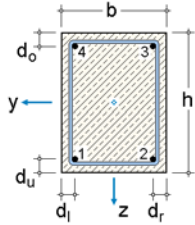


# POS. 29: RECHTECK (STB. 2-ACHS.)

Biege- und Schubmessung einschl. Gebrauchsnachweise (EC 2 (1.11), NA: Deutschland)  
 Zweiachsig Biegung mit/ohne Normalkraft (4H-BETON Version: 11/2007-4I)



### Rechteck-Querschnitt

b = 40.0 cm h = 40.0 cm

### Randabstände der Längsbewehrung

d<sub>o</sub> = 6.0 cm d<sub>u</sub> = 6.0 cm  
 d<sub>l</sub> = 6.0 cm d<sub>r</sub> = 6.0 cm

### Material

C25/30  
 BSt 500 (A)  
 $\gamma_s = 1.15$ ,  $\gamma_c = 1.50$   
 Expositionsklasse X0

### Min./Max. Bewehrung

min A<sub>s</sub> (9.2.1.1, 9.5.2), max  $\rho_0 = 8.00\%$

### Bewehrungsgruppen

Nr	Rang	min A <sub>s</sub> cm <sup>2</sup>	max A <sub>s</sub> cm <sup>2</sup>
1	1	0.00	100.00
2	1	0.00	100.00
3	1	0.00	100.00
4	1	0.00	100.00

min A<sub>s</sub>: Grundbewehrung je Gruppe  
 max A<sub>s</sub>: höchste Bewehrungsmenge je Gruppe

Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit werden mit der Spannungsdehnungslinie für den Beton nach 3.1.7 (Bild 3.3) mit  $f_{cd} = \alpha_c f_{ck} / \gamma_c = 14.2 \text{ MN/m}^2$  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  $f_c = f_{cm} = 33.0 \text{ MN/m}^2$  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)

	$\gamma$	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>yEd</sub> kNm	M <sub>zEd</sub> kNm	$\epsilon_{c2u}$ ‰	$\epsilon_{s2u}$ ‰	$\epsilon_{s1u}$ ‰	$\epsilon_{c1u}$ ‰	$\alpha_{ku}$ °	d cm	z cm	x cm
1	---	-1200.0	150.00	75.00	-3.50	-2.61	1.54	2.43	120.27	46.5	29.4	32.3
			27.36	0.00	-2.68	2.21	25.00	29.88	90.00	34.0	19.6	3.3

$\epsilon_{c2u}$ : Betondehnung im Bruchzustand (Faser 2),  $\epsilon_{s1u}$ : Dehnung der Bewehrung im Bruchzustand (Faser 1),  
 $\alpha_{ku}$ : Richtungswinkel der Querschnittshauptdehnung, d: statische Höhe, z: Hebelarm der inneren Kräfte, x: Betondruckzonenhöhe

	A <sub>sb1</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>sb2</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>sb3</sub> cm <sup>2</sup>	A <sub>sb4</sub> cm <sup>2</sup>	Bemerkung
1	4.24	4.24	4.24	4.24	
	0.74	0.74	0.74	0.74	8)

8) Mindestbewehrung nach 9.2.1.1

⇒ Längsbewehrung: erf A<sub>s</sub> = 4.2/4.2/4.2/4.2 cm<sup>2</sup>

### Schubbemessung (EC 2, 6.2 + 6.3) - getrennt für V<sub>yEd</sub>+T<sub>Ed</sub> und V<sub>zEd</sub>+T<sub>Ed</sub>

Mindestbewehrung nach 9.2.2(5), Materialgüte wie Biegebewehrung  
 z = 0.9 d (10.3.4(2), d je Richtung), c<sub>v,D</sub> = 3.0 cm, D = Druckbewehrung  
 Druckstrebenwinkel  $\theta_{gew} = 0^\circ$ , Torsion: t<sub>eff</sub> = 10.0 cm  
 Der Mindestwert von V<sub>Rdct</sub> wird nach Norm begrenzt (V<sub>Rdct</sub> ≥ min V<sub>Rdct</sub>).

