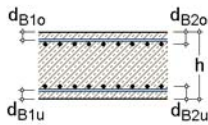


POS. 3: BEMESSUNG FALTWERK

Biege- und Schubbemessung (EC 2 (1.11), NA: Deutschland)

Faltwerksbemessung (Biegung mit/ohne Normalkraft) (4H-BETON Version: 11/2007-4q)



Dicke

$h = 90.0 \text{ cm}$

Randabstände der Längsbewehrung

$d_{B1o} = 3.5 \text{ cm}, d_{B2o} = 4.0 \text{ cm}$

$d_{B1u} = 3.5 \text{ cm}, d_{B2u} = 4.0 \text{ cm}$

Transformation der Bemessungsgrößen
nach B.Thür limann, 1983

Material

C20/25

BSt 500 (A)

$\gamma_s = 1.15, \gamma_c = 1.50$

Bewehrungsanordnung orthogonal

B1 und B2 achsenparallel

Min./Max./Quer-Bewehrung

min a_s (9.2.1.1; 9.6.2 für beide Bew.-Richt.)

max $\rho_0 = 8.00\%$

keine untergeordnete Bewehrungsrichtung

Grundbewehrung

$a_{s0B1o} = 3.77 \text{ cm}^2/\text{m}, a_{s0B2o} = 3.77 \text{ cm}^2/\text{m}$

$a_{s0B1u} = 3.77 \text{ cm}^2/\text{m}, a_{s0B2u} = 3.77 \text{ cm}^2/\text{m}$

$a_{s0bu} = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden mit der Spannungsdehnungslinie für den Beton nach 3.1.7 (Bild 3.3)

mit $f_{cd} = \alpha_c f_{ck} / \gamma_c = 11.3 \text{ MN/m}^2$ und der Spannungsdehnungslinie für die Bewehrung nach 3.2.7 (Bild 3.8) mit $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 434.8 \text{ MN/m}^2$

und $f_{td} = f_{tk} / \gamma_s = 456.5 \text{ MN/m}^2$ geführt!

Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit werden mit der Spannungsdehnungslinie für den Beton nach 3.1.5 (Bild 3.2)

mit $f_c = f_{cm} = 28.0 \text{ MN/m}^2$ und der Spannungsdehnungslinie für die Bewehrung nach 3.2.7 (Bild 3.8) mit $f_y = f_{yk}, f_t = 525.0 \text{ MN/m}^2$ und $\varepsilon_{uk} = 25\%$ geführt!

Bemessungsgrößen und erforderliche Bewehrungsquerschnitte (EC 2, 6.1)

Es werden die bemessungsrelevanten Ergebnisse je Bewehrungsrichtung B1 (oben/unten) bzw. B2 (oben/unten) ausgegeben.

1mn: minimales Bemessungsmoment in Bewehrungsrichtung 1, 1mx: maximales Bemessungsmoment in Bewehrungsrichtung 1

2mn: minimales Bemessungsmoment in Bewehrungsrichtung 2, 2mx: maximales Bemessungsmoment in Bewehrungsrichtung 2

