkraftbemessung:

\max_V =	$V_G \cdot g_G + V_Q \cdot g_Q$	=	62,09 kN
a_i =	$\text{MIN}(1/2 \cdot h; 1/2 \cdot t)$	=	0,15 m
V_{Ed} =	$\max_V - (g \cdot g_G + p \cdot g_Q) \cdot (a_i + d)$	=	40,36 kN
k =	$\text{MIN}(1 + \overset{\circ}{\underset{d \cdot 10}{\frac{200}{3}}}; 2)$	=	1,73

$$r_1 = \text{MIN}\left(\frac{A_{s1}}{b_w * d * 10^4}; 0,02\right) = 0,012$$

empfohlener Wert zur Anrechnung der Normalspannung

$$k_1 = 0,15$$

empfohlener Wert für Normalbeton

$$\text{Kalibrierfaktor } C_{Rd,c} = 0,18/g_c = 0,12$$

Annahme:Betondruckspannung am Schwerpunkt infolge Normalkraft und/oder Vorspannung $s_{cp} = 0$;

$$s_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} * k * 3 * \sqrt[3]{100 * r_1 * f_{ck}} + k_1 * s_{cp}) * b_w * d * 10^3 = 67,37 \text{ kN}$$

für Normalbeton

$$u_{min} = 0,035 * \sqrt[3]{k * f_{ck}} = 0,36 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd,c,min} = (u_{min} + k_1 * s_{cp}) * b_w * d * 10^3 = 40,50 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX}(V_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = 67,37 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd,c} = \underline{\underline{0.60 \leq 1}}$$

Eine Querkraftbewehrung ist nicht erforderlich, wenn der Nachweis erfüllt ist. Lediglich eine Mindestbewehrung ist anzuordnen.

Mindestbewehrung :

$$r_{w,min} = 0,15 * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,76 * 10^{-3}$$

$$s_{t,max} = \text{MIN}(0,75 * d; 0,80) = 0,28 \text{ m}$$

$$a_{sw,min} = r_{w,min} * 10^4 * b_w * \text{SIN}(90) = 2,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gew.:Bü Æ 8-25 2-schnittig

$$d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } ds;) = 8,00 \text{ mm}$$

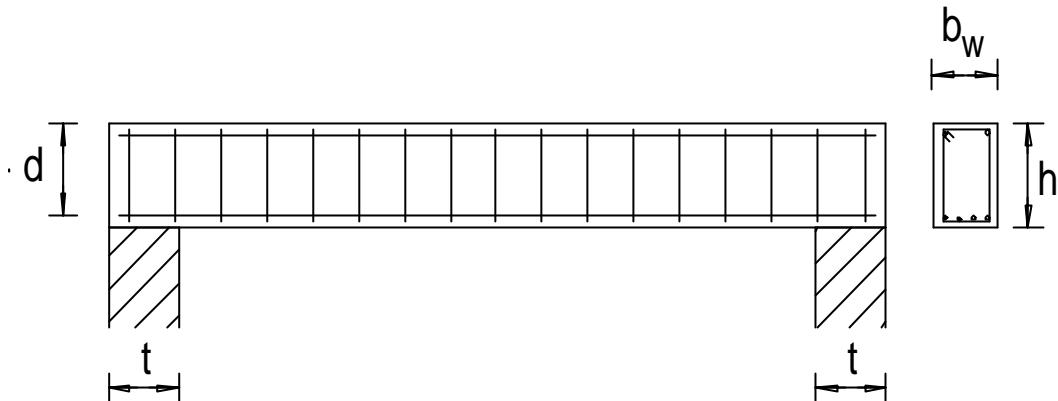
$$a_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_s; a_s \geq a_{sw,min}/2) = \text{Æ 8 / e} = 25$$

$$\text{vorh}_{a_{sw}} = 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } as; \text{Bez} = a_s) = 4,02 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,min} / \text{vorh}_{a_{sw}} = \underline{\underline{0.57 < 1}}$$

Querkraftbemessung eines Rechteckquerschnittes mit Querkraftbew.:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Auflagertiefe $t =$	0,30 m
Querschnittsbreite $b_w =$	0,30 m
Balkenhöhe $h =$	0,42 m
Querschnittshöhe $d =$	0,375 m
A_{s1} die Fläche der Zugbewehrung, die mindestens $^3 (l_{bd} + d)$ über den betrachteten Querschnitt hinausgeführt wird	
Biegezugbewehrung $A_{s1} =$	13,23 cm ²
Verlegemaß Längsbew. $c_{v,1} =$	0,035 m

Belastung:

Streckenlast $q_q =$	9,41 kN/m
Streckenlast $q_g =$	20,20 kN/m
Auflagerkraft $V_G =$	65,25 kN
Auflagerkraft $V_Q =$	30,39 kN

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez;)	=	C20/25
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
$f_{ctm} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ctm} ; Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{1,5}$	=	13,33 N/mm ²
$g_G =$			1,35
$g_Q =$			1,50
$g_c =$			1,50

Querkraftbemessung:

$$\max_V = V_G * g_G + V_Q * g_Q = 133,67 \text{ kN}$$

$$a_i = \text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t) = 0,15 \text{ m}$$

$$V_{Ed} = \max_V - (q_G * g_G + q_Q * g_Q) * (a_i + d) = 111,94 \text{ kN}$$

Beiwert zur Berücksichtigung des Spannungszustands im Druckgurt. Für nicht vorgespannte Bauteile.

$$\text{Beiwert } a_{cw} = 1,00$$

innerer Hebelarm bei einem Bauteil mit konstanter Höhe, der zum Biegemoment im betrachteten Bauteil gehört. Bei der Querkraftbemessung von Stahlbeton ohne Normkraft darf im Allgemeinen der Näherungswert $z = 0,9d$ verwendet werden.

$$z = 0,9 * d = 0,34 \text{ m}$$

Der Winkel Q ist in der Regel zu begrenzen und liegt zw. $0,6 = \tan Q = 1,0$ ($30,96^\circ \leq Q \leq 45^\circ$)

$$\text{gewählt für } \tan Q \quad x = 1,00$$

$$\text{Druckstrebenwinkel } Q = \text{atan}(x) = 45,00^\circ$$

Die Winkel zw. Querkraftbewehrung und Bauteilachse. Querkraftbewehrung ist nicht geneigt.

$$\text{Winkel } a = 90,00^\circ$$

v_1 ein Festigkeitsabminderungsbeiwert für unter Querkraft gerissenen Beton

$$v_1 = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,55$$

$$V_{Rd,max} = \frac{a_{cw} * b_w * z * f_{cd} * v_1}{\left(\frac{1}{\tan(Q)} + \tan(Q) \right)} * 10^3 = 373,91 \text{ kN}$$

Bei vorwiegend durch Gleichlasten belasteten Bauteilen muss die Bemessungsquerkraft nicht näher als im Abstand d vom Auflager nachgewiesen werden. Jede erforderliche Querkraftbewehrung ist in der Regel bis zum Auflager weiterzuführen. $V_{Rd,max}$ ist mit der vollen Querkraft am Auflager nachzuweisen.

$$\max_V / V_{Rd,max} = \underline{0.36 < 1}$$

$$\text{erf}_{a_{sw}} = \frac{V_{Ed} * 10^{-3}}{z * f_{yd} * \frac{1}{\tan(Q)}} * 10^4 = 7,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mindestbewehrung

$$r_{w,min} = 0,15 * \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,76 * 10^{-3}$$

$$s_{t,max} = \text{MIN}(0,75 * d ; 0,80) = 0,28 \text{ m}$$

$$a_{sw,min} = r_{w,min} * 10^4 * b_w * \text{SIN}(90) = 2,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{erf}_{a_{sw}} = \text{MAX}(\text{erf}_{a_{sw}} ; a_{sw,min}) = 7,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gew.:Bü Æ 8-13 2-schnittig

$$d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } ds;) = 8,00 \text{ mm}$$

$$a_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s; a_s^3 \text{ erf}_{a_{sw}}/2) = \text{Æ } 8 / e = 7$$

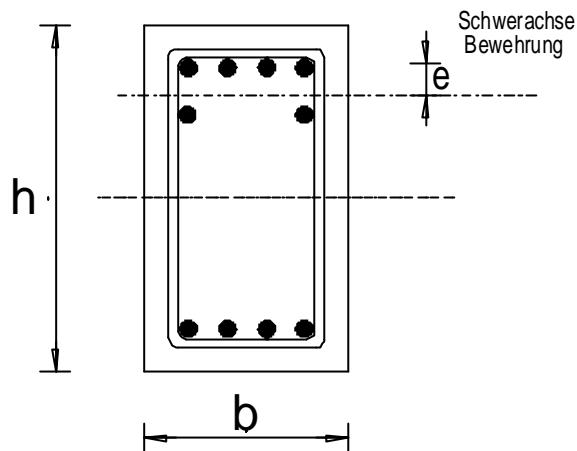
$$s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; e; Bez= } a_s) * 10^{-2} = 0,07 \text{ m}$$

$$\text{vorh}_{a_{sw}} = 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; as; Bez= } a_s) = 14,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{erf}_{a_{sw}} / \text{vorh}_{a_{sw}} = \underline{0.53 < 1}$$

Rechteckquerschnitt mit Querkraft und Torsion:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Auflagertiefe $t=$			0,30 m
Balkenbreite $b=$			0,40 m
Balkenhöhe $h=$			0,60 m
Verlegemaß $c_v=$			30,0 mm
Schwerachse Bewehrung $e=$			32,0 mm
Eigengewicht $q_g=$			20,20 kN/m
Verkehrslast $q_q=$			9,41 kN/m
Auflagerkraft $V_G=$			150,00 kN
Auflagerkraft $V_Q=$			89,00 kN
Torsionsmoment $T_{Ed}=$			45,00 kNm
Gesamtfläche $A=$	$h \cdot b$	=	0,24 m ²
äußerer Umfang des Querschnitts $u=$	$2 \cdot (h+b)$	=	2,00 m
Bügeldurchmesser $d_{SBü}=$			12,0 mm
kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone			
effektive Wanddicke $t_{ef,1}=$	A/u	=	0,12 m
vorh. Längsbewehrung aus Biegebemessung $vorh_{A_{S,M}}=$			12,50 cm ²

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C25/30
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck}=$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	25,00 N/mm ²
$f_{yk}=$	TAB("Bewehrung/BSt"; bs ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{ctm}=$	TAB("Beton/EC"; f_{ctm} ; Bez=Beton)	=	2,60 N/mm ²
$f_{ctk}=$	TAB("Beton/EC"; f_{ctk05} ; Bez=Beton)	=	1,80 N/mm ²
$f_{yd}=$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen			
$a_{ct}=$			1,00
$a_{cc}=$			1,00
$f_{ctd}=$	$\frac{f_{ctk} \cdot a_{cc}}{1,5}$	=	1,20 N/mm ²
$f_{cd}=$	$\frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{1,5}$	=	16,67 N/mm ²

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50
$g_c =$	1,50

Querkraftbemessung:

$d =$	$h - (c_V + d_{SBü} + e) \cdot 10^{-3}$	=	0,526 m
$\max_V =$	$V_G \cdot g_G + V_Q \cdot g_Q$	=	336 kN
$a_i =$	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t)$	=	0,15 m

maßgebende Querkraft:

$V_{Ed} =$	$\max_V - (q_g \cdot g_G + q_q \cdot g_Q) \cdot (a_i + d)$	=	308,02 kN
------------	---	---	-----------

Der Winkel Q ist in der Regel zu begrenzen und liegt zw. $0,6 = \tan Q = 1,0$ ($30,96^\circ \leq Q \leq 45^\circ$)

gewählt für $\tan Q$	$x =$	1,00
Druckstrebenwinkel $Q =$	$\text{atan}(x)$	= 45,00 °

kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone

beim Rechteckquerschnitt $b_w =$	b	=	0,40 m
$b_k =$	$b - t_{ef,1}$	=	0,28 m
$h_k =$	$h - t_{ef,1}$	=	0,48 m
$A_k =$	$h_k \cdot b_k$	=	0,13 m ²
$u_k =$	$2 \cdot (b_k + h_k)$	=	1,52 m

Höhe der Wand i , definiert durch die Schnittpunkte der Wandmittellinien.

$z_i =$	h_k	=	0,48 m
---------	-------	---	--------

v_1 ein Festigkeitsabminderungsbeiwert für unter Querkraft gerissenen Beton

$v_1 =$	$0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$	=	0,54
---------	---	---	------

$k =$	$\text{MIN}\left(1 + \sqrt[3]{\frac{200}{d \cdot 10^3}} ; 2\right)$	=	1,62
-------	---	---	------

$r_1 =$	$\text{MIN}\left(\frac{\text{vorh}_{A_{S,M}}}{b_w \cdot d \cdot 10^4} ; 0,02\right)$	=	0,006
---------	--	---	-------

empfohlener Wert zur Anrechnung der Normalspannung

$k_1 =$		=	0,15
---------	--	---	------

empfohlene Werte für Normalbeton

Kalibrierfaktor $C_{Rd,c} =$	$0,18/g_c$	=	0,12
------------------------------	------------	---	------

Annahme:

Betondruckspannung am Schwerpunkt infolge Normalkraft und/oder Vorspannung $s_{cp} = 0$;

$s_{cp} =$	0,00 N/mm ²
------------	------------------------

$V_{Rd,c} =$	$(C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \cdot r_1 \cdot f_{ck}} + k_1 \cdot s_{cp}) \cdot b_w \cdot d \cdot 10^3$	=	100,87 kN
--------------	---	---	-----------

für Rechteckquerschnitte (l ³ t)

$l =$	$\text{MAX}(b_k ; h_k)$	=	0,480 m
$t =$	$\text{MIN}(b_k ; h_k)$	=	0,280 m
l/t		=	1,714 m
$h_R =$	$\text{TAB}(\text{"Beton/RFaktor"}; h; e=l/t)$	=	0,210
$a_R =$	$\text{TAB}(\text{"Beton/RFaktor"}; a; e=l/t)$	=	4,219
$I_T =$	$h_R \cdot l \cdot t^3$	=	$2,213 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$

$$W_T = \frac{l \cdot t^2}{a_R} = 8,920 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_{Rd,c} = f_{ctd} \cdot W_T \cdot 10^3 = 10,70 \text{ kN/m}^2$$

Bei näherungsweise rechteckigen Vollquerschnitten ist nur eine Mindestbewehrung erforderlich, wenn die Bedingung erfüllt ist.

Bedingung :

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \underline{7,26 < 1}$$

innerer Hebelarm bei einem Bauteil mit konstanter Höhe, der zum Biegemoment im betrachteten Bauteil gehört. Bei der Querkraftbemessung von Stahlbeton ohne Normalkraft darf im Allgemeinen der Näherungswert $z = 0,9d$ verwendet werden.

$$z = 0,9 \cdot d = 0,47 \text{ m}$$

Beiwert zur Berücksichtigung des Spannungszustands im Druckgurt. Für nicht vorgespannte Bauteile.

$$\text{Beiwert für nicht vorgespannte Tragwerke } a_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,max} = \frac{a_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cd} \cdot V_1}{\left(\frac{1}{\tan(Q)} + \tan(Q) \right)} \cdot 10^3 = 846,17 \text{ kN}$$

$$\max_V / V_{Rd,max} = \underline{0,40 < 1}$$

Die Bügel werden im Winkel von $\alpha = 90^\circ$ verlegt.

$$\text{erf}_{a_{sw,V}} = \frac{V_{Ed}}{z \cdot f_{yd} \cdot \frac{1}{\tan(Q)}} \cdot 10 = 15,07 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mindestbewehrung

$$r_{w,min} = 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,90 \cdot 10^{-3}$$

$$s_{t,max} = \text{MIN}(0,75 \cdot d; 0,80) = 0,39 \text{ m}$$

$$a_{sw,min} = r_{w,min} \cdot 10^4 \cdot b_w \cdot \text{SIN}(90) = 3,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{erf}_{a_{sw,V}} = \text{MAX}(\text{erf}_{a_{sw,V}}; a_{sw,min}) = 15,07 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Torsionsbemessung:

$$v = v_1 = 0,54$$

$$T_{Rd,max} = v * a_{cw} * f_{cd} * 2 * A_k * t_{ef,1} * \sin(Q) * \cos(Q) * 10^3 = 140,43 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} / T_{Rd,max} = \underline{0.32 < 1}$$

erforderliche Querschnittsfläche der Längsbewehrung für Torsion 6.3.2 (3) Gl. (6.28)

Längsbewehrung aus Torsion

$$\text{erf}_{a_{sl,T}} = \frac{T_{Ed} * 10}{2 * A_k * f_{yd} * \tan(Q)} = 3,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Bügelbewehrung aus Torsion

$$\text{erf}_{a_{sw,T}} = \frac{T_{Ed} * 10 * \tan(Q)}{2 * A_k * f_{yd}} = 3,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Querkraft und Torsion:

$$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} = \underline{0.68 < 1}$$

Bügelbewehrung aus Torsion und Querkraft

$$\text{erf}_{a_{sw}} = 2 * \text{erf}_{a_{sw,T}} + \text{erf}_{a_{sw,V}} = \underline{23.03 \text{ cm}^2/\text{m}}$$

gew.:Bü Æ 12-9,5 2-schnittig

$$d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } ds;) = 12,00 \text{ mm}$$

$$a_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s; a_s^3=\text{erf}_{a_{sw}}/2) = \text{Æ } 12 / e = 9.5$$

$$\text{vorh}_{a_{sw}} = 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } as; \text{Bez}=a_s) = 23,80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{erf}_{a_{sw}} / \text{vorh}_{a_{sw}} = \underline{0.97 < 1}$$

Bewehrungsanordnung Längsbewehrung aus Torsion:

Die Torsionsbewehrung wird zu je einem Drittel auf Zug- und Druckgurt und zu einem Drittel über die Steghöhe verteilt. Die Torsionslängsbewehrung in der Druckzone wird nicht mit der Biegedruckkraft aufgerechnet, weil die Biegebeanspruchung im Unterschied zur Torsionsbeanspruchung über die Stablänge abnimmt.

Die Gesamtbewehrung im Zuggurt. Die vorh. Biegezugbewehrung wird der Torsions- längsbewehrung hinzu addiert.

Zuggurt:

$$\text{erf}_{A_{Sl}} = \text{vorh}_{A_{S,M}} + \text{erf}_{a_{Sl,T}} * u_k / 3 = 14,52 \text{ cm}^2$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; As}^3 \text{erf}_{A_{Sl}}) = 5 \text{ \AA } 20$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez=A_{s, \text{gew}}}) = 15,71 \text{ cm}^2$$

gew.: Zuggurt 5 \AA 20

seitlich

$$\text{erf}_{A_{Sl,T}} = \text{erf}_{a_{Sl,T}} * u_k / 3 = 2,02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; As}^3 \text{erf}_{A_{Sl,T}}) = 2 \text{ \AA } 14$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez=A_{s, \text{gew}}}) = 3,08 \text{ cm}^2$$

gew.: seitlich 2 \AA 14

Druckgurt

$$\text{erf}_{A_{Sl,T}} = \text{erf}_{a_{Sl,T}} * u_k / 3 = 2,02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; As}^3 \text{erf}_{A_{Sl,T}}) = 2 \text{ \AA } 14$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez=A_{s, \text{gew}}}) = 3,08 \text{ cm}^2$$

gew.: Druckgurt 2 \AA 14

Bei zwei Stäben wird zur Sicherheit gegen Ausbrechen der Kanten die Bewehrung in die Ecken eingelegt .

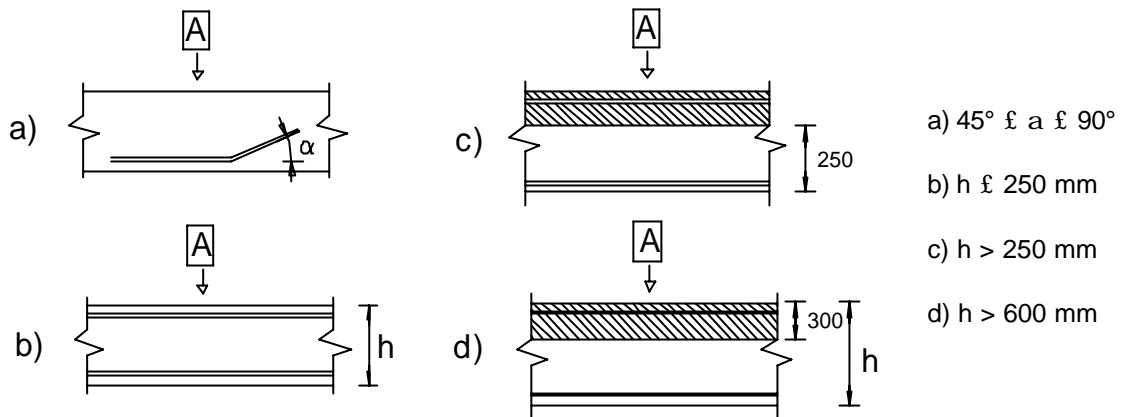
Mindestbewehrung Längsbewehrung

$$A_{Sl, \text{min}} = \text{MAX}\left(0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d * 10^4 ; 0,0013 * b * d * 10^4\right) = 2,84 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{Sl, \text{min}}}{\text{erf}_{a_{Sl,T}} * u_k} = \underline{\underline{0.47 \text{ \AA } 1}}$$

Verankerungslänge allgemein:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007



a) $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

b) $h \leq 250 \text{ mm}$

c) $h > 250 \text{ mm}$

d) $h > 600 \text{ mm}$

A - Betonierrichtung

a) und b) "gute" Verbundbedingungen für alle Stäbe

c) und d) schraffierter Bereich "mäßige" Verbundbedingungen und ungeschraffierter Bereich "gute" Verbundbedingungen für die Stäbe

System

Bemessungswerte an der Stelle, von der aus die Verankerung gemessen wird.

$N_{Ed} = 0,100 \text{ MN}$

Transformierte Schnittgröße in Höhe der Biegezugbewehrung $M_{Ed,s} = ABS(M_{Ed}) - N_{Ed}$

$M_{Eds} = 0,308 \text{ MN}$

$z = 0,552 \text{ m}$

vorhandene Bewehrung aus der Biegebemessung

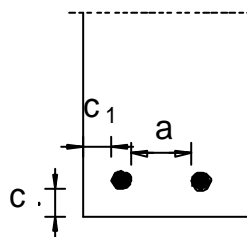
$vorh_{A_{s1}} = 25,00 \text{ cm}^2$

vorliegende Verbundbedingung VB nach a) - d)

$VB = GEW("Bewehrung/EcVerank";VerbB;) = \text{mäßig}$

Korrekturfaktor für die Verbundbedingungen h_1

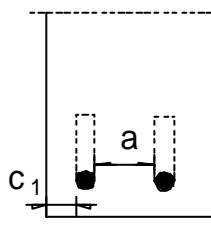
$Verbund h_1 = WENN(VB="gut";1,0;0,7) = 0,70$



a) Gerade Stäbe

$c_d = \min(a/2, c, c1)$

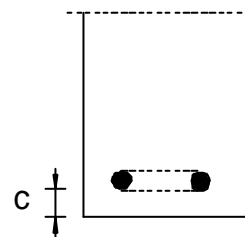
Mindestbetondeckung $c_d =$



b) (Winkel) Haken

$c_d = \min(a/2, c1)$

30 mm

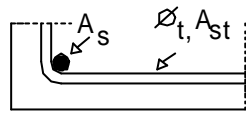


c) Schlaufen

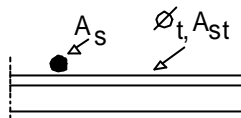
$c_d = c$

K-Faktor für den Einfluss aus Querbewehrung (Querbewehrung ist nicht an der Hauptbewehrung angeschweißt)

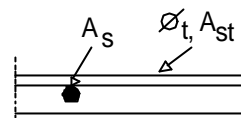
K-Werte für Balken und Platten



$K = 0,1$



$K = 0,05$



$K = 0$

Faktor $K =$

0,10

Querdruck im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Querdruck $p =$

0,00 N/mm²

Beiwerte a zur Berechnung der Verankerungslänge

Verankerungsart

$VA =$ GEW("Bewehrung/EcVerank";Typ;)

= Haken

$f_1 =$ TAB("Bewehrung/EcVerank";Wert;Typ=VA)

= 2

Bauteil

$BT =$ GEW("Bewehrung/EcVerank";BT;)

= Balken

Material und Querschnittswerte

Längsbewehrung $A_s =$ GEW("Bewehrung/As"; ds;)

= 20 mm

Fläche des größten verankerten Einzelstabs.

Fläche $A_{s1} =$ TAB("Bewehrung/As"; As ;n=1;ds=ds)

= 3,14 cm²

Durchmesser Querbewehrung entlang l_{bd}

Querbewehrung $A_t =$ GEW("Bewehrung/As"; ds;)

= 10 mm

Anzahl n_t der Querbewehrung entlang l_{bd}

Anzahl $n_t =$

4

Querschnittsfläche der Querbewehrung entlang der l_{bd}

Fläche $SA_{st} =$ TAB("Bewehrung/As"; As ;n=n_t;ds=d_t)

= 3,14 cm²

Querschnittsfläche der Mindestquerbewehrung

$SA_{st,min} =$ WENN(BT="Balken"; 0,25*A_s; 0)

= 0,79 cm²

Beton = GEW("Beton/EC"; Bez; f_{ck}≤60)

= C35/45

$f_{ctk,0,05} =$ TAB("Beton/EC";fctk05; Bez=Beton)

= 2,20 N/mm²

$a_{ct} =$

1,00

$g_c =$

1,50

$f_{yk} =$

500,0 N/mm²

$g_s =$

1,15

E-Modul $E_s =$

200000 N/mm²

Berechnung

$$f_{ctd} = a_{ct} * \frac{f_{ctk,0,05}}{g_c} = 1,47 \text{ N/mm}^2$$

Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers:

$$h_2 = \text{WENN}(d_s \leq 32; 1,0; (132-d_s)/100) = 1,00$$

Bemessungswert der Verbundtragfähigkeit f_{bd}

$$f_{bd} = 2,25 * h_1 * h_2 * f_{ctd} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

Dabei ist s_{sd} die Bemessungsspannung des Stabes an der Stelle, von der aus die Verankerung gemessen wird.

$$s_{sd} = \frac{1}{\text{vorh}_{A_{s1}} * 10^{-4}} * \left(\frac{M_{Eds}}{z} + N_{Ed} \right) = 263 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Basiswert der Verankerungslänge } l_{b,rqd} = \frac{d_s}{4} * \frac{s_{sd}}{f_{bd}} = 567 \text{ mm}$$

Verankerungslänge für den Zugstab

Einflussfaktor: Biegeform

$$a_1 = \text{WENN}(f_1 = 1; 1; \text{WENN}(c_d > 3 * d_s; 0,7; 1,0)) = \underline{1,00}$$

Einflussfaktor: Betondeckung

$$a_{2,1} = 1 - 0,15 * \frac{(c_d - d_s)}{d_s} = 0,93$$

$$a_{2,1} = \text{WENN}(a_{2,1} < 0,7; 0,7; \text{WENN}(a_{2,1} > 1,0; 1,0; a_{2,1})) = 0,93$$

$$a_{2,2} = 1 - 0,15 * \frac{(c_d - d_s * 3)}{d_s} = 1,23$$

$$a_{2,2} = \text{WENN}(a_{2,2} < 0,7; 0,7; \text{WENN}(a_{2,2} > 1,0; 1,0; a_{2,2})) = 1,00$$

$$a_2 = \text{WENN}(f_1 = 1; a_{2,1}; a_{2,2}) = \underline{1,00}$$

Einflussfaktor: Querbewehrung

$$l = (S_{A_{st}} - S_{A_{st,min}}) / A_s = 0,75$$

$$a_3 = 1 - K * l = 0,93$$

$$a_3 = \text{WENN}(a_3 < 0,7; 0,7; \text{WENN}(a_3 > 1,0; 1,0; a_3)) = \underline{0,93}$$

Einflussfaktor: angeschweißte Querstäbe

$$a_4 = \underline{0,70}$$

Einflussfaktor: Querdruckspannungen

$$a_5 = 1 - 0,04 * p = 1,00$$

$$a_5 = \text{WENN}(a_5 < 0,7; 0,7; \text{WENN}(a_5 > 1,0; 1,0; a_5)) = \underline{1,00}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} ohne angeschweißte Querstäbe

$$l_{bd} = a_1 * a_2 * a_3 * a_5 * l_{b,rqd} = 527,31 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} ohne Querbewehrung

$$l_{bd} = a_1 * a_2 * a_4 * a_5 * l_{b,rqd} = 396,90 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} ohne Querbewehrung und ohne angeschweißte Querstäbe

$$l_{bd} = a_1 * a_2 * a_5 * l_{b,rqd} = 567,00 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} des Zugstabs mit allen a-Faktoren

$$l_{bd} = a_1 * a_2 * a_3 * a_4 * a_5 * l_{b,rqd} = 369,12 \text{ mm}$$

Mindestverankerungslänge unter Zug

$$l_{b,min,z} = \text{MAX}(0,3 * l_{b,rqd} ; 10 * d_s ; 100) = 200,00 \text{ mm}$$

Verankerungslänge des Druckstabs

Beiwerte a zur Berechnung der Verankerungslänge: a_1 bis $a_3 = 1,0$, lediglich $a_4 = 0,7$

Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} des Druckstabs (mit angeschweißten Querstäbe)

$$l_{bd} = a_4 * l_{b,rqd} = 396,90 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} des Druckstabs (ohne angeschweißten Querstäbe)

$$l_{bd} = l_{b,rqd} = 567,00 \text{ mm}$$

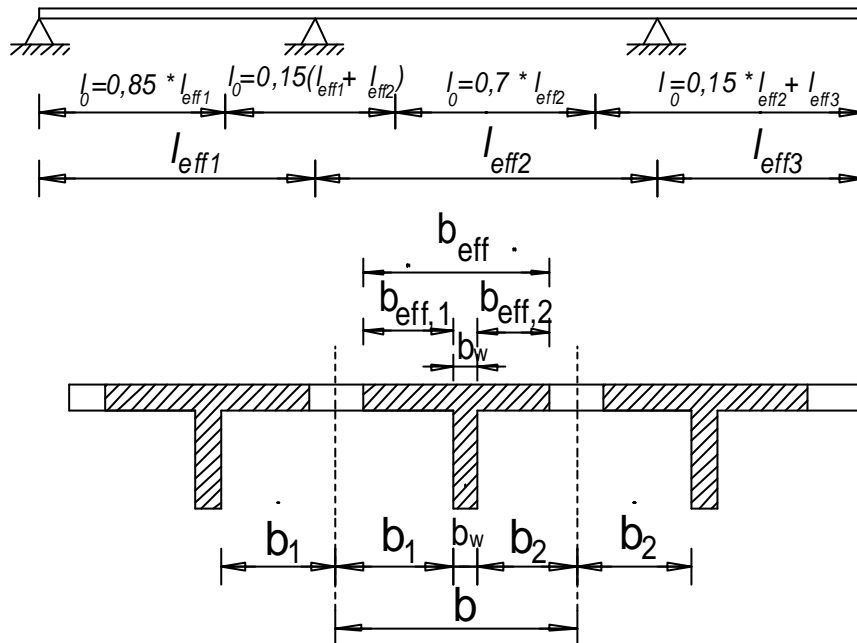
Mindestverankerungslänge unter Druck

Verankerungen unter Druck

$$l_{b,min,d} = \text{MAX}(0,6 * l_{b,rqd} ; 10 * d_s ; 100) = 340,20 \text{ mm}$$

Mitwirkende Plattenbreite eines Einfeldträgers mit Kragarmen: nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Allgemein

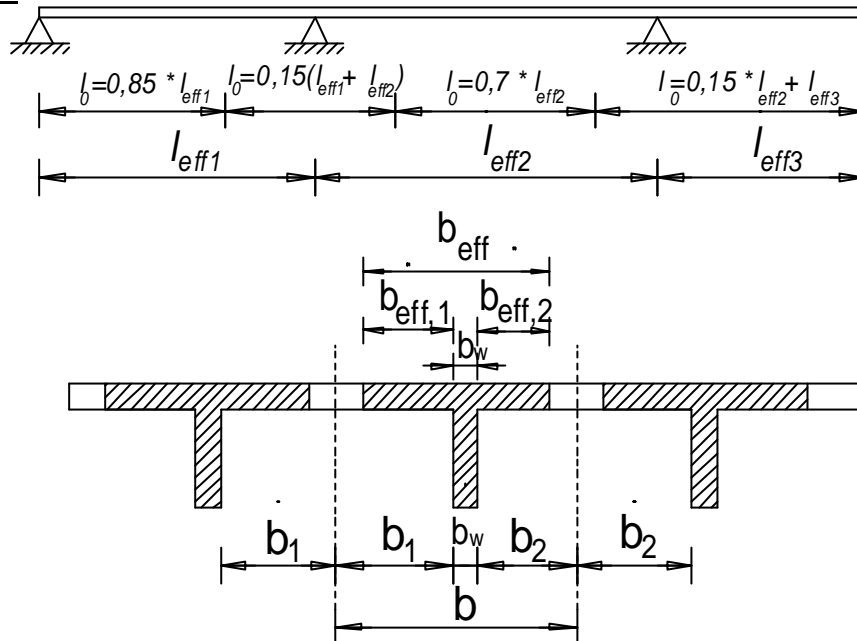
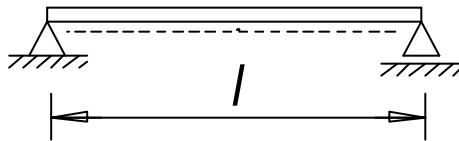


Systemmaße:

lichte Weite l_2 =		6,26 m
Auflagertiefe t_2 =		0,30 m
Auflagertiefe t_3 =		0,30 m
Bauteilhöhe h =		0,50 m
Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.		
a_2 =	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_2)$	= 0,15 m
a_3 =	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_3)$	= 0,15 m
Balkenbreite b_w =		0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =		1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =		1,37 m
$l_{\text{eff}2}$ =	$l_2 + a_2 + a_3$	= 6,56 m
Innenfeld l_0 =	$0,7 * l_{\text{eff}2}$	= 4,59 m
b =	$b_1 + b_2 + b_w$	= 3,42 m
$b_{\text{eff}1}$ =	$\text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_1)$	= 0,81 m
$b_{\text{eff}2}$ =	$\text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_2)$	= 0,73 m
b_{eff} =	$b_{\text{eff}1} + b_{\text{eff}2} + b_w$	= 1,84 m

Mitwirkende Plattenbreite Einfeld:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

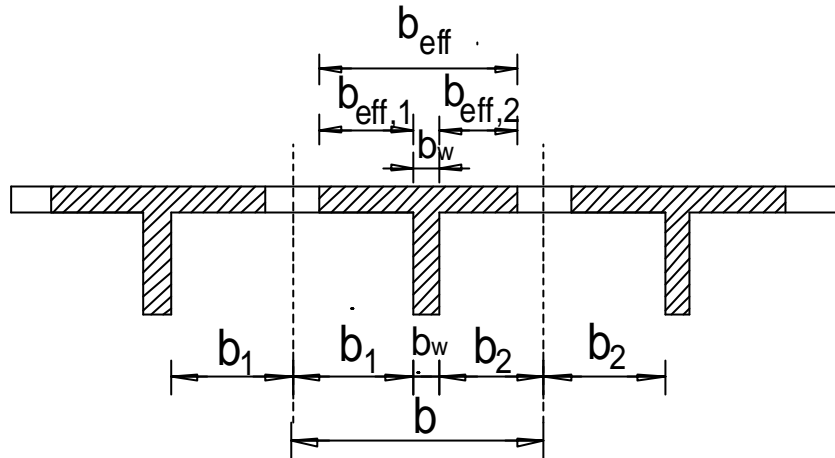
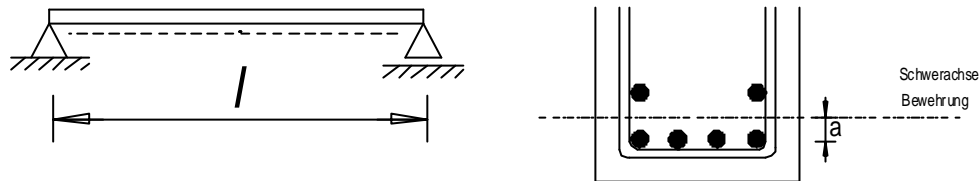
Allgemein**Längssystem:****Systemmaße:**lichte Weite $l_1 = 6,26 \text{ m}$ Auflagertiefe $t_1 = 0,30 \text{ m}$ Auflagertiefe $t_2 = 0,30 \text{ m}$ Bauteilhöhe $h = 0,50 \text{ m}$

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

 $a_1 = \text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_1) = 0,15 \text{ m}$ $a_2 = \text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_2) = 0,15 \text{ m}$ Balkenbreite $b_w = 0,30 \text{ m}$ halbe Plattenbreite $b_1 = 1,75 \text{ m}$ halbe Plattenbreite $b_2 = 1,37 \text{ m}$ $l_{\text{eff1}} = l_1 + a_1 + a_2 = 6,56 \text{ m}$ Einfeld $l_0 = l_{\text{eff1}} = 6,56 \text{ m}$ $b = b_1 + b_2 + b_w = 3,42 \text{ m}$ $b_{\text{eff1}} = \text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_1) = 1,01 \text{ m}$ $b_{\text{eff2}} = \text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_2) = 0,93 \text{ m}$ $b_{\text{eff}} = \text{MIN}(b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}} + b_w ; b) = 2,24 \text{ m}$

Bemessung eines Einfeldplattenbalkens (Nulllinie in der Platte):

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Quersystem:**Längssystem:****Systemmaße:**

lichte Weite l_1 =	6,26 m
Auflagertiefe t_1 =	0,30 m
Auflagertiefe t_2 =	0,30 m
Balkenbreite b_w =	0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =	1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =	1,37 m
Plattenbalkenhöhe h =	0,45 m
Plattenhöhe h_f =	0,15 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung a =	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser d_{s1} =	0,025 m
nom_c =	0,035 m

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

a_1 =	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_1)$	=	0,15 m
a_2 =	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_2)$	=	0,15 m

Einfeldbalken, Platte oben:

l_{eff1} =	$l_1 + a_1 + a_2$	=	6,56 m
l_0 =	l_{eff1}	=	6,56 m
b =	$b_1 + b_2 + b_w$	=	3,42 m
b_{eff1} =	$\text{MIN}(0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 ; 0,2 \cdot l_0 ; b_1)$	=	1,01 m
b_{eff2} =	$\text{MIN}(0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 ; 0,2 \cdot l_0 ; b_2)$	=	0,93 m
b_{eff} =	$\text{MIN}(b_{eff1} + b_{eff2} + b_w ; b)$	=	2,24 m

L =	l_{eff1}	=	6,56 m
b =	$b_1 + b_2 + b_w$	=	3,42 m
aus Eigengewicht:	$(b * h_f + b_w * (h - h_f)) * 25$	=	15,07 kN/m
Deckenausbau:	$b * 1,50$	=	5,13 kN/m
		max q_g =	20,20 kN/m
aus Verkehrslast:	$b * 1,50$	=	5,13 kN/m
aus Trennwandzuschlag:	$b * 1,25$	=	4,28 kN/m
		max q_q =	9,41 kN/m
$V_G =$	$q_g * L/2$	=	66,26 kN
$V_Q =$	$q_q * L/2$	=	30,86 kN
$M_G =$	$q_g * L^2 / 8$	=	108,66 kNm
$M_Q =$	$q_q * L^2 / 8$	=	50,62 kNm
Sicherheitsbeiwerte:			
$g_G =$			1,35
$g_Q =$			1,50

Biegebemessung Rechteckquerschnitt:**Baustoffe:**

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$			1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} * \alpha_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²

Berechnung:

$M_{Ed} =$	$g_G * M_G + g_Q * M_Q$	=	222,62 kNm
$d =$	$h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2$	=	0,383 m
$M_{Ed,s} =$	ABS(M_{Ed})	=	222,62 kNm
$m_{Ed,s} =$	$\frac{M_{Ed,s} * 10^{-3}}{b_{\text{eff}} * d^2 * f_{cd}}$	=	0,034
$w =$	TAB("Bewehrung/Ecmy"; w ; $m=m_{Ed,s}$)	=	0,035
$z =$	TAB("Bewehrung/Ecmy"; z ; $m=m_{Ed,s}$)	=	0,978
$x =$	TAB("Bewehrung/Ecmy"; x ; $m=m_{Ed,s}$)	=	0,059
$\text{erf}_A =$	$\frac{w * d * b_{\text{eff}} * f_{cd}}{f_{yd}} * 10^4$	=	13,81 cm ²

gew: 4 \bar{A} 25 mit:

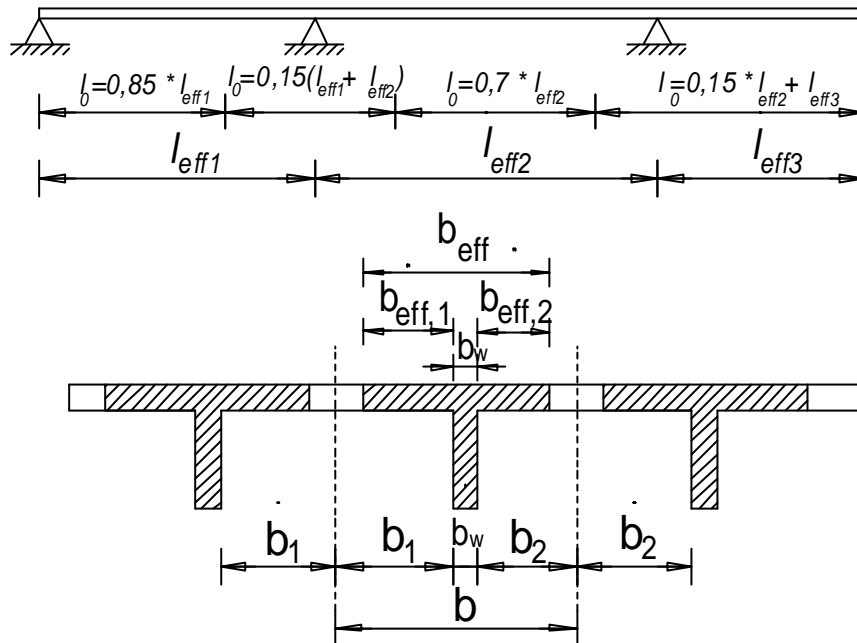
$$\begin{aligned} \text{Stabdurchmesser } d_s &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) &= & 25 \text{ mm} \\ A_{s,\text{gew}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_s; A_s^{\text{erf}} A_s) &= & 4 \text{ \AA } 25 \\ \text{vorh}_A &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez} = A_{s,\text{gew}}) &= & 19,63 \text{ cm}^2 \\ \text{erf}_A / \text{vorh}_A &= &= & \underline{\underline{0,70 < 1}} \end{aligned}$$

Druckzone komplett in der Platte:

$$\begin{aligned} x &= \xi \cdot d &= & 0,023 \text{ m} \\ x/h_f &= &= & \underline{\underline{0,15 < 1}} \end{aligned}$$

Mitwirkende Plattenbreite Durchlaufträger im Bereich des Endfelds: nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Allgemein

