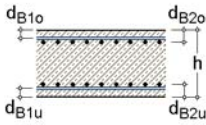


POS. 2: BEMESSUNG PLATTE

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

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



Plattendicke

$h = 30.0 \text{ cm}$

Randabstände der Längsbewehrung

$d_{B1o} = 3.0 \text{ cm}, d_{B2o} = 3.8 \text{ cm}$

$d_{B1u} = 3.0 \text{ cm}, d_{B2u} = 3.8 \text{ cm}$

Transformation der Bemessungsgrößen

nach T.Baumann, 1972

Material

C20/25

unten: BSt 500 (A)

oben: BSt 500 (A)

$\gamma_s = 1.15, \gamma_c = 1.50$

Bewehrungsanordnung orthogonal

B1 und B2 achsenparallel

Min./Max./Quer-Bewehrung

min a_s nach 9.6.2, max $\rho_0 = 8.00\%$

keine untergeordnete Bewehrungsrichtung

Grundbewehrung

$a_{s0B1o} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}, a_{s0B2o} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}$

$a_{s0B1u} = 2.57 \text{ cm}^2/\text{m}, a_{s0B2u} = 2.57 \text{ cm}^2/\text{m}$

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

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 $\epsilon_{uk} = 25\%$ geführt!

Bemessungsgrößen und erforderliche Bewehrungsquerschnitte (EC 2, 6.1)

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

bwr	γ	m_{bwr} kNm/m	ϵ_{c2u} ‰	ϵ_{s2u} ‰	ϵ_{s1u} ‰	ϵ_{c1u} ‰	Z cm	a_{sB1o} cm ² /m	a_{sB1u} cm ² /m	a_{sB2o} cm ² /m	a_{sB2u} cm ² /m	Bemerkung
1 : $m_{xx,Ed} = -100.10 \text{ kNm/m}, m_{yy,Ed} = -34.00 \text{ kNm/m}, m_{xy,Ed} = -12.00 \text{ kNm/m}$												
B1o	---	-112.10	-3.50	-1.35	15.81	17.95	25.0	10.03	----			
B2o	---	-46.00	-2.34	1.63	25.00	28.97	25.3			3.98	----	
2 : $m_{xx,Ed} = -56.40 \text{ kNm/m}, m_{yy,Ed} = -11.30 \text{ kNm/m}, m_{xy,Ed} = -7.10 \text{ kNm/m}$												
B1o	---	-63.50	-2.91	0.20	25.00	28.10	25.9	5.38	----			
B2o	---	-18.40	-1.27	2.54	25.00	28.81	25.8			1.57	----	
Mindestgrößen:												
B1o		-33.16	-1.77	1.21	25.00	27.97	----	2.52	----			9)
B2o		-33.16	-1.84	2.05	25.00	28.89	----			2.60	----	9)

m_{bwr} : In die jeweilige Bewehrungsrichtung transformiertes Bemessungsmoment (m_{xx}, m_{yy}, m_{xy} in kNm/m)

$\epsilon_{c2u} = -3.50\%$: Betondehnung im Bruchzustand (Faser 2), $\epsilon_{s1u} = 25.00\%$: Dehnung der Bewehrung im Bruchzustand (Faser 1)

z: Hebelarm der inneren Kräfte

9) Mindestbewehrung nach 9.3.1.1

⇒ **Längsbewehrung:** erf $a_{sB1o} = 10.03 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2o} = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}$
(einschl. Grundbew.) erf $a_{sB1u} = 2.57 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2u} = 2.57 \text{ cm}^2/\text{m}$

Schub- und Verbundbemessung (EC 2, 6.2 + 6.3)

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

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

Die Bemessung erfolgt je Bewehrungsrichtung mit anschließender Summation der Einzelanteile.