bwr	γ -	n_{bwr} kN/m	m_{bwr} kNm/m	ε_{cu} ‰	ε_{su} ‰	ε_{slu} ‰	ε_{clu} ‰	Z cm	a_{sB1o} cm ² /m	a_{sB1u} cm ² /m	a_{sB2o} cm ² /m	a_{sB2u} cm ² /m	Bemerkung
1 : $n_{xx} = 40.40, n_{yy} = 116.30, n_{xy} = 135.20, m_{xx} = 94.50, m_{yy} = -34.60, m_{xy} = -57.40$													
1mn	---	175.60	37.10	25.00	25.00	25.00	25.00	83.0	0.94	2.90			15)
	---	-94.80	37.10	-3.50	-2.64	17.82	18.68	80.6	6.75	6.75			
1mx	---	175.60	151.90	-0.74	0.30	25.00	26.04	85.6	----	5.87			
	---	-94.80	151.90	-1.23	-0.17	25.00	26.06	85.1	----	2.85			
2mn	---	251.50	-92.00	25.00	25.00	25.00	25.00	82.0			5.21	0.30	
	---	-18.90	-92.00	-0.85	0.35	25.00	26.20	85.0			2.16	----	
2mx	---	251.50	22.80	25.00	25.00	25.00	25.00	82.0			2.15	3.36	
	---	-18.90	22.80	-0.45	0.74	25.00	26.18	85.5			----	0.37	
2 : $n_{xx} = 23.20, n_{yy} = 86.50, n_{xy} = 79.90, m_{xx} = 48.80, m_{yy} = -33.60, m_{xy} = -23.60$													
1mn	---	103.10	25.20	25.00	25.00	25.00	25.00	83.0	0.46	1.79			15)
	---	-56.70	25.20	-0.57	0.46	25.00	26.03	85.8	6.75	6.75			
1mx	---	103.10	72.40	-0.44	0.59	25.00	26.03	86.0	----	3.01			
	---	-56.70	72.40	-0.83	0.22	25.00	26.05	85.5	----	1.21			
2mn	---	166.40	-57.20	25.00	25.00	25.00	25.00	82.0			3.35	0.29	
	---	6.60	-57.20	-0.61	0.58	25.00	26.19	85.3			1.54	----	
2mx	---	166.40	-10.00	25.00	25.00	25.00	25.00	82.0			2.09	1.56	
	---	6.60	-10.00	-0.21	0.96	25.00	26.17	85.8			0.33	----	
Mindestgrößen:													
B1u			298.41	-1.62	-0.54	25.00	26.08	----	----	7.06			9)
B2o			-298.41	-1.63	-0.39	25.00	26.24	----			7.10	----	9)
B2u			298.41	-1.63	-0.39	25.00	26.24	----			----	7.10	9)

n_{bwr}, m_{bwr} : In die jeweilige Bewehrungsrichtung transformierte Bemessungsgrößen (n_{xx}, n_{yy}, n_{xy} in kN/m, m_{xx}, m_{yy}, m_{xy} in kNm/m)

$\varepsilon_{cu} = -3.50\%$: Betondehnung im Bruchzustand (Faser 2), $\varepsilon_{slu} = 25.00\%$: Dehnung der Bewehrung im Bruchzustand (Faser 1)

z: Hebelarm der inneren Kräfte

9) Mindestbewehrung nach 9.3.1.1

15) Mindestbewehrung nach 9.6.2

⇒ **Längsbewehrung:** erf $a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$
(einschl. Grundbew.) erf $a_{sB1u} = 7.06 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$

Schubbemessung (EC 2, 6.2 + 6.3)

Bemessung als 'Platte', Materialgüte wie Biegebewehrung, z aus Biegebemessung

Bewehrungswinkel $\alpha = 90.0^\circ$, Druckstrebenwinkel $\theta_{\text{gew}} = 0^\circ$

Die Bemessung erfolgt je Bewehrungsrichtung mit anschließender Summation der Einzelanteile.

Der Mindestwert von V_{Rdct} wird nach Norm begrenzt ($V_{\text{Rdct}} \geq \min V_{\text{Rdct}}$).

Bemessung für Querkraft (EC 2, 6.2)

	$V_{x,Ed}$ kN/m	$V_{y,Ed}$ kN/m	V_{Ed} kN/m	ρ_l %	z cm	V_{Rdct} kN/m	θ °	$\cot \theta$	V_{Rdmax} kN/m	AB	a _l cm	a _{s,büv} cm ² /m ²	Bemerkung
1	182.30	-133.70	182.30	0.08	80.6	254.92	18.4	3.00	2055.14	1	120.9	0.00	min V_{Rdct}
			133.70	0.08	85.0	245.09	18.4	3.00	2167.93	1	127.5	0.00	min V_{Rdct}
2	105.00	-90.30	105.00	0.08	85.5	250.53	18.4	3.00	2181.24	1	128.3	0.00	min V_{Rdct}
			90.30	0.08	85.3	242.16	18.4	3.00	2175.05	1	127.9	0.00	min V_{Rdct}