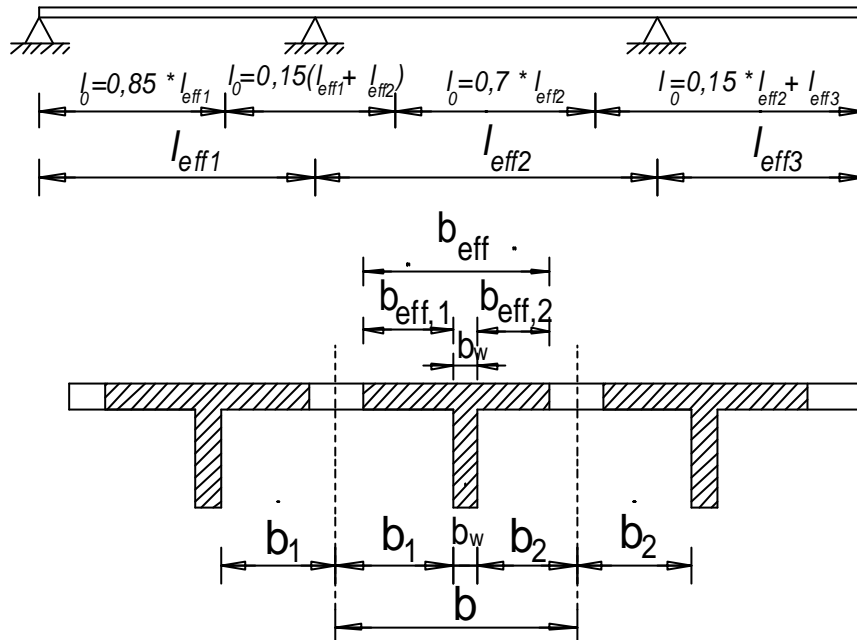


Systemmaße:

lichte Weite l_1 =		6,26 m
Auflagertiefe t_1 =		0,30 m
Auflagertiefe t_2 =		0,30 m
Bauteilhöhe h =		0,50 m
Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.		
a_1 =	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_1)$	= 0,15 m
a_2 =	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_2)$	= 0,15 m
Balkenbreite b_w =		0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =		1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =		1,37 m
$l_{\text{eff}1}$ =	$l_1 + a_1 + a_2$	= 6,56 m
Endfeld l_0 =	$0,85 * l_{\text{eff}1}$	= 5,58 m
b =	$b_1 + b_2 + b_w$	= 3,42 m
$b_{\text{eff}1}$ =	$\text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_1)$	= 0,91 m
$b_{\text{eff}2}$ =	$\text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_2)$	= 0,83 m
b_{eff} =	$\text{MIN}(b_{\text{eff}1} + b_{\text{eff}2} + b_w ; b)$	= 2,04 m

Mitwirkende Plattenbreite eines Durchlaufträgers im Bereich der Innenstütze: nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Allgemein:



Systemmaße:

lichte Weite $l_1 =$	6,26 m
lichte Weite $l_2 =$	7,00 m
Auflagertiefe $t_1 =$	0,30 m
Auflagertiefe $t_2 =$	0,30 m
Auflagertiefe $t_3 =$	0,40 m
Bauteilhöhe $h =$	0,50 m

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

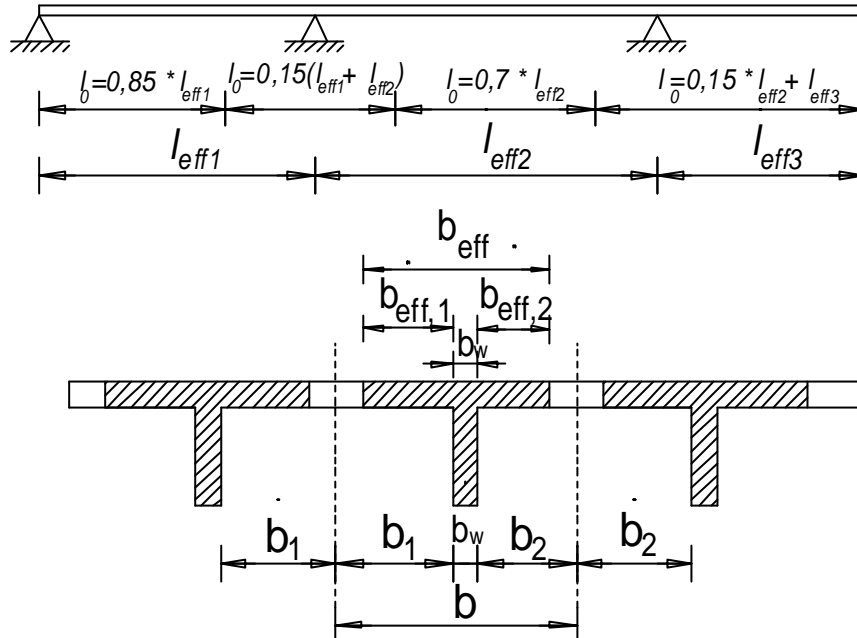
$a_1 =$	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_1)$	$=$	0,15 m
$a_2 =$	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_2)$	$=$	0,15 m
$a_3 =$	$\text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_3)$	$=$	0,20 m

Balkenbreite $b_w =$	0,30 m
halbe Plattenbreite $b_1 =$	1,75 m
halbe Plattenbreite $b_2 =$	1,37 m

$l_{\text{eff}1} =$	$l_1 + a_1 + a_2$	$=$	6,56 m
$l_{\text{eff}2} =$	$l_2 + a_2 + a_3$	$=$	7,35 m
Innenstütze $l_0 =$	$0,15 * (l_{\text{eff}1} + l_{\text{eff}2})$	$=$	2,09 m
$b =$	$b_1 + b_2 + b_w$	$=$	3,42 m
$b_{\text{eff}1} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_1)$	$=$	0,42 m
$b_{\text{eff}2} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0 ; 0,2 * l_0 ; b_2)$	$=$	0,42 m
$b_{\text{eff}} =$	$\text{MIN}(b_{\text{eff}1} + b_{\text{eff}2} + b_w ; b)$	$=$	1,14 m

Mitwirkende Plattenbreite Durchlaufträger im Bereich des Kragarms: nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Allgemein



Systemmaße:

Die Länge des Kragarms l_{eff3} sollte kleiner als die halbe Länge des benachbarten Feldes sein und das Verhältnis der benachbarten Felder sollte zwischen $2/3$ und $3/2$ liegen.

lichte Weite l_2 =	6,26 m
lichte Weite l_3 =	2,80 m
Auflagertiefe t_2 =	0,30 m
Auflagertiefe t_3 =	0,30 m
Bauteilhöhe h =	0,50 m

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

a_2 =	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_2)$	=	0,15 m
a_3 =	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_3)$	=	0,15 m

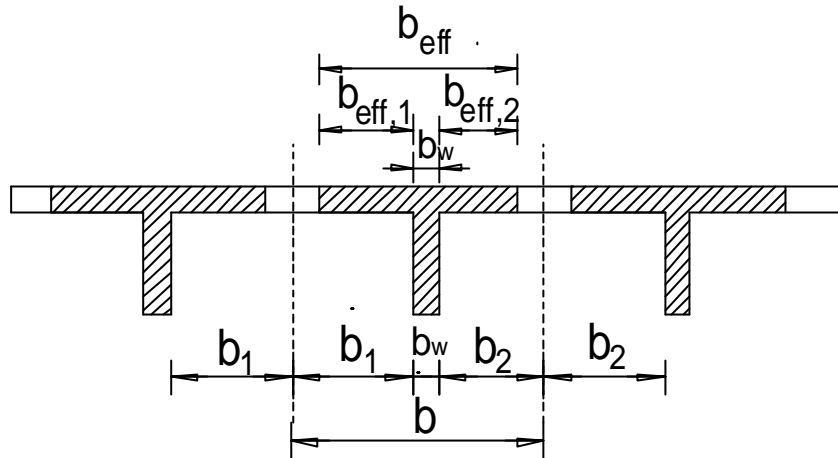
Balkenbreite b_w =	0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =	1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =	1,37 m

l_{eff2} =	$l_2 + a_2 + a_3$	=	6,56 m
l_{eff3} =	$l_3 + a_3$	=	2,95 m
Kragarm l_0 =	$0,15 \cdot l_{eff2} + l_{eff3}$	=	3,93 m

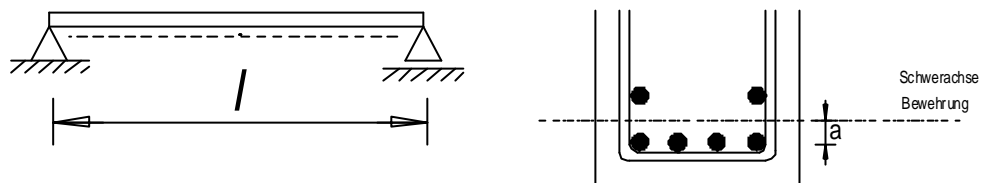
b =	$b_1 + b_2 + b_w$	=	3,42 m
b_{eff1} =	$\text{MIN}(0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 ; 0,2 \cdot l_0 ; b_1)$	=	0,74 m
b_{eff2} =	$\text{MIN}(0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 ; 0,2 \cdot l_0 ; b_2)$	=	0,67 m
b_{eff} =	$\text{MIN}(b_{eff1} + b_{eff2} + b_w ; b)$	=	1,71 m

Bemessung eines Einfeldplattenbalkens mit Querkraft (Nulllinie in der Platte):
nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Quersystem:



Längssystem:



Systemmaße:

lichte Weite l_1 =	6,26 m
Auflagertiefe t_1 =	0,30 m
Auflagertiefe t_2 =	0,30 m
Plattenbalkenhöhe h =	0,45 m
Balkenbreite b_w =	0,30 m
halbe Plattenbreite b_1 =	1,75 m
halbe Plattenbreite b_2 =	1,37 m
Plattenhöhe h_f =	0,15 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung a =	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser d_{s1} =	0,025 m
ohne Längsspannungseinfluß s_{cp} =	0,00
nom_c =	0,035 m

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagern und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

$$a_1 = \text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_1) = 0,15 \text{ m}$$

$$a_2 = \text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_2) = 0,15 \text{ m}$$

Einfeldbalken, Platte oben:

$l_{\text{eff1}} =$	$l_1 + a_1 + a_2$	=	6,56 m
$l_0 =$	l_{eff1}	=	6,56 m
$b =$	$b_1 + b_2 + b_w$	=	3,42 m
$b_{\text{eff1}} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$	=	1,01 m
$b_{\text{eff2}} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2)$	=	0,93 m
$b_{\text{eff}} =$	$\text{MIN}(b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}} + b_w ; b)$	=	2,24 m
$L =$	l_{eff1}	=	6,56 m

Belastung:

aus Eigengewicht:	$(b * h_f + b_w * (h - h_f)) * 25$	=	15,07 kN/m
Deckenausbau:	$b * 1,50$	=	5,13 kN/m
	max $q_g =$		20,20 kNm

aus Verkehrslast:	$b * 1,50$	=	5,13 kN/m
aus Trennwandzuschlag:	$b * 1,25$	=	4,28 kN/m
	max $q_q =$		9,41 kN/m

$V_G =$	$\frac{q_g * L}{2}$	=	66,26 kN
$V_Q =$	$\frac{q_q * L}{2}$	=	30,86 kN
$M_G =$	$\frac{q_g * L^2}{8}$	=	108,66 kNm
$M_Q =$	$\frac{q_q * L^2}{8}$	=	50,62 kNm

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Biegebemessung Rechteckquerschnitt:**Baustoffe:**

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C20/25
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$a_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} * a_{cc}}{1,5}$	=	13,33 N/mm ²

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 M_{Ed} &= g_G * M_G + g_Q * M_Q &= 222,62 \text{ kNm} \\
 d &= h - \text{nom_c} - a - d_{s1} / 2 &= 0,383 \text{ m} \\
 M_{Ed,s} &= \text{ABS}(M_{Ed}) &= 222,62 \text{ kNm} \\
 m_{Ed,s} &= \frac{M_{Ed,s} * 10^{-3}}{b_{\text{eff}} * d^2 * f_{cd}} &= 0,051 \\
 w &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } w; m=m_{Ed,s}) &= 0,053 \\
 z &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } z; m=m_{Ed,s}) &= 0,971 \\
 x &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } x; m=m_{Ed,s}) &= 0,077 \\
 \text{erf_A}_{s1} &= \frac{w * d * b_{\text{eff}} * f_{cd}}{f_{yd}} * 10^4 &= 13,94 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

gew: 4 \bar{A} 25 mit:

$$\begin{aligned}
 \text{Stabdurchmesser } d_s &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) &= 25 \text{ mm} \\
 A_{s,\text{gew}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s \geq \text{erf_A}_{s1}) &= 4 \bar{A} 25 \\
 \text{vorh_A}_{s1} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s,\text{gew}}) &= 19,63 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{erf_A}_{s1} / \text{vorh_A}_{s1} = \underline{\underline{0.71 < 1}}$$

Druckzone komplett in der Platte:

$$\begin{aligned}
 x &= \xi * d &= 0,029 \text{ m} \\
 x/h_f &= \underline{\underline{0.19 < 1}}
 \end{aligned}$$

Querkraftbemessung:

$$\max_{V_{Ed}} = V_G * g_G + V_Q * g_Q = 135,74 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \max_{V_{Ed}} - (q_g * g_G + q_q * g_Q) * (a_1 + d) = 113,68 \text{ kN}$$

$$\text{bei Normalbeton } v_1 = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,55$$

Beiwert zur Berücksichtigung des Spannungszustands im Druckgurt. Für nicht vorgespannte Bauteile.

$$\text{Beiwert } a_{cw} = 1,00$$

$$z = z * d = 0,37 \text{ m}$$

Der Winkel Q ist in der Regel zu begrenzen und liegt zw. $0,6 = \tan Q = 1,0$ ($30,96^\circ \leq Q \leq 59,04^\circ$)

$$\text{gewählt für } \tan Q \quad x = 0,85$$

$$\text{Druckstrebenwinkel } Q = \text{atan}(x) = 40,36^\circ$$

$$V_{Rd,max} = \frac{a_{cw} * b_w * z * f_{cd} * v_1}{\left(\frac{1}{\tan(Q)} + \tan(Q)\right)} * 10^3 = 401,57 \text{ kN}$$

Bei vorwiegend durch Gleichlasten belasteten Bauteilen muss die Bemessungsquerkraft nicht näher als im Abstand d vom Auflager nachgewiesen werden. Jede erforderliche Querkraftbewehrung ist in der Regel bis zum Auflager weiterzuführen. $V_{Rd,max}$ ist mit der vollen Querkraft am Auflager nachzuweisen.

$$\max_{V_{Ed}} / V_{Rd,max} = \underline{\underline{0.34 < 1}}$$

Querkraftbewehrung ist nicht geeignet. Der Winkel zw. Querkraftbewehrung und Bauteilachse beträgt $\alpha = 90^\circ$.

$$\text{erf}_{a_{sw}} = \frac{V_{Ed}}{z * f_{yd} * \sin(90) * \left(\frac{1}{\tan(Q)} + \frac{1}{\tan(90)}\right)} * 10 = 6,01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

gew.:Bü Æ 8-15 2-schnittig

$$d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } d_s;) = 8,00 \text{ mm}$$

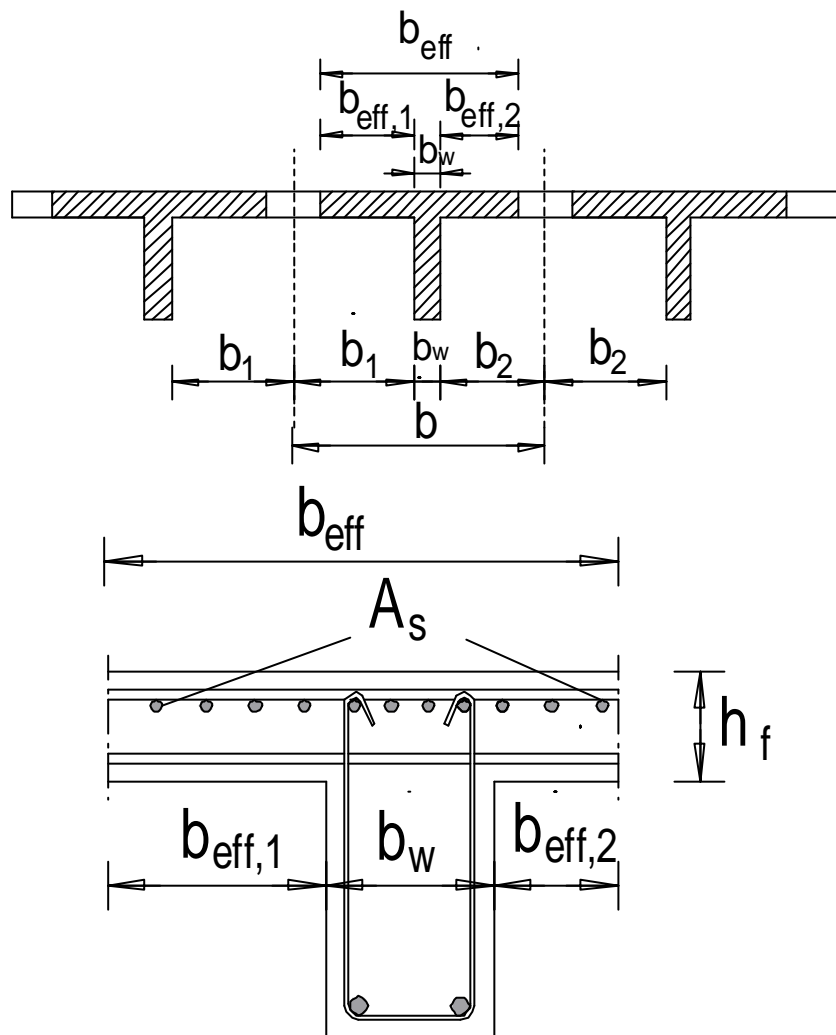
$$a_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_s; a_s = \text{erf}_{a_{sw}}/2) = \text{Æ } 8 / e = 15$$

$$\text{vorh}_{a_{sw}} = 2 * \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } a_s; \text{Bez} = a_s) = 6,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{erf}_{a_{sw}} / \text{vorh}_{a_{sw}} = \underline{\underline{0.90 < 1}}$$

Bemessung eines Durchlaufträgers (Zwischenaufleger) :

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Quersystem:**Systemmaße:**

Balkenbreite $b_w =$	0,30 m
lichte Weite $l_1 =$	6,26 m
lichte Weite $l_2 =$	7,00 m
Auflagertiefe $t_1 =$	0,30 m
Auflagertiefe $t_2 =$	0,30 m
Auflagertiefe $t_3 =$	0,40 m
halbe Plattenbreite $b_1 =$	1,75 m
halbe Plattenbreite $b_2 =$	1,37 m
Plattenbalkenhöhe $h =$	0,45 m
Plattenhöhe $h_f =$	0,15 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung $a =$	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s2} =$	0,025 m
nom_c =	0,035 m

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

$a_1 =$	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_1)$	$=$	0,15 m
$a_2 =$	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_2)$	$=$	0,15 m
$a_3 =$	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_3)$	$=$	0,20 m
$l_{\text{eff}1} =$	$l_1 + a_1 + a_2$	$=$	6,56 m
$l_{\text{eff}2} =$	$l_2 + a_2 + a_3$	$=$	7,35 m
Innenstütze $l_0 =$	$0,15 \cdot (l_{\text{eff}1} + l_{\text{eff}2})$	$=$	2,09 m
$b =$	$b_1 + b_2 + b_w$	$=$	3,42 m
$b_{\text{eff}1} =$	$\text{MIN}(0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 ; 0,2 \cdot l_0 ; b_1)$	$=$	0,42 m
$b_{\text{eff}2} =$	$\text{MIN}(0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 ; 0,2 \cdot l_0 ; b_2)$	$=$	0,42 m
$b_{\text{eff}} =$	$\text{MIN}(b_{\text{eff}1} + b_{\text{eff}2} + b_w ; b)$	$=$	1,14 m

Belastung über dem Zwischenaufleger:

Beanspruchung durch negatives Biegemoment:

Negative Biegemomente können z.B. über Zwischenauflägern von Durchlaufträgern oder bei Kragarmen auftreten. Die Bemessung erfolgt für einen Rechteckquerschnitt der Breite b_w .

$M_{\text{Ed}} =$	-200,00 kN
$N_{\text{Ed}} =$	50,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Biegebemessung Rechteckquerschnitt:**Baustoffe:**

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{\text{ck}} \leq 50$)	$=$	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	$=$	BSt 500
$f_{\text{ck}} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	$=$	30,00 N/mm ²
$f_{\text{yk}} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	$=$	500,00 N/mm ²
$f_{\text{yd}} =$	$f_{\text{yk}} / 1,15$	$=$	434,78 N/mm ²
$a_{\text{cc}} =$		$=$	1,00
$f_{\text{cd}} =$	$\frac{f_{\text{ck}} \cdot a_{\text{cc}}}{1,5}$	$=$	20,00 N/mm ²

Berechnung:

$d =$	$h - \text{nom}_c - a - d_{s2} / 2$	$=$	0,383 m
$z_{s1} =$	$d - h / 2$	$=$	0,158 m
$M_{\text{Ed},s} =$	$\text{ABS}(M_{\text{Ed}}) - N_{\text{Ed}} \cdot z_{s1}$	$=$	192,10 kNm
$m_{\text{Ed},s} =$	$\frac{M_{\text{Ed},s} \cdot 10^{-3}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}}$	$=$	0,218
$w =$	TAB("Bewehrung/ECmy"; w ; $m = m_{\text{Ed},s}$)	$=$	0,250
$z =$	TAB("Bewehrung/ECmy"; z ; $m = m_{\text{Ed},s}$)	$=$	0,871
$x =$	TAB("Bewehrung/ECmy"; x ; $m = m_{\text{Ed},s}$)	$=$	0,309
$\text{erf}_{A_s} =$	$\frac{1}{f_{\text{yd}}} \cdot (w \cdot d \cdot b_w \cdot f_{\text{cd}} + N_{\text{Ed}} \cdot 10^{-3}) \cdot 10^4$	$=$	14,36 cm ²

gew: 10 Æ 14

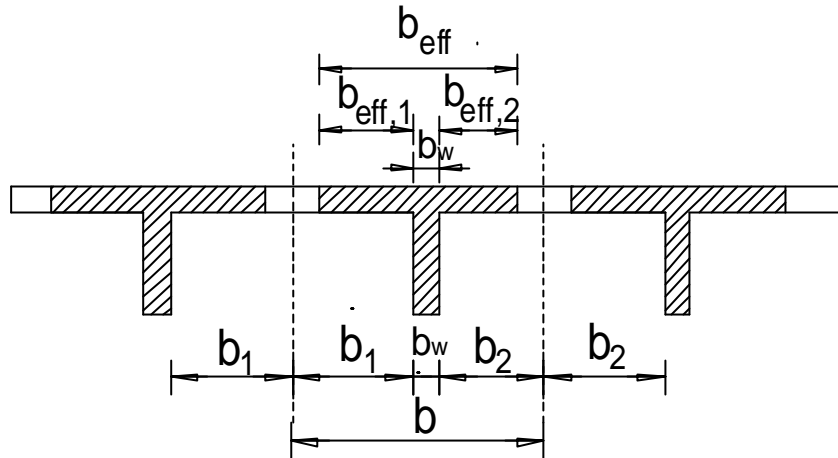
Stabdurchmesser d_s =	GEW("Bewehrung/As"; ds;)	=	14 mm
$A_{s, \text{gew}}$ =	GEW("Bewehrung/As"; Bez; $d_s = d_s$; $A_s^3 \text{erf}_{A_s}$)	=	10 Æ 14
vorh_{A_s} =	TAB("Bewehrung/As"; As; Bez= $A_{s, \text{gew}}$)	=	15,39 cm ²
$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s}$	=		<u>0.93 < 1</u>

EN 1992-1-1 9.2.1.2(2)

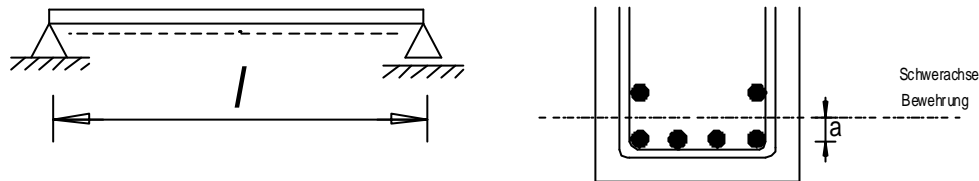
An Zwischenauflagern von durchlaufenden Plattenbalken ist in der Regel die gesamte Querschnittsfläche der Zugbewehrung A_s über die effektive Breite b_{eff} des Gurtes zu verteilen. Ein Teil davon darf über die Breite des Steges konzentriert werden.

Bemessung eines stark profilierten Einfeldplattenbalkens (Nulllinie im Steg) : nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

Quersystem:



Längssystem:



Systemmaße:

Der Stark profilierte Plattenbalken mit Nulllinie im Steg tritt im üblichen Hochbau selten auf. Dieser Fall ist bei dünnen Platten wahrscheinlich. Die gestauchte Teilfläche des Steganteils ist viel kleiner als die Plattenfläche.

lichte Weite $l_1 =$	6,51 m
Auflagertiefe $t_1 =$	0,30 m
Auflagertiefe $t_2 =$	0,30 m
Balkenbreite $b_w =$	0,25 m
halbe Plattenbreite $b_1 =$	0,60 m
halbe Plattenbreite $b_2 =$	0,65 m
Plattenbalkenhöhe $h =$	0,75 m
Plattenhöhe $h_f =$	0,055 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung $a =$	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s1} =$	0,025 m
nom_c =	0,035 m

Abstände a_i zwischen den idealisierten Auflagerlinien und vorderen Auflagerkanten. Bei Anordnung eines Lagers ist a_i der Abstand zwischen Mittellinie des Lagers bis Auflagervorderkante.

$a_1 =$	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_1)$	$=$	0,15 m
$a_2 =$	$\text{MIN}(1/2 \cdot h ; 1/2 \cdot t_2)$	$=$	0,15 m

Einfeldbalken, Platte oben:

$l_{\text{eff1}} =$	$l_1 + a_1 + a_2$	=	6,81 m
$l_0 =$	l_{eff1}	=	6,81 m
$b =$	$b_1 + b_2 + b_w$	=	1,50 m
$b_{\text{eff1}} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$	=	0,60 m
$b_{\text{eff2}} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2)$	=	0,65 m
$b_{\text{eff}} =$	$\text{MIN}(b_{\text{eff1}} + b_{\text{eff2}} + b_w ; b)$	=	1,50 m
$M_G =$			300,00 kN
$M_Q =$			200,00 kN
$N_G =$			75,00 kN
$N_Q =$			0,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Biegebemessung:**Baustoffe:**

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{\text{ck}} \leq 50$)	=	C25/30
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{\text{ck}} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	25,00 N/mm ²
$f_{\text{yk}} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{\text{yd}} =$	$f_{\text{yk}} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$a_{\text{cc}} =$			1,00
$f_{\text{cd}} =$	$\frac{f_{\text{ck}} * a_{\text{cc}}}{1,5}$	=	16,67 N/mm ²

Berechnung:

Bei stark profilierten Plattenbalken (b_{eff}/b_w)³ 5 kann der Anteil der Druckspannungen im Steg i. Allg. vernachlässigt und gleichzeitig die Resultierende der Druckspannungen im Gurt in der Plattenmittelfläche angesetzt werden.

$N_{\text{Ed}} =$	$N_G * g_G + N_Q + g_Q$	=	102,75 kN
$M_{\text{Ed}} =$	$g_G * M_G + g_Q * M_Q$	=	705,00 kNm
$d =$	$h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2$	=	0,683 m
$z_{\text{SP}} =$	$\frac{(b_{\text{eff}} - b_w) * h_f^2 + b_w * h^2}{2 * ((b_{\text{eff}} - b_w) * h_f + b_w * h)}$	=	0,282 m
$z_S =$	$d - z_{\text{SP}}$	=	0,40 m
$M_{\text{Ed,s}} =$	$\text{ABS}(M_{\text{Ed}}) - N_{\text{Ed}} * z_S$	=	663,90 kNm
$m_{\text{Ed,s}} =$	$\frac{M_{\text{Ed,s}} * 10^{-3}}{b_{\text{eff}} * d^2 * f_{\text{cd}}}$	=	0,0569
$x =$	TAB("Bewehrung/Ecmy"; x ; $m = m_{\text{Ed,s}}$)	=	0,083
$x =$	$x * d$	=	0,057 m

$$\frac{x}{h_f} = \underline{1,04 > 1}$$

▷ Nulllinie im Steg

$$\text{Der Hebelarm der inneren Kräfte } z = d - \frac{h_f}{2} = 0,655 \text{ m}$$

Bedingung für stark profilierte Plattenbalken:

$$\left(\frac{b_{\text{eff}}}{b_w}\right) / 5 = \underline{1,20 > 1}$$

Bei Einhaltung der Bedingung kann der Anteil der Druckzone im Steg vernachlässigt werden.

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{1}{f_{yd}} * \left(\frac{M_{\text{Ed},s}}{d - \frac{h_f}{2}} + N_{\text{Ed}} \right) * 10 = 25,66 \text{ cm}^2$$

gew: 6Æ 25 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) = 25 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_s; A_s^3 \text{ erf}_{A_s}) = 6 \text{ Æ } 25$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez} = A_{s,\text{gew}}) = 29,45 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{0,87 < 1}$$

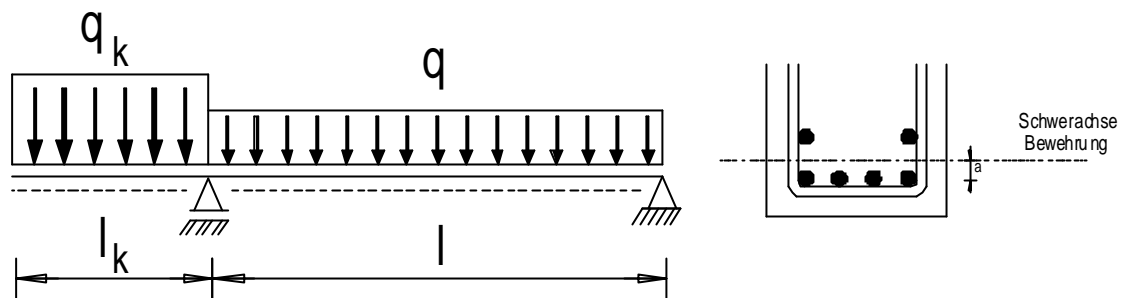
Überprüfung der Druckzone

$$s_c = \frac{M_{\text{Ed},s} * 10^{-3}}{b_{\text{eff}} * h_f * \left(d - \frac{h_f}{2} \right)} = 12,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{s_c}{f_{cd}} = \underline{0,74 \leq 1}$$

Pos.: Einfeldträger mit Kragarm links:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Feldlänge $l =$	2,80 m
Kragarmlänge $l_k =$	1,00 m
Querschnittsbreite $b =$	0,25 m
Querschnittshöhe $h =$	0,55 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung $a =$	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s1} =$	0,025 m
$nom_c =$	0,035 m

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$a_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} * a_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Belastung im Feld:

aus Eigengewicht:	$b * h * 25$	=	3,44 kN/m
Attika:	$b * 1,35 * 25$	=	8,44 kN/m
aus Pos. 201:		=	48,50 kN/m

$$\max q_g = 60,38 \text{ kN/m}$$

Verkehr aus Pos1:		=	20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:		=	74,50 kN/m

$$\max q_p = 94,50 \text{ kN/m}$$

Belastung am Kragarm:

aus Eigengewicht:	$b * h * 25$	=	3,44 kN/m
Attika:	$b * 1,35 * 25$	=	8,44 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m

$$\max q_{gk} = 60,38 \text{ kN/m}$$

Verkehr aus Pos1:	40,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:	70,50 kN/m

$$\max q_{pk} = 110,50 \text{ kN/m}$$

Berechnung:

$$M_{gk} = \frac{-q_{gk} * l_k^2}{2} = -30,19 \text{ kNm}$$

$$M_{pk} = \frac{-q_{pk} * l_k^2}{2} = -55,25 \text{ kNm}$$

$$M_{gfeld} = \frac{q_g * l^2}{8} = 59,17 \text{ kNm}$$

$$M_{pfeld} = \frac{q_p * l^2}{8} = 92,61 \text{ kNm}$$

Berechnung Kragarm:

$$M_{Eds,k} = g_G * M_{gk} + g_Q * M_{pk} = -123,63 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{Eds,ks} = \text{ABS}(M_{Eds,k}) = 123,63 \text{ kNm}$$

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds,ks} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} = 0,106$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmv"}; w; m=m_{Eds}) = 0,113$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w * d * b * f_{cd} * 10^4}{f_{yd}} = 6,26 \text{ cm}^2$$

gew: 4 \bar{A} 25 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; d_s;) = 25 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s = \text{erf}_{A_s}) = 4 \bar{A} 25$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s, \text{gew}}) = 19,63 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,32 < 1}}$$

Berechnung Feld:

$$M_{EdsF,min} = M_{gfeld} + \frac{M_{Eds,k}}{2} = -2,65 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{EdsF,min} = \text{ABS}(M_{EdsF,min}) = 2,65 \text{ kNm}$$

$$m_{EdsF,min} = \frac{M_{EdsF,min} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,002$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"}; w; m=m_{EdsF,min}) = 0,002$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} \cdot 10^4}{f_{yd}} = 0,11 \text{ cm}^2$$

gew: 2 \bar{A} 16 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; d_s;) = 16 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_s}) = 2 \bar{A} 16$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,gew}) = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,03 < 1}}$$

$$M_{EdF,max} = g_G \cdot M_{gfeld} + g_Q \cdot M_{pfeld} + \frac{M_{gk}}{2} = 203,70 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{EdF,maxs} = \text{ABS}(M_{EdF,max}) = 203,70 \text{ kNm}$$

$$m_{EdF,maxs} = \frac{M_{EdF,maxs} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,175$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"}; w; m=m_{EdF,maxs}) = 0,194$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} \cdot 10^4}{f_{yd}} = 10,75 \text{ cm}^2$$

gew: 4 \bar{A} 20 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; d_s;) = 20 \text{ mm}$$

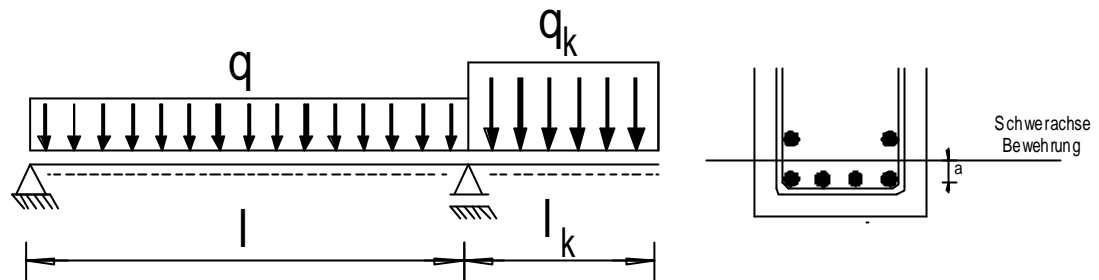
$$A_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_s}) = 4 \bar{A} 20$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,gew}) = 12,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,86 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger mit Kragarm rechts:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Feldlänge $l =$	2,80 m
Kragarmlänge $l_k =$	1,60 m
Querschnittsbreite $b =$	0,30 m
Querschnittshöhe $h =$	0,55 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung $a =$	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s1} =$	0,025 m
$\text{nom_c} =$	0,035 m

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \text{ \& } 50$)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} * \alpha_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50
$g_s =$	1,15
$g_c =$	1,50

Belastung im Feld:

aus Eigengewicht:	$b * h * 25$	=	4,13 kN/m
Attika:	$b * 1,35 * 25$	=	10,13 kN/m
aus Pos. 201:		=	48,50 kN/m

$$\max q_g = 62,76 \text{ kN/m}$$

Verkehr aus Pos1:	20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:	74,50 kN/m

$$\max q_p = 94,50 \text{ kN/m}$$

Belastung am Kragarm:

aus Eigengewicht:	$b * h * 25$	=	4,13 kN/m
Attika:	$b * 1,35 * 25$	=	10,13 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m

$$\max q_{gk} = 62,76 \text{ kN/m}$$

Verkehr aus Pos1:			40,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:			70,50 kN/m

$$\max q_{pk} = 110,50 \text{ kN/m}$$

Berechnung:

$$M_{gk} = \frac{-q_{gk} * l_k^2}{2} = -80,33 \text{ kNm}$$

$$M_{pk} = \frac{-q_{pk} * l_k^2}{2} = -141,44 \text{ kNm}$$

$$M_{gfeld} = \frac{q_g * l^2}{8} = 61,50 \text{ kNm}$$

$$M_{pfeld} = \frac{q_p * l^2}{8} = 92,61 \text{ kNm}$$

Berechnung Kragarm:

$$M_{Eds,k} = g_G * M_{gk} + g_Q * M_{pk} = -320,61 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{Eds,ks} = \text{ABS}(M_{Eds,k}) = 320,61 \text{ kNm}$$

$$m_{Eds} = \frac{M_{Eds,ks} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} = 0,230$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } w; m=m_{Eds}) = 0,267$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w * d * b * f_{cd} * 10^4}{f_{yd}} = 17,76 \text{ cm}^2$$

gew: 4 \bar{A} 25 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) = 25 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_s}) = 4 \bar{A} 25$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s, \text{gew}}) = 19,63 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,90 < 1}}$$

Berechnung Feld:

$$M_{EdsF, \text{min}} = M_{\text{gfeld}} + \frac{M_{Eds, k}}{2} = -98,81 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{EdsF, \text{min}, s} = \text{ABS}(M_{EdsF, \text{min}}) = 98,81 \text{ kNm}$$

$$m_{EdF, \text{min}} = \frac{M_{EdsF, \text{min}, s} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} = 0,071$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } w; m=m_{EdF, \text{min}}) = 0,075$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w * d * b * f_{cd} * 10^4}{f_{yd}} = 4,99 \text{ cm}^2$$

gew: 2 \bar{A} 25 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) = 25 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_s}) = 2 \bar{A} 25$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s, \text{gew}}) = 9,82 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,51 < 1}}$$

$$M_{EdF, \text{max}} = g_G * M_{\text{gfeld}} + g_Q * M_{\text{pfeld}} + \frac{M_{gk}}{2} = 181,78 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{EdF, \text{max}, s} = \text{ABS}(M_{EdF, \text{max}}) = 181,78 \text{ kNm}$$

$$m_{EdF, \text{max}, s} = \frac{M_{EdF, \text{max}, s} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} = 0,130$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmv"; } w; m=m_{\text{EdF,maxs}}) = 0,140$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w * d * b * f_{\text{cd}} * 10^4}{f_{\text{yd}}} = 9,31 \text{ cm}^2$$

gew: 4 Æ 20 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) = 20 \text{ mm}$$

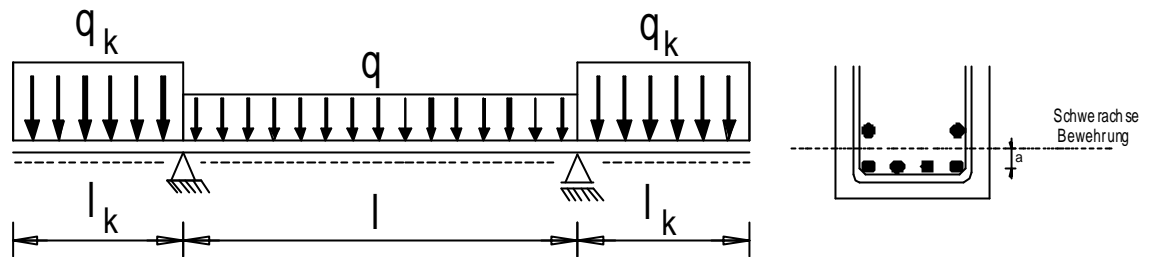
$$A_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_s}) = 4 \text{ Æ } 20$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s,\text{gew}}) = 12,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0.74 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger mit Kragarmen:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Feldlänge $l =$	2,80 m
linke Kragarmlänge $l_{kl} =$	0,80 m
rechte Kragarmlänge $l_{kr} =$	1,00 m
Querschnittsbreite $b =$	0,24 m
Querschnittshöhe $h =$	0,55 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung $a =$	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s1} =$	0,025 m
nom_c =	0,035 m

Baustoffe:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \leq 50$)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; b_s ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} * \alpha_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Belastung im Feld:

aus Eigengewicht:	$b * h * 25$	=	3,30 kN/m
Attika:	$b * 1,35 * 25$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:			48,50 kN/m

$$q_{gf} = 59,90 \text{ kN/m}$$

Verkehr aus Pos1:	20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:	74,50 kN/m

$$q_{qf} = 94,50 \text{ kN/m}$$

Belastung am linken Kragarm:

$$\begin{aligned} \text{aus Eigengewicht:} & \quad b * h * 25 & = & \quad 3,30 \text{ kN/m} \\ \text{Attika:} & \quad b * 1,35 * 25 & = & \quad 8,10 \text{ kN/m} \\ \text{aus Pos. 201:} & & & \quad 48,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$q_{gkl} = 59,90 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Verkehr aus Pos1:} & \quad 40,00 \text{ kN/m} \\ \text{Verkehr aus Pos2:} & \quad 70,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\max q_{qkl} = 110,50 \text{ kN/m}$$

Belastung am rechten Kragarm:

$$\begin{aligned} \text{aus Eigengewicht:} & \quad b * h * 25 & = & \quad 3,30 \text{ kN/m} \\ \text{Attika:} & \quad b * 1,35 * 25 & = & \quad 8,10 \text{ kN/m} \\ \text{aus Pos. 201:} & & & \quad 48,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$q_{gkr} = 59,90 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Verkehr aus Pos1:} & \quad 40,00 \text{ kN/m} \\ \text{Verkehr aus Pos2:} & \quad 70,50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\max q_{qkr} = 110,50 \text{ kN/m}$$

Berechnung:

$$M_{gkl} = \frac{-q_{gkl} * l_{kl}^2}{2} = -19,17 \text{ kNm}$$

$$M_{qkl} = \frac{-q_{qkl} * l_{kl}^2}{2} = -35,36 \text{ kNm}$$

$$M_{gkr} = \frac{-q_{gkr} * l_{kr}^2}{2} = -29,95 \text{ kNm}$$

$$M_{qkr} = \frac{-q_{qkr} * l_{kr}^2}{2} = -55,25 \text{ kNm}$$

$$M_{gfeld} = \frac{q_{gkr} * l^2}{8} = 58,70 \text{ kNm}$$

$$M_{qfeld} = \frac{q_{qf} * l^2}{8} = 92,61 \text{ kNm}$$

Berechnung linker Kragarm:

$$\begin{aligned}
 M_{Edkl} &= g_G * M_{gkl} + g_Q * M_{qkl} &= & -78,92 \text{ kNm} \\
 d &= h - \text{nom_c} - a - d_{s1} / 2 &= & 0,482 \text{ m} \\
 z_{s1} &= d - h / 2 &= & 0,21 \text{ m} \\
 M_{Edkl,s} &= \text{ABS}(M_{Edkl}) &= & 78,92 \text{ kNm} \\
 m_{Eds} &= \frac{M_{Edkl,s} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} &= & 0,071
 \end{aligned}$$