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

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	128.20	21.30	128.20	0.37	25.0	107.26	18.4	3.00	636.58	1	37.4	4.24	Mindestbew.
			21.30	0.16	25.3	105.18	18.4	3.00	646.05	1	38.0	0.00	min V_{Rdct}
2	74.30	11.40	74.30	0.20	25.9	107.26	18.4	3.00	659.66	1	38.8	0.00	min V_{Rdct}
			11.40	0.16	25.8	105.18	18.4	3.00	656.65	1	38.6	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

Schubkraftübertragung in Fugen (EC 2, 6.2.5)

Bemessungswert der zu übertragenden Schubkraft $v_{Ed,j} = \beta \cdot V_{Ed} / (z_j \cdot b_j)$ mit $\beta = 1.00$

Breite der Kontaktfläche $b_j = 100.00$ cm, Druckstrebenwinkel $\theta_j = 45^\circ$

Normalspannung senkrecht zur Fuge $\sigma_n = 0$

Oberflächenbeschaffenheit der Fuge: glatt $\Rightarrow c = 0.20, \mu = 0.6$

	$v_{Ed,j}$ kN/m ²	$v_{Rdct,j}$ kN/m ²	z_j cm	$v_{Rdmax,j}$ kN/m ²	$a_{s,büj}$ cm ² /m ²	Bemerkung
1	513.5	206.3	25.0	1133.3	9.81	
	84.1	206.3	25.3	0.0	0.00	
2	287.2	206.3	25.9	1133.3	2.58	nur Verbund
	44.3	206.3	25.8	0.0	0.00	

Analog zur Querkraftbemessung: $v_{Rdct,j} = (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) \cdot b_j$, $v_{Rdmax,j} = 0.5 \cdot v_{fcd} \cdot b_j$ (v Festigkeitsabminderungsbeiwert)

Bemessungswert der Betonzugfestigkeit: $f_{ctd} = 1.03$ N/mm²

$\Rightarrow$ Schubbewehrung: erf $a_{s,bü} = 9.81$ cm²/m² = max($a_{s,büv}$, $a_{s,büj}$)

Nachweisschnittgrößen

Nachweisbezeichnungen: R = Rissnachweis S = Ermüdungsnachweis σ = Spannungsnachweis

bwr	$m_{xx,Ed}$ Mbwr kNm/m	$m_{yy,Ed}$ kNm/m	$m_{xy,Ed}$ kNm/m	bwr	$m_{xx,Ed}$ Mbwr kNm/m	$m_{yy,Ed}$ kNm/m	$m_{xy,Ed}$ kNm/m	bwr	$m_{xx,Ed}$ Mbwr kNm/m	$m_{yy,Ed}$ kNm/m	$m_{xy,Ed}$ kNm/m
R	-68.60	-19.70	-7.40	B1o	-88.60			B2o	-18.40		
B1o	-76.00			B2o	-32.60			σ	-80.00	-24.00	-8.60
B2o	-27.10			S	-59.80	-11.90	-6.50	B1o	-88.60		
S	-80.00	-24.00	-8.60	B1o	-66.30			B2o	-32.60		

Begrenzung der Rissbreite (EC 2, 7.3: 7.3.2 Mindestbewehrung, 7.3.3 ohne direkte Berechnung)

Rissbildung unter Biegezug (selbst induz.)

Faktor für Erhärtungsablauf $k_{z,t} = 1.00$

Erstrissbildung: $n_{cr} = 0.00$ kN/m

Rissbreite $w_k = 0.30$ mm

gew. Durchmesser $d_{sB1o} = 8$ mm $d_{sB2o} = 8$ mm

$d_{sB1u} = 8$ mm $d_{sB2u} = 8$ mm

Nachweisschnittgrößen s.o.

Bewehrung: $a_{sB1o} = 10.03$ $a_{sB2o} = 4.24$

in cm²/m $a_{sB1u} = 2.57$ $a_{sB2u} = 2.57$

Mindestbewehrung:

Beiwert - Spannungsverteilung $k_c = 0.40$

Beiwert - Eigenspannungen $k = 0.80$

Betonzugfestigkeit (Zwang) $f_{ct,eff} = 2.21$ N/mm²

$a_{stB1o,min} = 3.36$ cm²/m $a_{stB2o,min} = 3.36$ cm²/m

$a_{stB1u,min} = 3.36$ cm²/m $a_{stB2u,min} = 3.36$ cm²/m

Begrenzung der Rissbreite:

Betonzugfestigkeit (Last) $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.21$ N/mm²

$\sigma_{sB1o} = 301.6$ N/mm² $\sigma_{sB2o} = 255.6$ N/mm²

$\sigma_{sB1u} = 0.0$ N/mm² $\sigma_{sB2u} = 2.5$ N/mm²

$(a_{stB1o,ste} = 10.03$ cm²/m $\Rightarrow d_{so} = 9.6$ mm > 8)

$a_{stB1u,ste} = 2.57$ cm²/m ($d_{su} = 8$ mm)

$a_{stB2o,ste} = 4.24$ cm²/m $\Rightarrow d_{so} = 12.2$ mm > 8)

$a_{stB2u,ste} = 2.57$ cm²/m $\Rightarrow d_{su} = 60.0$ mm > 8)

Zusatzbewehrung:

$\Delta a_{stB1o} = 0.00$ cm²/m $\Delta a_{stB2o} = 0.00$ cm²/m

$\Delta a_{stB1u} = 0.79$ cm²/m $\Delta a_{stB2u} = 0.79$ cm²/m

$\Rightarrow$ einschl. Rissbewehrung: erf $a_{sB1o} = 10.03$ cm²/m erf $a_{sB2o} = 4.24$ cm²/m
erf $a_{sB1u} = 3.36$ cm²/m erf $a_{sB2u} = 3.36$ cm²/m

Nachweis der Ermüdung (EC 2, 6.8.5 + 6.8.7(1))

für Stahl: $U_{s1} = \gamma_{F,fat} \gamma_{Ed,fat} \Delta \sigma_{s,eq} \leq U_{s2} = \Delta \sigma_{Rsk} (N^*) / \gamma_{s,fat} = 73.91$ N/mm²

schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite $\Delta \sigma_{s,eq} = \sigma_{s,0} - \sigma_{s,U}$

Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{F,fat} = 1.00$, $\gamma_{Ed,fat} = 1.00$, $\gamma_{s,fat} = \gamma_s = 1.15$

zul. Spannungsschwingbreite $\Delta \sigma_{Rsk} (N^*) = 85.0$ N/mm²

für Beton: $U_{c1} = |\sigma_{cd,max,eq}| / f_{cd,fat} + 0.43 \sqrt{(1 - \sigma_{cd,min,eq} / \sigma_{cd,max,eq})} \leq 1.0$

Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit $f_{cd,fat} = 10.43$ N/mm² bei $t_0 = 28$ d

Materialsicherheit $\gamma_{c,fat} = \gamma_c = 1.50$

Nachweisschnittgrößen s.o.

Bewehrung: $a_{sB1o} = 10.03$ cm²/m $a_{sB2o} = 4.24$ cm²/m $a_{sB1u} = 3.36$ cm²/m $a_{sB2u} = 3.36$ cm²/m

Ermüdungsnachweis für Stahl:

Anfangszustand:

$\Delta \sigma_{s0B1o,eq} = 351.90 - 262.98 = 88.92$ N/mm²

$\Delta \sigma_{s0B1u,eq} = -28.56 - -39.33 = 10.77$ N/mm²

$\Delta \sigma_{s0B2o,eq} = 307.54 - 173.41 = 134.13$ N/mm²

$\Delta \sigma_{s0B2u,eq} = 2.71 - 1.82 = 0.89$ N/mm²

Endzustand:

$\Delta \sigma_{sB1o,eq} = 291.64 - 217.95 = 73.69$ N/mm²

$U_{s1B1o} = 73.69 < U_{s2} = 73.91 \Rightarrow \Delta a_{sB1o,fat} = 2.14$ cm²/m

$$\Delta\sigma_{sB1u, \text{equ}} = -28.95 - -39.68 = 10.73 \text{ N/mm}^2$$

$$U_{s1B1u} = 10.73 < U_{s2} = 73.91$$

$$\Delta\sigma_{sB2o, \text{equ}} = 168.33 - 94.93 = 73.40 \text{ N/mm}^2$$

$$U_{s1B2o} = 73.40 < U_{s2} = 73.91 \Rightarrow \Delta a_{sB2o, \text{fat}} = 3.64 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Delta\sigma_{sB2u, \text{equ}} = -3.79 - -7.02 = 3.23 \text{ N/mm}^2$$