V_{Ed} : Bemessungsquerkraft (je Bewehrungsrichtung), ρ_l Zuglängsbewehrungsgrad bez. auf die stat. Höhe, z = innerer Hebelarm

V_{Rdct} : Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung, θ : Druckstrebenwinkel

V_{Rdmax} : Bemessungswert der maximalen Querkrafttragfähigkeit, a_l: Versatzmaß

AB: Ausnutzungsbereich s. NA-DE

⇒ Schubbewehrung: erf a_{s,bü} = 0.00 cm²/m²

Nachweisschnittgrößen

Nachweisbezeichnungen: R = Rissnachweis S = Ermüdungsnachweis σ = Spannungsnachweis D = Dichtigkeitsnachweis

bwr	$n_{xx,Ed}$ n _{bwr} kN/m	$n_{yy,Ed}$ kN/m	$n_{xy,Ed}$ kN/m	$m_{xx,Ed}$ m _{bwr} kNm/m	$m_{yy,Ed}$ kNm/m	$m_{xy,Ed}$ kNm/m
R	27.40	87.90	92.80	61.60	-29.80	-34.70
1mn	120.20			26.90		
	-65.40			26.90		
1mx	120.20			96.30		
	-65.40			96.30		
2mn	180.70			-64.50		
	-4.90			-64.50		
2mx	180.70			4.90		
	-4.90			4.90		
S	23.20	86.50	79.90	48.80	-33.60	-23.60
1mn	103.10			25.20		
	-56.70			25.20		
1mx	103.10			72.40		
	-56.70			72.40		
2mn	166.40			-57.20		
	6.60			-57.20		
2mx	166.40			-10.00		
	6.60			-10.00		
S	29.30	86.20	98.10	67.90	-26.40	-40.10
1mn	127.40			27.80		
	-68.80			27.80		
1mx	127.40			108.00		
	-68.80			108.00		
2mn	184.30			-66.50		
	-11.90			-66.50		
2mx	184.30			13.70		
	-11.90			13.70		
σ	29.30	86.20	98.10	67.90	-26.40	-40.30
1mn	127.40			27.60		
	-68.80			27.60		
1mx	127.40			108.20		
	-68.80			108.20		
2mn	184.30			-66.70		
	-11.90			-66.70		
2mx	184.30			13.90		
	-11.90			13.90		
D	-25.40	-83.20	82.30	53.10	-35.60	-26.00
1mn	56.90			27.10		
	-107.70			27.10		
1mx	56.90			79.10		
	-107.70			79.10		
2mn	-0.90			-61.60		
	-165.50			-61.60		
2mx	-0.90			-9.60		
	-165.50			-9.60		

Begrenzung der Rissbreite (EC 2, 7.3: 7.3.2 Mindestbewehrung, 7.3.3 ohne direkte Berechnung)Rissbildung unter Biegezwang (selbst induz.) **Mindestbewehrung:**Faktor für Erhärtungsablauf $k_{z,t} = 1.00$ Beiwert - Spannungsverteilung $k_c = 0.40$ Erststribbildung: $n_{cr} = 0.00 \text{ kN/m}$ Beiwert - Eigenspannungen $k = 0.52$ Rissbreite $w_k = 0.30 \text{ mm}$ Betonzugfestigkeit (Zwang) $f_{ct,eff} = 2.21 \text{ N/mm}^2$ gew. Durchmesser $d_{sB1o} = 8 \text{ mm}$ $d_{sB2o} = 8 \text{ mm}$ $(a_{stB1o,min} = 6.56 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{stB2o,min} = 6.56 \text{ cm}^2/\text{m}$ $d_{sB1u} = 8 \text{ mm}$ $d_{sB2u} = 8 \text{ mm}$ $a_{stB1u,min} = 6.56 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{stB2u,min} = 6.56 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Nachweisschnittgrößen s.o.