Aus Tabelle:

$$\begin{aligned}
 w &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } w; m=m_{Eds}) &= & 0,075 \\
 erf_{As} &= \frac{w * d * b * f_{cd} * 10^4}{f_{yd}} &= & \underline{\underline{3,99 \text{ cm}^2}}
 \end{aligned}$$

gew: 3 Æ 16 mit:

$$\begin{aligned}
 \text{Stabdurchmesser } d_s &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) &= & 16 \text{ mm} \\
 A_{s, \text{gew}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s^{\geq} erf_{As}) &= & 3 \text{ Æ } 16 \\
 \text{vorh}_{As} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s, \text{gew}}) &= & 6,03 \text{ cm}^2 \\
 erf_{As} / \text{vorh}_{As} & &= & \underline{\underline{0,66 < 1}}
 \end{aligned}$$

Berechnung rechter Kragarm:

$$\begin{aligned}
 M_{Edkr} &= g_G * M_{gkr} + g_Q * M_{qkr} &= & -123,31 \text{ kNm} \\
 d &= h - \text{nom_c} - a - d_{s1} / 2 &= & 0,482 \text{ m} \\
 z_{s1} &= d - h / 2 &= & 0,21 \text{ m} \\
 M_{Edkr,s} &= \text{ABS}(M_{Edkr}) &= & 123,31 \text{ kNm} \\
 m_{Edkr,s} &= \frac{M_{Edkr,s} * 10^{-3}}{b * d^2 * f_{cd}} &= & 0,111
 \end{aligned}$$

Aus Tabelle:

$$\begin{aligned}
 w &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmy"; } w; m=m_{Edkr,s}) &= & 0,118 \\
 erf_{As} &= \frac{w * d * b * f_{cd} * 10^4}{f_{yd}} &= & \underline{\underline{6,28 \text{ cm}^2}}
 \end{aligned}$$

gew: 5 Æ 14 mit:

$$\begin{aligned}
 \text{Stabdurchmesser } d_s &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } d_s;) &= & 14 \text{ mm} \\
 A_{s, \text{gew}} &= \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s^{\geq} erf_{As}) &= & 5 \text{ Æ } 14 \\
 \text{vorh}_{As} &= \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s, \text{gew}}) &= & 7,70 \text{ cm}^2 \\
 erf_{As} / \text{vorh}_{As} & &= & \underline{\underline{0,82 < 1}}
 \end{aligned}$$

Berechnung Feld:

$$M_{Edf,min} = M_{gfeld} + \frac{M_{Edkl} + M_{Edkr}}{2} = -42,41 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom_c} - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{Edf,min,s} = \text{ABS}(M_{Edf,min}) = 42,41 \text{ kNm}$$

$$m_{Edf,min,s} = \frac{M_{Edf,min,s} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,038$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmv"}; w; m=m_{Edf,min,s}) = 0,039$$

$$\text{erf_A}_s = \frac{w \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} \cdot 10^4}{f_{yd}} = \underline{\underline{2,08 \text{ cm}^2}}$$

gew: 2 Æ 14 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; ds;) = 14 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s^3 \text{erf_A}_s) = 2 \text{ Æ } 14$$

$$\text{vorh_A}_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,gew}) = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf_A}_s / \text{vorh_A}_s = \underline{\underline{0,68 < 1}}$$

$$M_{Edf,max} = g_G \cdot M_{gfeld} + g_Q \cdot M_{qfeld} + \frac{M_{gkl} + M_{gkr}}{2} = 193,60 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom_c} - a - d_{s1} / 2 = 0,482 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,21 \text{ m}$$

$$M_{Edf,max,s} = \text{ABS}(M_{Edf,max}) = 193,60 \text{ kNm}$$

$$m_{Edf,max,s} = \frac{M_{Edf,max,s} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,174$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecmv"}; w; m=m_{Edf,max,s}) = 0,193$$

$$\text{erf_A}_s = \frac{w \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} \cdot 10^4}{f_{yd}} = \underline{\underline{10,27 \text{ cm}^2}}$$

gew: 4 Æ 20 mit:

$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; ds;) = 20 \text{ mm}$$

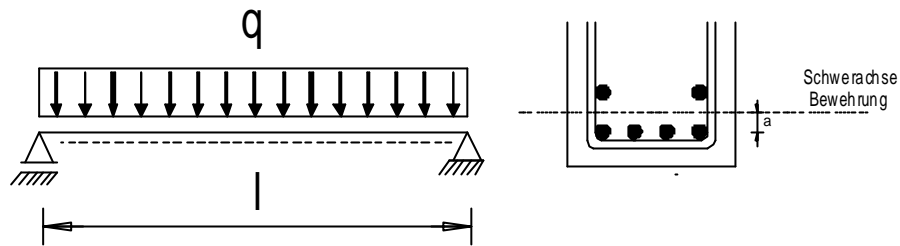
$$A_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s^3 \text{erf_A}_s) = 4 \text{ Æ } 20$$

$$\text{vorh_A}_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,gew}) = 12,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf_A}_s / \text{vorh_A}_s = \underline{\underline{0,82 < 1}}$$

Pos.: Einfeldträger:

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Trägerlänge $L =$	2,80 m
Querschnittsbreite $b =$	0,24 m
Querschnittshöhe $h =$	0,58 m
Schwerachse der Biegezugbewehrung $a =$	0,02 m
Voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s1} =$	0,025 m

Baustoffe:

Beton = GEW("Beton/EC"; Bez; $f_{ck} \text{ £} 50$)	=	C30/37
Stahl = GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$ TAB("Beton/EC"; f_{ck} ; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$ TAB("Bewehrung/BSt"; bs ; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} = f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$a_{cc} =$		1,00
$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²
$nom_c =$		0,035 m

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Belastung:

aus Eigengewicht: $b \cdot h \cdot 25$	=	3,48 kN/m
Attika: $b \cdot 1,35 \cdot 25$	=	8,10 kN/m
aus Pos. 201:		48,50 kN/m
	max $q_g =$	60,08 kN/m
Verkehr aus Pos1:		20,00 kN/m
Verkehr aus Pos2:		37,50 kN/m
	max $q_q =$	57,50 kN/m

Berechnung:

$$M_G = \frac{q_g \cdot L^2}{8} = 58,88 \text{ kNm}$$

$$M_Q = \frac{q_q \cdot L^2}{8} = 56,35 \text{ kNm}$$

Berechnung:

$$M_{Ed} = g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q = 164,01 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{nom}_c - a - d_{s1} / 2 = 0,512 \text{ m}$$

$$z_{s1} = d - h / 2 = 0,22 \text{ m}$$

$$M_{Ed,s} = \text{ABS}(M_{Ed}) = 164,01 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed,s} = \frac{M_{Ed,s} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0,130$$

Aus Tabelle:

$$w = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/Ecm"}; w; m=m_{Ed,s}) = 0,140$$

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{w \cdot d \cdot b \cdot f_{cd} \cdot 10^4}{f_{yd}} = \underline{\underline{7,91 \text{ cm}^2}}$$

gew: 2 Æ 25 mit:

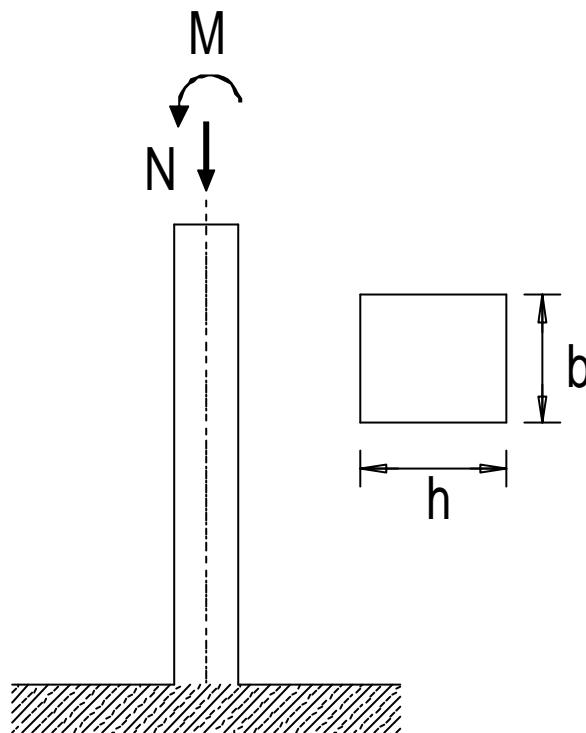
$$\text{Stabdurchmesser } d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; d_s;) = 25 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{gew}} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s^3 \text{erf}_{A_s}) = 2 \text{ Æ } 25$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"}; A_s; \text{Bez}=A_{s,\text{gew}}) = \underline{\underline{9,82 \text{ cm}^2}}$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,81 < 1}}$$

Pos.: Stahlbetonstütze mit Kopfmoment ohne Knickgefahr:
nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System:**

Stützenbreite $b =$		0,25 m
Stützendicke $h =$		0,75 m
voraussichtlicher Stabdurchmesser $d_{s1} =$		0,025 m
nom_c =		0,035 m
Betonquerschnitt $A_c =$	$b \cdot h \cdot 10^2$	= 18,75 cm ²

Bemessungsschnittgrößen: (Druckkraft negativ)

$N_{Ed} =$	-1980 kN
$M_{Ed} =$	563 kNm

Material:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez; fck£50)	=	C30/37
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$a_{cc} =$		=	1,00
$f_{cd} =$	$\frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{1,5}$	=	20,00 N/mm ²

Nachweis:

$$d_1 = \text{nom_c} + d_{s1} = 0,060 \text{ m}$$

$$d_1 / h = 0,080 \sim 0,1$$

$$V_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot 10^{-3}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = -0,528$$

$$m_{Ed} = \frac{\text{abs}(M_{Ed}) \cdot 10^{-3}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = 0,200$$

Ablesung aus Interaktionsdiagramm:

$$w_{tot} = 0,33$$

$$A_{s,tot} = w_{tot} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot 10^4 = 28,46 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \text{MAX}\left(\frac{0,13 \cdot \text{abs}(N_{Ed}) \cdot 10^{-3}}{f_{yd} \cdot 10^{-4}}; 0,0026 \cdot A_c\right) = 5,92 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{s,tot}}{A_{s,min}} = \underline{\underline{4,81 \geq 1}}$$

$$A_{s1} = A_{s,tot} / 2 = 14,23 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = A_{s,tot} / 2 = 14,23 \text{ cm}^2$$

gew.: 5 \AA 20 + 5 \AA 20

Minstdurchmesser Längsbew.

$$d_{s,min} = \text{WENN}(\text{MIN}(h;b) \cdot 10^2 \geq 20; 12; 10) = 12 \text{ mm}$$

$$d_{s1} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } ds; ds \geq d_{s,min}) = 20 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew1} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_{s1}; A_s \geq A_{s1}) = 5 \text{ \AA} 20$$

$$\text{vorh_}A_{s1} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez} = A_{s,gew1}) = 15,71 \text{ cm}^2$$

$$d_{s2} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } ds; ds \geq d_{s,min}) = 20 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew2} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s = d_{s2}; A_s \geq A_{s2}) = 5 \text{ \AA} 20$$

$$\text{vorh_}A_{s2} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; As; Bez} = A_{s,gew2}) = 15,71 \text{ cm}^2$$

$$\text{min_}d_{sl} = \text{MIN}(d_{s1}; d_{s2}) = 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{vorh_}A_{s,tot} = \text{vorh_}A_{s1} + \text{vorh_}A_{s2} = 31,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,tot} / \text{vorh_}A_{s,tot} = \underline{\underline{0,91 < 1}}$$

$$\text{min_}d_{sw} = 6,00 \text{ mm}$$

$$\text{min_}d_{sw} = 0,25 \cdot \text{min_}d_{sl} = 5,00 \text{ mm}$$

$$\text{min_}d_{sw} = 5,00 \text{ mm bei Betonstahlmatten}$$

Abstände Querbewehrung entlang der Stütze

$$s_{c1,tmax} = \text{MIN}(12 \cdot \text{min_}d_{sl}; 250; (\text{MIN}(b;h)) \cdot 10^3) \cdot 10^{-1} = 24 \text{ cm}$$

$$d_{sw} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } ds;) = 10,00 \text{ mm}$$

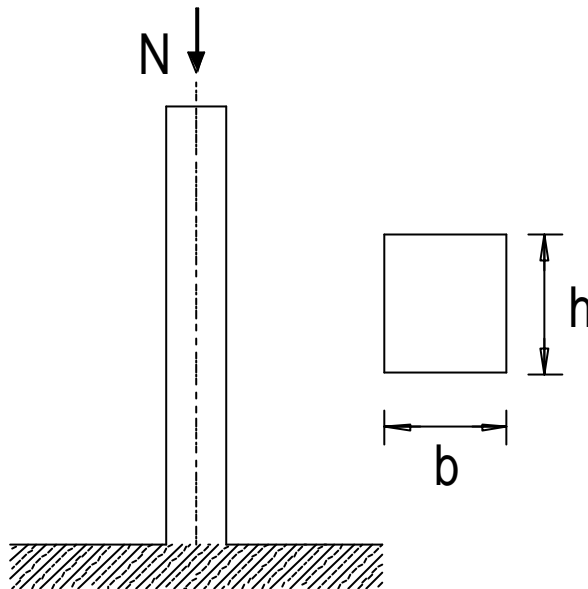
$$a_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s = d_{sw}; e \leq s_{c1,tmax}) = \text{\AA} 10 / e = 14$$

$$\text{vorh_}a_{sw} = 2 \cdot \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; as; Bez} = a_s) = 11,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Es sind nur geschlossene Bügel zulässig. Die Schlösser sind zu versetzen.

Pos.: Stahlbetonstütze ohne Knickgefahr (Zentrischer Druck):

nach EN 1992-1-1:2004 mit ÖNORM B 1992-1-1:2007

**System und Lasten**

Stützenbreite b =	0,25 m
Stützendicke h =	0,75 m
voraussichtliche Staddurchmesser d_{s1} =	2,50 cm
nom_c=	3,50 cm
Betonquerschnitt $A_c = b \cdot h$ =	0,188 m ²

Bemessungsschnittgrößen:

$$N_{Ed} = -2800 \text{ kN}$$

Material:

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez;)	=	C20/25
Stahl =	GEW("Bewehrung/BSt"; Bez;)	=	BSt 500
f_{ck} =	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
f_{yk} =	TAB("Bewehrung/BSt"; bs; Bez=Stahl)	=	500,00 N/mm ²
f_{yd} =	$f_{yk} / 1,15$	=	434,78 N/mm ²
$f_{tk,cal}$ =		=	525,00 N/mm ²
acc =		=	1,00
f_{cd} =	$\frac{f_{ck} \cdot a_{cc}}{1,5}$	=	13,33 N/mm ²
E_s =		=	200000 N/mm ²
g_s =		=	1,15

charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls für die Bemessung.

$$f_{td,cal} = \frac{f_{tk,cal}}{g_s} = 456,52 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis

Die Stahlspannung s_{sd} wird mit $e_s = e_{c2}$ aus der Stahlkennlinie ermittelt.

$$e_s = -2,00 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 2,174 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{su} = 25,00 \cdot 10^{-3}$$

$$s_{sd} = f_{yd} + \frac{e_s - e_{yd}}{e_{su} - e_{yd}} \cdot (f_{td,cal} - f_{yd}) = 430,80 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{s,tot} = \frac{N_{Ed} \cdot 10^{-3} + A_c \cdot f_{cd}}{s_{sd}} \cdot 10^4 \cdot (-1) = 6,82 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \text{MAX}\left(\frac{0,13 \cdot \text{abs}(N_{Ed}) \cdot 10^{-3}}{f_{yd}} \cdot 10^4 ; 0,0026 \cdot A_c \cdot 10^4\right) = 8,37 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} / A_{s,tot} = \underline{\underline{1,23 \text{ \textcircled{1}}}}$$

$$\text{erf}_{A_s} = \text{MAX}(A_{s,tot}; A_{s,min}) = \underline{\underline{8,37 \text{ cm}^2}}$$

gew.: 4 Æ 20

Minstdurchmesser Längsbew.

$$d_{sl,min} = \text{WENN}(\text{MIN}(h;b) \cdot 10^3 \geq 20; 12; 10) = 12 \text{ mm}$$

$$d_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; } ds; ds \geq d_{sl,min}) = 20 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s \geq \text{erf}_{A_s}) = 4 \text{ Æ } 20$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; } A_s; \text{Bez}=A_{s,gew}) = \underline{\underline{12,57 \text{ cm}^2}}$$

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0,67 < 1}}$$

Mindestbewehrung Bügel

$$\text{min}_{d_{sw}} = 6,00 \text{ mm}$$

$$\text{min}_{d_{sw}} = 0,25 \cdot d_{sl,min} = 3,00 \text{ mm}$$

$$\text{min}_{d_{sw}} = 5,00 \text{ mm bei Betonstahlmatten}$$

Abstände Querbewehrung entlang der Stütze

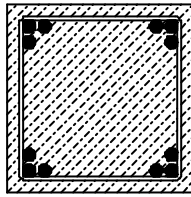
$$s_{c1,tmax} = \text{MIN}(12 \cdot d_{sl,min}; 250; (\text{MIN}(b;h)) \cdot 10^3) \cdot 10^{-1} = 14,40 \text{ cm}$$

$$d_{sw} = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } ds;) = 10,00 \text{ mm}$$

$$a_s = \text{GEW}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; Bez; } d_s=d_{sw}; e \leq s_{c1,tmax}) = \text{Æ } 10 / e = 14$$

$$\text{vorh}_{a_{sw}} = 2 \cdot \text{TAB}(\text{"Bewehrung/AsFläche"; } a_s; \text{Bez}=a_s) = 11,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Es sind nur geschlossene Bügel zulässig. Die Schlösser sind zu versetzen.

Rechteck-Stützendimensionierung nach ÖNORM B 4700**System:**

quadratischer Betonquerschnitt 48 cm / 48 cm
 $g_B = 25,00 \text{ kN/m}^3$
 $b = 48,00 \text{ cm}$
 $A_c = b \cdot b = 2304,00 \text{ cm}^2$
 Länge der Stütze $l = 5,30 \text{ m}$
 Länge des Ersatzstabes $l_0 = l \cdot 100 = 530,00 \text{ cm}$

gesucht:

Stützendimensionierung, erf_As

Belastung:

char. Wert der ständigen Einwirkung $N_{kG} = 2210,00 \text{ kN}$
 char. Wert der veränderlichen Einwirkung $N_{kQ} = 1190,00 \text{ kN}$

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez;) = C 25/30
 $f_{cd} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton; }) = 15,00 \text{ N/mm}^2$
 Baustahl BSt = GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
 $f_{yd} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"; f_{yd}; Bez=BSt; }) = 478,00 \text{ N/mm}^2$
 Elastizitätsmodul Stahl
 $E_s = 200000,00 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G = 1,35$
 $g_Q = 1,50$

Berechnung:

Für die Schlankheit der Stütze ergibt sich nach der Beziehung

$$l = l_0 / i$$

mit

Seitenlänge $s = b = 48,00 \text{ cm}$
 Fläche $A = s \cdot s = 2304,00 \text{ cm}^2$
 Trägheitsmoment Quadrat $I_{\text{Quadrat}} = s^4 / 12 = 442368,00 \text{ cm}^4$
 Trägheitsradius $i = \sqrt{I_{\text{Quadrat}} / A} = 13,86 \text{ cm}^2$

$$l = l_0 / i = \underline{38} > 25$$

$$l_0 = l_0 / 100 = 5,30 \text{ m}$$

$$s = s / 100 = 0,48 \text{ m}$$

$$N_{sd} = \gamma_G \cdot (N_{kG} + g_B \cdot s^2 \cdot l_0) + g_Q \cdot N_{kQ} = 4810 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 b &= b &= & 48,00 \text{ cm} \\
 h &= b &= & 48,00 \text{ cm} \\
 f_{cd} &= f_{cd}/10 &= & 1,50 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$n_d = N_{sd}/f_{cd}/b/h = 1,39$$

Unter der Voraussetzung $d/h=0,12$ ergibt sich für den Bewehrungswert ω_{tot}

$$\omega_{tot} = \text{TAB}(\text{"OENORM/omega_tot_d1zuegleich012"; omega_tot; nd=nd;}) = 0,76$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bedingung_2:} & & 15/\ddot{O}(n_d) & = & 12,7 \\
 l = & & l & & \underline{38 \Rightarrow \text{Bedingung_2}}
 \end{aligned}$$

Da der Wert von λ sowohl größer als 25 und auch größer als der Wert für die Bedingung_2 ist sind beim Nachweis der Tragsicherheit außer der Imperfektion auch die Stabverformungen infolge der Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen.

Gesamte rechnerische Ausmitte

$$e_{tot} = e_a + e_2 \geq h/10$$

Lastausmitte infolge Imperfektion

$$e_a = v \cdot l_0/2$$

mit

$$\begin{array}{ll}
 v & \dots \quad \alpha_n \cdot 1/200 \quad \text{Schiefstellung des Systems} \\
 \alpha_n & \dots \quad \ddot{O}(0,5 \cdot (1+1/n)) \quad \text{bei Einzelstütze } \alpha_n=1
 \end{array}$$

Lastausmitte infolge Systemverformung (Theorie II. Ordnung bei Schlankheit $l < 140$)

$$e_2 = k \cdot h \cdot (l/100)^2$$

mit

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd}/E_s$$

$$\begin{array}{ll}
 k_1 = 0 & \text{für } l < 15 \\
 k_1 = 1/20 - 0,75 & 15 \leq l < 35 \\
 k_1 = 1 & l > 35
 \end{array}$$

wenn $w_{tot} < 2$, d.h. wenn Bewehrungsgrad weniger als 4% beträgt kann k_2 nach folgender Beziehung ermittelt werden

$$k_2 = 2 - n_d/1,6 \leq 1$$

aus obigen Formeln gilt zunächst

$$\begin{aligned}
 \alpha_n &= & & 1,00 \\
 v &= \alpha_n \cdot 1/200 & = & 0,005 \\
 l_0 &= l_0 \cdot 100 & = & 530,00 \text{ cm} \\
 e_a &= n \cdot l_0/2 & = & 1,325 \text{ cm} \\
 k_1 &= \text{WENN}(l > 35; 1; \text{WENN}(l < 15; 0; 1/20 - 0,75)) & = & 1,000 \\
 k_2 &= (2 - n_d)/1,6 & = & 0,381 \\
 k &= k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd}/E_s & = & 0,2094 \text{ N/mm}^2 \\
 e_2 &= k \cdot h \cdot (l/100)^2 & = & 1,451 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Es folgt die gesamte rechnerische Ausmitte etot

$$h_{10} = \frac{h}{10} = 4,80 \text{ cm}$$

$$e_{\text{tot}} = e_a + e_2 = \underline{2,776} < h_{10}$$

Bewehrung:

$$f_{yd} = f_{yd}/10 = 47,80 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_s = w_{\text{tot}} * f_{cd} / f_{yd} * b * h = 54,9 \text{ cm}^2$$

Mindestbewehrung

$$A_{s,\text{min},1} = 0,15 * N_{sd} / f_{yd} = 15,09 \text{ cm}^2$$

oder

$$A_{s,\text{min},2} = 0,0028 * A_c = 6,45 \text{ cm}^2$$

$$\text{Mindestbewehrungsfläche } A_{s\text{min}} = \text{MIN}(A_{s,\text{min},1}; A_{s,\text{min},2}) = 6,45 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{min}} / A_s = \underline{0.12} \leq 1$$

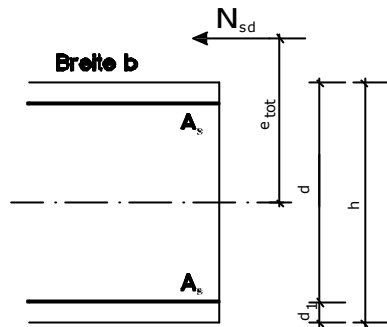
Bewehrung gewählt:

$$\text{vorh_As: } 4 * (26^2 * \pi / 4) / 100 + 8 * (24^2 * \pi / 4) / 100 = 57,43 \text{ cm}^2$$

gewählt 4 \AA 26 + 8 \AA 24 , 4 Bü \AA 8 / m

Biegung mit Druck, Rechteckbalkenquerschnitt

(ÖN B 4700, Nomogrammablesung aus Bewehrungsatlas 2002 [Fritsche, Blasy])



System:

h = 0,40 m
 b = 0,25 m
 Randabstand d_1 = 0,072 m

gesucht:

Bewehrungsquerschnitt As1 bzw. As2
 Nulllinienabstand x

Belastung:

char. Wert der ständigen Einwirkung N_{kG} = 950,00 kN
 char. Wert der veränderlichen Einwirkung N_{kQ} = 558,00 kN
 char. Wert der ständigen Einwirkung M_{kG} = 100,00 kN
 char. Wert der veränderlichen Einwirkung M_{kQ} = 94,00 kN

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez;) = C 35/45
 f_{cd} = TAB("ÖNORM/B4710-1"; f_{cd} ; BetonBez=Beton;) = 22,50 N/mm²
 Baustahl BSt = GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
 f_{yd} = TAB("ÖNORM/BauStahl"; f_{yd} ; Bez=BSt;) = 478,00 N/mm²
 Elastizitätsmodul Stahl
 E_s = 200000,00 N/mm²

Sicherheitsbeiwerte:

g_G = 1,35
 g_Q = 1,50

Berechnung:

Nutzhöhe d = h - d_1 = 0,328 m
 M_{Sd} = $\gamma_G \cdot M_{kG} + g_Q \cdot M_{kQ}$ = 276,000 kNm
 M_{Sd} = $M_{Sd} / 1000$ = 0,276 MNm
 N_{Sd} = $\gamma_G \cdot N_{kG} + g_Q \cdot N_{kQ}$ = 2119,500 kN
 N_{Sd} = $N_{Sd} / 1000$ = 2,119 MN

Bemessungsgrenze für ω_{max}

$$\omega_{max} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"}; \omega_{max}; \text{Stahl=BS}) = 0,481$$

$$n_d = N_{Sd}/b/d/f_{cd} = 1,15$$

Da $n_d > \omega_{max}$ sind die Diagramme aus dem Bewehrungsatlas 2002 anzuwenden

Eingangswerte für Diagramm

$$\text{bezogene Druckkraft } v_0 = N_{Sd}/(b \cdot h \cdot f_{cd}) = 0,94$$

$$\text{bezogenes Moment } \mu_0 = M_{Sd}/(b \cdot h^2 \cdot f_{cd}) = 0,307$$

Diagramm Nr. 4.3.7 Bemessung für ausmittigen Druck aus Bewehrungsatlas 2002

$$d_1 / h = 0,18$$

▷ aufrunden d_1/h auf 0,20 m

$$\text{▷ Bewehrungsgrad } r_{0,tot} = 0,034$$

Stahldehnung (informativ)

$$\text{▷ } e_s = 0,0005$$

symmetrische Bewehrung (As1 + As2)

$$b = b \cdot 100 = 25 \text{ cm}$$

$$h = h \cdot 100 = 40 \text{ cm}$$

$$A_{s,tot} = \rho_{0,tot} \cdot (f_{cd}/15) \cdot b \cdot h = 51,00 \text{ cm}^2$$

$$ds_{gew} = 25 \text{ mm}$$

für die erste Lage

$$gew_1 = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; ds=ds_{gew}; As > (As_{tot}/2)) = 6 \text{ \AA } 25$$

$$vorh_{As_1} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; As; \text{Bez}=gew_1) = 29,45 \text{ cm}^2$$

für die zweite Lage

$$gew_2 = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; ds=ds_{gew}; As > (As_{tot}/2)) = 6 \text{ \AA } 25$$

$$vorh_{As_2} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; As; \text{Bez}=gew_2) = 29,45 \text{ cm}^2$$

zweilage Gesamtbewehrung

$$vorh_{As} = vorh_{As_1} + vorh_{As_2} = 58,90 \text{ cm}^2$$

zulässige Maximalbewehrung $\rho_{0,max} = 0,08$ (Diagramm 4.3.7, Bewehrungsatlas 2002)

$$r_{0,vorh} = \frac{vorh_{As}}{b \cdot h} = \underline{0,059 < 0,08}$$

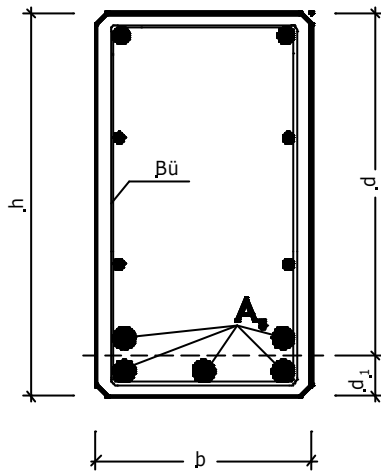
gew: 2 x 5 \AA 25 (zweilagig)

Nulllinienabstand x

$$e_c = 0,0035$$

$$d = d \cdot 100 = 32,80 \text{ cm}$$

$$x = \frac{e_c}{(e_s + e_c)} \cdot d = 28,70 \text{ cm}$$

Rechteckquerschnitt As**Vorwerte:**

Querschnittsbreite $b =$ 0,30 m
 Nutzhöhe $d =$ 0,65 m

Belastung:

Gebrauchsmoment $M =$ 350,00 kNm
 Moment aus Eigengewicht $M_G =$ 0,65 * $M =$ 227,50 kNm
 Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$ 0,35 * $M =$ 122,50 kNm

Baustoffe:

Beton = B 40
 $f_{cd} =$ $10^{-1} * \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton;}) =$ 2,00 kN/cm²
 Betonstahl BSt = BSt 420
 $f_{yd} =$ $10^{-1} * \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt}) =$ 36,50 kN/cm²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$ 1,15
 $g_G =$ 1,35
 $g_Q =$ 1,50

gesucht:

erforderliche Bewehrung As
 Bauteilhöhe h

Berechnung:

Bemessungswert des Biegemomentes
 $M_{Sd} =$ $g_G * M_G + g_Q * M_Q =$ 490,9 kNm

bezogenes Moment μ_d

$d =$ $d * 10^2 =$ 65,0 cm

$\mu_d =$ $M_{Sd} / (b * d^2 * f_{cd}) =$ 0,194

$\mu_{dmax} =$ $\text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } \mu_d; \text{ Stahl=BSt;}) =$ 0,387

$m_d / m_{dmax} =$ 0,501 < 1,0

⊢ Betondruckzone ausreichend

erforderliche Bewehrung A_s

$$\begin{aligned}\zeta &= (1 + \sqrt{1 - 2,055 \cdot \mu d}) / 2 &= & 0,888 \\ d &= d / 100 &= & 0,65 \text{ m} \\ A_s &= M_{Sd} / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) &= & 23,30 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$ds_{\text{gew}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{gew} &= \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } ds_{\text{gew}}; A_s > A_s) &= & 5 \text{ \AA } 25 \\ \text{vorh}_{A_s} &= \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{Bez=gew}) &= & 24,54 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Platzdurchmesser } d_p = (1,2 \cdot ds_{\text{gew}}) \cdot 10^{-1} = 3,0 \text{ cm}$$

⇒ Anordnung der Bewehrung in 2 Lagen (3 Stäbe + 2 Stäbe)

Abstand von der Schwerachse e

$$e = (\sum A_{s_i} \cdot e_i) / \sum A_{s_i}$$

$$A_{s1} = (ds_{\text{gew}} / 10)^2 \cdot p / 4 = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = (ds_{\text{gew}} / 10)^2 \cdot p / 4 = 4,91 \text{ cm}^2$$

$$e_1 = (ds_{\text{gew}} / 10) / 2 = 1,25 \text{ cm}$$

$$e_2 = 2 \cdot (ds_{\text{gew}} / 10) \cdot (ds_{\text{gew}} / 10) / 2 = 6,25 \text{ cm}$$

$$e = (A_{s1} + e_1 + A_{s2} \cdot e_2) / (A_{s1} + A_{s2}) = 3,75 \text{ cm}$$

Betondeckung (im Gebäudeinneren)

$$c = d_p = 3,00 \text{ cm}$$

Bügeldurchmesser

$$d_{s,\text{Bü}} = 1,00 \text{ cm}$$

$$d = d \cdot 100 = 65,00 \text{ cm}$$

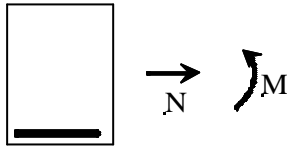
gesamte Querschnittshöhe h_{min}

$$h_{\text{min}} = d + c + d_{s,\text{Bü}} \cdot e = 71,75 \text{ cm}$$

⇒ Bauteilhöhe = 72 cm

**gew: 5 \AA 25 in
zwei Lagen**

$$A_s / \text{vorh}_{A_s} = \underline{\underline{0.95 < 1}}$$

Rechteckquerschnitt: Biegemoment und Druckkraft, As1:**gegeben:**

Rechteckquerschnitt, Beanspruchung durch Biegemoment und Druckkraft

Querschnittsbreite $b =$	0,30 m
Querschnittshöhe $h =$	0,75 m
$d_{1_est} =$	0,10 m
$d =$	0,65 m
Stabdurchmesser gew. $d_s =$	20,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G =$	227,50 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$	122,50 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht $N_G =$	325,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last $N_Q =$	175,00 kN

Baustoffe:

Beton =		B 40
$f_{cd} =$ TAB("ÖNORM/B4710-1";fcd;BetonBez_B4700=Beton;)	=	20,00 N/mm ²
Betonstahl BSt =		BSt 550
$f_{yk} =$ TAB("ÖNORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt)	=	550,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

gesucht:

Erforderliche Hauptbewehrung As1

Berechnung:

$f_{yd} =$	$(f_{yk}/g_s) \cdot 10^{-1}$	=	47,8 kN/cm ²
$N_{Sd} =$	$g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q$	=	701,3 kN
$M_{Sd} =$	$g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q$	=	490,9 kNm

planmäßige Exzentrizität

$e_0 =$	M_{Sd}/N_{Sd}	=	0,70 m
halbe Bauteilhöhe $h_h =$	$h/2$	=	0,38 m
$e_0 =$	e_0	=	0,70 > h_h

⇒ es liegt eine große Ausmitte vor

für Biegung mit Zug

$s_1 =$	$h/2 - d_{1_est}$	=	0,28 m
$M_{s1} =$	$M_{Sd} + N_{Sd} \cdot s_1$	=	687,26 m

dafür ergibt sich mittels Lösung über Bemessungstabelle

$$\gamma_{\min} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"}; \gamma_{\min}; \text{Stahl=BSSt}) = 1,662$$

Eingangswert für Tabelle

$$\gamma = \frac{d}{\sqrt{((M_{s1}/1000)/b/f_{cd})}} = 1,92 > \gamma_{\min}$$

⇒ γ_{\min} entspricht der vollen Ausnützung der Betondruckzone, somit ist hier die Druckzone ausreichend

$$e_c = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"}; e_c; \gamma=\gamma) = 3,500 \text{ ‰}$$

$$e_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"}; e_s; \gamma=\gamma) = 5,193 \text{ ‰}$$

$$z = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"}; z; \gamma=\gamma) = 0,832 \text{ ‰}$$

$$A_{s1} = (M_{s1}/z/d/f_{yd}) - (N_{sd}/f_{yd}) = 11,91 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; d_s=d_s; A_s>A_{s1}) = 4 \text{ \AE 20}$$

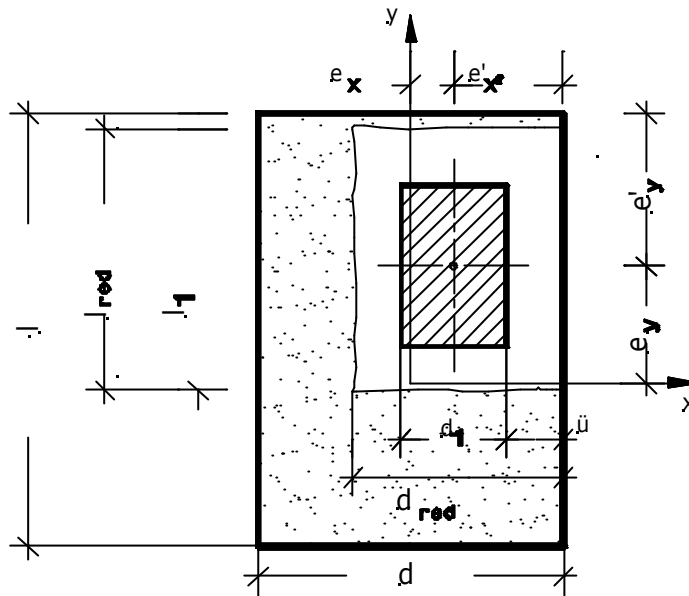
$$\text{vorh_A}_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; A_s; \text{Bez}=\text{gew}) = 12,57 \text{ cm}^2$$

gew: 4 \AE 20 , einlagig

⇒ geschätzte Größe von $d1_{\text{est}}$ (0,10 m) ist ausreichend

$$A_{s1} / \text{vorh_A}_s = \underline{0,95 < 1}$$

Spaltzugbewehrung - Lagerplatte



System:

Lagerplatte d1/l1	
$d_1 =$	0,20 m
$l_1 =$	0,30 m
Lagersockel d/l	
$d =$	0,50 m
$l =$	1,00 m
$\ddot{u} =$	0,09 m

gesucht:

- a.) ob zul. Bemessungswerte der Betonspannungen im Lagersockel bei Teilflächenbelastung eingehalten werden
- b.) Größe der Spaltzug-, Randzug- und sekundären Spaltzugbewehrung

Belastung:

exzentrische Belastung $N_{sd} =$	1980 kN
$e_x =$	0,06 m
$e_x' =$	0,19 m
$e_y =$	0,23 m
$e_y' =$	0,27 m
$l_{red} =$	0,48 m
$d_{red} =$	0,38 m

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez;)	=	C 35/45
$f_{cd} =$	TAB("ÖNORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;)	=	22,50 N/mm ²
Baustahl BSt =	GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
$f_{yd} =$	TAB("ÖNORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt;)	=	478,00 N/mm ²
Elastizitätsmodul Stahl			
$E_s =$			200000,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$$g_G = 1,35$$

$$g_Q = 1,50$$

Berechnung:ad a.) Teilflächenpressung

$$A = d \cdot l = 0,50 \text{ m}^2$$

$$d_{\text{red}} = 2 \cdot e_x' = 0,38 \text{ m}$$

$$l_{\text{red}} = l_1 + 2 \cdot \ddot{u} = 0,48 \text{ m}$$

$$A_{\text{red}} = d_{\text{red}} \cdot l_{\text{red}} = 0,182 \text{ m}^2$$

$$A_1 = d_1 \cdot l_1 = 0,060 \text{ m}^2$$

$$f_{\text{cd}} = f_{\text{cd}} \cdot 10^3 = 22500,00 \text{ kN/m}^2$$

Bemessungswert der Teilflächenpressung

$$f_{1,\text{cd}} = \ddot{O}(A_{\text{red}}/A_1) \cdot f_{\text{cd}} \leq 3,30 \cdot f_{\text{cd}}$$

$$f_{1,\text{cd}} = \ddot{O}(A_{\text{red}}/A_1) \cdot f_{\text{cd}} = 39187,05 \text{ kN/m}^2$$

$$3,30 \cdot f_{\text{cd}} = 74250,00 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{1,\text{cd}} / (3,30 \cdot f_{\text{cd}}) = \underline{\underline{0,52}}$$

$$\text{vorh}_{f_1} = N_{\text{sd}} / A_1 = 33000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{vorh}_{f_1} / f_{1,\text{cd}} = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

ad b.) Bewehrung

$$Z = 0,3 \cdot N_{\text{sd}} \cdot (1 - d_1/d_{\text{red}}) = 281,4 \text{ kN}$$

$$Z_{\text{Rx}} = N_{\text{sd}} \cdot (e_x/d - 1/6) = -92,4 \text{ kN}$$

$$Z_{\text{Ry}} = N_{\text{sd}} \cdot (e_y/l - 1/6) = 125,4 \text{ kN}$$

$$Z_{\text{s2}} = 0,3 \cdot Z_{\text{Ry}} = 37,6 \text{ kN}$$

$$f_{\text{yd}} = f_{\text{yd}} / 10 = 47,8 \text{ kN}$$

Spaltzugbewehrung in x- und y-Richtung einlegen

$$a_{\text{sZ}} = Z / f_{\text{yd}} = 5,9 \text{ cm}^2$$

Randzugbewehrung in y-Richtung

$$a_{\text{sRy}} = Z_{\text{Ry}} / f_{\text{yd}} = 2,6 \text{ cm}^2$$

sekundäre Spaltzugbewehrung

$$a_{\text{sZ2}} = Z_{\text{s2}} / f_{\text{yd}} = 0,8 \text{ cm}^2$$

Verankerung eines geraden Bewehrungsstabes / gesucht l_b und $l_{b,erf}$

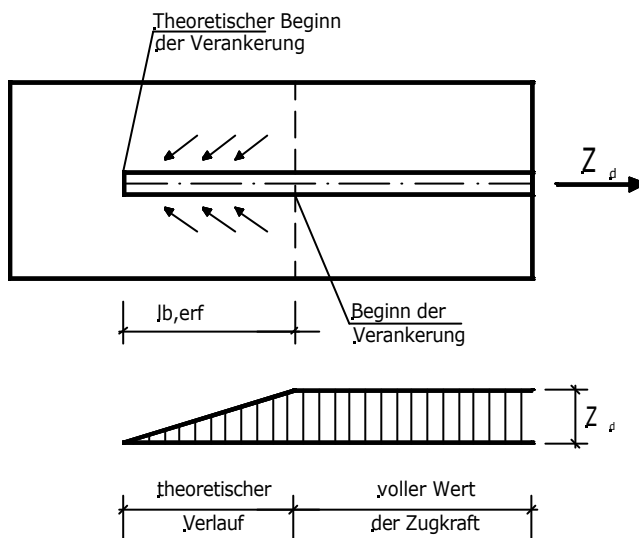
geg.: Rippenstahl BSt 550, $\bar{A} \ 30$
 Betonfestigkeitsklasse B 30 bzw. C25//30
 Verankerung durch ein gerades Stabende, Beanspruchung auf Zug,
 Annahme: Ausnutzung des Stahls mit 85% an der Verankerungsstelle

$A_{s,erf} / A_{s,vorh} = 0,85$

Anmerkung:a

$A_{s,erf}/A_{s,vorh}$ wird im Rahmen dieses Beispiels mit A_{ausn} bezeichnet

$A_{ausn} = 0,85$



- ges.: 1.) Grundmaß der Verankerungslänge l_b für Verbundbereich I
 2.) erforderliche Verankerungslänge $l_{b,erf}$

Grundmaß der Verankerungslänge l_b für Verbundbereich I

Betongüte = GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez;) = C 25/30

$d_s = 30,00 \text{ mm}$

$d_s = 30,00 \text{ } \bar{A} 30$

da obige Bedingung mit $d_s \bar{A} 30 \text{ mm}$ erfüllt ist, wird Verbundfestigkeit für Rippenstahl mit $d_s \bar{A} 30 \text{ mm}$ der Tabelle entnommen:

$f_{bd} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/fbd"; fbd_RiS; Beton=Betongüte;}) = 2,70 \text{ N/mm}^2$

Baustahl = GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550

$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"; fyd; Bez=Baustahl;}) = 478,00 \text{ N/mm}^2$

$l_b = (d_s/4 * f_{yd}/f_{bd})/1000 = 1,33 \text{ m}$

Erforderliche Verankerungslänge $l_{b,erf}$

$$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{s,erf}/A_{s,vorh}$$

mit

$\alpha_a = 1,0$ Verankerung von Druckstäben und Zugstäben mit geraden Stabenden

$\alpha_a = 0,7$ Verankerung von Zugstäben durch Endhaken, Winkelhaken oder Schlaufen, wenn

- die Betondeckung rechtwinkelig zur Krümmungsebene im Bereich dieser Verankerungselemente wenigstens $3*d_s$ beträgt, oder
- ein Querdruck vorhanden ist, der mind. 4 bis 8 N/mm² beträgt, oder
- zur Aufnahme der Spaltzugkräfte eine entsprechende Verbügelung angeordnet wird.