$$U_{s1B2u} = 3.23 < U_{s2} = 73.91$$

Ermüdungsnachweis für Beton:

$$\sigma_{cdB1, \text{min}, \text{equ}} = 8.55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{cdB1, \text{max}, \text{equ}} = 11.19 \text{ N/mm}^2$$

$$U_{c1B1} = 1.28 > 1.00$$

$$\sigma_{cdB2, \text{min}, \text{equ}} = 3.13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{cdB2, \text{max}, \text{equ}} = 5.46 \text{ N/mm}^2$$

$$U_{c1B2} = 0.80 < 1.00$$

$\Rightarrow$ Nachweis **nicht** erfüllt !

$\Rightarrow$ einschl. Ermüdungsbewehrung: erf $a_{sB1o} = 12.17 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2o} = 7.88 \text{ cm}^2/\text{m}$
 erf $a_{sB1u} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m}$ erf $a_{sB2u} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\Rightarrow$ Ermüdungsnachweis für Beton nicht erfüllt !

Begrenzung der Stahlzug- und Betondruckspannungen (EC 2, 7.2)

$$\text{zulässige Stahlzugspannung } \sigma_s = 0.80 \cdot f_{yk} = 400.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{zulässige Betondruckspannung } \sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 12.0 \text{ N/mm}^2$$

Nachweisschnittgrößen s.o.

$$\text{Bewehrung: } a_{sB1o} = 12.17 \text{ cm}^2/\text{m} \quad a_{sB2o} = 7.88 \text{ cm}^2/\text{m} \quad a_{sB1u} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m} \quad a_{sB2u} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

maximale Stahlzugspannungen

minimale Betondruckspannung

Anfangszustand:

Anfangszustand:

$$\sigma_{0sB1o} = 291.6 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{0sB2o} = 168.3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{0cB1} = -11.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{0sB1u} = 0.0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{0sB2u} = 0.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{0cB2} = -5.5 \text{ N/mm}^2$$

= Endzustand

= Endzustand

$\Rightarrow$ keine zusätzliche Spannungsbewehrung !

Gesamtbewehrung: total $a_{sB1o} = 12.17 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2o} = 7.88 \text{ cm}^2/\text{m}$
 total $a_{sB1u} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m}$ $a_{sB2u} = 3.36 \text{ cm}^2/\text{m}$
 total $a_{s, \text{böv}} = 9.81 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

Ausnutzungsgrad: $U = 0.83$

Druckzonendicke: $x_{\text{min}} = 71.2 \text{ mm}$ $x_{\text{max}} = 91.2 \text{ mm}$

Ermüdungsnachweis für Beton nicht erfüllt !

Zulagebewehrung: $\Delta a_{sB1o} = 7.93 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\Delta a_{sB2o} = 3.64 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\Delta a_{sB1u} = 0.79 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\Delta a_{sB2u} = 0.79 \text{ cm}^2/\text{m}$

Querschnittsdaten

Bruttobetongfläche: $a_c = 30.0 \text{ dm}^2/\text{m}$, Flächenträgheitsmoment: $i_{cs} = 22.5 \text{ dm}^4/\text{m}$

Widerstandsmoment: $w_{cs} = 15.0 \text{ dm}^3/\text{m}$, Schwerpunktsabstand vom oberen Rand: $z_s = 15.0 \text{ cm}$

Gesamtfläche der Längsbewehrung: $\Sigma(\text{erf } a_s) = 26.78 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \rho_s = 0.89\% < 8.00\%$

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 $f_{cd} = \alpha_c f_{ck} / \gamma_c$

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

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

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

Symbolik: Positive Ergebnisgrößen, die mit -1.0 ausgewiesen werden, oder auch **** in den Tabellen weisen auf einen unzulässigen bzw. nicht ermittelbaren Zustand hin !