Begrenzung der Rissbreite:Bewehrung: $a_{sB1o} = 6.75$ $a_{sB2o} = 7.10$ Betonzugfestigkeit (Last) $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.21 \text{ N/mm}^2$ in cm^2/m $a_{sB1u} = 7.06$ $a_{sB2u} = 7.10$ $\sigma_{sB1o} = 41.0 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{sB2o} = 238.1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{sB1u} = 247.9 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{sB2u} = 135.7 \text{ N/mm}^2$ $(a_{stB1o,ste} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m} (\Rightarrow d_{so} = 60.0 \text{ mm} > 8)$ $a_{stB1u,ste} = 7.06 \text{ cm}^2/\text{m} (\Rightarrow d_{su} = 12.9 \text{ mm} > 8)$ $a_{stB2o,ste} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m} (\Rightarrow d_{so} = 14.0 \text{ mm} > 8)$ $a_{stB2u,ste} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m} (\Rightarrow d_{su} = 43.2 \text{ mm} > 8))$

Nachweis nicht erforderlich !

 $\Rightarrow$ keine zusätzliche Rissbewehrung !**Nachweis der Ermüdung (EC 2, 6.8.5 + 6.8.7(1))**für Stahl: $U_{s1} = \gamma_{F,fat} \gamma_{Ed,fat} \Delta\sigma_{s,equ} \leq U_{s2} = \Delta\sigma_{Rsk}(N^*)/\gamma_{s,fat} = 73.91 \text{ N/mm}^2$ schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{s,equ} = \sigma_{s,0} - \sigma_{s,U}$ Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{F,fat} = 1.00$, $\gamma_{Ed,fat} = 1.00$, $\gamma_{s,fat} = \gamma_s = 1.15$ zul. Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{Rsk}(N^*) = 85.0 \text{ N/mm}^2$ für Beton: $U_{c1} = |\sigma_{cd,max,equ}|/f_{cd,fat} + 0.43 \sqrt{(1 - \sigma_{cd,min,equ}/\sigma_{cd,max,equ})} \leq 1.0$ Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit $f_{cd,fat} = 10.43 \text{ N/mm}^2$ bei $t_0 = 28 \text{ d}$ Materialsicherheit $\gamma_{c,fat} = \gamma_c = 1.50$

Nachweisschnittgrößen s.o.

Bewehrung: $a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB1u} = 7.06 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$ **Ermüdungsnachweis für Stahl:****Ermüdungsnachweis für Beton:**

Anfangszustand:

 $\sigma_{cdB1,min,equ} = 1.94 \text{ N/mm}^2$ $\Delta\sigma_{sB1o,equ} = -1.82 - -4.67 = 2.85 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cdB1,max,equ} = 2.91 \text{ N/mm}^2$ $\Delta\sigma_{sB1u,equ} = 272.73 - 195.49 = 77.23 \text{ N/mm}^2$ $U_{c1B1} = 0.53 < 1.00$ $\Delta\sigma_{sB2o,equ} = 134.39 - 106.28 = 28.11 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cdB2,min,equ} = 0.00 \text{ N/mm}^2$ $\Delta\sigma_{sB2u,equ} = 153.36 - 100.03 = 53.33 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cdB2,max,equ} = 0.37 \text{ N/mm}^2$

Endzustand:

 $U_{c1B2} = 0.46 < 1.00$ $\Delta\sigma_{sB1o,equ} = -1.95 - -4.82 = 2.86 \text{ N/mm}^2$ **$\Rightarrow$ Nachweis erfüllt !** $U_{s1B1o} = 2.86 < U_{s2} = 73.91$ $\Delta\sigma_{sB1u,equ} = 259.64 - 186.11 = 73.54 \text{ N/mm}^2$ $U_{s1B1u} = 73.54 < U_{s2} = 73.91 \Rightarrow \Delta a_{sB1u,fat} = 0.36 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\Delta\sigma_{sB2o,equ} = 134.39 - 106.28 = 28.11 \text{ N/mm}^2$ $U_{s1B2o} = 28.11 < U_{s2} = 73.91$ $\Delta\sigma_{sB2u,equ} = 153.36 - 100.03 = 53.33 \text{ N/mm}^2$ $U_{s1B2u} = 53.33 < U_{s2} = 73.91$ **$\Rightarrow$ einschl. Ermüdungsbewehrung: erf $a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$
erf $a_{sB1u} = 7.41 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$** **Begrenzung der Stahlzug- und Betondruckspannungen (EC 2, 7.2)**zulässige Stahlzugspannung $\sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 400.0 \text{ N/mm}^2$ zulässige Betondruckspannung $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = -12.0 \text{ N/mm}^2$

Nachweisschnittgrößen s.o.