Bei Fehlen dieser Voraussetzungen gilt $\alpha_a=1.0$

Werden bei Zugstäben oder bei Druckstäben mit geraden Stabenden im Bereich der Verankerungslänge $l_{b,erf}$ Querstäbe angeschweißt, dürfen die vorstehenden Zahlenwerte von α_a mit dem Faktor 0,7 multipliziert werden.

vorhanden: gerades Stabende, somit $\alpha_a = 1,0$

$\alpha_a = \text{GEW}(\text{"OENORM/alpha_a"; alpha_a;}) = 1,00$

Anmerkung:

$A_{s,erf}/A_{s,vorh}$ wird im Rahmen dieses Beispielen mit A_{ausn} bezeichnet

$l_{b,erf} = a_a * l_b * A_{ausn} = 1,13 \text{ m}$

folgende Bedingungen sind zu erfüllen, wobei der größte Wert maßgebend ist:

$l_{b,erf} \geq 0,3 * l_b$ bei Zugstäben

$l_{b,erf} \geq 0,6 * l_b$ bei Druckstäben

$l_{b,erf} \geq 10 * d_s$

$l_{b,erf} \geq 10 \text{ cm}$

Anmerkung:

Für die Bedingung $l_{b,erf} \geq 10 * d_s$ wird in diesem Beispiel der rechte Term mit dem Variablennamen

ZehnMal_ds bezeichnet:

$ZehnMal_ds = 10 * d_s / 1000 = 0,30 \text{ m}$

$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{ausn} = 1,13 \geq 0,3 * l_b$

$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{ausn} = 1,13 \geq 0,6 * l_b$

$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{ausn} = 1,13 \geq ZehnMal_ds$

$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{ausn} = \underline{1,13 \geq 0,01}$

maßgebender Wert der Bedingungen

$Wert_maßgbd = \text{MAX}(0,3 * l_b; 0,6 * l_b; ZehnMal_ds; 0,01) = 0,80 \text{ m}$

$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{ausn} = 1,13 \geq Wert_maßgbd$

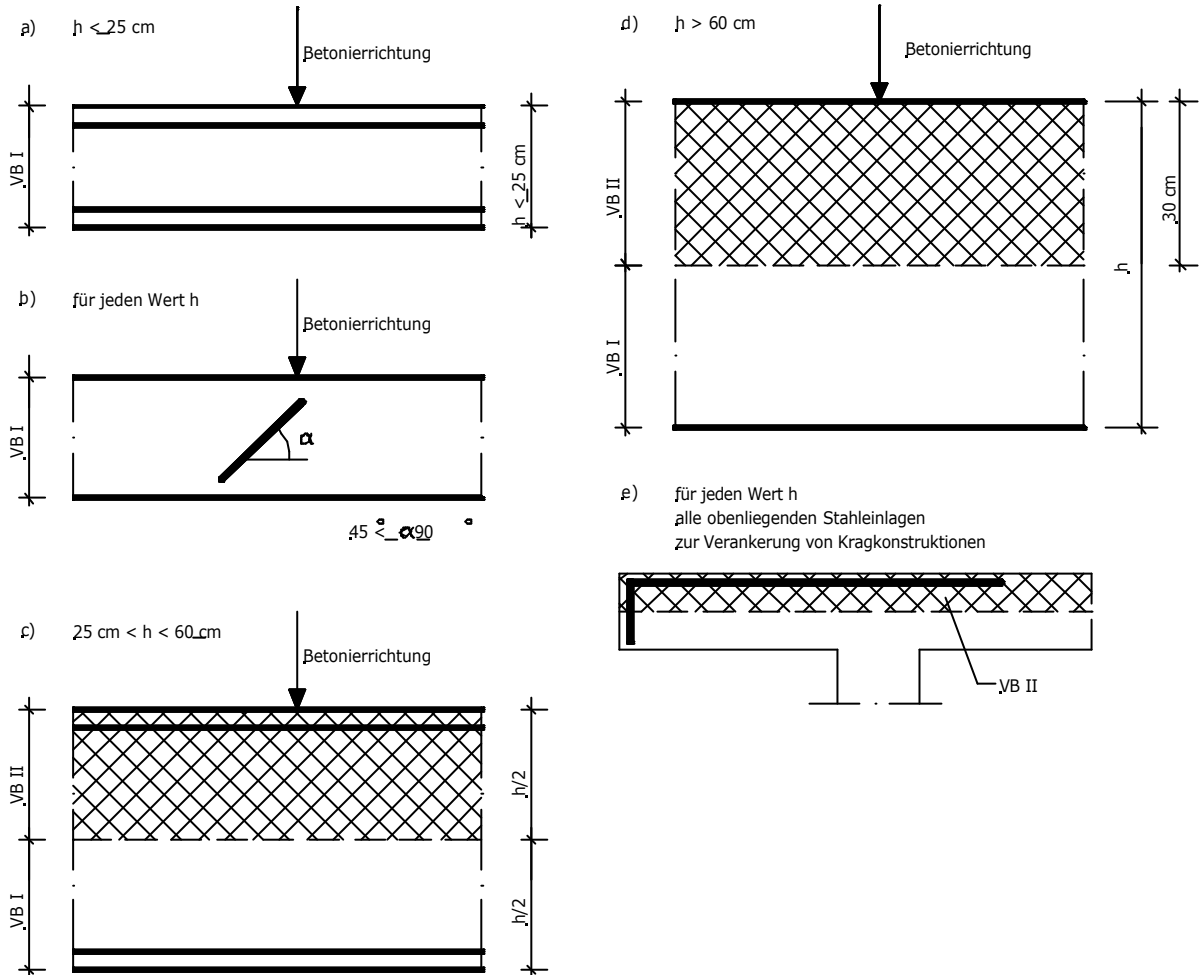
Sämtliche Bedingungen für die erforderliche Verankerungslänge werden erfüllt.

Abminderung bei Querdruck:

Bei direkter Lagerung und unter Lastplatten von Konsolen darf der Wert für $l_{b,erf}$ auf 2/3 abgemindert werden, falls die gesamte Verankerungslänge im Bereich des Querdruckes liegt (letzteres ist bei stehenden End- und Winkelhaken nicht gewährleistet).

Verankerungslänge lt. OENORM B 4700

Verbundbereiche I und II



Eingangswerte:

Betongüte = GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez;) = C 35/45

Rippenstahl:

Baustahl = GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550

vorhandener Querdruck $p = 20,00 \text{ N/mm}^2$

$A_{s,vorh} = 42,40 \text{ cm}^2$

$A_{s,erf} = 20,20 \text{ cm}^2$

Stabdurchmesser $d_s = 25,00 \text{ mm}$

Teilsicherheitsbeiwert $g_c = 1,50$

Abminderung bei Querdruck lt. ÖNORM B 4700:

Bei direkter Lagerung oder unter Lastplatten von Konsolen darf der ermittelte Wert für $l_{b,erf}$ auf 2/3 abgemindert werden, falls die gesamte Verankerungslänge im Bereich des Querdrucks liegt. Bei Bewehrungsmatten oder wenn der Querdruck durch den Beiwert zur Berücksichtigung der Verankerungsart (α_a) ermittelt wurde, ist eine weitere Abminderung nicht zulässig.

Grundmaß der Verankerungslänge l_b im Verbundbereich I

ad Stabdurchmesser

$$d_s = 25,00 \text{ } \& \text{ } 30,00$$

da obige Bedingung mit $d_s \& \text{ } 30 \text{ mm}$ erfüllt ist, wird Verbundfestigkeit für Rippenstahl mit $d_s \& \text{ } 30 \text{ mm}$ der Tabelle entnommen:

$$f_{bd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/fbd"; fbd_RiS; Beton=Betongüte;}) = 3,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Baustahl} = \text{GEW}(\text{"OENORM/BauStahl"; Bez;}) = \text{BSt 550}$$

$$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=Baustahl;}) = 478,00 \text{ N/mm}^2$$

$$l_b = (d_s/4 * f_{yd}/f_{bd})/1000 = 0,93 \text{ m}$$

Erforderliche Verankerungslänge $l_{b,erf}$

$$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{s,erf}/A_{s,vorh}$$

mit

$$\alpha_a = 1,0 \quad \text{Verankerung von Druckstäben und Zugstäben mit geraden Stabenden}$$

- $\alpha_a = 0,7$ Verankerung von Zugstäben durch Endhaken, Winkelhaken oder Schlaufen, wenn
- die Betondeckung rechtwinkelig zur Krümmungsebene im Bereich dieser Verankerungselemente wenigstens $3*d_s$ beträgt, oder
 - ein Querdruck vorhanden ist, der mind. 4 bis 8 N/mm² beträgt, oder
 - zur Aufnahme der Spaltzugkräfte eine entsprechende Verbügelung angeordnet wird.
- Bei Fehlen dieser Voraussetzungen gilt $\alpha_a=1.0$

Werden bei Zugstäben oder bei Druckstäben mit geraden Stabenden im Bereich der Verankerungslänge $l_{b,erf}$ Querstäbe angeschweißt, dürfen die vorstehenden Zahlenwerte von α_a mit dem Faktor 0,7 multipliziert werden.

vorhanden: gerades Stabende, somit $\alpha_a = 1,0$

$$\alpha_a = \text{GEW}(\text{"OENORM/alpha_a"; alpha_a;}) = 1,00$$

$$l_{b,erf} = \alpha_a * l_b * A_{s,erf}/A_{s,vorh} = 0,44 \text{ m}$$

folgende Bedingungen sind zu erfüllen, wobei der größte Wert maßgebend ist:

$$l_{b,erf} \leq 0,3 * l_b \text{ bei Zugstäben}$$

$$l_{b,erf} \leq 0,6 * l_b \text{ bei Druckstäben}$$

$$l_{b,erf} \leq 10 * d_s$$

$$l_{b,erf} \leq 10 \text{ cm}$$

Anmerkung:

Für die Bedingung $l_{b,erf} \geq 10 \cdot d_s$ wird im Rahmen dieser Vorlage der rechte Term mit dem Variablennamen ZehnMal_ds bezeichnet:

$$ZehnMal_ds = 10 \cdot d_s / 1000 = 0,25 \text{ m}$$

$$l_{b,erf} = \alpha_a \cdot l_b \cdot A_{s,erf} / A_{s,vorh} = 0,44 \geq 0,3 \cdot l_b$$

$$l_{b,erf} = \alpha_a \cdot l_b \cdot A_{s,erf} / A_{s,vorh} = 0,44 \geq 0,6 \cdot l_b$$

$$l_{b,erf} = \alpha_a \cdot l_b \cdot A_{s,erf} / A_{s,vorh} = 0,44 \geq ZehnMal_ds$$

$$l_{b,erf} = \alpha_a \cdot l_b \cdot A_{s,erf} / A_{s,vorh} = \underline{0,44 \geq 0,01}$$

maßgebender Wert obiger Bedingungen für $l_{b,erf}$

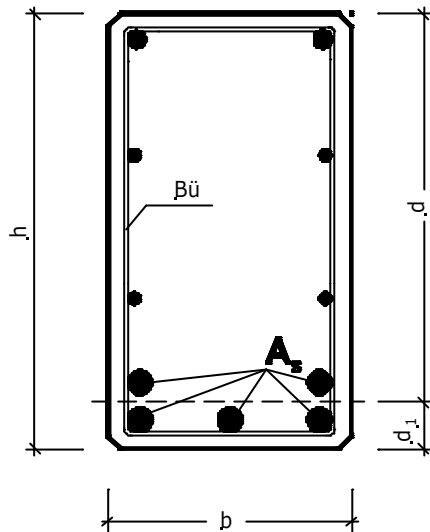
$$l_{b,erf_maßgebend} = \text{MAX}(0,3 \cdot l_b; 0,6 \cdot l_b; ZehnMal_ds; 0,01) = 0,56 \text{ m}$$

$$l_{b,erf} = \alpha_a \cdot l_b \cdot A_{s,erf} / A_{s,vorh} = 0,44 \geq l_{b,erf_maßgebend}$$

Bei direkter Lagerung:

$$l_{b,erf} = 2/3 \cdot l_b = \underline{0,29 \text{ cm}}$$

Bemessungswert des Biegemomentes MSd
(Rechteckquerschnitt)



gegeben:

Rechteckquerschnitt im Bauteilinneren

Querschnittsbreite $b = 35,00 \text{ m}$
 Querschnittshöhe $h = 50,00 \text{ cm}$

Bügel $\varnothing 10 \text{ mm}$
 $d_{b\ddot{u}} = 10 \text{ mm}$

Stahleinlage 5 $\varnothing 24$
 Anz_Stäbe = 5
 $d_s = 24 \text{ mm}$

Baustoffe:

Beton = B 40
 Betonstahl BSt = BSt 500
 $f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton;}) = 2,00 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt}) = 43,50 \text{ KN/cm}^2$

gesucht:

aufnehmbares Biegemoment MSd

Berechnung:

Bewehrungsquerschnitt
 $A_s = \text{Anz_Stäbe} \cdot ((d_s/10)^2 \cdot p / 4) = 22,62 \text{ cm}^2$

Platzdurchmesser
 $d_p = 1,2 \cdot d_s / 10 = 2,9 \text{ cm}$

Betondeckung innen
 $c = 2,5 \text{ cm}$

statische Nutzhöhe
 $d = (h - c - d_{b\ddot{u}}) / 10 - d_p / 2 = 45 \text{ cm}$

Bewehrungswert

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} = 0,3124$$

für eine **voll ausgenützte Druckzone** mit $\varepsilon_{cr}=3,5$ ‰ ergibt sich nach Valentin/Kidery (Stahlbetonbau, 10. Aufl., Manz)

$$\Rightarrow \kappa = 0,810$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,416$$

damit ergibt sich

$$\xi_{max} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"; ksi_max; Stahl=BSt}) = 0,617$$

$$\xi = \frac{\omega}{\kappa} = \mathbf{0,3857} < \xi_{max}$$

$$\zeta = (1 - \xi \cdot \lambda) = 0,8395$$

$$\mu_d = \kappa \cdot \zeta \cdot \xi = 0,2623$$

Bemessungswerte des Biegemomentes

$$M_{Sd} = \mu_d \cdot (b/100) \cdot d^2 \cdot f_{cd} = \mathbf{371,8 \text{ kNm}}$$

Alternative Lösung mit Hilfe von Tabellenwerten

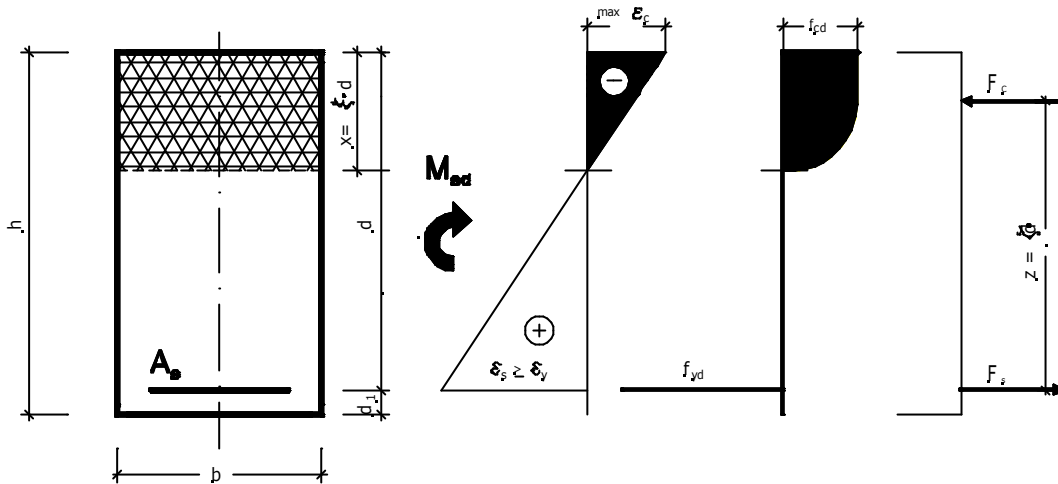
$$\xi = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; xi; } \omega = \omega) = 0,386$$

$$\zeta = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; zeta; } \omega = \omega) = 0,839$$

$$\gamma = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; gamma; } \omega = \omega) = 1,95358$$

$$M_{Sd} = 10^{-2} \cdot (d/\gamma)^2 \cdot b \cdot f_{cd} = \mathbf{371,4 \text{ kNm}}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt kd:
(ohne Druckbewehrung)



geg.:

Querschnittsbreite $b =$	0,25 m
Querschnittshöhe $h =$	0,60 m
Stabdurchmesser gew. $d_s =$	20,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G =$	222,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$	0,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht $N_G =$	130,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last $N_Q =$	0,00 kN

Baustoffe:

Beton =		C 25/30
$f_{cd} =$	TAB("OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton)	= 15,00 MN/m ²
Betonstahl BSt =		BSt 550
$f_{yk} =$	TAB("OENORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt)/10	= 55,00 kN/cm ²
$f_{yd} =$	TAB("OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt)/10	= 47,80 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

gesucht:

Bewehrungsquerschnitt A_s

Berechnung:

$f_{yd} =$	f_{yk}/g_s	=	47,83 kN/cm ²
$N_{sd} =$	$g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q$	=	175,50 kN
$M_{sd} =$	$g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q$	=	299,70 kNm
Nutzhöhe $d =$	$h - 0,05$	=	0,55 m
Abstand $z_{s1} =$	$(d - h/2)$	=	0,25 m

Bemessungsmoment

$$\mu_{\max} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung";}\mu_d;\text{Stahl=BS};) = 0,362$$

$$\mu_d = ((M_{Sd} + N_{Sd} * z_{s1}) * 10^{-3}) / (b * d^2 * f_{cd}) = 0,303$$

$$\mu_d / \mu_{\max} = \underline{0,837 < 1}$$

⇒ keine Druckbewehrung dadurch erforderlich ($\mu_d < \mu_{\max}$)

innerer Hebelarm

$$\zeta = (1 + \sqrt{1 - 2,055 * \mu_d}) / 2 = 0,807$$

Bewehrung - analytisch**bei Druck ist N_{Sd} negativ einzusetzen**

$$N_{Sd} = N_{Sd} * (-1) = -175,50 \text{ kN}$$

$$A_{s,erf} = (((M_{Sd} - N_{Sd} * z_{s1}) / \zeta / d) + N_{Sd}) * 1 / f_{yd} = 12,51 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; Bez; }d_s=d_s; A_s>A_{s,erf}) = 4 \text{ \AE 20}$$

$$\text{vorh_A}_s = \text{TAB}(\text{"Bewehrung/As"; }A_s; \text{Bez=gew}) = 12,57 \text{ cm}^2$$

gew: 4 \AE 20

$$A_{s,erf} / \text{vorh_A}_s = \underline{0,995 < 1}$$

Bewehrung - mittels Biegebemessungstabelle (Bewehrungsatlas 2002, Fritsche, Blasy, S.169)

$$M_{e,Sd} = M_{Sd} - N_{Sd} * z_{s1} = 343,57 \text{ kNm}$$

$$d = d * 100 = 55,00 \text{ cm}$$

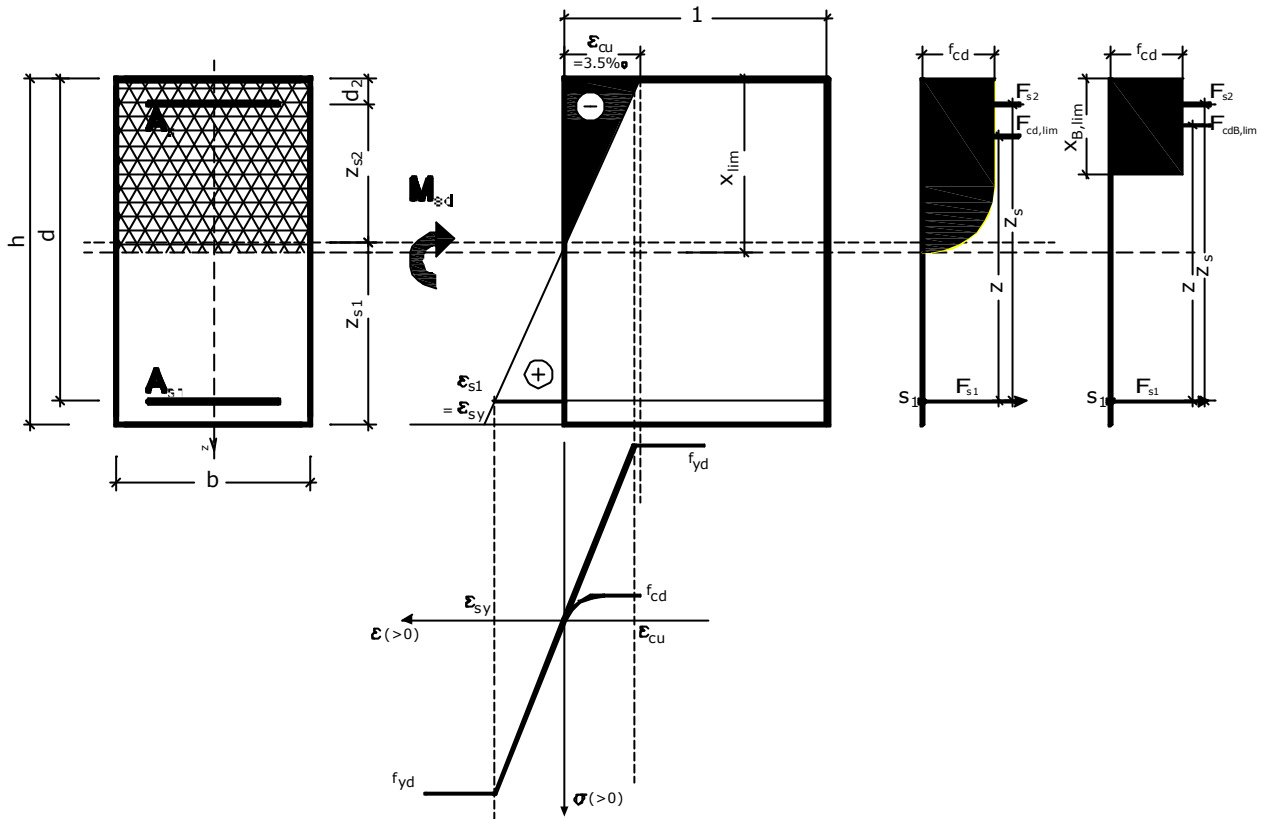
$$k_d = d / \sqrt{M_{e,Sd} / b} = 1,48 \text{ cm}^2$$

$$k_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/kd"; }k_s_{\text{BS}550}; \text{B4710-1=Beton}; k_d=k_d) = 38,50$$

$$d = d / 100 = 0,55 \text{ m}$$

$$\text{erf_A}_s = (M_{e,Sd} / (k_s * d)) + N_{Sd} / f_{yd} = 12,56 \text{ cm}^2$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt mit Druckbewehrung



Vorwerte:

Querschnittsbreite $b =$	0,30 m
Querschnittshöhe $h =$	0,70 m
$d_{est} =$	0,65 m
Stabdurchmesser gew. $d_{s1} =$	30,00 mm
Stabdurchmesser gew. $d_{s2} =$	12,00 mm
$z_s =$	0,60 m

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G =$	400,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$	160,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht $N_G =$	0,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last $N_Q =$	0,00 kN

Baustoffe:

Beton =	C25/30	
Betonstahl BSt =	BSt 550	
$f_{cd} =$	TAB("ÖNORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;)	= 15,00 N/mm ²
$f_{yk} =$	TAB("ÖNORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt)	= 550,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 f_{yd} &= f_{yk}/g_s &= & 478 \text{ N/mm}^2 \\
 N_{Sd} &= g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q &= & 0,00 \text{ kN} \\
 M_{Sd} &= g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q &= & 780,00 \text{ kNm} \\
 d &= d_{est} &= & 0,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

für Parabel-Rechteck-Diagramm (Spannung-Stauchung)

$$x_{lim} = 700 \cdot d / (700 + f_{yd}) = 0,386 \text{ m}$$

für Block-Diagramm (Spannung-Stauchung)

$$x_{B,lim} = 560 \cdot d / (700 + f_{yd}) = 0,309 \text{ m}$$

$$x_{lim} / x_{B,lim} = \underline{1,25 > 1}$$

analytische Lösung für **Parabel-Rechteck-Diagramm**für $e_{c2} = e_{cu} = -3,5\text{‰}$ gilt:

$$M_{Sd} = M_{Sd} / 1000 = 0,780 \text{ MNm}$$

$$x = 1,202 \cdot (d - \sqrt{d^2 - ((2,055 \cdot M_{Sd}) / (b \cdot f_{cd}))}) = 0,472 \text{ m}$$

$$A_{s1,PR} = (0,8095 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} / f_{yd}) \cdot 10^4 = \mathbf{35,97 \text{ cm}^2}$$

Betondruckkraft $F_{cd,lim}$

$$F_{cd,lim} = 0,8095 \cdot x_{lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 1,406 \text{ MN}$$

Momentenanteil M_{c1}

$$z = d - 0,4160 \cdot x_{lim} = 0,489 \text{ m}$$

$$M_{c1} = F_{cd,lim} \cdot z = 0,688 \text{ m}$$

$$A_{s2,PR} = ((M_{Sd} - M_{c1}) / f_{yd} / z_s) \cdot 10^4 = \mathbf{3,21 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s1,PR} = 10 \cdot ((F_{cd,lim} + A_{s2,PR} \cdot f_{yd}) / f_{yd}) = \mathbf{32,13 \text{ cm}^2}$$

analytische Lösung für **Block-Diagramm**

$$x_B = d - \sqrt{d^2 - (2 \cdot M_{Sd} / b \cdot f_{cd})} = 0,375 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = 0,309 \text{ m}$$

$$x_B / x_{B,lim} = \underline{1,21 > 1}$$

Betondruckkraft $F_{cdB,lim}$

$$F_{cdB,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 1,391 \text{ MN}$$

Momentenanteil M_{c1}

$$z = d - 0,5 \cdot x_{B,lim} = 0,496 \text{ m}$$

$$M_{c1} = F_{cdB,lim} \cdot z = 0,690 \text{ m}$$

$$A_{s2,BD} = ((M_{Sd} - M_{c1}) / f_{yd} / z_s) \cdot 10^4 = \mathbf{3,14 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s1,BD} = 10 \cdot ((F_{cdB,lim} + A_{s2,BD} \cdot f_{yd}) / f_{yd}) = \mathbf{31,43 \text{ cm}^2}$$

$$\text{erf_}A_{s2} = \text{MAX}(A_{s2,PR}; A_{s2,BD}) = \mathbf{3,21 \text{ cm}^2}$$

$$\text{erf_}A_{s1} = \text{MAX}(A_{s1,PR}; A_{s1,BD}) = \mathbf{32,13 \text{ cm}^2}$$

$$\text{gew_oben} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s = d_{s2}; A_s > \text{erf_}A_{s2}) = \mathbf{3 \text{ \AE } 12}$$

$$\text{gew_unten} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s = d_{s1}; A_s > \text{erf_}A_{s1}) = \mathbf{5 \text{ \AE } 30}$$

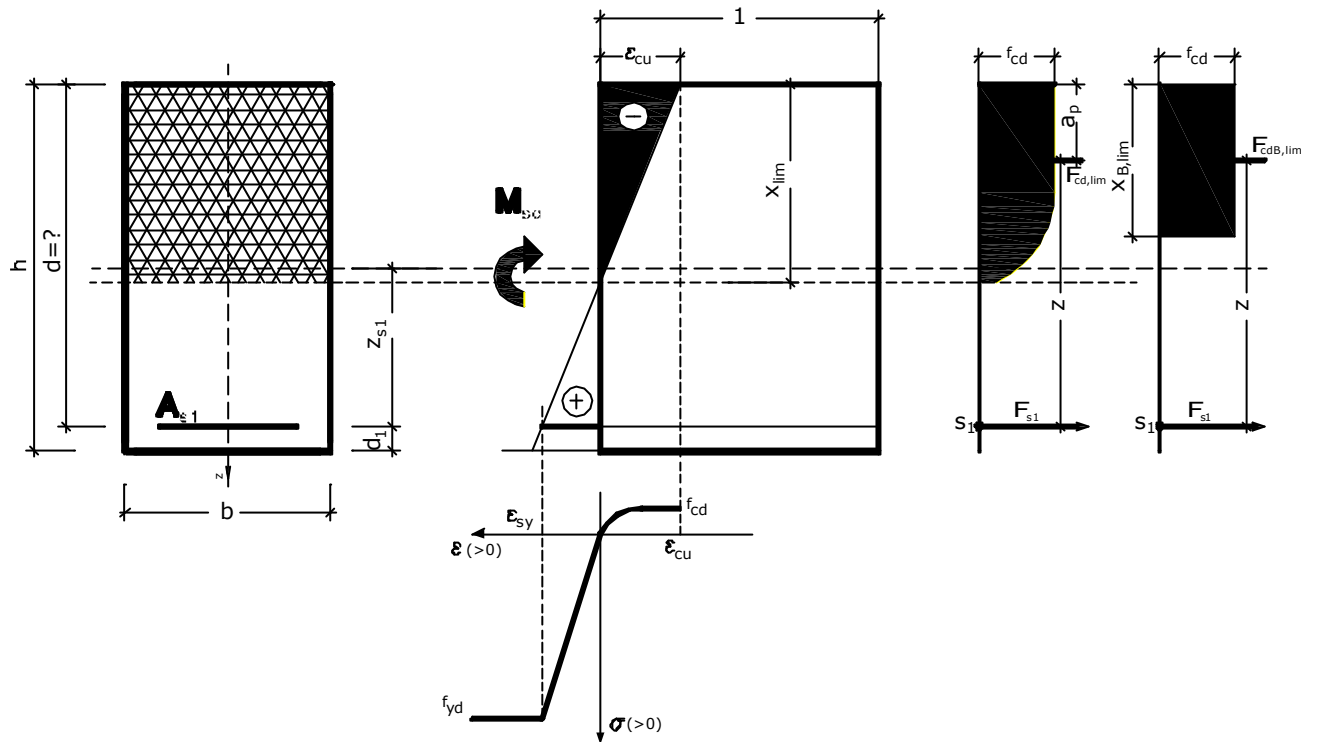
$$\text{vorh_}A_{s2} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{Bez} = \text{gew_oben}) = 3,39 \text{ cm}^2$$

$$\text{vorh_}A_{s1} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{Bez} = \text{gew_unten}) = 35,34 \text{ cm}^2$$

gew: 3 Æ 12 (As1)
gew: 5 Æ 30 (As2)

$$\text{erf}_{A_{S2}} / \text{vorh}_{A_{S2}} = \underline{0,95 < 1}$$
$$\text{erf}_{A_{S1}} / \text{vorh}_{A_{S1}} = \underline{0,91 < 1}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt kd (analytische Lösung):



Vorwerte:

Querschnittsbreite $b = 0,30 \text{ m}$
 Stabdurchmesser gew. $d_s = 25,00 \text{ mm}$

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G = 170,00 \text{ kNm}$
 Moment aus veränderlicher Last $M_Q = 110,00 \text{ kNm}$

Baustoffe:

Beton = C25/30
 Betonstahl BSt = BSt 550
 $f_{cd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;}) = 15,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yk} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt}) = 550,00 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s = 1,15$
 $g_G = 1,35$
 $g_Q = 1,50$

gesucht:

kleinste erforderliche Höhe (d) mit einseitiger Bewehrung (As1)

Berechnung:

$$\begin{aligned}
 f_{yd} &= f_{yk}/\gamma_s &= & 478,261 \text{ N/mm}^2 \\
 M_{Sd} &= \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q &= & 394,500 \text{ kNm} \\
 M_{Sd} &= M_{Sd}/1000 &= & 0,395 \text{ MNm}
 \end{aligned}$$

analytische Lösung für Parabel-Rechteck-Diagramm

$$d = ((700 + f_{yd}) / (\sqrt{((1700/3) \cdot (6950/17 + f_{yd}))})) \cdot \sqrt{(M_{Sd}/b/f_{cd})} = 0,492 \text{ m}$$

Abstand der Druckzone (Beton voll ausgenützt $e_{c2}=e_{cu}$ und Dehnung entspricht der Zugbewehrung der Streckgrenze ($e_{s1}=e_{sy}$))

$$x_{lim} = 700 \cdot d / (700 + f_{yd}) = 0,292 \text{ m}$$

Erforderliche Bewehrungsfläche

$$A_{s1,PR} = (0,8095 \cdot x_{lim} \cdot b \cdot f_{cd}/f_{yd}) \cdot 10^4 = 22,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

analytische Lösung für Block-Diagramm

$$d = ((700 + f_{yd}) / (\sqrt{(560 \cdot (420 + f_{yd}))})) \cdot \sqrt{(M_{Sd}/b/f_{cd})} = 0,492 \text{ m}$$

Abstand der Druckzone

$$x_{B,lim} = 560 \cdot d / (700 + f_{yd}) = 0,234 \text{ m}$$

erforderliche Bewehrung

$$A_{s1,BD} = (x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd}/f_{yd}) \cdot 10^4 = 22,02 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf}_{A_s} = \text{MAX}(A_{s1,PR}; A_{s1,BD}) = 22,24 \text{ cm}^2$$

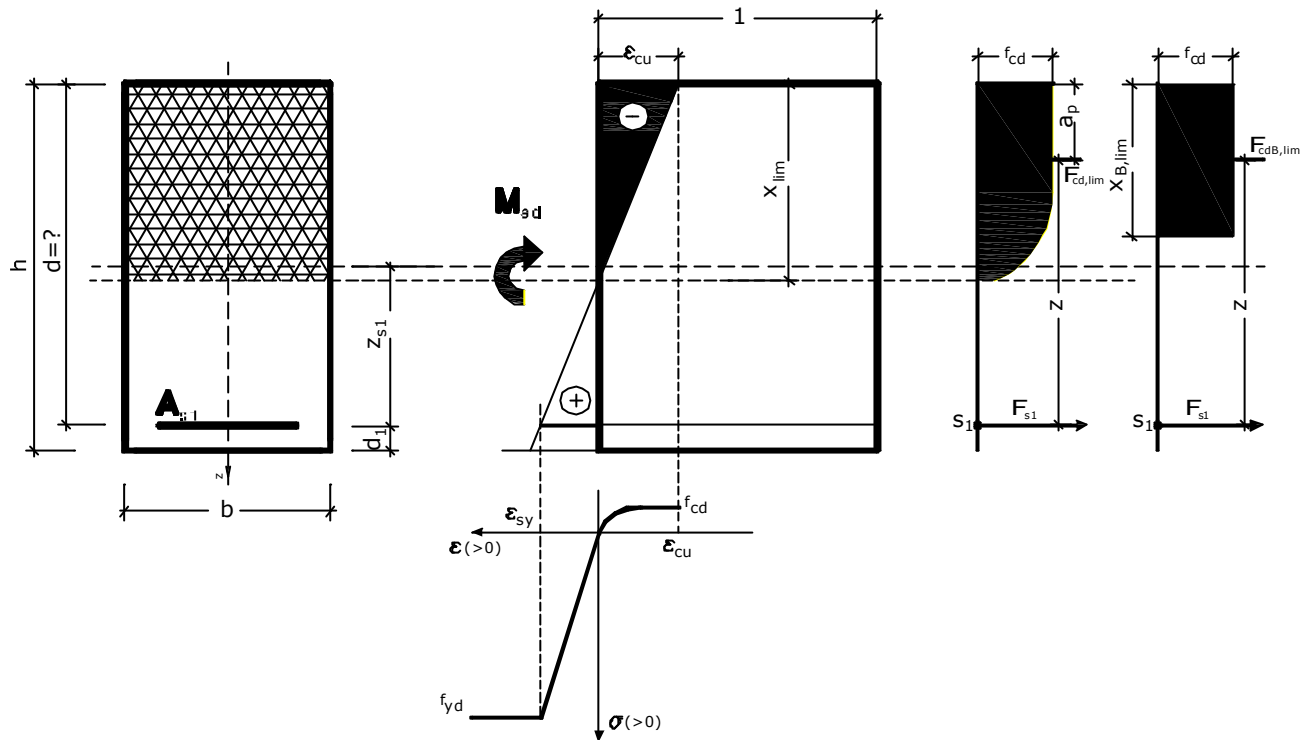
$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>\text{erf}_{A_s}) = 5 \text{ \AA} 25$$

$$\text{vorh}_{A_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{Bez}=\text{gew}) = 24,54 \text{ cm}^2$$

gew: 5 \AA 25

$$\text{erf}_{A_s} / \text{vorh}_{A_s} = \underline{0,91 < 1}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt kd (mittels Bemessungstabelle):



Vorwerte:

Querschnittsbreite $b = 0,30 \text{ m}$
 Stabdurchmesser gew. $d_s = 25,00 \text{ mm}$

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G = 170,00 \text{ kNm}$
 Moment aus veränderlicher Last $M_Q = 110,00 \text{ kNm}$

Baustoffe:

Beton = C25/30
 Betonstahl BSt = BSt 550
 $f_{cd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;}) = 15,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{yk} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt}) = 550,00 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s = 1,15$
 $g_G = 1,35$
 $g_Q = 1,50$

gesucht:

kleinste erforderliche Höhe (d) mit einseitiger Bewehrung (A_{s1})

Berechnung:

$f_{yd} = f_{yk}/g_s = 478,261 \text{ N/mm}^2$
 $M_{Sd} = g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q = 394,500 \text{ kNm}$
 $M_{Sd} = M_{Sd}/1000 = 0,395 \text{ MNm}$

Lösung mittels Bemessungstabelle

Die kleinste Höhe ergibt sich bei

$$e_c = 3,50 \text{ ‰}$$

$$e_{s1} = \text{TAB("OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } e_{sy}; \text{ Stahl=BSSt)} = 2,39 \text{ ‰}$$

dafür ergeben sich aufgrund der Bemessungstabelle

$$g = \text{TAB("OENORM/Rechteck_Biege"; } \gamma; e_c=e_c; e_s=e_{s1};) = 1,662$$

$$z = \text{TAB("OENORM/Rechteck_Biege"; } z; e_c=e_c; e_s=e_{s1};) = 0,753$$

$$x = \text{TAB("OENORM/Rechteck_Biege"; } x; e_c=e_c; e_s=e_{s1};) = 0,594$$

$$d = g \cdot \ddot{O}(M_{Sd}/b/f_{cd}) = 0,492 \text{ m}$$

erforderlich Bewehrungsfläche

$$\text{erf_}A_{s1} = (M_{Sd}/\zeta d/f_{yd}) \cdot 10^4 = 22,29 \text{ cm}^2$$

Höhe der Druckzone

$$x = \xi \cdot d = 0,292 \text{ m}$$

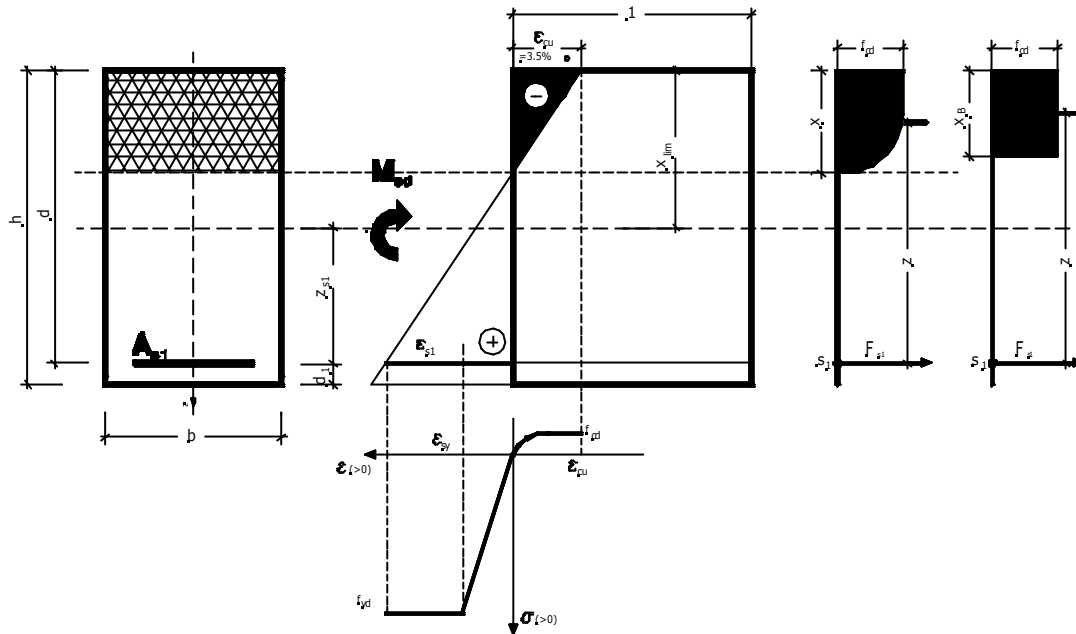
$$\text{gew} = \text{TAB("OENORM/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s > \text{erf_}A_{s1}) = 5 \text{ \AA } 25$$

$$\text{vorh_}A_s = \text{TAB("OENORM/As"; } A_s; \text{ Bez=gew)} = 24,54 \text{ cm}^2$$

gew: 5 \AA 25

$$\text{erf_}A_{s1} / \text{vorh_}A_s = \underline{0,91 < 1}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt As1 analytisch:



Vorwerte:

Querschnittsbreite $b =$	0,30 m
Querschnittshöhe $h =$	0,70 m
$d_{est} =$	0,65 m
Stabdurchmesser gew. $d_s =$	16,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G =$	140,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$	60,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht $N_G =$	0,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last $N_Q =$	0,00 kN

Baustoffe:

Beton =	C25/30
Betonstahl BSt =	BSt 550
$f_{cd} =$ TAB("OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;)	= 15,00 N/mm ²
$f_{yk} =$ TAB("OENORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt)	= 550,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Berechnung:

$f_{yd} =$	f_{yk}/g_s	=	478 N/mm ²
$N_{Sd} =$	$g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q$	=	0,00 kN
$M_{Sd} =$	$g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q$	=	279,00 kNm
$d =$	d_{est}	=	0,65 m

für Parabel-Rechteck-Diagramm (Spannung-Stauchung)

$$x_{lim} = 700 \cdot d / (700 + f_{yd}) = 0,386 \text{ m}$$

für Block-Diagramm (Spannung-Stauchung)

$$x_{B,lim} = 560 \cdot d / (700 + f_{yd}) = 0,309 \text{ m}$$

analytische Lösung für **Parabel-Rechteck-Diagramm**

für $e_{c2} = e_{cu} = -3,5\text{‰}$ gilt:

$$M_{Sd} = M_{Sd} / 1000 = 0,279 \text{ MNm}$$

$$x = 1,202 \cdot (d - \sqrt{d^2 - ((2,055 \cdot M_{Sd}) / (b \cdot f_{cd}))}) = 0,128 \text{ m}$$

$$A_{s1,PR} = (0,8095 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} / f_{yd}) \cdot 10^4 = 9,75 \text{ cm}^2$$

analytische Lösung für **Block-Diagramm**

$$x_B = d - \sqrt{d^2 - (2 \cdot M_{Sd} / b \cdot f_{cd})} = 0,104 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = 0,309 \text{ m}$$

$$x_B / x_{B,lim} = \underline{0,34 < 1}$$

$$A_{s1,BD} = (x_B \cdot b \cdot f_{cd} / f_{yd}) \cdot 10^4 = 9,79 \text{ cm}^2$$

$$erf_{A_s} = \text{MAX}(A_{s1,PR}; A_{s1,BD}) = 9,79 \text{ cm}^2$$

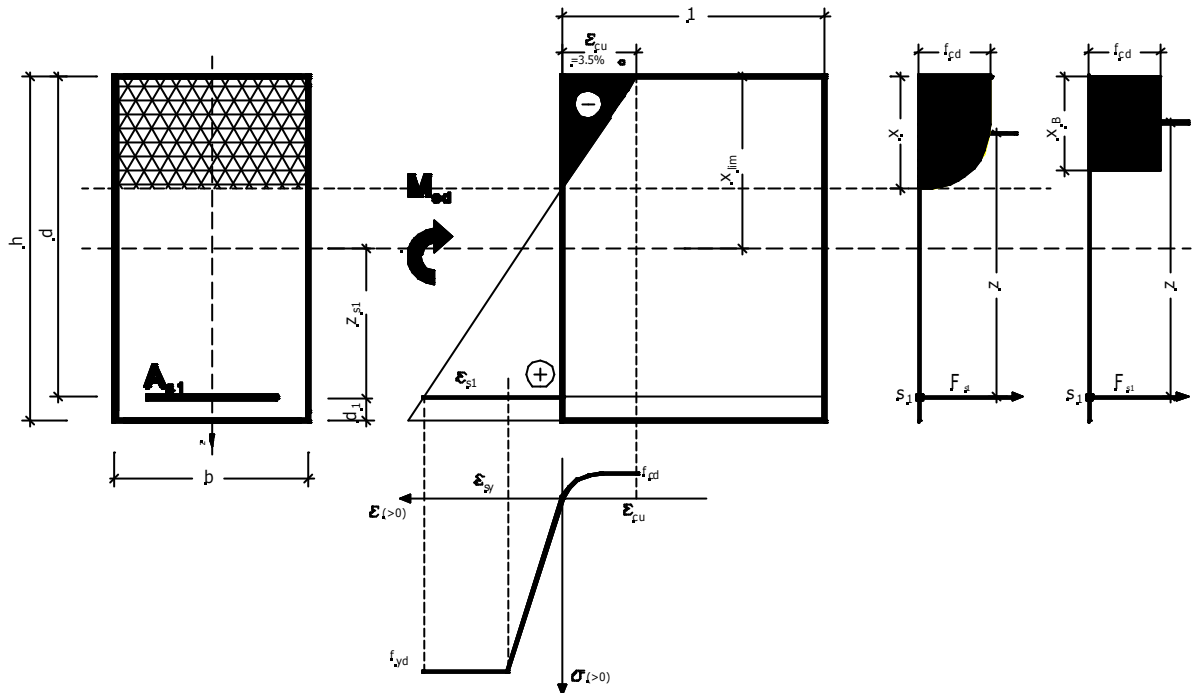
$$gew = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s = d_s; A_s > erf_{A_s}) = 5 \text{ \AE } 16$$

$$vorh_{A_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{ Bez=gew}) = 10,05 \text{ cm}^2$$

gew: 5 \AE 16

$$erf_{A_s} / vorh_{A_s} = \underline{0,97 < 1}$$

Biegebemessung Rechteckquerschnitt As1 mit Bemessungstabelle:



Vorwerte:

Querschnittsbreite $b =$	0,30 m
Querschnittshöhe $h =$	0,70 m
$d_{est} =$	0,65 m
Stabdurchmesser gew. $d_s =$	16,00 mm

Belastung:

Moment aus Eigengewicht $M_G =$	140,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$	60,00 kNm
Normalkraft aus Eigengewicht $N_G =$	0,00 kN
Normalkraft aus veränderlicher Last $N_Q =$	0,00 kN

Baustoffe:

Beton =	C25/30
Betonstahl BSt =	BSt 550
$f_{cd} =$ TAB("OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;)	= 15,00 N/mm ²
$f_{yk} =$ TAB("OENORM/BauStahl"; fyk; Bez=BSt)	= 550,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

Berechnung:

$f_{yd} =$	f_{yk}/g_s	=	478 N/mm ²
$N_{Sd} =$	$g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q$	=	0,00 kN
$M_{Sd} =$	$g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q$	=	279,00 kNm
$d =$	d_{est}	=	0,65 m

Lösung mit Bemessungstabelle

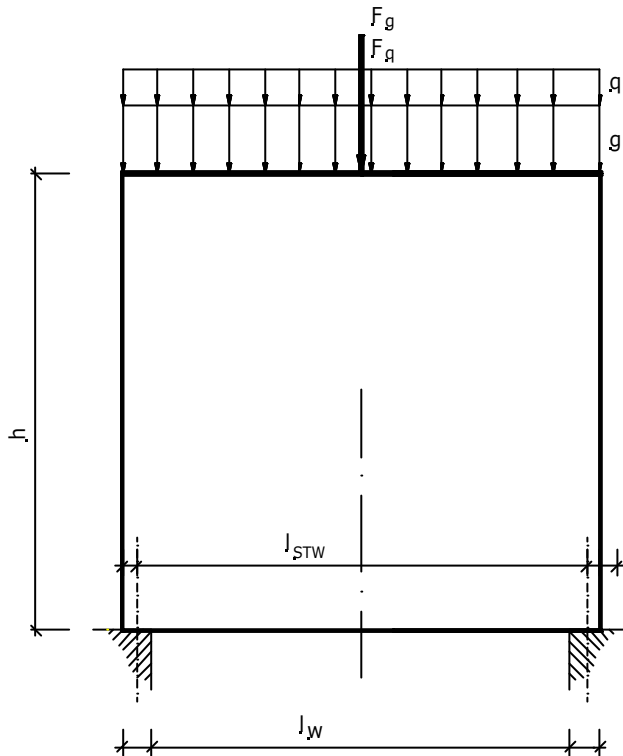
Eingangswert für Tabelle

$$\begin{aligned} \gamma &= d/\sqrt{((M_{Sd}/1000)/b/f_{cd})} &= & 2,610 \\ e_c &= \text{TAB("OENORM/Rechteck_Biege"; } e_c; \gamma=\gamma) &= & 3,500 \text{ ‰} \\ e_s &= \text{TAB("OENORM/Rechteck_Biege"; } e_s; \gamma=\gamma) &= & 14,212 \text{ ‰} \\ z &= \text{TAB("OENORM/Rechteck_Biege"; } z; \gamma=\gamma) &= & 0,918 \\ M_{Sd} &= M_{Sd}/1000 &= & 0,279 \\ A_{s1} &= (M_{Sd}/z/d/f_{yd}) \cdot 10^4 &= & 9,78 \text{ cm}^2 \\ \text{gew} &= \text{TAB("OENORM/As"; Bez; } d_s=d_s; A_s>A_{s1}) &= & \mathbf{5 \text{ \AA } 16} \\ \text{vorh_A}_s &= \text{TAB("OENORM/As"; } A_s; \text{Bez=gew)} &= & 10,05 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

gew: 5 \AA 16

$$A_{s1} / \text{vorh_A}_s = \underline{\underline{0,97 < 1}}$$

Dimensionierung und konstruktive Ausbildung einer Scheibe



System:

Scheibenförmiger Träger

b =	0,25 m
h =	5,00 m
l_{STW} =	5,00 m
l_w =	4,70 m
Auflagertiefe t_A =	0,30 m
γ_B =	25 kN/m ³
Betondeckung c =	3,00 cm
Betondeckung c =	$c/100 = 0,03$ m
Lasteinleitungsfläche $b_2 \cdot c_2$	
b_2 =	0,20 m
c_2 =	0,20 m

gesucht:

Scheibendimensionierung und konstruktive Ausbildung

Belastung:

F_g =	300,00 kN
F_q =	130,00 kN
q =	45,00 kN/m
g =	85,00 kN/m

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;)	=	B 30
f_{cd} =	$10^3 \cdot TAB("ÖNORM/B4710-1"; f_{cd}; BetonBez_B4700 = Beton;)$	=	15000,00 kN/m ²
Baustahl BSt =	GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550

$$f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"}; f_{yd}; \text{Bez}=\text{BSt};) = 47,80 \text{ kN/cm}^2$$

Sicherheitsbeiwerte:

$$g_G = 1,35$$

$$g_Q = 1,50$$

Berechnung:

1. Kontrolle der Auflagerpressung

Scheibenbelastung am oberen Rand

$$\begin{aligned} \text{ständige Lasten: } & g^*g_G = 114,8 \text{ kN/m} \\ \text{Nutzlasten: } & q^*g_Q = 67,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bemessungswert $p_d = 182,3 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} \text{Einzellast (ständig): } & F_g^*g_G = 405 \text{ kN} \\ \text{Einzellast (Nutzlast): } & F_q^*g_Q = 195 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bemessungswert $F_d = 600 \text{ kN}$

Eigengewicht der Scheibe

$$G_s = b \cdot h \cdot \gamma_B \cdot g_G = 42,2 \text{ kN/m}$$

$$C_d = 0,5 \cdot (p_d \cdot (l_w + 2 \cdot t_A) + F_d + G_s \cdot (l_w + 2 \cdot t_A)) = 894,9 \text{ kN}$$

$$\text{vorh}_{\sigma_c} = C_d / (b \cdot t_A) = 11932,0 \text{ kN/m}^2$$

Bedingung bei einachsigen Druck

$$\text{vorh}_{\sigma_c} / (0,8 \cdot f_{cd}) = 0,99 < 1,0$$

⇒ Nachweis der Auflagerpressung damit erfolgt

2. Einleitung der Einzellast

$$\text{vorh}_{\sigma_c} = F_d / (b \cdot t_A) = 15000 \text{ kN/m}^2$$

Bedingung bei zweiachsigen Druck

$$\text{vorh}_{\sigma_c} / (1,1 \cdot f_{cd}) = 0,91 < 1,0$$

⇒ Nachweis der Einleitung der Einzellast damit nachgewiesen

3. Netzbewehrung (Grundnetz)

mind. 0,1% des Betonquerschnittes

$$a_{s, \text{Netz}} = (0,1/100) \cdot (b \cdot 100) \cdot 100 = 2,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

max. Abstand der Bewehrungsstäbe

$$a < 1,5 \cdot b$$

$$a < 0,30 \text{ m}$$

$$a = \text{MIN}(1,5 \cdot b; 0,3) = 0,30 \text{ m}$$

gew.: Stabstahl kreuzweise 5Æ8/m	entspricht Æ8/a=20cm
oder Matte CQS 7	⊃ 2,57cm ² /m

$$\text{vorh}_{a_{s, \text{Netz}}} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

4. Bemessung der Zuggurtbewehrung

⇒ Moment ungünstigst mit Scheibenlänge ermittelt:

$$\text{max}_M = (p_d \cdot l_{STW}^2/8) + (F_d \cdot l_{STW}/4) + (G_s \cdot l_{STW}^2/8) = 1452 \text{ kNm}$$

innerer Hebelsarm (wandartiger Träger mit $z \leq 0,75 \cdot h$)

$$z = \frac{0,6 \cdot l_{STW}}{z/(0,75 \cdot h)} = \frac{3,0 \text{ m}}{0,80 < 1,0}$$

$$A_s = \frac{\max_M}{z \cdot f_{yd}} = 10,1 \text{ cm}^2$$

erforderliche Zulagen zu vorh. Grundnetz

$$A_s - 2 \cdot \text{vorh_as}_{\text{Netz}} = 5 \text{ cm}^2$$

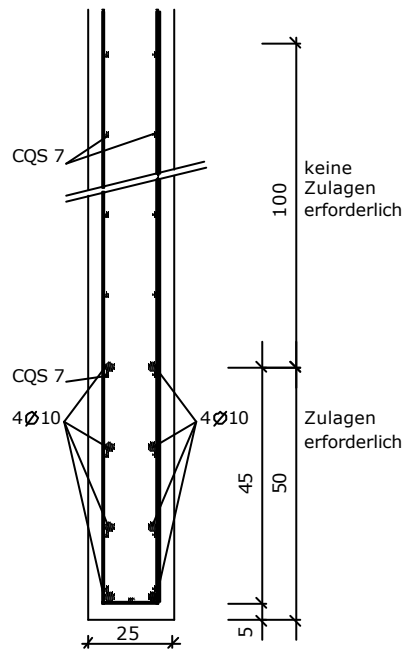
Verteilung: $0,1 \cdot l_{STW} = 0,5 \text{ m}$

gew.: $2 \times 4 = 8 \text{ A}10$ ($a_{svorh} = 6,3 \text{ cm}^2 > 5 \text{ cm}^2$)
 Verteilung auf 0,5 m Höhe ($3 \cdot a = 0,45 + c @ 0,50 \text{ m}$)

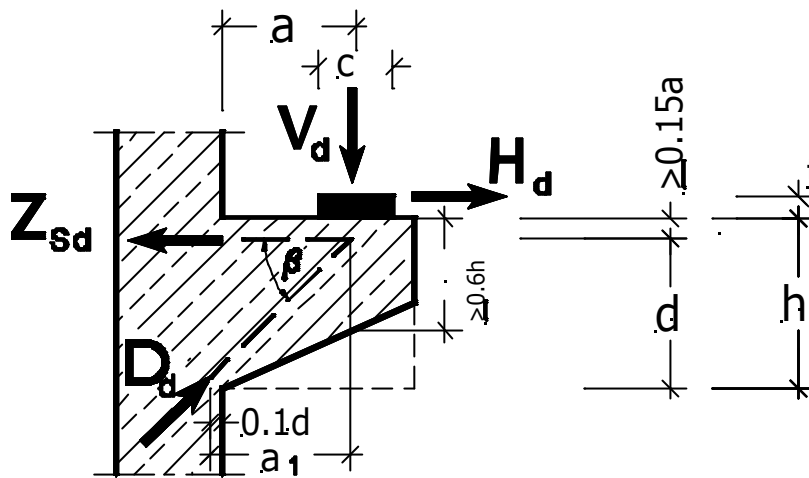
5. Zusatz zu Bewehrung

- ⇒ zusätzlich ist ein 1/4 der Feldbewehrung über dem Zuggurt auf die doppelte Zugurthöhe verteilt einzulegen
- ⇒ dies ist der Bereich $0,1 \cdot l_{STW} = 0,5 \text{ m}$ bis $0,3 \cdot l_{STW} = 1,5 \text{ m}$, d.h. diese Zulagen sind in einem Bereich von 1 m über dem Zuggurt anzuordnen
- ⇒ die vorhandene Netzbewehrung darf hier angerechnet werden:
 $\text{Zusatz_as} = 0,25 \cdot A_s = 2,5 \text{ cm}^2$
 $\text{erf. Zulagen} = \max(\text{Zusatz_as} - \text{vorh_as}_{\text{Netz}}; 0) = 0,0 \text{ cm}^2$

⇒ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich, weil durch vorhandenes Grundnetz abgedeckt



Bemessung einer Konsole



System:

- Stütze B/T
- B = 0,35 m
- T = 0,45 m
- Betondeckung c = 0,03 m
- Lasteinleitung über Stahlplatte b₂/c₂/t₂ im Abstand a von Einspannstelle der Konsole
- b₂ = 300,0 mm
- c₂ = 150,0 mm
- t₂ = 20,0 mm
- a = 0,22 m

gesucht:

fehlende Abmessungen der Konsole und Bewehrung

Belastung:

- V_d = 600,00 kN
- H_d = 120,00 kN

Baustoffe:

- Betonqualität Beton = GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;) = B 40
- f_{cd} = TAB("ÖNORM/B4710-1"; fcd;BetonBez_B4700=Beton;) = 20,00 N/mm²
- Baustahl BSt = GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
- f_{yd} = TAB("ÖNORM/BauStahl"; fyd;Bez=BSt;) = 478,00 N/mm²
- Elastizitätsmodul Stahl
- E_s = 200000,00 N/mm²

Sicherheitsbeiwerte:

- g_G = 1,35
- g_Q = 1,50

Berechnung:

Wahl der Abmessungen

- h = 2*a = 0,44 m
- d = h-(0,15*a+c) = 0,38 m
- e = 0,15*a+c+(t₂/1000) = 0,083 m

$a_1 =$	$0,1*d+a+(H_d/V_d)*e$	=	0,27 m
$TAN_\beta =$	$(0,9*d)/a_1$	=	1,267
$\beta =$	$ATAN(TAN_\beta)$	=	51,7 °
Breite der Konsole			
$erf_b =$	$(V_d*4)/(d*(f_{cd}*1000)*SIN(\beta))$	=	<u>0,40 < B</u>
$\Rightarrow erf_b > B$			
\Rightarrow daher wird größere Höhe gewählt (mit Bedingung $h \geq a/0,4$)			
NW:	$a/0,4$	=	0,55 m
neue Wahl für h:			
$h =$			0,50 < NW
$d =$	$h-(0,15*a+c)$	=	0,44 m
$e =$	$0,15*a+c+(t_2/1000)$	=	0,083 m
$a_1 =$	$0,1*d+a+(H_d/V_d)*e$	=	0,28 m
$TAN_\beta =$	$(0,9*d)/a_1$	=	1,414
$\beta =$	$ATAN(TAN_\beta)$	=	54,7 °
neue Breite der Konsole			
$erf_b =$	$(V_d*4)/(d*(f_{cd}*1000)*SIN(\beta))$	=	<u>0,33 < B</u>

gew.: $b_{\text{Konsole}}=b_{\text{Stütze}}=0,35$ m

Kontrolle der Lasteinleitung ($\sigma_c \leq 0,8*f_{cd}$) -> erf. Größe der Platte:

$\sigma_c =$	$V_d/(b_2/1000*c_2/1000)$	=	13333 kN/m ²
$\sigma_c/(0,8*f_{cd}*1000)$		=	<u>0,8 < 1,0</u>
minimale Höhe der Abschrägung (0,6*h):			
$0,6*h$		=	0,30 m

Bewehrung

$COT_\beta =$	$1/TAN(\beta)$	=	0,708
$Z_{Sd} =$	$V_d*COT_\beta+H_d$	=	544,8 kN
SCHLAUFEN, liegend:			
$erf_{A_s} =$	$Z_{Sd}/(f_{yd}*10^{-1})$	=	11,4 cm ²
BÜGEL:			
$erf_{A_{s,Bü}} =$	$0,4*erf_{A_s}$	=	4,6 cm ²

gew.: liegende Schlaufen $\text{Æ}12$ (1,13 cm²) 6 Schlaufen in 3 Ebenen, d.h. 2 Schlaufen/Ebene

$d_{s_gew} =$		=	12 mm
$gew =$	$TAB("OENORM/As"; Bez; d_s=d_{s_gew};)$	=	1 $\text{Æ} 12$
$vorh_{A_s} =$	$TAB("OENORM/As"; A_s; Bez=gew)$	=	1,13 cm ²
$je_{\text{Konsolenseite}} =$	$erf_{A_s}/2$	=	5,7 cm ²
Anzahl Schlaufen:	$je_{\text{Konsolenseite}}/vorh_{A_s}$	=	5,04

bezogene Normalkraft n_0

$$n_0 = \frac{N_{Sd}}{(A_c * f_{cd})} = 0,60$$

4.4.4 Bemessung für ausmittigen Druck aus Bewehrungsatlas 2002

$$p_{r,0,tot} = 0,044$$

konzentrische Bewehrung

$$A_{s,tot} = (p_{0,tot} * (f_{cd}/15) * A_c) * 10^4 = 73,9 \text{ cm}^2$$

gewählter Stahldurchmesser d_{s_gew}

$$d_{s_gew} = 30 \text{ mm}$$

$$gew = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s = d_{s_gew}; A_s > A_{s,tot}) = 11 \text{ } \text{Æ} \text{ } 30$$

$$vorh_{A_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{Bez=gew}) = 77,75 \text{ cm}^2$$

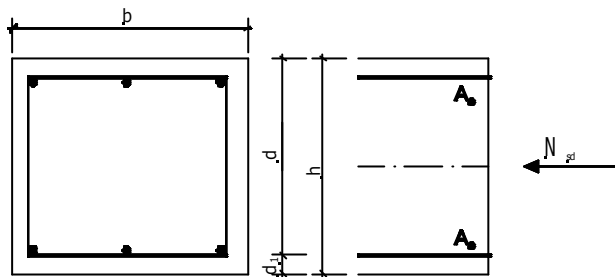
zulässige Maximalbewehrung $\rho_{0,max} = 0,08$ (Diagramm 4.4.4. Bewehrungsatlas 2002)

$$r_{0,vorh} = \frac{vorh_{A_s}}{(A_c * 10^4)} = \underline{0,062} < \underline{0,08}$$

gewählt: 11 Æ 30
 von Bügeln Æ10 in
 25 cm Abstand umfaßt

Planmäßig mittig belasteter Rechteckquerschnitt

(ÖN B 4700, Nomogrammablesung aus Bewehrungsatlas 2002 [Fritsche, Blasy])



System:

quadratischer Betonquerschnitt 30 cm / 30 cm
 $b = 0,30 \text{ m}$
 Länge der Stütze $l = 6,93 \text{ m}$
 Länge des Ersatzstabes $l_0 = l = 6,93 \text{ m}$
 Randabstand $d_1 = 0,054 \text{ m}$

gesucht:

Bewehrungsquerschnitt A_s, tot
 Systemverformung e_2

Belastung:

char. Wert der ständigen Einwirkung $N_{kG} = 617,00 \text{ kN}$
 char. Wert der veränderlichen Einwirkung $N_{kQ} = 501,00 \text{ kN}$

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez;) = C 30/37
 $f_{cd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; } f_{cd}; \text{BetonBez=Beton; }) = 18,50 \text{ N/mm}^2$
 Baustahl BSt = GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
 $f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; } f_{yd}; \text{Bez=BSt; }) = 478,00 \text{ N/mm}^2$
 Elastizitätsmodul Stahl
 $E_s = 200000,00 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G = 1,35$
 $g_Q = 1,50$

Berechnung:

$N_{Sd} = \gamma_G \cdot N_{kG} + g_Q \cdot N_{kQ} = 1584,450 \text{ kN}$
 $N_{Sd} = N_{Sd} / 1000 = 1,584 \text{ MN}$
 $h = b = 0,30 \text{ m}$
 $A_c = b \cdot h = 0,09 \text{ m}^2$

bezogene Druckkraft n_0

$$n_0 = N_{Sd} / (A_c \cdot f_{cd}) = 0,95 \text{ cm}^2$$

Schlankheit (quadratischer Querschnitt) l

$$l = l_0 / i = 3,464 \cdot l_0 / h$$

$$l = 3,464 \cdot l_0 / h = 80$$

Eingangswert für Diagramm (aufgerundet) d_1/h

Diagramm Nr. 3.3.7 Bemessung für zentrischen Druck aus Bewehrungsatlas 2002

$$d_1/h = 0,18$$

P aufrunden d_1/h auf 0,20 m

$$P \rho_{0,tot} = 0,023$$

Ausmitte aus Diagramm e/h

$$P e/h = 0,285$$

symmetrische Bewehrung

$$b = b \cdot 100 = 30 \text{ cm}$$

$$h = h \cdot 100 = 30 \text{ cm}$$

$$A_{s,tot} = \rho_{0,tot} \cdot (f_{cd}/15) \cdot b \cdot h = 25,53 \text{ cm}^2$$

$$d_{s_gew} = 30 \text{ mm}$$

$$gew = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s=d_{s_gew}; A_s>A_{s,tot}) = 4 \text{ \AA } 30$$

$$vorh_{A_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{ Bez=gew}) = 28,27 \text{ cm}^2$$

zulässige Maximalbewehrung $\rho_{0,max} = 0,08$ (Diagramm 3.3.7, Bewehrungsatlas 2002)

$$\rho_{0,vorh} = vorh_{A_s} / (b \cdot h) = \underline{0,031 < 0,08}$$

gew: 4 \AA 30

Imperfektion im Diagramm e_a

$$l_0 = l_0 \cdot 100 = 693,00 \text{ cm}$$

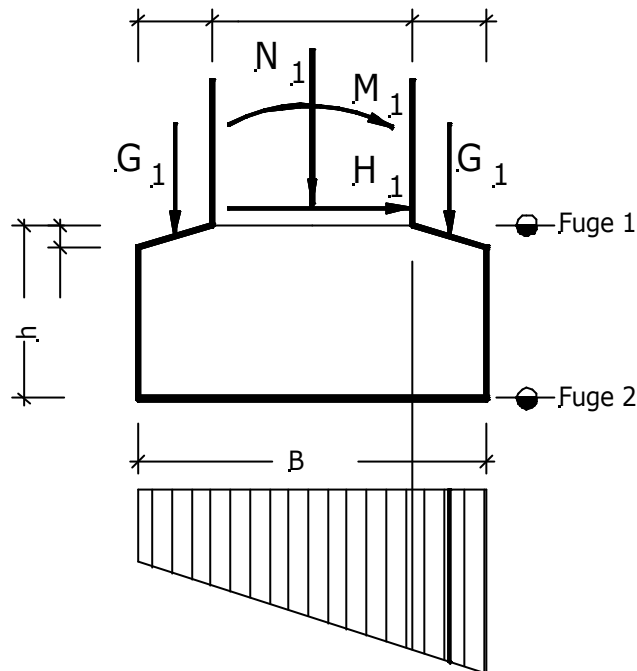
$$e_a = l_0 / 400 = 1,73 \text{ cm}$$

Systemverformung e_2 , auf Grund Theorie 2. Ordnung

$$e_2 = 0,285 \cdot h - e_a = 6,82 \text{ cm}$$

Streifenfundament

(ÖN B 4200-3)



System:

maßgebende Auflagerreaktionen einer Wand in Fuge FOK

zul. mittlere Bodenpressung $\sigma_{\text{Bod,zul}} = 310,0 \text{ kN/m}^2$

zul. Kantenpressung $\sigma_{\text{Kante,zul}} = \sigma_{\text{Bod,zul}} \cdot 1,2 = 372 \text{ kN/m}^2$

Abmessungen siehe Grafik

$B_{\text{Fund}} = 0,90 \text{ m}$

$h_{\text{Fund}} = 0,45 \text{ m}$

Abschräg_waag = 0,25 m

Abschräg_vert = 0,10 m

gesucht:

Abmessungen eines unbewehrten Betonfundamentes (Fundamentstreifen)

Stützenreaktionen in Fuge 2

Belastung:

$N_1 = 192,10 \text{ kN/m}$

$M_1 = 12,00 \text{ kNm/m}$

$H_1 = 10,0 \text{ kN/m}$

$G_1 = 7,0 \text{ kN/m}$

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;) = B 15

Baustahl BSt = GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550

$f_{\text{cd}} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton; }) = 7,50 \text{ N/mm}^2$

$f_{\text{yd}} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt; }) = 478,00 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$$g_G = 1,35$$

$$g_Q = 1,50$$

Berechnung:

Stützenreaktionen in der Fundamentsohle (Fuge 2)

$$\gamma_B = 24,00 \text{ kN/m}^3$$

$$N_2 = N_1 + \gamma_B \cdot (B_{\text{Fund}} \cdot h_{\text{Fund}} - \text{Abschräg_waag} \cdot \text{Abschräg_vert}) + 2 \cdot G_1 = 215,2 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = M_1 + H_1 \cdot h_{\text{Fund}} = 16,5 \text{ kNm/m}$$

$$H_2 = H_1 = 10,0 \text{ kN/m}$$

Exzentrizität e_2 der Normalkraft N_2

$$e_2 = M_2 / N_2 = 0,08 \text{ m}$$

womit sich die Kantenpressung wie folgend ergibt:

$$b_2 = B_{\text{Fund}} = 0,9 \text{ m}$$

$$l_2 = 1,0 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = -N_2 / (b_2 \cdot l_2) \cdot (1 + (6 \cdot e_2 / b_2)) = -367 < -1 \cdot \text{sKante.zul}$$

$$\sigma_2 = -N_2 / (b_2 \cdot l_2) \cdot (1 - (6 \cdot e_2 / b_2)) = -112 \text{ kN/m}^2$$

mittlere vorh. Bodenpressung beim Fundamentvorsprung

$$\sigma_0 = (((-1 \cdot \sigma_1) + \sigma_2) / b_2) \cdot (B_{\text{Fund}} - \text{Abschräg_waag} / 2) - \sigma_2 = 332 \text{ kN/m}^2$$

⇒ Ablesung aus Bemessungsdiagramm für unbewehrte Konsolen (gemäß ÖN B4200, z.B. in Valentin, Stahlbetonbau, Manz, 10. Aufl., S. 326)

$$(d/a)_{\text{erf}} = 1,7$$

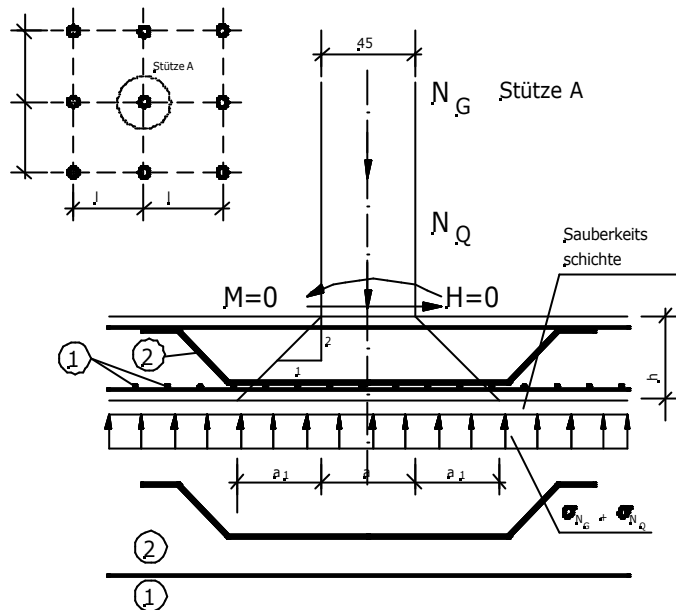
$$a = \text{Abschräg_waag} \cdot 100 = 25,0 \text{ m}$$

$$d = h_{\text{Fund}} \cdot 100 = 45 \text{ cm}$$

$$d_{\text{erf}} = 1,7 \cdot a = 43 < d$$

⇒ konsolartigen Vorsprünge des Fundamentstreifens brauchen somit nicht bewehrt zu werden
 ⇒ Empfehlung: vertikale Steckbewehrung in Arbeitsfuge Wand/Fundament (Steckbügel 4 BüØ6/m)

Fundamentplatte mit Einzelstütze - Durchstanznachweis



System:

Fundamentplatte mit quadratischer Stütze

Platte h = 0,50 m
 Stützenseite a = 0,45 m
 Stützenabstand l = 4,40 m
 Betondeckung c = 3,00 cm

gesucht:

Durchstanzwiderstand
 Durchstanzbewehrung

Belastung:

durch Einzelstützen, Lasten greifen an FOK an

Belastung aus ständigen Lasten $N_G = 650,00 \text{ kN}$
 Belastung aus veränderlichen Lasten $N_Q = 975,50 \text{ kN}$

Baustoffe:

Beton = GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;) = B 30
 $f_{cd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"}; f_{cd}; \text{BetonBez_B4700}=\text{Beton};) = 15,00 \text{ N/mm}^2$
 Baustahl BSt = GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
 $f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"}; f_{yd}; \text{Bez}=\text{BSt};) = 478,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctm} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"}; f_{ctm}; \text{BetonBez_B4700}=\text{Beton};) = 2,60 \text{ N/mm}^2$
 Elastizitätsmodul Stahl
 $E_s = 200000,00 \text{ N/mm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G = 1,35$
 $g_Q = 1,50$

Berechnung:

⇒ gemäß ÖN B4700 (3.4.5.2) dürfen bei Fundamenten die innerhalb des kritischen Rundschnittes wirkenden Lasten abgezogen werden (durchstanzwirksame Bodenpressung, d.h. die Bodenpressung, die aus dem Fundamenteigengewicht stammt, sind darin nicht enthalten)

$$A = l \cdot l = 19,36 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{NG} = N_G/A = 33,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{NQ} = N_Q/A = 50,4 \text{ kN/m}^2$$

ad Lastausbreitung

$$a_1:h = 1:2$$

$$a_1 = h \cdot 1/2 = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Lastausbreitungsseite } s = 2 \cdot a_1 + a = 0,95 \text{ m}$$

$$A_{\text{quer}} = A - s^2 = 18,46 \text{ m}^2$$

$$N_{G,\text{quer}} = \sigma_{NG} \cdot A_{\text{quer}} = 620,3 \text{ kN}$$

$$N_{Q,\text{quer}} = \sigma_{NQ} \cdot A_{\text{quer}} = 930,4 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Querkraft (im kritischen Rundschnitt)

$$V_{Sd} = N_{G,\text{quer}} \cdot g_G + N_{Q,\text{quer}} \cdot g_Q = 2233,0 \text{ kN}$$

Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung beträgt:

$$V_{Rdc} = 1,2 \cdot \tau_d \cdot \kappa_c \cdot (1,2 + 2000 \cdot d/l \cdot \rho) \cdot u \cdot d$$

mit

$$\tau_d = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; tau_d; BetonBez_B4700=Beton;}) = 0,26 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d = \tau_d \cdot 1000 = 260,0 \text{ kN/m}^2$$

gewählte Bewehrung

ρ gew.: $\text{Æ } 20 / e$ $= 15$

$$d_s = 20,0 \text{ mm}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"; Bez; } d_s=d_s;) = \text{Æ } 20 / e = 25$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"; } a_s;\text{Bez=B}) = 12,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$d_p = 1,2 \cdot d_s = 24,0 \text{ mm}$$

Nutzhöhen

$$d_x = h - (c/100) - (d_s/1000)/2 = 0,46 \text{ m}$$

$$d_y = h - (c/100) - (d_s/1000)/2 - (d_s/1000) = 0,44 \text{ m}$$

$$d = 0,5 \cdot (d_x + d_y) = 0,45 \text{ m}$$

$$\kappa_c = 1,6 - d = 1,15 > 1$$

Bewehrungsgrad der Zugbewehrung

$$a_{sx} = \text{vorh}_{a_s} = 12,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sy} = \text{vorh}_{a_s} = 12,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

$$\rho_x = a_{sx} / (d_x \cdot 100 \cdot b) = 0,00274$$

$$\rho_y = a_{sy} / (d_y \cdot 100 \cdot b) = 0,00286$$

$$\rho = \text{Ö}(\rho_x \cdot \rho_y) = 0,00280 < 0,015$$

Umfang des kritischen Rundschnittes

$$u = 4 \cdot a + (2 \cdot 1,5 \cdot d) \cdot p = 6,04 \text{ m}$$

ergibt sich

$$V_{Rdc} = 1,2 \cdot \tau_d \cdot \kappa_c \cdot (1,2 + 2000 \cdot d/l \cdot \rho) \cdot u \cdot d = 1729 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} / V_{Sd} = 0,77 < 1$$

⊠ Durchstanzwiderstand ist kleiner als Bemessungswert der Querkraft

⊠ eine Durchstanzbewehrung ist erforderlich

erforderliche Mindestbewehrung für Durchstanzwiderstand

$$a_{s,min} = (V_{Sd} / 0,9 / d / f_{yd}) * (e / b_{ef})$$

mit gewählter bezogener Ausmitte $e/b_{ef} = 0,125$ (Innenstütze, Biegezugzone im Stützenbereich)

$$a_{s,min} = (V_{Sd} / 0,9 / d / (f_{yd} * 10^{-1})) * (0,125) = 14,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"; } a_s; \text{Bez=B}) = 12,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{1,14 < 1}$$

☞ vorhandene Bewehrung ausreichend

Durchstanzwiderstand MIT Durchstanzbewehrung beträgt:

$$V_{Rds} = V_{Rdc} + \kappa_s * A_{SV} * f_{yd} * \sin(\alpha) \leq 1,4 * V_{Rdc}$$

$$\text{Aufbiegungswinkel } \alpha = 45,00^\circ$$

$$u = u * 100 = 604,00 \text{ cm}$$

$$d = d * 100 = 45,00 \text{ cm}$$

Mindest-Stahlquerschnitt der

$$A_{svmin} = 0,15 * (f_{ctm} * u * d / (f_{yd} * \sin(\alpha))) = 31,4 \text{ cm}^2$$

gewählte Durchstanz-Bewehrung

☞ gew.: **4 Schubkappen \bar{A} 20 pro Richtung**

$$ds_{SK} = 20,0 \text{ mm}$$

$$As_{ds} = (ds_{SK}^2 * p / 4) * 10^{-2} = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Anz}_{SK} = 4$$

$$\text{Seiten}_{imBereich} = 2$$

$$\text{vorh}_{As_Schub} = \text{Anz}_{SK} * 2 * \text{Seiten}_{imBereich} * As_{ds} = \underline{50,2 > A_{svmin}}$$

$$\kappa_s = 0,50$$

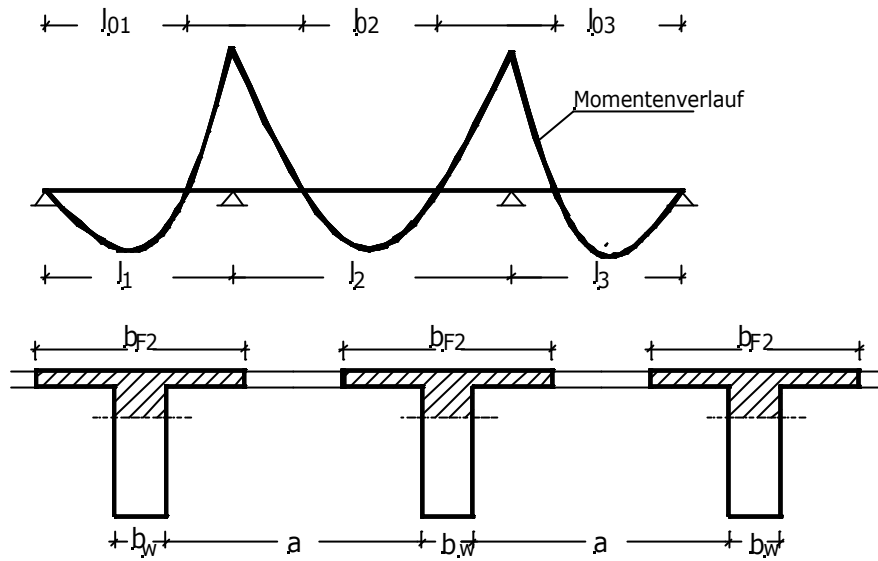
$$A_{SV} = \text{vorh}_{As_Schub} = 50,2 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rds} = \text{MIN}(V_{Rdc} + \kappa_s * A_{SV} * (f_{yd} / 10) * \sin(\alpha); 1,4 * V_{Rdc}) = 2421 \text{ kN}$$

$$V_{Rds} / V_{Sd} = \underline{1,08 > 1}$$

⇒ geforderte Tragsicherheit gegen Durchstanzen ist gegeben

Durchlaufender Plattenbalken, Mitwirkende Plattenbreite



System:

Durchlaufträger als mehrstegiger Plattenbalken

Abstände der Auflager

$l_1 = 8,0 \text{ m}$

$l_2 = 10,0 \text{ m}$

$l_3 = 7,0 \text{ m}$

Maße für Feld 2

$b_w = 0,4 \text{ m}$

$b_{F2} = 1,8 \text{ cm}^2/\text{m}$

Abstand zw. Plattenbalken $a = 3,0 \text{ m}$

gesucht:

mitwirkende Plattenbreite

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez;)	=	C 25/30
Baustahl BSt =	GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
$f_{cd} =$	TAB("OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton;)	=	15,00 N/mm ²
$f_{yd} =$	TAB("OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt;)	=	478,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G = 1,35$

$g_Q = 1,50$

Berechnung:

Momentennullpunktabstand (Stützweite) l_0 **im Feld1**

$$l_0 = \frac{l_1}{l_2} = \frac{0.8 > 0.67}{0.85 \cdot l_1} = 6.8 \text{ m}$$

im Feld2

$$l_0 = \frac{l_2}{l_3} = \frac{1.4 < 1.5}{0.70 \cdot l_2} = 7.0 \text{ m}$$

im Feld3

$$l_0 = \frac{l_3}{l_2} = \frac{0.7 > 0.67}{0.85 \cdot l_3} = 5.95 \text{ m}$$

mitwirkende Plattenbreite in den Feldern (beidseitige Plattenbalken)

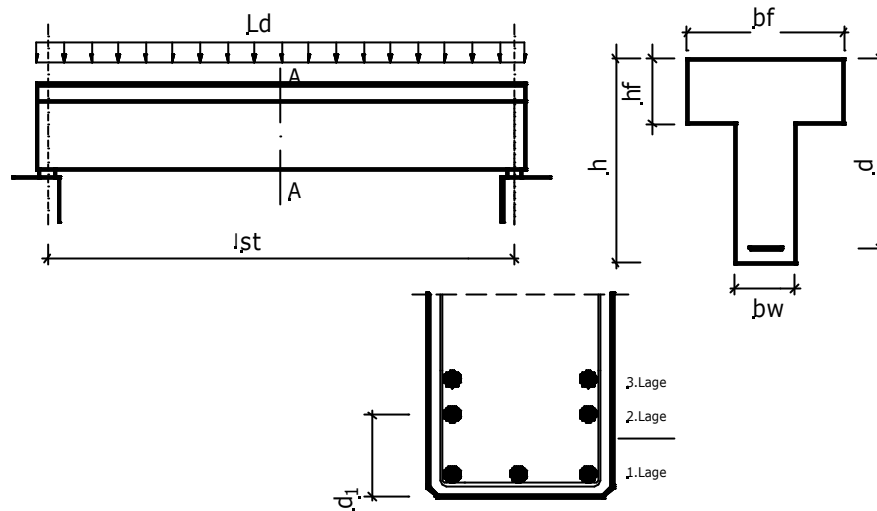
$$b_w + a = 3.40 \text{ m}$$

$$b_{F1} = b_w + l_{01}/5 = 1.76 < 3.40$$

$$b_{F2} = b_w + l_{02}/5 = 1.80 < 3.40$$

$$b_{F3} = b_w + l_{03}/5 = 1.59 < 3.40$$

Plattenbalkenquerschnitt, Nachweis des Grenzdurchmessers



gegeben:

T-Querschnitt im Inneren eines Gebäudes

Betondeckung $c =$	2,0 cm
Auflagerabstand $l_{st} =$	8,00 m
mitwirkende Breite $b_f =$	0,50 m
Stegbreite $b_w =$	0,22 m
Nutzhöhe $d =$	0,69 m
Plattendicke $h_f =$	0,25 m
Bauteilhöhe $h =$	0,80 m
$d_1 =$	$h - d = 0,11 \text{ m}$

Zugbewehrung im Steg	1. Lage $A_s = 3 \text{ } \varnothing 24$
	2. Lage $A_s = 2 \text{ } \varnothing 30$
	3. Lage $A_s = 2 \text{ } \varnothing 30$