Bewehrung: $a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB1u} = 7.41 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$ **maximale Stahlzugspannungen****minimale Betondruckspannung**

Anfangszustand:

Anfangszustand:

 $\sigma_{sB1o} = 45.1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{sB2o} = 244.4 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cB1} = -2.9 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{sB1u} = 260.0 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{sB2u} = 153.7 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{cB2} = -1.8 \text{ N/mm}^2$

= Endzustand

= Endzustand

 $\Rightarrow$ keine zusätzliche Spannungsbewehrung !

Nachweis der Dichtigkeit

DAfStb-Richtlinie: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton

Nachweisschnittgrößen s.o.

Bewehrung: $a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB1u} = 7.41 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$

Minimal zulässige Druckzonenhöhe zu $x_D = 60.0 \text{ mm}$

Nachweis der Mindestdruckzonendicke:

für Nutzungsklasse A und Beanspruchungsklasse 1

1mx: $x_{\min} = 62.0 \text{ mm} > 60.0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Nachweis erfüllt**

2mn: $x_{\min} = 82.5 \text{ mm} > 60.0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Nachweis erfüllt**

$\Rightarrow \Delta a_{sDB1u} = 51.47 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\Rightarrow$ einschl. Dichtigkeitsbewehrung: $\text{erf } a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\text{erf } a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\text{erf } a_{sB1u} = 58.88 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\text{erf } a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$

Gesamtbewehrung: $\text{total } a_{sB1o} = 6.75 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2o} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\text{total } a_{sB1u} = 58.88 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2u} = 7.10 \text{ cm}^2/\text{m}$

Ausnutzungsgrad: $U = 0.73$

Zulagebewehrung: $\Delta a_{sB1o} = 2.98 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\Delta a_{sB2o} = 3.33 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\Delta a_{sB1u} = 55.11 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\Delta a_{sB2u} = 3.33 \text{ cm}^2/\text{m}$

Querschnittsdaten

Bruttobetonfläche: $a_c = 90.0 \text{ dm}^2/\text{m}$, Flächenträgheitsmoment: $i_{cs} = 607.5 \text{ dm}^4/\text{m}$

Widerstandsmoment: $w_{cs} = 135.0 \text{ dm}^3/\text{m}$, Schwerpunktsabstand vom oberen Rand: $z_s = 45.0 \text{ cm}$

Gesamtfläche der Längsbewehrung: $\Sigma(\text{erf } a_s) = 79.83 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \rho_s = 0.89\% < 8.00\%$

Materialdaten für die Bemessung

Beton	f_{ck}	α	ε_{c2}	ε_{c2u}	n_c	E_{cm}	f_{ctm}
	MN/m ²	-	‰	‰	-	MN/m ²	MN/m ²
C20/25	20.0	0.850	-2.00	-3.50	2.00	29962.0	2.210

Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit $f_{cd} = \alpha_c \cdot f_{ck} / \gamma_c$

Dehnung beim Erreichen der Festigkeitsgrenze ε_{c2} , Bruchdehnung ε_{c2u}

Betonspannungen $\sigma_c = f_{cd} (1 - (\varepsilon_c / \varepsilon_{c2})^n)$ für $0 \leq \varepsilon_c < \varepsilon_{c2}$ und $\sigma_c = f_{cd}$ für $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{c2}$

Elastizitätsmodul E_{cm} , Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit f_{ctm}

Bewehrung	f_{yk}	f_{tk}	ε_{su}	E_s
	MN/m ²	MN/m ²	‰	MN/m ²
BSt 500 (A)	500.0	525.0	25.00	200000.0

Bemessungswert der Streckgrenze $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Bemessungswert der Zugfestigkeit $f_{td} = f_{tk} / \gamma_s$

Stahlbruchdehnung ε_{su} , Elastizitätsmodul E_s