$d_{s1} =$	24 mm
$d_{s2} =$	30 mm
$d_{s3} =$	30 mm
Gesamtbewehrung	
$A_s =$	41,85 cm ²

Baustoffe:

Beton =	B 40
$f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"}; f_{cd}; \text{BetonBez_B4700}=\text{Beton};)$	= 2,00 kN/cm ²
Betonstahl BSt =	BSt 550
$f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"}; f_{yd}; \text{Bez}=\text{BSt})$	= 47,80 kN/cm ²

Belastung:

im **Gebrauchszustand** bzw. bei Dauerlast

$G =$	60,00 kN/m
$Q =$	40,00 kN/m

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G =$	1,00
$g_Q =$	1,00
$\psi_2 =$	0,30

gesucht:

Grenzdurchmesser d_{sg}

Berechnung:

Dauerlast

$$L_D = G + \psi_2 \cdot Q = 72,00 \text{ kN/m}$$

$$L_D / (G + Q) = 0,72$$

⇒ da die Dauerlast L_D im Bereich von 70% der Gesamtlast liegt darf die Stahlspannung σ_{sD} wie folgt angenommen werden:

$$\sigma_{sD} = 0,5 \cdot f_{yd} = 23,90 \text{ kN/cm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_{sD} = 240,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Breite der Zugzone } b_t = b_w = 0,22 \text{ m}$$

$$\text{Höhe der Zugzone } h_t = 0,65 \cdot h = 0,52 \text{ m}$$

Der Stabdurchmesser d_s der an einem Zugrand vorhandenen Bewehrung A_s darf den Grenzdurchmesser d_{sg} nicht überschreiten. Der Grenzdurchmesser d_{sg} wird in Abhängigkeit vom vorhandenen Bewehrungsgrad ρ_t und der ermittelten Stahlspannung σ_{sD} ermittelt:

$$b_t = b_t \cdot 100 = 22,00 \text{ cm}$$

$$h_t = h_t \cdot 100 = 52,00 \text{ cm}$$

$$\rho_t = A_s \cdot 100 / (b_t \cdot h_t) = 3,66 \%$$

$$\rho_t = \text{WENN}(\rho_t > 2,50; 2,50; \rho_t) = 2,50$$

mind. rechnerischer Grenzdurchmesser d_{sr}

$$d_{sr} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/Grenzdurchmesser"}; d_{sr}; BSt=BSt; \sigma_{sD}=\sigma_{sD}; \rho_t=\rho_t) = 50 \text{ mm}$$

mit

$$k = h_t / (5 \cdot (d_1 \cdot 100)) = 0,95 < 1$$

$$k = \text{WENN}(k < 1; 1; k) = 1,00$$

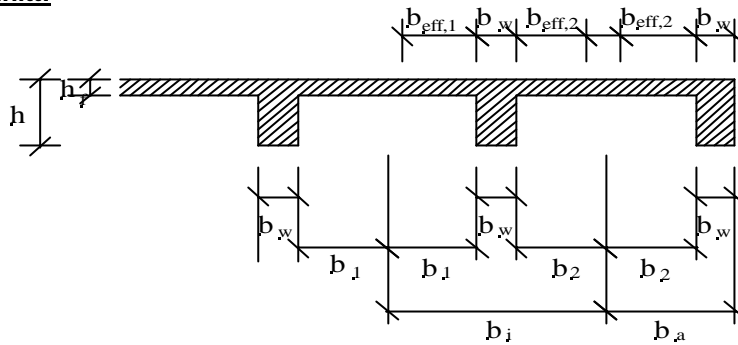
erhält man den **Grenzdurchmesser d_{sg}**

$$d_{sg} = d_{sr} \cdot k = 50,00 \text{ mm}$$

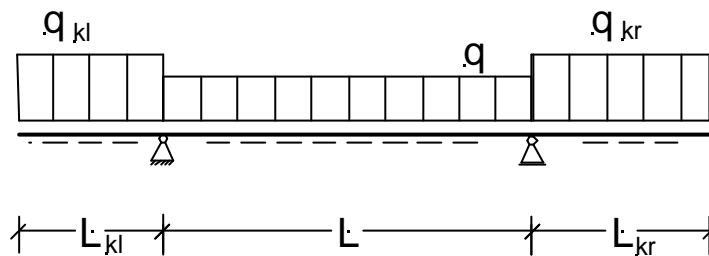
$$\text{vorh_}d_s = \text{MAX}(d_{s1}; d_{s2}; d_{s3}) = \underline{\underline{30 < d_{sg}}}$$

Mitwirkende Plattenbreite eines Einfeldträgers mit Kragarmen:

Querschnitt:



statisches System:

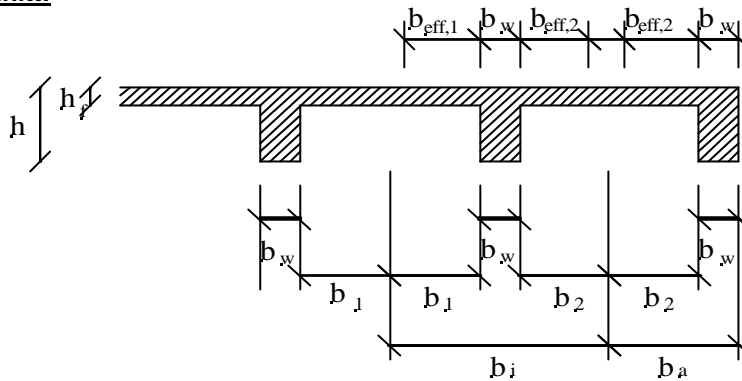


Systemkennwerte:

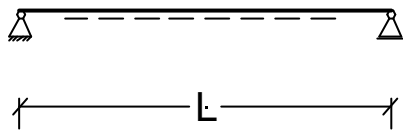
lichte Weite $l_1 =$		6,26 m
Auflagertiefe $a_1 =$		0,30 m
Auflagertiefe $a_2 =$		0,30 m
Balkenbreite $b_w =$		0,30 m
halbe Plattenbreite $b_1 =$		1,75 m
halbe Plattenbreite $b_2 =$		1,37 m
$l_{eff1} =$	$l_1 + a_1/2 + a_2/2$	$= 6,56$ m
$l_0 =$	$0,7 * l_{eff1}$	$= 4,59$ m
$b_{eff1} =$	$MIN(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$	$= 0,81$ m
$b_{eff2} =$	$MIN(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2)$	$= 0,73$ m
$b_{eff} =$	$b_{eff1} + b_{eff2} + b_w$	$= 1,84$ m

Mitwirkende Plattenbreite eines Einfeldträgers:

Querschnitt:



statisches System:

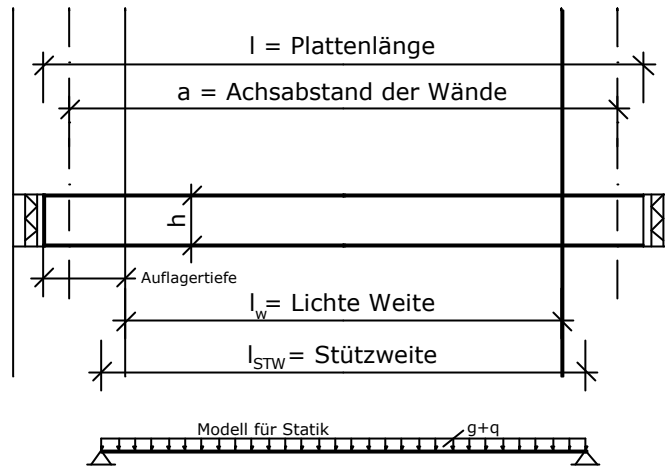


Systemkennwerte:

lichte Weite $l_1 =$	6,26 m
Auflagertiefe $a_1 =$	0,30 m
Auflagertiefe $a_2 =$	0,30 m
Balkenbreite $b_w =$	0,30 m
halbe Plattenbreite $b_1 =$	1,75 m
halbe Plattenbreite $b_2 =$	1,37 m

Einfeldbalken, Platte oben:

$l_{eff1} =$	$l_1 + a_1 / 3 + a_2 / 3$	$=$	6,46 m
$l_0 =$	l_{eff1}	$=$	6,46 m
$b_{eff1} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$	$=$	1,00 m
$b_{eff2} =$	$\text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2)$	$=$	0,92 m
$b_{eff} =$	$b_{eff1} + b_{eff2} + b_w$	$=$	2,22 m

Bemessung einer einachsig gespannte Platte**System:**

einfeldrige, einachsig gespannte Decke eines Wohnhauses

lichte Weite $l_w = 5,73 \text{ m}$

Betondeckung $c = 2,50 \text{ cm}$

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;) = B 25
 $f_{cd} = 10^3 \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton; }) = 12500,00 \text{ kN/m}^2$
 Baustahl BSt = GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
 $f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt; }) = 47,80 \text{ kN/cm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_G = 1,35$

$g_Q = 1,50$

gesucht:

Bauhöhe (Plattendicke) einer Stahlbetonvollplatte
 Lastaufstellung und Bemessung

Berechnung:**Bauhöhe/Plattendicke****Annahmen:**

⇒ Bewehrungsgehalt $\rho \leq 0,5\%$, weil gering belastete Platte

$\rho = 0,50 \%$

⇒ Annahme der Stützweite mit $l_{STW} = 6,00 \text{ m}$

$d = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/Grenzsclankheiten"; d; \rho=\rho; ISTW=ISTW}) = 24,0 \text{ cm}$

$d_{w_est} = 12,0 \text{ mm}$

Minstdicke der Deckenplatte h

$h = (d/100) + (c/100) + (d_{w_est}/1000)/2 = 0,27 \text{ m}$

Überprüfung der Stützweite

$l_{STW} = l_w + h = 6,0 \text{ m}$

⇒ Annahme für Stützweite damit überprüft

Lastaufstellung

ständige Lasten

2 cm Fertigparkett:	0,02*8	=	0,16 kN/m ²
5 cm Estrich:	0,05*22	=	1,10 kN/m ²
2,5 cm Trittschalldämmung:			0,14 kN/m ²
2 cm Sandausgleich:	0,02*18	=	0,36 kN/m ²
1,5 cm Putz:	0,015*16	=	0,24 kN/m ²

13 cm Ausbaulasten AL = 2.00 kN/m²

27 cm Rohdecke D: 0,27*25 = 6.75 kN/m²

40 cm Ständige Last g = AL+D = 8.75 kN/m²

Nutzlasten

Wohnräume nach ÖN B4012: 2,00 kN/m²

Zuschlag für Leichtwände: 1,00 kN/m²

Nutzlast q = 3.00 kN/m²

Biegemoment Platte (1 m Breite)

$$\max_{m_{sd}} = (g \cdot \gamma_G + q \cdot \gamma_Q) \cdot l_{STW}^2 / 8 = 73,4 \text{ kNm/m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$\gamma_{min} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"}; \gamma_{min}; \text{Stahl=BSt}) = 1,662$$

$$\gamma = (d/100) / \ddot{O}(\max_{m_{sd}} / f_{cd} / b) = 3,13 > \gamma_{min}$$

$$e_c = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"}; e_c; \gamma = \gamma) = 3,173 \text{ ‰}$$

$$e_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"}; e_s; \gamma = \gamma) = 20,000 \text{ ‰}$$

$$z = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"}; z; \gamma = \gamma) = 0,944$$

Längsbewehrung

$$a_{s,erf} = \max_{m_{sd}} / (\zeta \cdot (d/100) \cdot f_{td}) = 6,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$d_s = 14,00 \text{ mm}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s = d_s; a_s = a_{s,erf} / 2) = \text{Æ } 14 / e = 21$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"}; a_s; \text{Bez=B}) = 7,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,erf} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{\underline{0.93 < 1}}$$

$\rho \text{ gew.} : \text{Æ } 14 / e$ $= 21$

Überprüfung des obigen Bewehrungsgehaltes von $\rho \leq 0,5\%$

$$A_s = \text{vorh}_{a_s} = 7,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_c = (h \cdot 100) \cdot 100 = 2700,0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{vorh} = (A_s / A_c) \cdot 100 = 0,27 < 0,5$$

⇒ Annahme für Bewehrungsgehalt damit korrekt

Mindestbewehrung nach folgender Bedingung

$$a_{s,min} \geq 1,22 \cdot b_t \cdot h_t / f_{yd} \geq 0,0028 \cdot b_t \cdot h_t$$

$$\begin{aligned}
 h_t &= (h \cdot 100) / 2 &= 13,50 \text{ cm} \\
 b_t & &= 100,00 \text{ cm} \\
 f_{yd} &= \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"}; f_{yd}; \text{Bez}=\text{BSt};) &= 478,00 \text{ N/mm}^2 \\
 a_{s,\text{min}1} &= 1,22 \cdot b_t \cdot h_t / f_{yd} &= 3,45 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 a_{s,\text{min}2} &= 0,0028 \cdot b_t \cdot h_t &= 3,78 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 a_{s,\text{min}} &= \text{MAX}(a_{s,\text{min}1}; a_{s,\text{min}2}) &= 3,8 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

für die Längsbewehrung

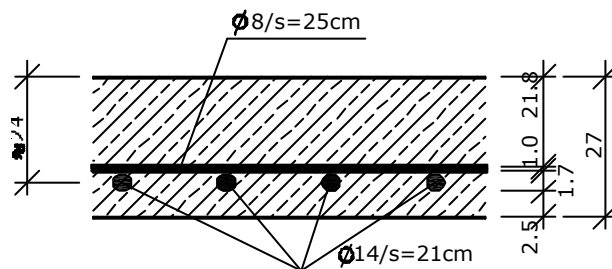
$$\begin{aligned}
 a_{s,\text{längs}} &= \text{vorh_}a_s &= 7,3 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 a_{s,\text{längs}} / a_{s,\text{min}} & &= \underline{1,9 > 1}
 \end{aligned}$$

für die Querbewehrung (ÖN B4700)

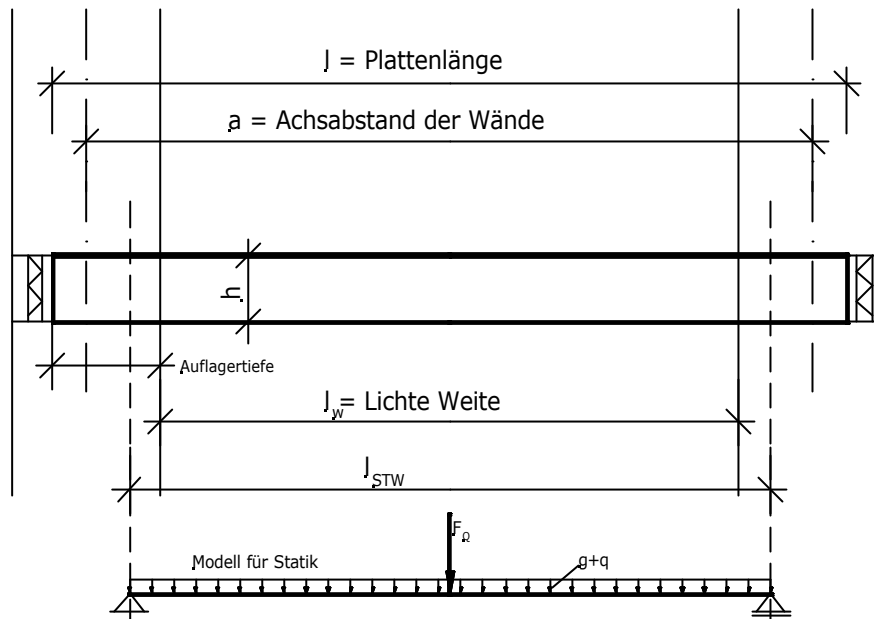
$$\begin{aligned}
 a_{s,\text{quer}} &= 0,20 \cdot a_{s,\text{längs}} &= 1,5 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \text{oder (Empfehlung analog zu ÖN B4200)} & & \\
 a_{s,\text{quer}} &= 0,50 \cdot a_{s,\text{min}} &= 1,9 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

gew.: 4 Æ 8 / m

$$\begin{aligned}
 d_s &= 8,00 \text{ mm} \\
 \text{gew} &= \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; d_s=d_s; A_s > a_{s,\text{quer}}) &= 4 \text{ Æ } 8 \\
 \text{vorh_}A_s &= \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; A_s; \text{Bez}=\text{gew}) &= 2,01 \text{ cm}^2 \\
 a_{s,\text{quer}} / \text{vorh_}A_s & &= \underline{0,95 < 1}
 \end{aligned}$$



Alternative zur Stabstahl-Bewehrung \Rightarrow Mattenbewehrung
 \Rightarrow **Matte AS9** mit Übergriff (längs) von 20 cm
 $\Rightarrow a_{s,\text{längs}} = 6,94 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\Rightarrow a_{s,\text{quer}} = 1,68 \text{ cm}^2/\text{m}$

Bemessung einer einachsig gespannte Platte MIT EINZELLAST**System:**

einfeldrige, einachsig gespannte Decke eines Wohnhauses

Platte wird mit einer Einzelast F in Feldmitte belastet

$$F = 94,00 \text{ kN}$$

$$\text{lichte Weite } l_w = 5,73 \text{ m}$$

$$\text{Betondeckung } c = 2,50 \text{ cm}$$

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;)	=	B 25
$f_{cd} =$	$10^3 \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; } f_{cd}; \text{BetonBez_B4700=Beton; })$	=	12500,00 kN/m ²
Baustahl BSt =	GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
$f_{yd} =$	$10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; } f_{yd}; \text{Bez=BSt; })$	=	47,80 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$$g_G = 1,35$$

$$g_Q = 1,50$$

gesucht:

- Bauhöhe (Plattendicke) einer Stahlbetonvollplatte
- Lastaufstellung und Bemessung
- Verstärkung der Haupt- u. Querbewehrung (a_{sx} , a_{sy}) infolge der Einzelast

Berechnung:**Bauhöhe/Plattendicke****Annahmen:**

⇒ Bewehrungsgehalt $\rho \leq 0,5\%$, weil gering belastete Platte

$$\rho = 0,50 \%$$

$$\Rightarrow \text{Annahme der Stützweite mit } l_{STW} = 6,00 \text{ m}$$

A.) Bauhöhe (Plattendicke) einer Stahlbetonvollplatte

$$d = \text{TAB}(\text{"OENORM/Grenzsclankheiten"; } d; \rho = \rho; \text{ISTW} = \text{ISTW}) = 24,0 \text{ cm}$$

$$dw_{\text{est}} = 12,0 \text{ mm}$$

Mindestdicke der Deckenplatte h

$$h = (d/100) + (c/100) + (dw_{\text{est}}/1000)/2 = 0,27 \text{ m}$$

Überprüfung der Stützweite

$$l_{\text{STW}} = l_w + h = 6,0 \text{ m}$$

⇒ Annahme für Stützweite damit überprüft

B.) Lastaufstellung und Bemessung

ständige Lasten

2 cm Fertigparkett:	0,02*8	=	0,16 kN/m ²
5 cm Estrich:	0,05*22	=	1,10 kN/m ²
2,5 cm Trittschalldämmung:			0,14 kN/m ²
2 cm Sandausgleich:	0,02*18	=	0,36 kN/m ²
1,5 cm Putz:	0,015*16	=	0,24 kN/m ²

13 cm Ausbaulasten AL = 2,00 kN/m²

27 cm Rohdecke D: 0,27*25 = 6,75 kN/m²

40 cm Ständige Last g = AL+D = 8,75 kN/m²

Nutzlasten

Wohnräume nach ÖN B4012: 2,00 kN/m²
 Zuschlag für Leichtwände: 1,00 kN/m²

Nutzlast q = 3,00 kN/m²

Biegemoment Platte (1 m Breite)

$$\max_{m_{sd}} = (g \cdot \gamma_G + q \cdot \gamma_Q) \cdot l_{STW}^2 / 8 = 73,4 \text{ kNm/m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$\gamma_{min} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } \gamma_{min}; \text{Stahl} = \text{BSt}) = 1,662$$

$$\gamma = (d/100) / \bar{\sigma}(\max_{m_{sd}} / f_{cd} / b) = 3,13 > \gamma_{min}$$

$$e_c = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; } e_c; \gamma = \gamma) = 3,173 \text{ ‰}$$

$$e_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; } e_s; \gamma = \gamma) = 20,000 \text{ ‰}$$

$$z = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; } z; \gamma = \gamma) = 0,944$$

Längsbewehrung

$$a_{s,erf} = \max_{m_{sd}} / (\zeta \cdot (d/100) \cdot f_{yd}) = 6,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$d_s = 14,00 \text{ mm}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"; } \text{Bez}; d_s = d_s; a_s^3 a_{s,erf} / 2) = \text{Æ 14 / e = 21}$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"; } a_s; \text{Bez} = \text{B}) = 7,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,erf} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{\underline{0,93 < 1}}$$

⊲ gew.: Æ 14 / e = 21

Überprüfung des obigen Bewehrungsgehaltes von $\rho \leq 0,5\%$

$$A_s = \text{vorh_}a_s = 7,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_c = (h \cdot 100) \cdot 100 = 2700,0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{vorh}} = (A_s / A_c) \cdot 100 = 0,27 < 0,5$$

⇒ Annahme für Bewehrungsgehalt damit korrekt

Mindestbewehrung nach folgender Bedingung

$$a_{s,\text{min}} \geq 1,22 \cdot b_t \cdot h_t / f_{yd} \geq 0,0028 \cdot b_t \cdot h_t$$

$$h_t = (h \cdot 100) / 2 = 13,50 \text{ cm}$$

$$b_t = 100,00 \text{ cm}$$

$$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; } f_{yd}; \text{Bez=BSt; }) = 478,00 \text{ N/mm}^2$$

$$a_{s,\text{min1}} = 1,22 \cdot b_t \cdot h_t / f_{yd} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,\text{min2}} = 0,0028 \cdot b_t \cdot h_t = 3,78 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,\text{min}} = \text{MAX}(a_{s,\text{min1}}; a_{s,\text{min2}}) = 3,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

für die Längsbewehrung

$$a_{s,\text{längs}} = \text{vorh_}a_s = 7,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,\text{längs}} / a_{s,\text{min}} = 1,9 > 1$$

für die Querbewehrung (ÖN B4700)

$$a_{s,\text{quer}} = 0,20 \cdot a_{s,\text{längs}} = 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

oder (Empfehlung analog zu ÖN B4200)

$$a_{s,\text{quer}} = 0,50 \cdot a_{s,\text{min}} = 1,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

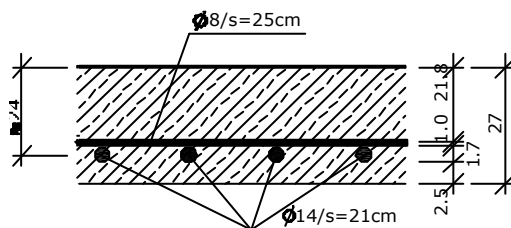
gew.: 4 Æ 8 / m

$$d_s = 8,00 \text{ mm}$$

$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } \text{Bez; } d_s = d_s; A_s > a_{s,\text{quer}}) = 4 \text{ Æ } 8$$

$$\text{vorh_}A_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{Bez=gew}) = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$a_{s,\text{quer}} / \text{vorh_}A_s = 0,95 < 1$$



C.) Verstärkung der Haupt- u. Querbewehrung (a_{sx} , a_{sy}) infolge der Einzellast

mittragende Breite b_m

Anteil der Einzellast an den Plattenschnittgrößen darf für die Vorberechnung des Biegemomentes gemäß ÖN B4700 auf die mittragende Breite b_m verteilt werden:

$$b_m = \frac{2/3 \cdot l_{STW}}{1} = 4,00 \text{ m}$$

$$\max M_F = \frac{F \cdot l_{STW} / 4}{1} = 141,00 \text{ kNm}$$

$$\text{Momentaufteilung } \max M_F = \frac{\max M_F}{b_m} = 35,3 \text{ kNm/m}$$

Bemessungsmoment

$$m_{Sd} = \max_{m_{Sd}} + \max M_F \cdot \gamma_Q = 126,3 \text{ kNm/m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$\gamma_{min} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } \gamma_{min}; \text{Stahl=BS}) = 1,662$$

$$\gamma = (d/100) / \ddot{O}(m_{Sd} / f_{cd} / b) = 2,39 > \gamma_{min}$$

$$e_c = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; } e_c; \gamma = \gamma) = 3,500 \text{ ‰}$$

$$e_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; } e_s; \gamma = \gamma) = 11,069 \text{ ‰}$$

$$z = \text{TAB}(\text{"OENORM/Rechteck_Biege"; } z; \gamma = \gamma) = 0,900$$

Längsbewehrung

gesamte Längsbewehrung (g, q und Einzellast)

$$a_{s,erf,Gesamt} = m_{Sd} / (\zeta \cdot (d/100) \cdot (f_{yd} \cdot 10^{-1})) = 12,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Zulage (nur für Einzellast) auf mittragende Breite b_m

$$a_{sx,erf,F} = a_{s,erf,Gesamt} - a_{s,l\ddot{a}ngs} = 4,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$d_s = 12,00 \text{ mm}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFl\ddot{a}che"; Bez; } d_s = d_s; a_s^3 a_{sx,erf,F} / 2) = \text{Æ } 12 / e = 21$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFl\ddot{a}che"; } a_s; \text{Bez=B}) = 5,39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sx,erf,F} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{\underline{0,91 < 1}}$$

▷ **gew.:** Æ 12 / e = 21
(Zulage)

für die Querbewehrung (Zulage auf mittragende Breite)

$$a_{sy,quer} = 0,60 \cdot a_{sx,erf,F} = 2,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$d_s = 10,00 \text{ mm}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFl\ddot{a}che"; Bez; } d_s = d_s; a_s^3 a_{sx,erf,F} / 2) = \text{Æ } 10 / e = 25$$

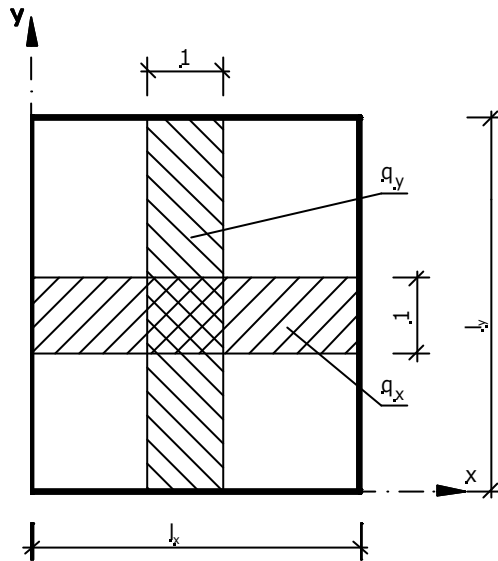
$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFl\ddot{a}che"; } a_s; \text{Bez=B}) = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sy,quer} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{\underline{0,92 < 1}}$$

▷ **gew.:** Æ 10 / e = 25
(Zulage)

Bemessung einer umfangsgelagerten Rechteckplatte

(mithilfe Diagramm nach Czerny in Valentiin/Kidery, Stahlbetonbau, Manz, 10.Aufl.)

**System:**

umfangsgelagerte Rechteckplatte, frei drehbare Plattenränder

$l_x =$	6,00 m
$l_y =$	7,20 m
Plattendicke $h =$	0,22 m
Betondeckung $c =$	0,025 m

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;)	=	B 25
$f_{cd} =$	$10^3 \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton; })$	=	12500,00 kN/m ²
Baustahl BSt =	GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
$f_{yd} =$	$10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt; })$	=	47,80 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

$\gamma_G =$	1,35
$\gamma_Q =$	1,50

gesucht:

Querkräfte q_x, q_y in Randmitte
 Rückhaltekraft R_c in Platteneck
 max. Feldmomente m_x, m_y
 Drillmoment m_{xy} im Platteneck
 Bemessung

Berechnung:

Lastaufstellung

ständige Lasten

2 cm Fertigparkett:	0,02*8	=	0,16 kN/m ²
5 cm Estrich:	0,05*22	=	1,10 kN/m ²
2,5 cm Trittschalldämmung:			0,14 kN/m ²
2 cm Sandausgleich:	0,02*18	=	0,36 kN/m ²
1,5 cm Putz:	0,015*16	=	0,24 kN/m ²

13 cm Ausbaulasten AL = 2.00 kN/m²

22 cm **Rohdecke D:** 0,22*25 = **5.50 kN/m²**

40 cm Ständige Last g = AL+D = 7.50 kN/m²

Nutzlasten

Wohnräume nach ÖN B4012:	2,00 kN/m ²
Zuschlag für Leichtwände:	1,00 kN/m ²

Nutzlast q = 3.00 kN/m²

p = g+q = 10,50 kN/m²

Werte aus Diagramm (F.Czerny, umfangsgelagerte Rechteckplatte unter Gleichlast)
für den Faktor

l_y / l_x = 1,2

ergeben sich

$c_{q_{xrm}}$ =	0,380
$c_{q_{yrm}}$ =	0,355
$c_{3_{Rc}}$ =	0,325
$c_{3_{mxm}}$ =	0,158
$c_{3_{mymax}}$ =	0,105
$c_{3_{mxye}}$ =	0,165

extreme Schnittgrößen:

Querkraft in Randmitte in der x-Richtung

$$q_{xrm} = p \cdot l_x \cdot c_{q_{xrm}} = 23,9 \text{ kN/m}$$

Querkraft in Randmitte in der y-Richtung

$$q_{yrm} = p \cdot l_x \cdot c_{q_{yrm}} = 22,4 \text{ kN/m}$$

Rückhaltekraft senkrecht auf die Plattenmittelebene im Platteneck

$$R_c = p \cdot l_x^2 \cdot c_{3Rc} / 3 = 41,0 \text{ kN}$$

Biegemomen in Plattenmitte in der x-Richtung

$$m_{xm} = p \cdot l_x^2 \cdot c_{3m_{xm}} / 3 = 19,9 \text{ kNm/m}$$

größtes Feldmoment m_y im Plattenmittelschnitt

$$m_{y,max} = p \cdot l_x^2 \cdot c_{3m_{y,max}} / 3 = 13,2 \text{ kNm/m}$$

Drillmoment im Platteneck

$$m_{xye} = p \cdot l_x^2 \cdot c_{3m_{xye}} / 3 = 20,8 \text{ kNm/m}$$

Bemessungsschnittgrößen

$$m_{xm,d} = m_{xm} \cdot (g/(g+q)) \cdot g_G + m_{xm} \cdot (q/(g+q)) \cdot g_Q = 27,7 \text{ kNm/m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$\gamma_{min} = \text{TAB("ÖNORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } \gamma_{min}; \text{ Stahl=BSst)} = 1,662$$

$$d_{s,längs} = 8,0 \text{ mm}$$

$$d = h - c - (d_{s,längs} / 1000) = 0,19 \text{ m}$$

$$\gamma = d / \ddot{O}(m_{xm,d} / f_{cd} / b) = \underline{4.04 > g_{min}}$$

$$e_c = \text{TAB("ÖNORM/Rechteck_Biege"; } e_c; \gamma = \gamma) = 2,073 \text{ ‰}$$

$$e_s = \text{TAB("ÖNORM/Rechteck_Biege"; } e_s; \gamma = \gamma) = 20,000 \text{ ‰}$$

$$z = \text{TAB("ÖNORM/Rechteck_Biege"; } z; \gamma = \gamma) = 0,96$$

Längsbewehrung

$$a_{s,x} = m_{xm,d} / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) = 3,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW("ÖNORM/AsFläche"; Bez; } d_s = d_{s,längs}; a_s^3 a_{s,x} / 2) = \text{Æ 8 / e = 15}$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB("ÖNORM/AsFläche"; } a_s; \text{Bez=B)} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,x} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{0,96 < 1}$$

⊢ gew.: Æ 8 / e = 15 (längs)

Querbewehrung

$$m_{y,max,d} = m_{y,max} \cdot (g/(g+q)) \cdot g_G + m_{y,max} \cdot (q/(g+q)) \cdot g_Q = 18,4 \text{ kNm/m}$$

$$\gamma_{min} = \text{TAB("ÖNORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } \gamma_{min}; \text{ Stahl=BSst)} = 1,662$$

$$d_{s,quer} = 8,0 \text{ mm}$$

$$d = h - c - (d_{s,quer} / 1000) - (d_{s,quer} / 2 / 1000) = 0,18 \text{ m}$$

$$\gamma = d / \ddot{O}(m_{y,max,d} / f_{cd} / b) = \underline{4.7 > g_{min}}$$

$$e_c = \text{TAB("ÖNORM/Rechteck_Biege"; } e_c; \gamma = \gamma) = 1,680 \text{ ‰}$$

$$e_s = \text{TAB("ÖNORM/Rechteck_Biege"; } e_s; \gamma = \gamma) = 20,000 \text{ ‰}$$

$$z = \text{TAB("ÖNORM/Rechteck_Biege"; } z; \gamma = \gamma) = 0,97$$

$$a_{s,y} = m_{y,max,d} / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) = 2,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mindestbewehrung $a_{sy,min}$

$$b_t = 100,00 \text{ cm}$$

$$h_t = (h \cdot 100) / 2 = 11,00 \text{ cm}$$

$$a_{sy,min} = 0,0028 \cdot b_t \cdot h_t = 3,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

⇒ $a_{sy,min}$ ersetzt den Wert für $a_{s,y}$

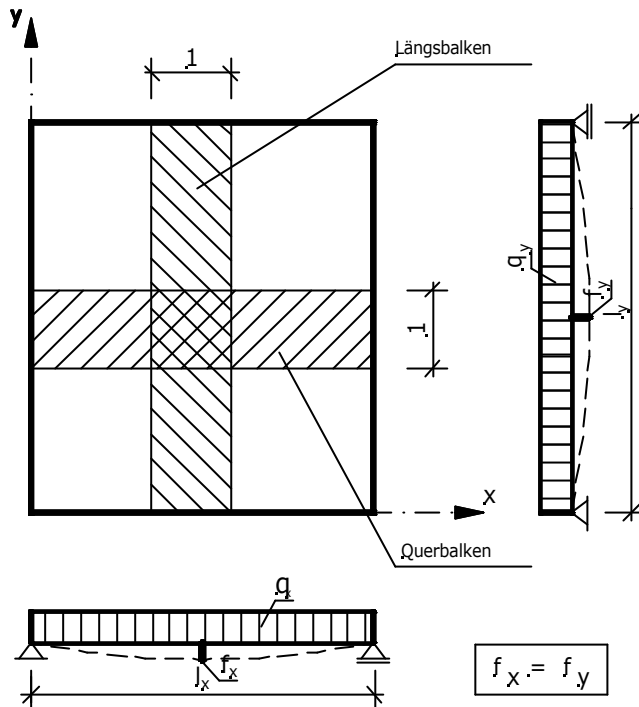
$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"; Bez; } d_s=d_{s,längs}; a_s^3 a_{s,x}/2) = \text{Æ } 8 / e = 15$$

$$\text{vorh}_{a_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"; } a_s;\text{Bez=B}) = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sy,min} / \text{vorh}_{a_s} = \underline{\underline{0,93 < 1}}$$

⊢ gew.: Æ 8 / e = 15
(quer)

Umfangsgelagerten Rechteckplatte - Näherungsverfahren



System:

umfangsgelagerte Rechteckplatte, frei drehbare Plattenränder

- $l_x =$ 6,00 m
- $l_y =$ 7,20 m
- Plattendicke $h =$ 0,22 m
- Betondeckung $c =$ 0,025 m

Baustoffe:

- Betonqualität Beton = GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;) = B 25
- $f_{cd} =$ $10^3 \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton; }) = 12500,00 \text{ kN/m}^2$
- Baustahl BSt = GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550
- $f_{yd} =$ $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt; }) = 47,80 \text{ kN/cm}^2$

Sicherheitsbeiwerte:

- $g_G =$ 1,35
- $g_Q =$ 1,50

gesucht:

Feldmomente m_x und m_y mittels **Näherungsverfahren**

Lastaufstellung

ständige Lasten

- 2 cm Fertigparkett: $0,02 \cdot 8 = 0,16 \text{ kN/m}^2$
- 5 cm Estrich: $0,05 \cdot 22 = 1,10 \text{ kN/m}^2$
- 2,5 cm Trittschalldämmung: $0,14 \text{ kN/m}^2$
- 2 cm Sandausgleich: $0,02 \cdot 18 = 0,36 \text{ kN/m}^2$
- 1,5 cm Putz: $0,015 \cdot 16 = 0,24 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned}
 & \text{13 cm Ausbaulasten AL} = \underline{2,00 \text{ kN/m}^2} \\
 22 \text{ cm Rohdecke D: } & 0,22 \cdot 25 = \underline{5,50 \text{ kN/m}^2} \\
 40 \text{ cm Ständige Last g} = & \text{AL+D} = \underline{7,50 \text{ kN/m}^2}
 \end{aligned}$$

Nutzlasten

$$\begin{aligned}
 \text{Wohnräume nach ÖN B4012:} & 2,00 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Zuschlag für Leichtwände:} & 1,00 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Nutzlast q} = \underline{3,00 \text{ kN/m}^2}$$

$$p = g + q = 10,50 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung:

$$q_x = \frac{l_y^4}{(l_x^4 + l_y^4)} \cdot p = 7,08 \text{ kN/m}^2$$

$$q_y = \frac{l_x^4}{(l_x^4 + l_y^4)} \cdot p = 3,42 \text{ kN/m}^2$$

⇒ der größere Anteil der Last wird über die kürzere Seite abgetragen

Kontrolle

$$p = q_x + q_y = 10,50 \text{ kN/m}^2$$

Stützungsart der Platte = **allseitig frei drehbar** gelagert

$$\Rightarrow \beta_x = 1/8 = 0,1250$$

$$\Rightarrow \beta_y = 1/8 = 0,1250$$

Biegemomente

$$m_x = \beta_x \cdot q_x \cdot l_x^2 = 31,9 \text{ kNm/m}$$

$$m_y = \beta_y \cdot q_y \cdot l_y^2 = 22,2 \text{ kNm/m}$$

Abminderung der maximalen Feldmomente bei

$$l_y / l_x = \underline{1,2 < 1,5}$$

mit

$$M_x = p \cdot l_x^2 / 8 = 47,3 \text{ kNm/m}$$

$$M_y = p \cdot l_y^2 / 8 = 68,0 \text{ kNm/m}$$

ergibt die reduzierten Biegemomente

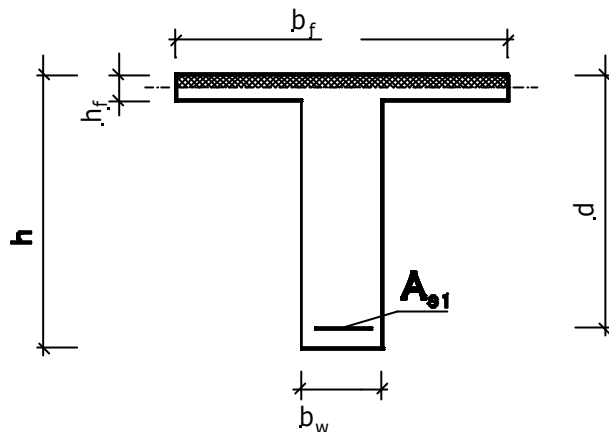
$$m_{x,max} = m_x \cdot (1 - (5/6) \cdot (l_x/l_y)^2) \cdot m_x / M_x = 19,4 \text{ kNm/m}$$

$$m_{y,max} = m_y \cdot (1 - (5/6) \cdot (l_y/l_x)^2) \cdot m_y / M_y = 13,5 \text{ kNm/m}$$

Bemessungsschnittgrößen

$$m_{x,max,d} = m_{x,max} \cdot ((g/(g+q)) \cdot g_G + (q/(g+q)) \cdot g_Q) = 27,0 \text{ kNm/m}$$

$$m_{y,max,d} = m_{y,max} \cdot ((g/(g+q)) \cdot g_G + (q/(g+q)) \cdot g_Q) = 18,8 \text{ kNm/m}$$

Plattenbalkenquerschnitt, Biege- und Druckbeanspruchung**gegeben:****Plattenbalkenquerschnitt, Beanspruchung durch Biegung und Druck**

mitwirkende Breite $b_f =$	1,50 m
Stegbreite $b_w =$	0,30 m
Plattenbalkenhöhe $h =$	0,70 m
Nutzhöhe $d =$	0,63 m
Abstand Schwerpunkt Stahl zu Betonzugrand $d_1 =$	0,07 m
Plattendicke $h_f =$	0,18 m

Baustoffe:

Beton =	B 30
$f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"}; f_{cd}; \text{BetonBez_B4700}=\text{Beton};)$	= 1,50 kN/cm ²
Betonstahl BSt =	BSt 550
$f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"}; f_{yd}; \text{Bez}=\text{BSt})$	= 47,80 kN/cm ²

Belastung:

Moment aus ständigen Last $M_G =$	300,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q =$	200,00 kNm
Druckkraft infolge ständiger Last $N_G =$	100,00 kN
Druckkraft infolge veränderlicher Last $N_Q =$	65,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

gesucht:

erforderliche Hauptbewehrung A_s
auftretende Stahldehnung ε_s

Berechnung:

Bemessungswerte

$$M_{Sd} = g_G * M_G + g_Q * M_Q = 705,0 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = g_G * N_G + g_Q * N_Q = 232,5 \text{ kNm}$$

Exzentrizität

$$e_0 = M_{Sd} / N_{Sd} = 3,03 \text{ m}$$

⇒ große Exzentrizität bzw. große Ausmitte des Lastangriffes (liegt deutlich außerhalb des Querschnittes)

$$s_1 = h/2 - d_1 = 0,28 \text{ m}$$

für Biegung mit Druck erhält man

$$M_{S1} = M_{Sd} + N_{Sd} * s_1 = 770,1 \text{ kNm}$$

Höhe der wirksamen rechteckigen Druckzone x_u

$$x_u = d - \sqrt{d^2 - (2 * M_{S1}) / (b_f * f_{cd} * 10^4)} = \underline{0,057 < h_f}$$

$$x_u / h_f = \underline{0,32 < 1}$$

⇒ wirksame Druckzone ist ein Rechteck, die Null-Linie liegt im Flansch

zugehörige Bewehrung

$$\text{erf_}A_{s1} = (x_u * b_f * f_{cd} * 10^4 - N_{Sd}) / f_{yd} = 22,0 \text{ cm}^2$$

$$d_s\text{_gew} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s = d_s\text{_gew; } A_s > \text{erf_}A_{s1}) = 5 \text{ \AE } 25$$

$$\text{vorh_}A_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; } A_s; \text{ Bez} = \text{gew}) = 24,54 \text{ cm}^2$$

gew: 5 \AE 25

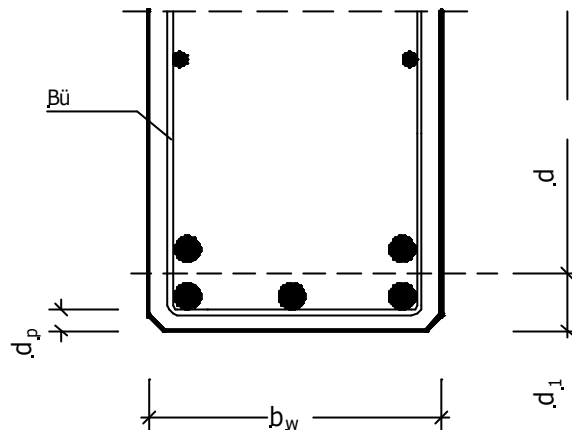
$$\text{erf_}A_{s1} / \text{vorh_}A_s = \underline{0,90 < 1}$$

Kontrolle der Stahldehnung ε_{s1} bei der Bemessung

$$\varepsilon_{sy} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"; } e_{sy}; \text{ Stahl} = \text{BST}) = 2,39 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{s1} = 2,80 * (d - 1,25 * x_u) / x_u = 27,45 > \varepsilon_{sy}$$

⇒ hoher Wert der Stahldehnung zeigt Notwendigkeit, im Gebrauchszustand den Nachweis der Rissebeschränkung zu führen

Plattenbalkenquerschnitt, gesucht Nutzhöhe d und Hauptbewehrung As

gegeben:

T-Querschnitt (Plattenbalken)

mitwirkende Breite $b_f =$	1,00 m
Stegbreite $b_w =$	0,30 m
Plattendicke $h_f =$	0,12 m

Baustoffe:

Beton =	B 40
$f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton;})$	= 2,00 kN/cm ²
Betonstahl BSt =	BSt 600
$f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt})$	= 52,20 kN/cm ²

Belastung:

Annahme für MSd-Berechnung: 55% stammen von der ständigen Last und 45% von der veränderlichen Last

Gebrauchsmoment $M =$	1500,00 kNm
Moment aus ständigen Last $M_G = 0,55 \cdot M$	= 825,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last $M_Q = 0,45 \cdot M$	= 675,00 kNm

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

gesucht:

erforderliche Nutzhöhe d
erforderliche Hauptbewehrung As

Berechnung:

Bemessungswert des Biegemomentes

$$M_{Sd} = g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q = 2126 \text{ kNm}$$

Fall $x_u = h_f$ Höhe der Nutzhöhe d mittels kleinsten möglichen Wert für $x_u = h_f$

$$d = \frac{M_{Sd}}{(h_f \cdot b_f \cdot f_{cd} \cdot 10^4)} + h_f / 2 = 0,946 \text{ m}$$

erforderliche Bewehrung As

$$\text{erf}_{A_s} = \frac{h_f \cdot b_f \cdot f_{cd} \cdot 10^4}{f_{yd}} = 46,0 \text{ cm}^2$$

$$d_{s_gew} = 36 \text{ mm}$$

$$gew = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; d_s=d_{s_gew}; A_s>erf_A_s) = 5 \text{ \AE } 36$$

$$vorh_A_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; A_s; \text{Bez}=gew) = 50,89 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew: } 5 \text{ \AE } 36$$

$$erf_A_s / vorh_A_s = \underline{0,90 < 1}$$

Kontrolle der auftretenden Stahldehnung ε_s

$$\varepsilon_{sy} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"}; e_{sy}; \text{Stahl}=\text{BSt}) = 2,61 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 2,8 \cdot (d - 1,25 \cdot h_f) / h_f = 18,6 > \varepsilon_{sy}$$

Fall $x_u > h_f$

Annahme einer geringeren Höhe für d als im obigen Fall, mit

$$\text{Nutzhöhe } d = 0,75 \text{ m}$$

▷ wirksame Druckzone in Gurtplatte und im anschließenden Stegteil

$$\text{bekannte Kraft in linkem/rechtem Plattenteil } F_{cf} = h_f \cdot (b_f - b_w) \cdot f_{cd} \cdot 10^4 = 1680 \text{ kN}$$

$$\text{Abstand zu Bewehrung } z_{cf} = d - h_f / 2 = 0,69 \text{ m}$$

$$x_u = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (M_{Sd} - F_{cf} \cdot z_{cf})}{b_w \cdot f_{cd} \cdot 10^4}} \right) = \underline{0,26 > h_f}$$

zugehörige Bewehrung

$$erf_A_s = (x_u \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot 10^4 + F_{cf}) / f_{yd} = 62,1 \text{ cm}^2$$

$$d_{s_gew} = 30 \text{ mm}$$

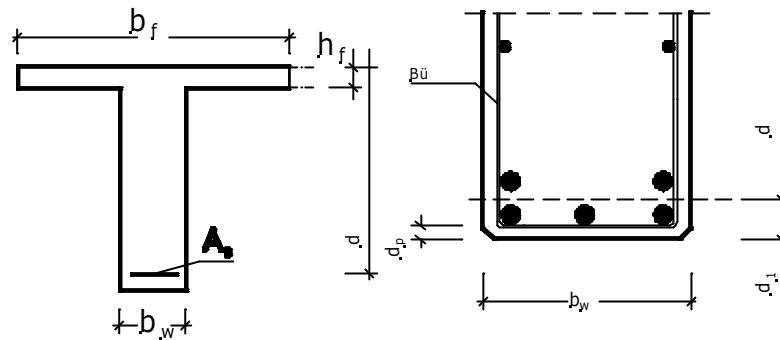
$$gew = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; d_s=d_{s_gew}; A_s>erf_A_s) = 9 \text{ \AE } 30$$

$$vorh_A_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; A_s; \text{Bez}=gew) = 63,62 \text{ cm}^2$$

$$\text{gew: } 9 \text{ \AE } 30$$

$$erf_A_s / vorh_A_s = \underline{0,98 < 1}$$

⇒ gewählte Bewehrung kann schwer im Steg ohne dessen Verbreiterung angeordnet werden; eine

Plattenbalkenquerschnitt, gesucht Hauptbewehrung As

gegeben:

T-Querschnitt (Plattenbalken)

mitwirkende Breite b_f =	1,60 m
Stegbreite b_w =	0,40 m
Nutzhöhe d =	1,00 m
Plattendicke h_f =	0,10 m

Baustoffe:

Beton =	B 30
$f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"}; f_{cd}; \text{BetonBez_B4700}=\text{Beton};)$	= 1,50 kN/cm ²
Betonstahl BSt =	BSt 550
$f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"}; f_{yd}; \text{Bez}=\text{BSt})$	= 47,80 kN/cm ²

Belastung:

Annahme für MSd-Berechnung: 60% stammen von der ständigen Last und 40% von der veränderlichen Last

Gebrauchsmoment M =	1850,00 kNm
Moment aus Eigengewicht M_G =	0,60 * M = 1110,00 kNm
Moment aus veränderlicher Last M_Q =	0,40 * M = 740,00 kNm

Sicherheitsbeiwerte:

g_s =	1,15
g_G =	1,35
g_Q =	1,50

gesucht:

erforderliche Hauptbewehrung A_s
auftretende Stahldehnung ϵ_s

Berechnung:

Bemessungswert des Biegemomentes

$$M_{Sd} = g_G \cdot M_G + g_Q \cdot M_Q = 2609 \text{ kNm}$$

Höhe der wirksamen rechteckigen Druckzone x_u

$$x_u = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Sd}}{b_f \cdot f_{cd} \cdot 10^4}} \right) = \underline{0.115 > hf}$$

▷ wirksame Druckzone in Gurtplatte und im anschließenden Stegteil

$$\text{bekannte Kraft in linkem/rechtem Plattenteil } F_{cf} = hf \cdot (b_f - b_w) \cdot f_{cd} \cdot 10^4 = 1800 \text{ kN}$$

$$\text{Abstand zu Bewehrung } z_{cf} = \frac{d - hf}{2} = 0,95 \text{ m}$$

$$x_u = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (M_{Sd} - F_{cf} \cdot z_{cf})}{b_w \cdot f_{cd} \cdot 10^4}} \right) = \underline{0.163 > hf}$$

mit diesem höheren Wert für x_u ergibt sich die erforderliche Bewehrung

$$\text{erf_}A_s = \frac{(x_u \cdot b_w \cdot f_{cd} \cdot 10^4 + F_{cf})}{f_{yd}} = 58,1 \text{ cm}^2$$

auftretende Stahldehnung ε_s

$$e_{sy} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Kennwerte_Stahldehnung"}; e_{sy}; \text{Stahl=BST}) = 2,39 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 2,80 \cdot (d - 1,25 \cdot x_u) / x_u = 13,7 > e_{sy}$$

gew.: 8 Ø 30

$$ds_{\text{gew}} = 30 \text{ mm}$$

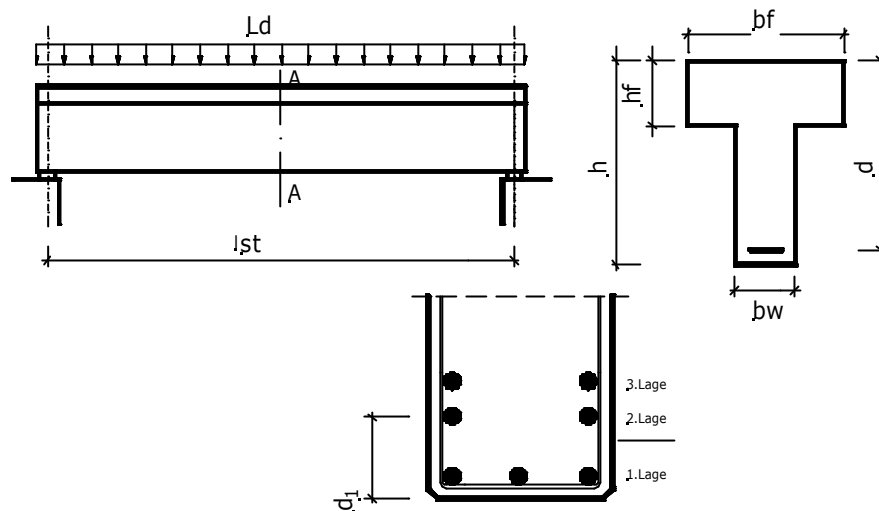
$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; \text{Bez}; ds = ds_{\text{gew}}; A_s > \text{erf_}A_s) = 9 \text{ \AE 30}$$

$$\text{vorh_}A_s = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"}; A_s; \text{Bez=gew}) = 63,62 \text{ cm}^2$$

gew: 9 \AE 30

$$\text{erf_}A_s / \text{vorh_}A_s = \underline{0.91 < 1}$$

Plattenbalkenquerschnitt, Nachweis der Aufnahme der Querkräfte



gegeben:

T-Querschnitt im Inneren eines Gebäudes

Betondeckung $c = 2,0 \text{ cm}$
 Auflagerabstand $l_{st} = 8,00 \text{ m}$

mitwirkende Breite $b_f = 0,50 \text{ m}$
 Stegbreite $b_w = 0,22 \text{ m}$
 Nutzhöhe $d = 0,69 \text{ m}$
 Plattendicke $h_f = 0,25 \text{ m}$
 Bauteilhöhe $h = 0,80 \text{ m}$
 $d_1 = h - d = 0,11 \text{ m}$

Zugbewehrung im Steg

1. Lage $As_1 = 3 \text{ } \varnothing 24$
2. Lage $As_1 = 2 \text{ } \varnothing 30$
3. Lage $As_1 = 2 \text{ } \varnothing 30$

Baustoffe:

Beton = B 40
 Betonstahl BSt = BSt 550
 $f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton;}) = 2,00 \text{ kN/cm}^2$
 $f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt}) = 47,80 \text{ KN/cm}^2$

Belastung:

Schnittgrößen
 $G = 60,00 \text{ kN/m}$
 $Q = 40,00 \text{ kN/m}$

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s = 1,15$
 $g_G = 1,35$
 $g_Q = 1,50$

gesucht:

erforderliche Bewehrung zur Aufnahme der schrägen Zugkräfte durch
 Variante a.) Aufnahme der Querkräfte durch Bügel und Schrägeinlagen
 Variante b.) Aufnahme der Querkräfte durch lotrechte Bügel alleine

Berechnung:

$$L_d = \gamma_G * G + \gamma_Q * Q = 141,00 \text{ kN/m}$$

$$V_{sd,max} = L_d * l_{st}/2 = 564,00 \text{ kN}$$

maßgebende Stelle für die Querkraft V_{sd} im Abstand d vom Auflagerrand; die reduzierte Querkraft V_{sd,red} darf nur für den Nachweis der Schrägzugbewehrung verwendet werden

$$a_L = 0,20 \text{ m}$$

$$x = a_L/2 + d = 0,79 \text{ m}$$

$$V_{sd,x} = V_{sd,max} - L_d * x = 452,6 \text{ kN}$$

Nachweis der Tragfähigkeit der Betondruckstreben:

Wahl von TAN(β)=0,6 ergibt die kleinste Schrägzugbewehrung und die größte Beanspruchung der Betondruckstrebe, diese muß aber hinsichtlich der Rissesicherung kontrolliert werden.

$$\beta = 30,964^\circ$$

$$\text{TAN}(\beta) = 0,600$$

$$1/\text{TAN}(\beta) = 1,667$$

Der Bemessungswerte der Festigkeit der Betondruckstreben = v*f_{cd}

$$f_{cd} = f_{cd} * 10 = 20,00 \text{ N/mm}^2$$

$$v = 0,70 - 1,5 * f_{cd}/200 = \underline{0,55} > 0,5$$

maximaler Bemessungswert des Betonwiderstand V_{Rdc,max}

$$z = 0,9 * (d * 100) = 62,100 \text{ m}$$

$$f_{cd} = f_{cd}/10 = 2,000 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rdc,max} = 0,70 * (b_w * 100) * z * v * f_{cd} = 1052,0 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Betonwiderstand V_{Rdc} für β = 30,964° und α = 90,00°

$$V_{Rdc} = (b_w * 100) * z * v * f_{cd} * (1 / (1/\text{TAN}(\beta) + \text{TAN}(\beta))) = 663,0 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_{Rdc,max} > V_{Rdc} > V_{sd,max}$$

Variante a.) Aufnahme der Querkräfte durch Bügel und Schrägeinlagen

Mindesten 50% des erforderlichen Widerstandes gegen Querkraft ist durch annähernd rechtwinkelig zur Trägerachse stehende Bügel zu erbringen. Die dafür erforderliche Bewehrung muss jedoch mindestens a_{sw,min} betragen.

Mindestverbügelung a_{sw,min}

$$f_{ctm} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fctm; BetonBez_B4700=Beton}) = 3,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BS}) = 478,0 \text{ N/mm}^2$$

$$b_w = b_w * 100 = 22,0 \text{ cm}$$

$$a_{sw,min} = 15 * f_{ctm} * b_w / f_{yd} = 2,1 \text{ cm}$$

$$a_{sw,min} = a_{sw,min} / 2 = 1,1 \text{ cm}^2/\text{m/Seite}$$

⇒ gewählt: Bü Ø 8/30 cm

$$a_{sw,Bü,vorh} = 1,68 \text{ cm}^2/\text{m/Seite}$$

$$a_{sw,Bü,vorh} = 3,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$f_{yd} = f_{yd}/10 = 47,80 \text{ kN/cm}^2$$

$$z = 0,9 * d = 0,621 \text{ m}$$

$$V_{Rds,Bü,min} = a_{sw,Bü,vorh} * z * f_{yd} * (1/\text{TAN}(\beta)) = 166,23 \text{ kN}$$

größter Abstand der Bügelbewehrung im Auflagerbereich (abhängig von der wirkenden Querkraft)

$$V_{sd,red} > (2/3) * V_{Rdc}$$

$$V_{Sd,red} = V_{Sd,x} = 452,60 \text{ kN}$$

$$Z_d V_{Rdc} = (2/3) \cdot V_{Rdc} = 442,00 \text{ kN}$$

$$Z_d V_{Rdc} / V_{Sd,red} = 0,98 \leq 1$$

$$s_{max} = 0,3 \cdot d \leq 20,00 \text{ cm}$$

$$s_{max} = \text{WENN}(0,3 \cdot (d \cdot 100) \leq 20; 0,3 \cdot (d \cdot 100); 20) = 20,00 \text{ cm}$$

Bemessungswert des Widerstandes der Schrägzugbewehrung
 $V_{Rds} = a_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot ((1/\text{TAN}(\alpha)) + (1/\text{TAN}(\beta))) \cdot \text{SIN}(\alpha)$
 bei Anordnung lotrechter Bügel gilt
 $V_{Rds} = a_{sw} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot (1/\text{TAN}(\beta))$

Bügelbewehrung für mindestens

$$a_{sw,bü,erf} = V_{Sd,red} \cdot 0,5 / (z \cdot f_{yd} \cdot (1/\text{TAN}(\beta))) = 4,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

⇒ gewählt wird für $s < s_{max}$ der halbe Mindestbügelabstand

⇒ **Bü Ø 8/15 cm**

$$a_{sw,Bü,vorh} = 6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{Rds,Bü,vorh} = a_{sw,Bü,vorh} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot (1/\text{TAN}(\beta)) = 331,5 \text{ kN}$$

Schrägeinlagen

$$V_{sd,rest} = V_{Sd,red} - V_{Rds,Bü,vorh} = 121,1 \text{ kN}$$

$$\alpha = 90,0^\circ$$

$$a_{sw,schräg,erf} = V_{sd,rest} / (z \cdot f_{yd} \cdot ((1/\text{TAN}(\alpha)) + (1/\text{TAN}(\beta)))) \cdot \text{SIN}(\alpha) = 2,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mit Annahme eines näherweisen linearen Verlaufes von $a_{sw,schräg}$, ergibt sich folgende gesamte Schrägbewehrung:

$$A_{sw,schräg,erf} = 2,16/2 \cdot 0,86 + 2,16 \cdot 0,79 = 2,62 \text{ cm}^2$$

gewählt: **1Æ24** ($A_{sw,schräg,vorh} = 4,52 \text{ cm}^2$)

⇒ es wird 1Ø24 aus der Längsbewehrung aufgebogen; Zusätzlich muss an Hand einer Momentenabdeckung überprüft werden, ob der aufzubiegende Bewehrungsstab nicht mehr für die Abdeckung der Zugkraftlinie benötigt wird.

Variante b.) Aufnahme der Querkräfte durch lotrechte Bügel

Erforderliche Bügelbewehrung im Auflagerbereich

$$a_{sw,bü,erf} = V_{Sd,red} / (z \cdot f_{yd} \cdot (1/\text{TAN}(\beta))) = 9,15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,bü,erf} = a_{sw,bü,erf} / 2 = 4,58 \text{ cm}^2/\text{m/Seite}$$

⇒ **Bü Ø 8/10 cm**

$$a_{sw,Bü,vorh} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m/Seite}$$

$$a_{sw,Bü,vorh} = 10,06 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$V_{Rds,Bü,vorh} = a_{sw,Bü,vorh} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot (1/\text{TAN}(\beta)) = 497,7 \text{ kN}$$

fiktive Bügelspannung

$$a_{sw,min} = 15 \cdot f_{ctm} \cdot b_w / (f_{yd} \cdot 10) = 2,1 \text{ cm}^2/\text{m/gesamt}$$

$$a_{sw,bü,erf} = 2 \cdot (V_{Sd,red} \cdot 0,5 / (z \cdot f_{yd} \cdot (1/\text{TAN}(\beta)))) = 9,15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s = (f_{yd} \cdot 10) \cdot (0,9 \cdot (1/\text{TAN}(\beta)) - 3,50 \cdot (a_{sw,min} / a_{sw,bü,erf})) \cdot (a_{sw,bü,erf} / a_{sw,Bü,vorh}) \cdot \text{SIN}(\alpha) = 302,9 \text{ N}$$

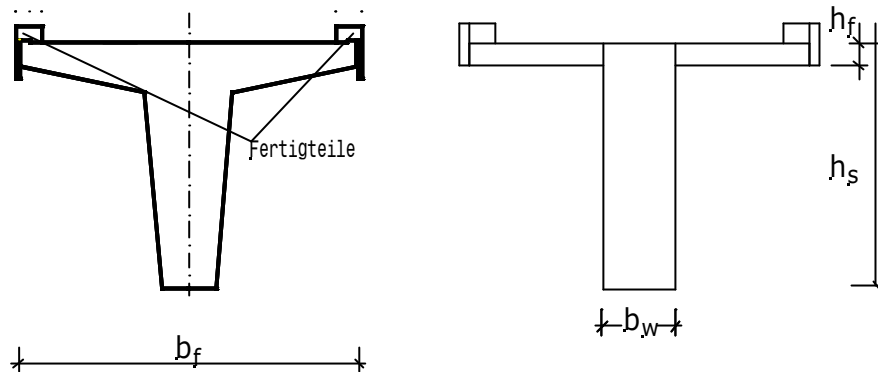
⇒ gewählt Bügelabstand von 10 cm (entsprechend zu σ_s)

ad Bügelbewehrung: entsprechend der Querkraft abgestuft (wie unter a.)
 im Mittelbereich des Balkens Bü Ø8/30 für $V_{Rds,min} = 166,23 \text{ kN}$
 im Auflagerbereich Bü Ø8/10 cm

Vergrößern der Bügelabstände zwischen den Stäben ist möglich

Nachweis der Beschränkung der Rissbreite für einer Fussgängerbrücke

Idealisierter Querschnitt



System:

Fußgängerbrücke mit idealisiertem Querschnitt

Stützweite l_{STW} =		20,00 m
mitw. Gurtbreite b_f =		3,80 m
Stegbreite b_w =		0,60 m
Steghöhe h_s =		1,10 m
Nutzhöhe d =		0,97 m
Plattenhöhe h_f =		0,20 m
d_1 =	$h_s - d$	= 0,13 m
erforderliche Bewehrung in Feldmitte		
A_s =		101,8 cm ²
abgedeckt mit 10Æ36		
$vorh_d_s$ =		36 mm

gesucht:

Einhaltung einer vorgegebenen Rissbreite und eines Grenzdurchmessers d_{sg}

Lastannahmen:

Tragwerk

Konsole:	$25 \cdot 1,60 \cdot 0,20 \cdot 2$	=	16,00 kN/m
Steg(e):	$25 \cdot 1,10 \cdot 0,6$	=	16,50 kN/m
		g_1 =	<u>32,50 kN/m</u>

Brückenausrüstung

Brückengeländer:	$2 \cdot 0,55$	=	1,10 kN/m
Randstreifen(Fertigteile, inkl. Betonabsatz):	$25 \cdot (0,08 \cdot 0,35 + 0,42 \cdot 0,15) \cdot 2$	=	4,55 kN/m
Belag:	$25 \cdot 0,10 \cdot 3,00$	=	7,50 kN/m
		g_2 =	<u>13,15 kN/m</u>

Ständige Last g = $g_1 + g_2$ = 45,65 kN/m

Verkehrslast q = $5,0 \cdot 3,5$ = 17,50 kN/m

Gesamtlast G= $g+q$ = **63,15 kN/m**

es ergeben sich:

Maximalmoment aus ständigen Last $M_{g,max}$ = 2284,0 kNm

Maximalmoment aus Vollbelastung im Gebrauchszustand M_{max} = 3160,0 kNm

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;) = B 30

f_{cd} = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; } f_{cd}; \text{BetonBez_B4700=Beton; })$ = 1,50 kN/cm²

E_c = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; } E_c; \text{BetonBez_B4700=Beton; })$ = 3050,00 kN/cm²

f_{ctm} = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; } f_{ctm}; \text{BetonBez_B4700=Beton; })$ = 0,26 kN/cm²

Baustahl BSt = GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;) = BSt 550

f_{yd} = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; } f_{yd}; \text{Bez=BSt; })$ = 47,80 kN/cm²

E_s = 20000,00 kN/cm²

Berechnung:

nach K.Jäger, Das Traglastverfahren im Stahlbetonbau. 4.Aufl. Manz Verlag ergibt sich mit

(b_w/b_f) = 0,158

(h_f/h_s) = 0,182

l_c = $(0,313 \cdot b_f \cdot h_s^3) / 12$ = 0,1319 m⁴

x_s = $0,295 \cdot h_s$ = 0,325 m

ρ = $A_s / ((b_f \cdot 100) \cdot (d \cdot 100))$ = 0,00276

ρ = $\rho \cdot 100$ = 0,276 %

da $\rho < 0,5\%$ kann der Einfluss der Bewehrung auf die Biegesteifigkeit B_I vernachlässigt werden

somit ergibt sich

B_I = $E_c \cdot l_c \cdot 10^4$ = $4,02 \cdot 10^6$ kNm²

Rissmoment M_r

l_I = l_c = 0,1319 m⁴

M_r = $(f_{ctm} \cdot 10^4) \cdot (I_I / (h_s - x_s))$ = 442,5 kNm

⇒ M_r liegt deutlich unter $M_{g,max}$ und M_{max} , daher ist für den Nachweis der Durchbiegung der Zustand II maßgebend

Kurzzeitdurchbiegung

es gilt

k_D = 1,0

Φ = 0,0

$k_{\Phi 3}$ = 1,0

Größen x_{II} und z_{II} nach A.Pucher, Lehrbuch des Stahlbetonbaues. 3.Aufl. Manz Verlag für

Querschnitte mit rechteckiger Druckzone aus

$x = x_{II} / d = a / (a + m)$

$z = z_{II} / d = 1 - (a / (3 \cdot (a + m)))$

$a = E_s / E_c$

$m = s_s / s_{cr}$

Spannungsverhältnis m

$m = -(a/2) + \sqrt{((a/2)^2 + (a/2/r))}$

α = E_s / E_c = 6,56

ρ = $A_s / ((b_f \cdot 100) \cdot (d \cdot 100))$ = 0,00276

m = $-(\alpha/2) + \sqrt{((\alpha/2)^2 + (\alpha/2/\rho))}$ = 31,35

ξ = $\alpha / (\alpha + m)$ = 0,173

ζ = $1 - (\alpha / (3 \cdot (\alpha + m)))$ = 0,942

die auftretende **Stahlspannung unter Gebrauchslast** beträgt somit

$$\begin{aligned}\sigma_{sD} &= 10 \cdot M_{g,max} / (\zeta \cdot d \cdot A_s) &= & 245,54 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{sD} &= \text{WENN}(\text{BSt} = \text{"BSt 420"} \text{ UND } \sigma_{sD} \neq 420; 420; \sigma_{sD}) &= & 245,54 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{sD} &= \text{WENN}(\text{BSt} = \text{"BSt 500"} \text{ UND } \sigma_{sD} \neq 220; 220; \sigma_{sD}) &= & 245,54 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{sD} &= \text{WENN}(\text{BSt} = \text{"BSt 550"} \text{ UND } \sigma_{sD} \neq 240; 240; \sigma_{sD}) &= & 240,00 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{sD} &= \text{WENN}(\text{BSt} = \text{"BSt 600"} \text{ UND } \sigma_{sD} \neq 260; 260; \sigma_{sD}) &= & 240,00 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Höhe der Zugzone

$$h_t = 100 \cdot (h_s - x_g) = 77,50 \text{ cm}$$

Breite der Zugzone

$$b_t = 100 \cdot b_w = 60,00 \text{ cm}$$

Der Stabdurchmesser d_s der an einem Zugrand vorhandenen Bewehrung A_s darf den Grenzdurchmesser d_{sg} nicht überschreiten. Der Grenzdurchmesser d_{sg} wird in Abhängigkeit vom vorhandenen Bewehrungsgrad ρ_t und der ermittelten Stahlspannung σ_{sD} ermittelt:

$$\begin{aligned}\rho_t &= A_s \cdot 100 / (b_t \cdot h_t) &= & 2,19 \% \\ \rho_t &= \text{WENN}(\rho_t > 2,50; 2,50; \rho_t) &= & 2,19 \%\end{aligned}$$

mind. rechnerischer Grenzdurchmesser d_{sr}

$$d_{sr} = \text{TAB}(\text{"ÖNORM/Grenzdurchmesser"}; d_{sr}; \text{BSt} = \text{BSt}; \sigma_{sD} = \sigma_{sD}; \rho_t = \rho_t) = 44 \text{ mm}$$

mit

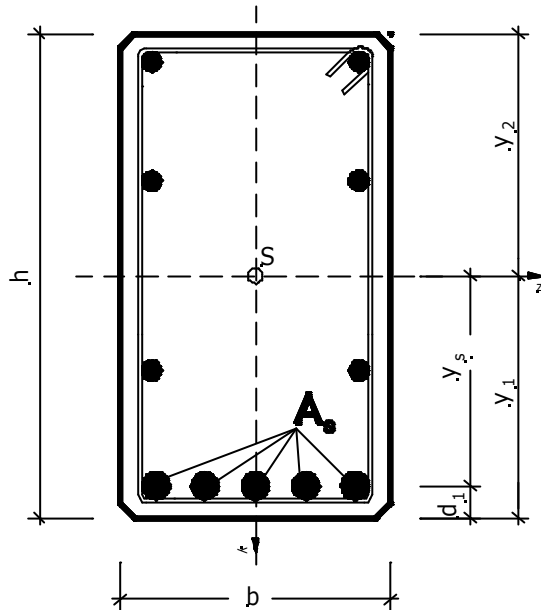
$$\begin{aligned}k &= h_t / (5 \cdot (d_1 \cdot 100)) &= & 1,19 \\ k &= \text{WENN}(k < 1; 1; k) &= & 1,19\end{aligned}$$

erhält man den **Grenzdurchmesser d_{sg}**

$$d_{sg} = d_{sr} \cdot k = 52,36 > \text{vorh_ds}$$

Die Einhaltung der vorgegebenen Rissbreite wird hier durch die Einhaltung des Grenzdurchmessers nachgewiesen (der vorhandene Bewehrungsquerschnitt ist kleiner als der Grenzdurchmesser).

Rissmoment unter Berücksichtigung der Bewehrung
 (Rechteckquerschnitt, Zustand I)



gegeben:

Querschnittsbreite $b =$	30,00 cm
Querschnittshöhe $h =$	50,00 cm
Abstand Scherpunkt Stahllage von Betonrand $d_1 =$	5,00 cm
Stabdurchmesser gew. $d_s =$	20,00 mm
Anzahl der Hauptbewehrungsstäbe $Anz_HBS =$	5,00
Fläche Bewehrung $A_s =$	$(d_s^2/100)*p/4*Anz_HBS = 15,71 \text{ cm}^2$

Belastung:

Biegemoment $M = 50,00 \text{ kNm}$

Baustoffe:

Beton =		B 40
$f_{cd} =$	TAB("ÖNORM/B4710-1";fcd;BetonBez_B4700=Beton;)	= 20,00 N/mm ²
$E_c =$	TAB("ÖNORM/B4710-1";Ec ;BetonBez_B4700=Beton;)	= 32500,00 N/mm ²

Stahlqualität ohne Einfluss, da E_s für alle Stahlsorten gleich groß und Stahldehnung im elastischen Bereich liegt

gesucht:

Betonrandspannungen
 Stahlspannung und Rissmoment mit Berücksichtigung der vorhandenen Bewehrung

Berechnung:

aus den Kennwerten

$A_c =$	$b \cdot h$	=	1500,00 cm ²
$\rho =$	A_s/A_c	=	0,0105
$E_s =$		=	200000,00 N/mm ²
$a =$	E_s/E_c	=	6,15

Abstände von der Schwerachse (identisch mit Null-Linie)

$$y_1 = \frac{(h/2) * ((1+2*(\alpha-1)*\rho*d_1/h)/(1+(\alpha-1)*\rho))}{1} = 24,0 \text{ cm}$$

$$y_2 = h - y_1 = 26,0 \text{ cm}$$

$$y_s = y_1 - d_1 = 19,0 \text{ cm}$$

Trägheitsmoment des Verbundquerschnittes I_l

$$I_c = \frac{b*h^3}{12} * 10^{-4} = 31,25 \text{ dm}^4$$

$$I_l = I_c * (1 + (3*(\alpha-1)*\rho / (1+(\alpha-1)*\rho)) * (1 - 2*d_1/h)^2) = 34,33 \text{ dm}^4$$

Betonzugspannungen am unteren Rand

$$M = M * 10^2 = 5000,00 \text{ kNcm}$$

$$I_l = I_l * 10^4 = 343300,00 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{ct} = (M/I_l) * y_1 = 0,350 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{ctm} = (1/10) * \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1";fctm ;BetonBez_B4700=Beton;}) = 0,300 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{f_{ctm}}{\sigma_{ct}} = \underline{0.86 < 1.0}$$

Betondruckspannungen am oberen Rand

$$\sigma_{cr} = (M/I_l) * y_2 = 0,379 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{ck} = (1/10) * \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1";fck ;BetonBez_B4700=Beton;}) = 3,000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{cr} \ll f_{ck}$$

Stahlspannung

$$\sigma_s = (\alpha * M / I_l) * y_s = 1,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_s \ll f_{yk}$$

Rissmoment unter Berücksichtigung der Bewehrung M_r

$$M_r = (f_{ctm} * I_l / y_1) * 10^{-2} = 42,9 \text{ kNm}$$

$$M = M * 10^{-2} = 50,00 \text{ kNm}$$

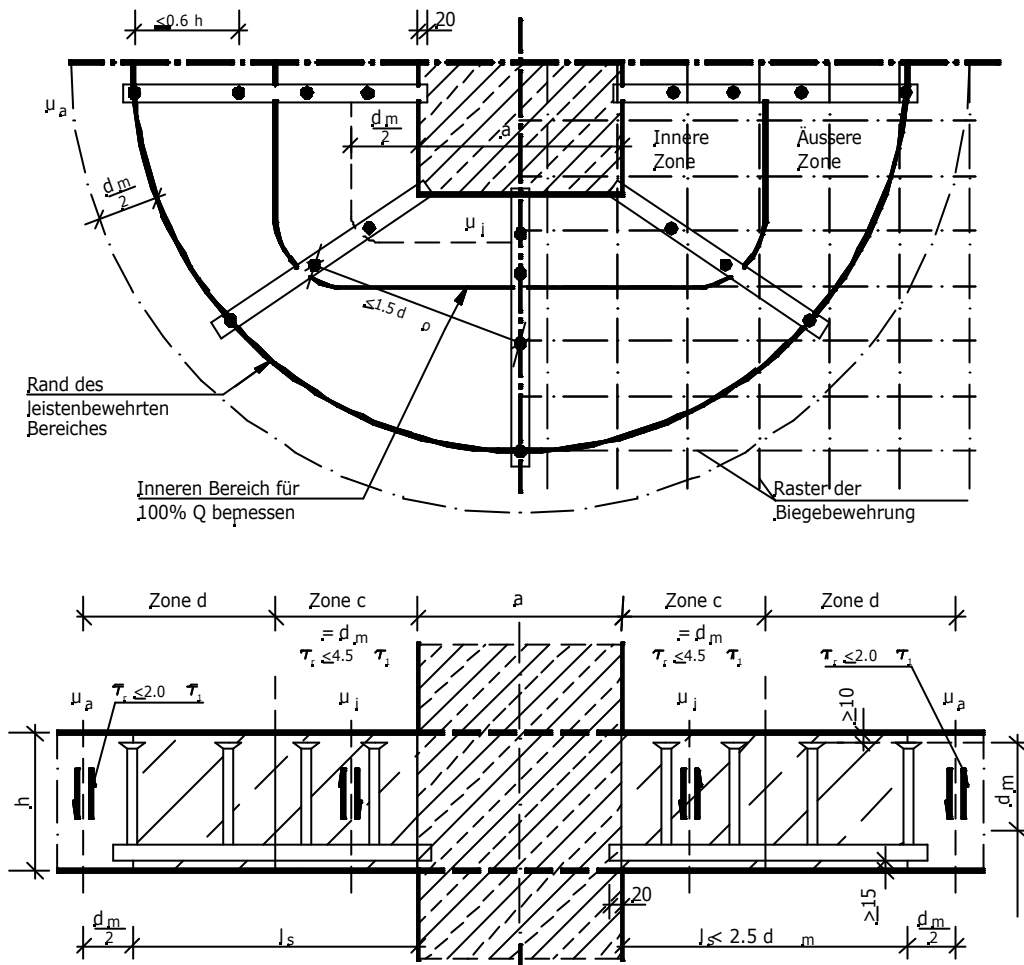
$$M_r / M = \underline{0.86 < 1.0}$$

Rissmoment ohne Berücksichtigung der Bewehrung M_{ro}

$$M_{ro} = 10^{-2} * (f_{ctm} * b * h^2) / 6 = 37,5 \text{ kNm}$$

$$M_{ro} / M = \underline{0.75 < 1.0}$$

Flachdecke - Durchstanznachweis mittels Dübelleiste



System:

Flachdecke eines Wasserbehälters mit Überschüttung

Deckenstärke $h = 0,40 \text{ m}$

Betondeckung $c = 3,00 \text{ cm}$

Bewehrung über den Stützen kreuzweise

$d_s = 26,00 \text{ mm}$

Stützendurchmesser $h_c = 0,90 \text{ m}$

rechnerisch zulässige Schubspannung τ_1

$\tau_1 = 400 \text{ kN/m}^2$

Keine Öffnung in der Decke

gesucht:

Durchstanznachweis mittels Dübelleiste

Belastung:

Stützenlast $V_{S,max} = 1707 \text{ kN}$

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("ÖNORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;)	=	B 30
f_{cd} =	TAB("ÖNORM/B4710-1"; fcd;BetonBez_B4700=Beton;)	=	15,00 N/mm ²
Baustahl BSt =	GEW("ÖNORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
f_{yd} =	TAB("ÖNORM/BauStahl"; fyd;Bez=BSt;)	=	478,00 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("ÖNORM/B4710-1"; fctm;BetonBez_B4700=Beton;)	=	2,60 N/mm ²
Elastizitätsmodul Stahl			
E_s =	200000,00 N/mm ²		

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35
γ_Q =	1,50

Berechnung:

Platzdurchmesser der Hauptbewehrung		
d_p =	$(1,2 \cdot d_s) / 10$	= 3,1 cm
statische Höhe d_m		
d_m =	$(h \cdot 100) - c - d_p - 0,5 \cdot d_p$	= 32,4 cm
d_m =	$d_m / 100$	= 0,32 m
Umfang des inneren Rundschnittes		
u_i =	$(h_c + d_m) \cdot p$	= 3,83 m

Durchstanznachweis

$$\tau_{R,max} = V_{S,max} / (d_m \cdot u_i) \leq \text{zul } \tau$$

$$\tau_{R,max} = V_{S,max} / (d_m \cdot u_i) = 1393 \text{ kN/m}^2$$

folgende drei Fälle sind zu unterscheiden

$\tau_R \leq 2 \cdot \tau_1$	keine Durchstanzbewehrung
$2 \cdot \tau_1 \leq \tau_R \leq 3,2 \cdot \tau_1$	Schubbewehrung erforderlich
$3,2 \cdot \tau_1 \leq \tau_R \leq 4,5 \cdot \tau_1$	Dübelleisten erforderlich
$2 \cdot \tau_1$	= 800 kN/m ²
$3,2 \cdot \tau_1$	= 1280 kN/m ²
$4,5 \cdot \tau_1$	= 1800 kN/m ²

⇒ da $3,2 \cdot \tau_1 \leq \tau_{R,max} \leq 4,5 \cdot \tau_1$ sind Dübelleisten erforderlich

Radius des äußeren Rundschnittes

⇒ wird so festgelegt, dass außerhalb des äußeren Rundschnittes die Schubspannungen kleiner als $2 \cdot \tau_1$ sind:

$$V_{S,max} / (d_m \cdot u_a) \leq 2 \cdot \tau_1$$

daraus folgt

$$u_a = V_{S,max} / (d_m \cdot 2 \cdot \tau_1) = 6,67 \text{ m}$$

Durchmesser des äußeren Rundschnittes

$$u_a = d_a \cdot p$$

$$\Rightarrow d_a = u_a / p = 2,12 \text{ m}$$

Durchmesser der Dübelleiste bzw. Abstand der Enden der Dübelleisten

$$d_L = d_a - d_m = 1,80 \text{ m}$$

Abstand des äußersten Dübels vom Stützenrand (wirksame Leistenlänge)

$$l_S = (d_L - h_c) \cdot 0,5 = 0,45 \text{ m}$$

Kontrolle des Abstandes l_S

$$l_{S,min} = d_m = 0,32 \text{ m}$$

$$l_{S,max} = 2,5 \cdot d_m = 0,80 \text{ m}$$

$$l_{S,\min} = d_m = \underline{0,32 \cdot l_S}$$

$\Rightarrow l_{S,\min} < l_{S,\text{vorh}} < l_{S,\max}$ daher ist der Abstand des äußersten Dübels vom Stützenrand im zulässigen Bereich

Gesamtlänge der Dübelleiste

$$L_L = l_S + l_U + 2\text{cm}$$

Ermittlung der erforderlichen Anzahl der Dübel

gew. Bolzendurchmesser $d_1 = 24 \text{ mm}$

zul_P = 87 kN

Innere Zone

Innerhalb der inneren Zone müssen die Dübel die gesamte Auflast aufnehmen

$$\text{erf}_{n_c} = V_{S,\max} / \text{zul}_P = 19,6$$

gew.: $n_c = 24$	$3 \cdot 8 = 24$	3 Dübel in inneren Zone pro Leiste
------------------	------------------	------------------------------------

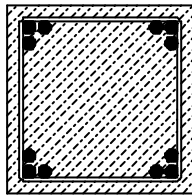
(erforderlich sind mind. 2 Dübel)

Äußere Zone (zwischen d_m und l_S)

$$F_d = 0,5 \cdot V_{S,\max} \cdot ((l_S / d_m) - 1) = 347 \text{ kN}$$

$$\text{erf}_{n_d} = F_d / \text{zul}_P = 4$$

gew.: $n_d = 8$	1 Dübel in äußeren Zone pro Leiste
-----------------	------------------------------------

Stützendimensionierung bei sparsamem Stahlverbrauch**System:**

$$\begin{aligned} g_B &= 25,00 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Länge der Stütze } l &= 4,20 \text{ m} \\ \text{Länge des Ersatzstabes } l_0 &= l * 100 = 420,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

gesucht:

Stützenabmessungen (quadratische Stütze) bei geringstem Stahlverbrauch

$$A_s \Rightarrow A_{s,tot} = A_{s, min}$$

Belastung:

Lastanteile im Gebrauchszustand:

$$\begin{aligned} \text{char. Wert der ständigen Einwirkung } N_{kG} &= 1150,00 \text{ kN} \\ \text{char. Wert der veränderlichen Einwirkung } N_{kQ} &= 770,00 \text{ kN} \\ \text{charakteristische Gesamtlast } N_{k,tot} &= 1920 \text{ kN} \end{aligned}$$

Baustoffe:

$$\begin{aligned} \text{Betonqualität Beton} &= \text{GEW}(\text{"OENORM/B4710-1"; BetonBez; }) = \text{C 25/30} \\ f_{cd} &= \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez=Beton; }) = 15,00 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Baustahl BSt} &= \text{GEW}(\text{"OENORM/BauStahl"; Bez; }) = \text{BSt 500} \\ f_{yd} &= \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt; }) = 435,00 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Elastizitätsmodul Stahl} &= 200000,00 \text{ N/mm}^2 \\ E_s &= 200000,00 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sicherheitsbeiwerte:

$$\begin{aligned} g_G &= 1,35 \\ g_Q &= 1,50 \end{aligned}$$

Berechnung:

Bemessungswert der Längskraft

$$N_{sd} = \gamma_G * N_{kG} + g_Q * N_{kQ} = 2707,5 \text{ kN}$$

Mindestbewehrung

$$f_{yd} = f_{yd} / 10 = 43,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,15 * N_{sd} / f_{yd} = 9,34 \text{ cm}^2$$

###

folgende (rot dargestellte) Ausdrücke sind in Abhängigkeit der Eingangsgrößen zu adaptieren

Daraus folgt mittels der Beziehung $A_c = b \cdot h$

$$w_{tot} = A_{s,tot} \cdot f_{yd} / f_{cd} \cdot 1 / A_c = 9,34 \cdot 43,5 / 1,50 \cdot 1 / A_c = 270,9 / A_c$$

andererseits gilt

$$n_d = N_{sd} / (f_{cd} \cdot A_c) = 2707,5 / 1,50 \cdot A_c = 1805,0 / A_c$$

woraus folgt:

$$n_d / w_{tot} = 1805,0 / 270,9 = 6,67$$

oder

$$n_d = 6,67 \cdot w_{tot}$$

Über folgende Beziehung ergibt sich ($d_1/h=0,10$)

$$\omega_{tot} = (1,285 \cdot n_d - 1) / (1,125 - 0,825 \cdot (d_1/h))$$

$$\omega_{tot} = 0,133$$

dafür ergibt sich für oben stehende Formel

$$A_c = 270,9 / \omega_{tot} = 270,9 / 0,133 = 2037 \text{ cm}^2$$

für eine quadratische Stütze ergibt sich daraus

$$b \text{ bzw. } h = \sqrt{2037} = 45 \text{ cm}$$

###

Längsbewehrung

gewählt	4Æ18	Anordnung jeweils in den Ecken	
vorh_As:		$4 \cdot (18^2 \cdot \pi / 4) / 100$	= 10,18 cm ²

Kontrolle der rechnerischen Gesamtausmitte e_{tot} :

Gesamte rechnerische Ausmitte

$$e_{tot} = e_a + e_2 \geq h/10$$

Lastausmitte infolge Imperfektion

$$e_a = v \cdot l_0 / 2$$

mit

v	...	$\alpha_n \cdot 1/200$	Schiefstellung des Systems
α_n	...	$\bar{0}(0,5 \cdot (1+1/n))$	bei Einzelstütze $\alpha_n=1$

Lastausmitte infolge Systemverformung (Theorie II. Ordnung bei Schlankheit $l < 140$)

$$e_2 = k \cdot h \cdot (l/100)^2$$

mit

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd} / E_s$$

$k_1=0$	für	$l < 15$
$k_1=1/20-0,75$		$15 \leq l < 35$
$k_1=1$		$l > 35$

$$k_2 = (1 + w_{tot} \cdot n_d) / (0,6 + w_{tot}) \leq 1,00$$

mit

$$n_d = N_{sd} / A_c \cdot f_{cd}$$

$$w_{tot} = (A_{s,tot} / A_c) \cdot (f_{yd} / f_{cd})$$

aus obigen Formeln gilt zunächst

$$\begin{aligned} \alpha_n &= && 1,00 \\ v &= \alpha_n * 1/200 &= & 0,005 \\ e_a &= n * l_0 / 2 &= & 1,050 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seitenlänge } s &= h &= & 45,00 \text{ cm} \\ \text{Fläche } A &= s * s &= & 2025,00 \text{ cm}^2 \\ \text{Trägheitsmoment Quadrat } I_{\text{Quadrat}} &= s^4 / 12 &= & 341718,75 \text{ cm}^4 \\ \text{Trägheitsradius } i &= \sqrt{I_{\text{Quadrat}} / A} &= & 12,99 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$l = I_0 / i = 32,33 > 25$$

$$k_1 = \text{WENN}(l > 35; 1; \text{WENN}(l < 15; 0; 1/20 - 0,75)) = 0,867$$

aufgrund des Wertes für w_{tot}

$$w_{\text{tot}} = 0,133$$

ergibt sich für

$$n_d = 6,67 * w_{\text{tot}} = 0,887$$

$$k_2 = (2 - n_d) / 1,60 = 0,70$$

$$\text{Baustahl} = \text{GEW}(\text{"OENORM/Baustahl"; Bez;}) = \text{BSt 500}$$

$$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Baustahl"; f_{yd}; Bez=Baustahl}) = 435,00 \text{ N/mm}^2$$

Elastizitätsmodul Stahl

$$E_s = 200000,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beton} = \text{GEW}(\text{"OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;}) = \text{B 30}$$

$$f_{cd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; f_{cd}; BetonBez_B4700=Beton;}) = 15,00 \text{ N/mm}^2$$

$$k = k_1 * k_2 * 230 * f_{yd} / E_s = 0,30 \text{ N/mm}^2$$

$$e_2 = k * h * (l / 100)^2 = 1,41 \text{ cm}$$

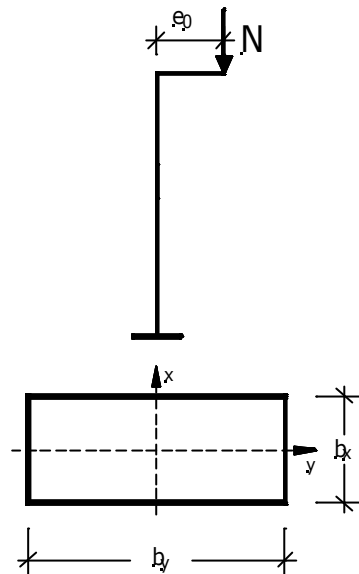
Es folgt die gesamte rechnerische Ausmitte e_{tot}

$$h_{10} = h / 10 = 4,50 \text{ cm}$$

$$e_{\text{tot}} = e_a + e_2 = 2,46 < h_{10}$$

Rechteckige schlanke Stütze, exzentrisch belastet

(mittels Bemessungsdiagramme bei Biegung und Längskraft, nach Valentin, Stahlbetonbau, Manz 10. Aufl.)

**gegeben:**

$l_0 =$		18,00 m
Stützhöhe $l =$	$l_0/2 =$	9,00 m
Querschnittsbreite in y Richtung $b_y =$		55,00 m
Querschnittsbreite in x Richtung $b_x =$		30,00 m
Exzentrizität in y Richtung am freien Stützenende $e_0 =$		0,20 m
Stütze aus der y Ebene unverschieblich gehalten		

Baustoffe:

Beton =		B 30
$f_{cd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton;})$	=	1,50 kN/cm ²
Betonstahl BSt =		BSt 550
$f_{yd} = 10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"ÖNORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt})$	=	47,80 kN/cm ²
$E_s =$		20000 kN/cm ²

Belastung:

Lasten im Gebrauchszustand		
Druckkraft infolge ständiger Last $N_G =$		240,00 kN
Druckkraft infolge veränderlicher Last $N_Q =$		160,00 kN

Sicherheitsbeiwerte:

$g_s =$	1,15
$g_G =$	1,35
$g_Q =$	1,50

gesucht:

- erforderliche Bewehrung am Stützenfuß
- bei symmetrischer Anordnung
 - bei unsymmetrischer, optimaler Anordnung

Berechnung:

Bemessungswerte

$$N_{Sd} = g_G \cdot N_G + g_Q \cdot N_Q = 564,0 \text{ kNm}$$

Nachweis für Biegung um die x-Achse

$$\Rightarrow h = b_y = 55,0 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow b = b_x = 30,0 \text{ cm}$$

Exzentrizität

$$k_x = h/6 = 9,17 \text{ cm}$$

$$e_0 = e_0 \cdot 100 = \underline{20,00 > k_x}$$

\Rightarrow mittlere Exzentrizität

λ um die x-Achse

$$l_{0,x} = 2 \cdot l = 18,00 \text{ m}$$

$$i_x = (h/100) / \sqrt{12} = 0,1588$$

$$\lambda_x = l_{0,x} / i_x = \underline{113,35 < 140}$$

symmetrischer Querschnitt \Rightarrow vereinfachte Berechnung

$$\alpha_n = 1,00$$

$$v = \alpha_n \cdot 1/200 = 0,005$$

$$e_a = n \cdot l_0 / 2 = 0,045 \text{ m}$$

$$k_1 = \text{WENN}(l_x > 35; 1; \text{WENN}(l_x < 15; 0; l_x / 20 - 0,75)) = 1,00$$

unter der auf der sicheren Seite liegenden Annahme von

$$k_2 = 1,00$$

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd} / E_s = 0,5497$$

$$e_2 = k \cdot (h/100) \cdot (l_x/100)^2 = 0,3884 \text{ m}$$

Es folgt die gesamte rechnerische Ausmitte etot

$$h_{10} = (h/100) / 10 = 0,055 \text{ m}$$

$$e_{tot} = (e_0/100) + e_a + e_2 = \underline{0,6334 > h_{10}}$$

$$d1_{est} = 0,05 \text{ m}$$

$$d = (h/100) - d1_{est} = 0,50 \text{ m}$$

$$s_1 = (h/100) / 2 - d1_{est} = 0,225 \text{ cm}$$

$$s_2 = s_1 = 0,225 \text{ cm}$$

$$d1_{est} / d = 0,1$$

$$M_{s1} = N_{Sd} \cdot (e_{tot} + s_1) = 484,14 \text{ kNm}$$

$$M_{s2} = N_{Sd} \cdot (e_{tot} - s_1) = 230,34 \text{ kNm}$$

$$b = b/100 = 0,30 \text{ m}$$

$$f_{cd} = f_{cd} \cdot 10^4 = 15000,00 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{s1} = M_{s1} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0,43$$

$$m_{s2} = M_{s2} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0,205$$

a.) symmetrische Bewehrung

$\Rightarrow \epsilon_{s1} \sim 7,3\text{‰}$

\Rightarrow Schnittpunkt von m_{s1} und m_{s2} im Bemessungsdiagramme für Biegung und Längskraft, nach Valentin, Stahlbetonbau, Manz 10. Aufl.

$\Rightarrow m_{s1} \times m_{s2} \Rightarrow f_{cd,B30} \cdot \rho_1 / f_{cd} = f_{cd,B30} \cdot \rho_2 / f_{cd} \cong 0,72 \%$

$f_{cd} = 15000,00 \text{ kN/m}^2$
 $f_{cd,B30} = 15000,00 \text{ kN/m}^2$

$\Rightarrow \rho_1 = 0,72 \cdot 1,00 = 0,72 \%$

$\rho_1 = 0,72 \cdot f_{cd} / f_{cd,B30} = 0,72 \%$

$\rho_2 = \rho_1 = 0,72 \%$

$b = b \cdot 100 = 30,00 \text{ cm}$

$d = d \cdot 100 = 50,00 \text{ cm}$

$A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d / 100 = 10,80 \text{ cm}^2$

$A_{s2} = A_{s1} = 10,80 \text{ cm}^2$

$A_{s,tot} = A_{s1} + A_{s2} = 21,60 \text{ cm}^2$

a.) Minimum der Gesamtbewehrung

$\Rightarrow \epsilon_{s1} \sim 2,39\text{‰}$

\Rightarrow mittels einer Vertikalen durch $\epsilon_{s1} = 2,39\text{‰}$ im Bemessungsdiagramme für Biegung und Längskraft, nach Valentin, Stahlbetonbau, Manz 10. Aufl.

$m_{s1} \cdot f_{cd} / f_{cd,B30} \cdot \rho_2 \approx 0,23 \%$

$\rho_2 = 0,23 \cdot f_{cd} / f_{cd,B30} = 0,23 \%$

$m_{s2} \cdot f_{cd} / f_{cd,B30} \cdot \rho_1 \approx 0,95 \%$

$\rho_1 = 0,95 \cdot f_{cd} / f_{cd,B30} = 0,95 \%$

$A_{s2} = \rho_2 \cdot b \cdot d / 100 = 3,45 \text{ cm}^2$

$A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d / 100 = 14,25 \text{ cm}^2$

$A_{s,tot} = A_{s1} + A_{s2} = 17,70 \text{ cm}^2$

Nachweis für Biegung um die y-Achse

$\Rightarrow h = b_x = 30,0 \text{ cm}$

$\Rightarrow b = b_y = 55,0 \text{ cm}$

λ um die y-Achse

$l_{0,y} = 0,7 \cdot l = 6,30 \text{ m}$

$i_y = (h/100) / \sqrt{12} = 0,0866$

$\lambda_y = l_{0,y} / i_y = 72,75 < 100$

$\lambda_y > 25 \Rightarrow$ daher Berücksichtigung der Stabverformung e_2 erforderlich

$\alpha_n = 1,00$

$v = \alpha_n \cdot 1 / 200 = 0,005$

$e_a = n \cdot l_{0,y} / 2 = 0,01575 \text{ m}$

$k_1 = \text{WENN}(l_y > 35; 1; \text{WENN}(l_y < 15; 0; 1 + y / (20 - 0,75))) = 1,0$

unter der auf der sicheren Seite liegenden Annahme von

$k_2 = 1,00$

$k = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd} / E_s = 0,5497$

$e_2 = k \cdot (h/100) \cdot (l_y / 100)^2 = 0,0873 \text{ m}$

Es folgt die gesamte rechnerische Ausmitte e_{tot} da keine planmäßige Exzentrizität vorliegt $e_0=$

0,0

$$\begin{aligned}
 h_{10} &= (h/100)/10 &= & 0,030 \text{ m} \\
 e_{tot} &= (e_0/100)+e_a+e_2 &= & \underline{0,103} > h_{10} \\
 d1_{est} &= & & 0,05 \text{ m} \\
 d &= (h/100)-d1_{est} &= & 0,25 \text{ m} \\
 s_1 &= (h/100)/2-d1_{est} &= & 0,100 \text{ cm} \\
 s_2 &= s_1 &= & 0,100 \text{ cm} \\
 d1_{est}/d &= &= & 0,2 \\
 M_{s1} &= N_{Sd}*(e_{tot}+s_1) &= & 114,49 \text{ kNm} \\
 M_{s2} &= N_{Sd}*(e_{tot}-s_1) &= & 1,69 \text{ kNm} \\
 b &= b/100 &= & 0,55 \text{ m} \\
 m_{s1} &= M_{s1}/(b*d^2*f_{cd}) &= & 0,222 \\
 m_{s2} &= M_{s2}/(b*d^2*f_{cd}) &= & 0,0033
 \end{aligned}$$

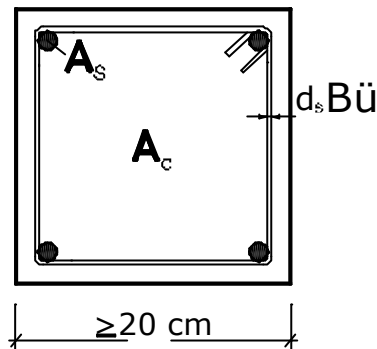
Schnittpunkt im Bemessungsdiagramme für Biegung und Längskraft, nach Valentin, Stahlbetonbau, Manz 10. Aufl. fällt links unten heraus \Rightarrow Mindestbewehrung notwendig

$$\begin{aligned}
 A_{s,min} &= 0,15*N_{Sd}/f_{yd} &= & 1,77 \text{ cm}^2 \\
 A_{s,min2} &= 0,0028*b_y*b_x &= & 4,62 \text{ cm}^2 \\
 A_s &= \text{MAX}(A_{s,min}; A_{s,min2}) &= & \mathbf{4,62 \text{ cm}^2}
 \end{aligned}$$

\Rightarrow Mindestbewehrung wäre durch je 1 \varnothing 14 in den Ecken gedeckt. Die Mindestbewehrung für die Biegung um die y-Achse ist nicht maßgebend, da für die Aufnahme der exzentrischen Beanspruchung eine größere Bewehrung erforderlich ist.

Zulässige Tragkraft einer Rechtecks-Stütze nach ÖNORM B 4700, gesucht N_{sd} , $N_{k,zul}$

(planmäßig mittig beanspruchte Druckglieder)



geg.: Betonquerschnitt 40 cm / 40 cm, B 20
 $h = 40,00$ cm
 Stahlquerschnitt 4Æ24, BSt 550
 Anz_Stäbe = 4
 Stabdurchmesser = 24 mm

$$A_{s,tot} = (Anz_Stäbe * Stabdurchmesser^2 * \rho / 4) / 100 = 18,096 \text{ cm}^2$$

statisches System oben und unten frei drehbar
 Stützenlänge $l = 3,50$ m

Stabilität der Stütze bzw. Bemessungswert der Druckkraft, N_{sd}

b.) zulässige Stützenkraft (char. Werte der Einwirkung), $N_{k,zul}$

Da die Stütze oben und unten frei drehbar angenommen werden darf, ist die statische Ersatzlänge (Knicklänge) l_0 gleich der tatsächlichen Stablänge l .

$$l_0 = l = 3,50 \text{ m}$$

$$l_0 = l_0 * 100 = 350,00 \text{ cm}$$

Daraus ergibt sich die Schlankheit nach der Beziehung

$$l = l_0 / i$$

mit

Seitenlänge $s = 40,00$ cm
 Fläche $A = s * s = 1600,00$ cm²
 Trägheitsmoment Quadrat $I_{\text{Quadrat}} = s^4 / 12 = 213333,33$ cm⁴
 Trägheitsradius $i = \sqrt{I_{\text{Quadrat}} / A} = 11,55$ cm

$$l = l_0 / i = 30,30 > 25$$

Auf Grund der Schlankheit l sind beim Nachweis der Tragsicherheit außer der Imperfektion auch die Stabverformungen infolge der Theorie II. Ordnung zu berücksichtigen.

Gesamte rechnerische Ausmitte

$$e_{tot} = e_a + e_2 \geq h / 10$$

Lastausmitte infolge Imperfektion

$$e_a = v * l_0 / 2$$

mit

v ... $\alpha_n * 1 / 200$ Schiefstellung des Systems
 α_n ... $\sqrt{0,5 * (1 + 1/n)}$ bei Einzelstütze $\alpha_n = 1$

Lastausmitte infolge Systemverformung (Theorie II. Ordnung bei Schlankheit $l < 140$)

$$e_2 = k \cdot h \cdot (l/100)^2$$

mit

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd} / E_s$$

$$k_1 = 0 \quad \text{für} \quad l < 15$$

$$k_1 = l/20 - 0,75 \quad 15 \leq l < 35$$

$$k_1 = 1 \quad l > 35$$

$$k_2 = (1 + w_{tot} - n_d) / (0,6 + w_{tot}) \leq 1,00$$

mit

$$n_d = N_{sd} / A_c \cdot f_{cd}$$

$$w_{tot} = (A_{s,tot} / A_c) \cdot (f_{yd} / f_{cd})$$

aus obigen Formeln gilt zunächst

$$\begin{aligned} \alpha_n &= 1,00 \\ v &= \alpha_n \cdot l / 200 = 0,005 \\ e_a &= n \cdot l_0 / 2 = 0,875 \text{ cm} \\ k_1 &= \text{WENN}(l > 35; 1; \text{WENN}(l < 15; 0; l/20 - 0,75)) = 0,765 \end{aligned}$$

unter der auf der sicheren Seite liegenden Annahme von

$$k_2 = 1,00$$

$$\text{Baustahl} = \text{GEW}(\text{"OENORM/Baustahl"; Bez;}) = \text{BSt 550}$$

$$f_{yd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/Baustahl"; f_{yd}; Bez=Baustahl}) = 478,00 \text{ N/mm}^2$$

Elastizitätsmodul Stahl

$$E_s = 200000,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beton} = \text{GEW}(\text{"OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;}) = \text{B 15}$$

$$f_{cd} = \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; f_{cd}; BetonBez_B4700=Beton;}) = 7,50 \text{ N/mm}^2$$

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot 230 \cdot f_{yd} / E_s = 0,42 \text{ N/mm}^2$$

$$e_2 = k \cdot h \cdot (l/100)^2 = 1,542 \text{ cm}$$

Es folgt die gesamte rechnerische Ausmitte e_{tot}

$$h_{10} = h/10 = 4,00 \text{ cm}$$

$$e_{tot} = e_a + e_2 = \underline{2,417 < h_{10}}$$

Es ist aus obiger Bedingung für die Mindestausmitte zu bemessen,

mit dem Bewehrungswert w_{tot}

$$b = h = 40,00 \text{ cm}$$

$$A_c = b \cdot h = 1600,00 \text{ cm}^2$$

$$w_{tot} = (A_{s,tot} / A_c) \cdot (f_{yd} / f_{cd}) = \underline{0,721 < 1,0}$$

Unter der Voraussetzung des Randabstandes der Längsbewehrung von

$$d_1/h = 0,12$$

ergibt sich für n_d

$$n_d = \text{TAB}(\text{"OENORM/omega_tot_d1zuhgleich012"; nd; \omega_tot=\omega_{tot};}) = 1,36$$

für den Bemessungswert der zentrischen Längskraft ergibt sich

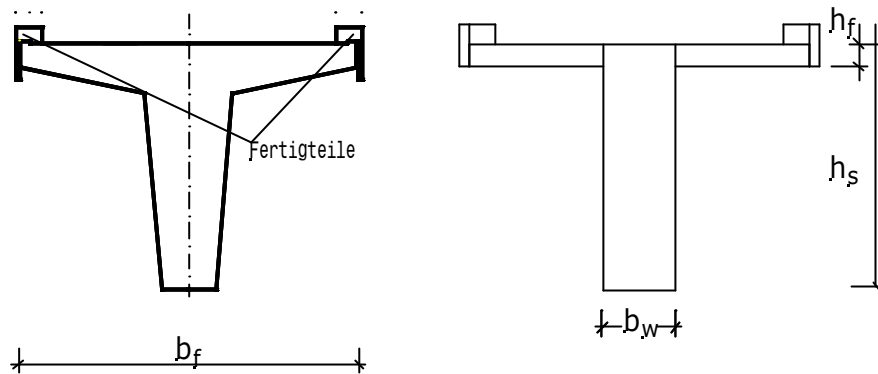
$$\begin{aligned}n_{sd} &= n_d &= & 1,36 \\f_{cd} &= f_{cd}/10 &= & 0,75 \text{ kN/cm}^2 \\N_{sd} &= n_{sd} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h &= & 1632 \text{ kN}\end{aligned}$$

Mindestbewehrung

$$\begin{aligned}f_{yd} &= f_{yd}/10 &= & 47,8 \text{ kN/cm}^2 \\A_{s,min,1} &= 0,15 \cdot N_{sd} / f_{yd} &= & 5,12 \text{ cm}^2 \\&\text{oder} \\A_{s,min,2} &= 0,0028 \cdot A_c &= & 4,48 \text{ cm}^2 \\&\text{Mindestbewehrungsfläche } A_{smin} &= & \text{MIN}(A_{s,min,1}; A_{s,min,2}) = 4,48 \text{ cm}^2 \\A_{smin} / A_{s,tot} & &= & \underline{0,25} \leq 1\end{aligned}$$

Fußgängerbrücke - Bemessung auf Querkraft und Torsion

Idealisierter Querschnitt

**System:**

Fußgängerbrücke mit idealisiertem Querschnitt

Stützweite l_{STW} =	20,00 m
mitw. Gurtbreite b_f =	3,80 m
Stegbreite b_w =	0,60 m
Steghöhe h_s =	1,10 m
Nutzhöhe d_{est} =	0,97 m
Plattenhöhe h_f =	0,20 m

gesucht:

Bewehrung zur Aufnahme des Biegemomentes, der Querkräfte und der Torsion

Lastannahmen:**Tragwerk**

Konsole:	$25 \cdot 1,60 \cdot 0,20 \cdot 2$	=	16,00 kN/m
Steg(e):	$25 \cdot 1,10 \cdot 0,6$	=	16,50 kN/m
		g_1 =	<u>32,50 kN/m</u>

Brückenausrüstung

Brückengeländer:	$2 \cdot 0,55$	=	1,10 kN/m
Randstreifen(Fertigteil, inkl. Betonabsatz:	$25 \cdot (0,08 \cdot 0,35 + 0,42 \cdot 0,15) \cdot 2$	=	4,55 kN/m
Belag:	$25 \cdot 0,10 \cdot 3,00$	=	7,50 kN/m
		g_2 =	<u>13,15 kN/m</u>

Ständige Last g =	$g_1 + g_2$	=	45,65 kN/m
Verkehrslast q =	$5,0 \cdot 3,5$	=	17,50 kN/m
Gesamtlast G =	$g + q$	=	63,15 kN/m

Baustoffe:

Betonqualität Beton =	GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;)	=	B 30
Baustahl BSt =	GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
f_{cd} =	TAB("OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton;)	=	15,00 N/mm ²
f_{yd} =	10 ⁻¹ *TAB("OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt;)	=	47,80 kN/cm ²
Elastizitätsmodul Stahl			
E_s =			200000,00 N/mm ²

Sicherheitsbeiwerte:

g_G =	1,35
g_Q =	1,50

Berechnung:

A.) Vollbelastung - keine Torsion

L_d =	$\gamma_G * g + \gamma_Q * q$	=	87,88 kN/m
$M_{Sd,max}$ =	$L_d * l_{STW}^2 / 8$	=	4394,0 kNm
$V_{Sd,max}$ =	$L_d * l_{STW} / 2$	=	878,8 kN
$V_{x0,5,qmax}$ =	$\gamma_Q * q * l_{STW} / 8$	=	65,6 kN

Höhe der wirksamen Druckzone x_u

$$x_u = \frac{d_{est} - \sqrt{d_{est}^2 - (2 * M_{Sd,max}) / (b_f * f_{cd} * 10^3)}}{b_f * f_{cd} * 10^3} = \underline{0.083 < hf}$$

erforderliche Bewehrung in Feldmitte

$$erf_{A_s} = \frac{(x_u * 100) * (b_f * 100) * (f_{cd} / 10)}{f_{yd}} = 99,0 \text{ cm}^2$$

$$ds_{HB} = 36,00 \text{ mm}$$

$$gew = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; ds=ds_{HB}; A_s > erf_{A_s}) = \mathbf{10 \text{ \AA } 36}$$

$$vorh_{A_s} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; A_s; Bez=gew}) = 101,8 \text{ cm}^2$$

P gew.: 10 \AA 36

$$erf_{A_s} / vorh_{A_s} = \underline{0.97 < 1}$$

⇒ da hier bei Vollbelastung keine Torsion auftritt wird folgend Aufnahme der Querkräfte nachgewiesen

⇒ Neigung der Betondruckstreben $\tan \beta = 0,80$

$$\beta = 38,70^\circ$$

⇒ vertikale Bügelbewehrung

$$\alpha = 90,00^\circ$$

Beiwert v

$$v = 0,70 - (1,5 * f_{cd} / 200) = \underline{0.588 > 0.50}$$

Bemessungswert des Widerstandes der Betondruckstrebe

$$z = \frac{(d_{est} * 100) - (x_u * 100)}{2} = 92,850 \text{ m}$$

$$f_{cd} = f_{cd} / 10 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{Rdc} = (b_w * 100) * z * v * f_{cd} * (1 / (1 / \tan(\beta) + \tan(\beta))) = 2397,6 \text{ kN}$$

aus Verhältnis

$$V_{Sd,max} / V_{Rdc} = 0,37$$

wird über die Bedingungen

$$V_{Sd} \leq 0,20 * V_{Rdc} \text{ gilt} \quad s_{max} = 0,8 * d \leq 30 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} \leq 0,67 * V_{Rdc} \text{ gilt} \quad s_{max} = 0,6 * d \leq 30 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} > 0,67 * V_{Rdc} \text{ gilt} \quad s_{max} = 0,3 * d \leq 20 \text{ cm}$$

folgender Bügelabstand gewählt

gew.: $s_{max} = 30 \text{ cm}$

maßgebende Querkraft für die Bewehrung im Abstand d vom Auflager

$$L_{d,x} = L_d * d_{est} = 85,24 \text{ kN}$$

$$V_{Sd,red} = V_{Sd,max} - L_{d,x} = 793,6 \text{ kN}$$

erforderliche Bügelfläche $a_{sw,Bü,erf}$

$$z = d_{est} * x_u / 2 = 0,928 \text{ m}$$

$$COT_{\beta} = 1 / \tan(\beta) = 1,25$$

$$a_{sw,Bü,erf} = (0,5 * V_{Sd,red}) / (z * f_{yd} * COT_{\beta}) = 7,16 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Bügel 2-schnittig:

$$\text{gew } d_s = 10,00$$

$$\text{erf } B_1 = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s > a_{sw,Bü,erf}/2) = \text{Æ } 10 / e = 21$$

$$\text{gew } B = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s^3 a_{sw,Bü,erf}/2) = \text{Æ } 10 / e = 21$$

$$\text{vorh } a_s = 2 * \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"}; a_s; \text{Bez}=B) = 7,48 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,Bü,erf} / \text{vorh } a_s = \underline{0,96 < 1}$$

gew.: Bü Æ 10 / e = 20

Mindestbügelbewehrung $a_{sw,min}$

$$f_{ctm} = 10^{-1} * \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"}; f_{ctm}; \text{BetonBez}_B4700=\text{Beton};) = 0,26 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_w = b_w * 100 = 60,00 \text{ cm}$$

$$a_{sw,min} = 15 * f_{ctm} * b_w / f_{yd} = 4,90 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,min} / \text{vorh } a_s = \underline{0,66 < 1}$$

in Feldmitte

$$V_{x0,5,qmax} = V_{x0,5,qmax} = 65,60 \text{ kN}$$

gew.: Bü Æ 10 / e = 30

$$\text{gew } B = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"}; \text{Bez}; d_s=d_s; a_s^3 a_{sw,min}/2) = \text{Æ } 10 / e = 30$$

$$\text{vorh } a_{s2} = 2 * \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"}; a_s; \text{Bez}=B) = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,min} / \text{vorh } a_{s2} = \underline{0,94 < 1}$$

Die von den Bügeln im Auflagerbereich nicht aufgenommene Querkraft ist durch Schrägeinlagen abzudecken. Mit den Bügeln Bü Ø 10/20 cm kann folgende Querkraft aufgenommen werden:

$$V_{Rds,Bü} = \text{vorh } a_s * z * f_{yd} * COT_{\beta} = 414,8 \text{ kN}$$

Die Querkraft $V_{Rds,Bü}$ wird im Abstand $x_{Bü}$ vom Auflager erreicht:

$$x_{Bü} = (V_{Sd,max} - V_{Rds,Bü}) / L_d = 5,28 \text{ m}$$

⇒ somit ist die Differenz der Querkraft zwischen dem Auflager und dieser Stelle für die Ermittlung der Schrägeinlagen maßgebend

abzudeckende Querkraftfläche $A_{v,sc \text{ hräg}}$ für die bis zur Stelle $x=0,97 \text{ m}$ reduzierten Querkraftfläche:

$$A_{v,schräg} = (V_{Sd,red} - V_{Rds,Bü}) * d_{est} + ((V_{Sd,red} - V_{Rds,Bü}) * (x_{Bü} - d_{est})) / 2 = 1183,8 \text{ kNm}$$

$$\text{mit Winkel der Schräglage } \alpha = 45,0^\circ$$

Fläche der Schrägeinlagen

$$A_{SV,schräg} = A_{v,schräg} / (z * f_{yd} * (1/\tan(\alpha) + 1/\tan(\beta)) * \sin(\alpha)) = 16,8 \text{ cm}^2$$

ds der Hauptbewehrung: ds_HB = 36,0 mm

$$\text{gew} = \text{TAB}(\text{"OENORM/As"; Bez; } d_s = d_{s_HB}; A_s > A_{SV,schräg}) = 2 \text{ \AE } 36$$

P gew.: 2 \AE 36 der vorhandenen Hauptbewehrung sind aufzubiegen

B.) Halbseitige Belastung - Torsionsbeanspruchung

⇒ durch halbseitige Belastung der Brücke entsteht Lasttorsion, dafür muß Nachweis erfolgen;

⇒ ständige Belastung bleibt voll erhalten

am Tragwerkende gilt:

$$V_{Sd,max} = (\gamma_G * g * l_{STW})/2 + (\gamma_Q * 0,5 * q * l_{STW})/2 = 747,5 \text{ kN}$$

Torsionsmomentberechnung ggfls. anpassen !

$$T_{Sd,max} = (1,5 * 5,00 * 3,50 * 3,50 * 20,0) / (2 * 4 * 2) = 114,8 \text{ kNm}$$

⇒ das Torsionsmoment ist vom Steg aufzunehmen

⇒ der Ersatzhohlquerschnitt wird daher dem Steg eingeschrieben wobei d₀ dabei der Stegbreite entspricht:

$$d_0 = b_w / 100 = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Wandstärke } d_{eff} = d_0 / 6 = 0,10 \text{ m}$$

umschlossene Fläche des Ersatzhohlquerschnittes A_k

$$A_k = (d_0 - d_{eff}) * (h_s - d_{eff}) = 0,50 \text{ m}^2$$

Bemessungswert der Torsionsschubkraft im Auflagerbereich t_{Sd}

$$t_{Sd} = T_{Sd,max} / (2 * A_k) = 114,80 \text{ kN/m}$$

Bemessungswert des Widerstandes d. Betons gegen schrägen Druck

$$t_{Rdc} = v * (f_{cd} * 10^4) * d_{eff} * (1 / (\cot \beta + \tan(\beta))) = 430,0 > t_{Sd}$$

erforderliche Bügelbewehrung zur Torsionsmomentaufnahme

$$a_{sw,Torsion} = t_{Sd} / (f_{yd} * \cot \beta) = 1,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mindestbewehrung für die Torsionsbügel

$$a_{sw,min} = 15 * f_{ctm} * (d_{eff} * 100) / f_{yd} = 0,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,Torsion} / a_{sw,min} = 2,32 > 1,0$$

⇒ Mindestbewehrung daher nicht maßgebend

erf. Querkraft für die Längsbewehrung zur Aufnahme der Torsion a_{sw,Längs}

$$a_{sw,Längs} = t_{Sd} * \cot \beta / f_{yd} = 3,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

P gew.: \AE 10 / e = 25

$$ds = 10,00 \text{ mm}$$

$$\text{gew B} = \text{GEW}(\text{"OENORM/AsFläche"; Bez; } d_s = d_s; a_s^3 a_{sw,Längs} / 2) = \text{\AE } 10 / e = 25$$

$$\text{vorh_a}_{S3} = \text{TAB}(\text{"OENORM/AsFläche"; } a_s; \text{Bez=B}) = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,min} / \text{vorh_a}_{S3} = 0,26 < 1$$

Überprüfung der Überlagerung für Querkraft und Torsion nach der Beziehung

$$(V_{Sd}/V_{Rdc})+(t_{Sd}/t_{Rdc}) \leq 1$$

für Fall b.) halbseitige Belastung ergibt sich

$$(V_{Sd,max} / V_{Rdc})+(t_{Sd} / t_{Rdc}) = \underline{0,579 < 1}$$

Querkraft bei halbseitiger Belastung $V_{Sd,red}$

$$V_{Sd,red} = V_{Sd,max} \cdot (\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot 0,5 \cdot q) \cdot d_{est} = 675,0 \text{ kN}$$

dafür notwendiger Bügelquerschnitt $a_{sw,Bü}$

$$a_{sw,Bü} = (0,50 \cdot V_{Sd,red}) / (z \cdot f_{yd} \cdot COT_{\beta}) = 6,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

somit ergibt sich die erforderliche Bewehrung

$$a_{sw,erf} = a_{sw,Torsion} + a_{sw,Bü} = 8,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

P vorh.: Bü A 10 / e = 20

$$(a_s = 7,9 \approx 8,0 \text{ cm}^2/\text{m})$$

⇒ weitere erf. NW:

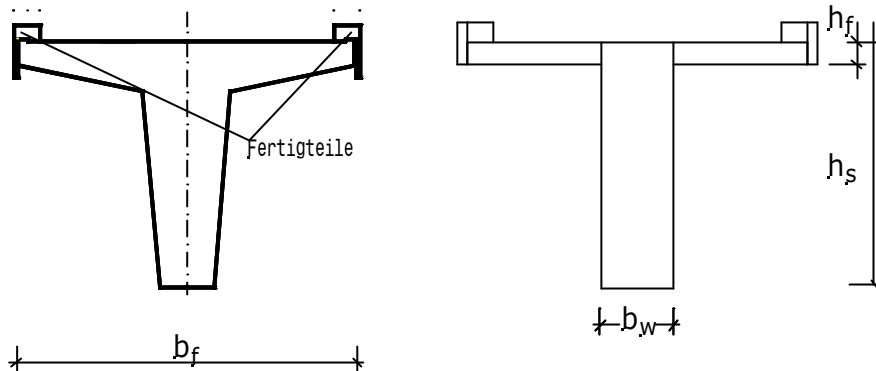
- NW der Formänderung
- NW der Rissbreitenbeschränkung
- NW des Anschlusses der Flansche hinsichtlich der schrägen Betondruckkräfte und der

orthogonalen

Bewehrung

Durchbiegung einer Fußgängerbrücke

Idealisierter Querschnitt



System:

- Fußgängerbrücke mit idealisiertem Querschnitt
- Stützweite $l_{STW} = 20,00$ m
- mitw. Gurtbreite $b_f = 3,80$ m
- Stegbreite $b_w = 0,60$ m
- Steghöhe $h_s = 1,10$ m
- Nutzhöhe $d = 0,97$ m
- Plattenhöhe $h_f = 0,20$ m
- erforderliche Bewehrung in Feldmitte
- $A_s = 101,8$ cm²
- abgedeckt mit **10Æ36**

gesucht:

Durchbiegung in Feldmitte unter kurzzeitiger Vollbelastung und unter Langzeitlast

Lastannahmen:

Tragwerk

Konsole:	$25 \cdot 1,60 \cdot 0,20 \cdot 2$	=	16,00 kN/m
Steg(e):	$25 \cdot 1,10 \cdot 0,6$	=	16,50 kN/m
		$g_1 =$	<u>32,50 kN/m</u>

Brückenausrüstung

Brückengeländer:	$2 \cdot 0,55$	=	1,10 kN/m
Randstreifen(Fertigteil, inkl. Betonabsatz:	$25 \cdot (0,08 \cdot 0,35 + 0,42 \cdot 0,15) \cdot 2$	=	4,55 kN/m
Belag:	$25 \cdot 0,10 \cdot 3,00$	=	7,50 kN/m
		$g_2 =$	<u>13,15 kN/m</u>

Ständige Last $g =$	$g_1 + g_2$	=	45,65 kN/m
Verkehrslast $q =$	$5,0 \cdot 3,5$	=	17,50 kN/m
Gesamtlast $G =$	$g + q$	=	63,15 kN/m

es ergeben sich:

Maximalmoment aus ständigen Last $M_{g,max}$ =	2284,0 kNm
Maximalmoment aus Vollbelastung im Gebrauchszustand M_{max} =	3160,0 kNm

Baustoffe:

Betonqualität Beton = GEW("OENORM/B4710-1"; BetonBez_B4700;)	=	B 30
f_{cd} = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fcd; BetonBez_B4700=Beton; })$	=	1,50 kN/cm ²
E_c = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; Ec; BetonBez_B4700=Beton; })$	=	3050,00 kN/cm ²
f_{ctm} = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/B4710-1"; fctm; BetonBez_B4700=Beton; })$	=	0,26 kN/cm ²
Baustahl BSt = GEW("OENORM/BauStahl"; Bez;)	=	BSt 550
f_{yd} = $10^{-1} \cdot \text{TAB}(\text{"OENORM/BauStahl"; fyd; Bez=BSt; })$	=	47,80 kN/cm ²
E_s =		20000,00 kN/cm ²

Sicherheitsbeiwerte:

γ_G =	1,35
γ_Q =	1,50

Berechnung:

nach K.Jäger, Das Traglastverfahren im Stahlbetonbau. 4.Aufl. Manz Verlag ergibt sich mit

(b_w/b_f)	=	0,158
(h_f/h_s)	=	0,182
I_c = $(0,313 \cdot b_f \cdot h_s^3)/12$	=	0,1319 m ⁴
x_s = $0,295 \cdot h_s$	=	0,325 m
ρ = $A_s / ((b_f \cdot 100) \cdot (d \cdot 100))$	=	0,00276
ρ = $\rho \cdot 100$	=	0,276 %

da $\rho < 0,5\%$ kann der Einfluss der Bewehrung auf die Biegesteifigkeit B_I vernachlässigt werden somit ergibt sich

$$B_I = E_c \cdot I_c \cdot 10^4 = 4,02 \cdot 10^6 \text{ kNm}^2$$

Rissmoment M_r

I_r = I_c	=	0,1319 m ⁴
M_r = $(f_{ctm} \cdot 10^4) \cdot (I_r / (h_s - x_s))$	=	442,5 kNm

⇒ M_r liegt deutlich unter $M_{g,max}$ und M_{max} , daher ist für den Nachweis der Durchbiegung der Zustand II maßgebend

Kurzzeitdurchbiegung

es gilt

$$k_D = 1,0$$

$$\Phi = 0,0$$

$$k_{\Phi 3} = 1,0$$

Größen x_{II} und z_{II} nach A.Pucher, Lehrbuch des Stahlbetonbaues. 3.Aufl. Manz Verlag für Querschnitte mit rechteckiger Druckzone aus

$$x = x_{II}/d = a/(a+m)$$

$$z = z_{II}/d = 1 - (a/(3*(a+m)))$$

$$a = E_s/E_c$$

$$m = s_s/s_{cr}$$

Spannungsverhältnis m

$$m = -(a/2) + \sqrt{((a/2)^2 + (a/2/r))}$$

$$\alpha = E_s/E_c = 6,56$$

$$\rho = A_s/((b_f*100)*(d*100)) = 0,00276$$

$$m = -(\alpha/2) + \sqrt{((\alpha/2)^2 + (\alpha/2/\rho))} = 31,35$$

$$\xi = \alpha/(\alpha+m) = 0,173$$

$$\zeta = 1 - (\alpha/(3*(\alpha+m))) = 0,942$$

somit wird

$$x_{II} = d*\xi = 0,168 < hf$$

$$z_{II} = d*\zeta = 0,914 \text{ m}$$

Biegesteifigkeit B_{II}

$$B_{II} = E_s * A_s * (d - x_{II}) * z_{II} = 1,49 * 10^6 \text{ kNm}^2$$

damit wird die **Kurzzeitkrümmung** ($\Phi=0$) infolge des Maximalmomentes in Feldmitte ($1/r = (1/r_m)$) wird mit Variable "REZrm" belegt

$$REZrm = (M_{max}/B_{II}) * (1 - (1 - (B_{II}/B_I)) * (M_r/M_{max})^2 * k_D) = 2094,6 * 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

Durchbiegung v_m in Feldmitte

$$v_m = (5/48) * (REZrm) * l_{STW}^2 = 0,0873 \text{ m}$$

$$v_m = v_m * 100 = 8,73 \text{ cm}$$

v_m entspricht $(1/229) * l_{STW}$

Als Grundlage für die Lehrgerüstüberhöhung wird auch die **Langzeitdurchbiegung** unter der ständigen Last L_D für eine Kriechzahl $\Phi=2,0$ ermittelt.

es gilt

$$\Phi = 2,00$$

$$k_D = 0,5$$

$$k_{\Phi 1} = 1/(1+25*\rho) = 0,935$$

$$k_{\Phi 2} = 1,15*\xi/(2-\xi) = 0,109$$

$$k_{\Phi 3} = (1+k_{\Phi 1}*\Phi)/(1+k_{\Phi 2}*\Phi) = 2,356$$

damit folgt (mit der Variable "REZrD" für $1/r_D$)

$$REZrD = (M_{g,max}/B_{II}) * (1 - (1 - (B_{II}/B_I) * k_{\Phi 3}) * (M_r/M_{g,max})^2 * k_D) * (1 + k_{\Phi 2}*\Phi) = 1862,6 * 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

Langzeitdurchbiegung in der Feldmitte

$$v_{mD} = (5/48) * (REZrD) * l_{STW}^2 = 0,0776 \text{ m}$$

$$v_{mD} = v_{mD} * 100 = 7,8 \text{ cm}$$

v_{mD} entspricht $(1/258)$ der Stützweite

die auftretende **Stahlspannung** beträgt somit

$$\sigma_{sD} = M_{g,max}/(\zeta*d*A_s) = 24,6 \text{ kN/cm}^2$$