### Bemessung für Querkraft (EC 2, 6.2)

	V <sub>yEd</sub> kN	V <sub>zEd</sub> kN	z <sub>y</sub> cm	V <sub>yRdct</sub> kN	$\theta_y$ °	V <sub>yRdmax</sub> kN	z <sub>z</sub> cm	V <sub>zRdct</sub> kN	$\theta_z$ °	V <sub>zRdmax</sub> kN	a <sub>s,büV</sub> cm <sup>2</sup> /m	Bemerkung
1	70.00	163.00	28.0	106.25	18.4	357.00	28.0	106.25	25.2	458.17	6.29	

z: maßgebender innerer Hebelarm, V<sub>Rdct</sub>: Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung  
 $\theta$ : Druckstrebenwinkel, V<sub>Rdmax</sub>: Bemessungswert der maximalen Querkrafttragfähigkeit

### Bemessung für Torsion (EC 2, 6.3)

	T <sub>Ed</sub> kNm	V <sub>yEd</sub> +V <sub>zEd</sub> kN	$\theta_y$ °	V <sub>zEd</sub> +V <sub>yEd</sub> kN	$\theta_z$ °	T <sub>Rdmax</sub> kNm	a <sub>s,büT</sub> cm <sup>2</sup> /m	A <sub>s,T</sub> cm <sup>2</sup>	Bemerkung
1	5.00	25.83	18.4	49.08	25.2	51.54	0.30	2.30	

Angabe der Bügelbewehrung a<sub>s,büT</sub> je Schenkel, die Torsionslängsbewehrung A<sub>s,T</sub> ist gleichmäßig über den Umfang zu verteilen

### Bemessung für Querkraft und Torsion (EC 2, 6.3(4))

1: (T<sub>Ed</sub>/T<sub>Rdmax</sub>) + (V<sub>yEd</sub>/V<sub>yRdmax</sub>) = 0.05 < 1.0  
 (T<sub>Ed</sub>/T<sub>Rdmax</sub>) + (V<sub>zEd</sub>/V<sub>zRdmax</sub>) = 0.14 < 1.0 ⇒ Nachweis erfüllt!

⇒ Schubbewehrung: erf  $a_{s,büV} = 6.29 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Torsion: erf  $a_{s,büT} = 0.30 \text{ cm}^2/\text{m}$  (1-schnittig)  
 $\Sigma$  (2-schnittig) erf  $a_{s,bü} = 6.90 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Torsion: erf  $A_{s,T} = 2.3 \text{ cm}^2$  (gleichmäßig über den Umfang verteilen)

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

Rissbildung unter Biegezwang (selbst induziert)  
 Faktor für den Erhärtungsablauf des Betons  $k_{z,t} = 1.00$   
 Normalkraft in der Schwerlinie bei Erstrissbildung  $N_{cr} = 0.00 \text{ kN}$   
 Rissbreite  $w_k = 0.30 \text{ mm}$   
 Risschnittgrößen:  $N_r = -700.00 \text{ kN}$   $M_{yr} = 180.00 \text{ kNm}$   $M_{zr} = 65.00 \text{ kNm}$   
 Bewehrung (Anfangszustand):  $A_s = 4.24/4.24/4.24/4.24 \text{ cm}^2$

Nr	$d_s$ mm	$k_c$	$k$	$A_{s,min}$ cm <sup>2</sup>	$d_{sgr}$ mm	$\sigma_s$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta A_{sr}$ cm <sup>2</sup>
1	16	0.40	0.74	1.37	33.2	166.8	2.30
2	16	0.40	0.74	1.37	16.4	287.1	2.30
3	16	0.40	0.74	1.37	16.0	0.0	2.30
4	16	0.40	0.74	1.37	16.0	0.0	2.30

Betonzugfestigkeit (Zwang)  $f_{ct,eff} = 3.00 \text{ N/mm}^2$  Betonzugfestigkeit (Last)  $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$   
 $k_c$ : Beiwert - Spannungsverteilung,  $k$ : Beiwert - Betonzugspannungen,  $A_{s,min}$ : Mindestbewehrung aus Zwang  
 $d_s$ : gewählter Stabdurchmesser,  $d_{sgr}$ : vorhandener Stabdurchmesser  
 $\sigma_s$ : Stahlzugspannung,  $\Delta A_{sr}$ : Bewehrungserhöhung aus Last und Zwang

⇒ einschl. Rissbewehrung: erf  $A_s = 6.5/6.5/6.5/6.5 \text{ cm}^2$

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

für Stahl:  $U_{s1} = \gamma_{F,fat} \gamma_{Ed,fat} \Delta\sigma_{s,equ} \leq U_{s2} = \Delta\sigma_{Rsk} (N^*) / \gamma_{s,fat} = 152.17 \text{ N/mm}^2$   
 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  $\Delta\sigma_{Rsk} (N^*) = 175.0 \text{ N/mm}^2$   
 für Querkraft:  $\Delta\sigma_{Rskv} (N^*) = 107.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{s2v} = \Delta\sigma_{Rskv} (N^*) / \gamma_{s,fat} = 93.04 \text{ N/mm}^2$   
 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  $f_{cd,fat} = 15.00 \text{ N/mm}^2$  bei  $t_0 = 28 \text{ d}$   
 Materialsicherheit  $\gamma_{c,fat} = \gamma_c = 1.50$

Belastung:  $N_{s1} = -800.00 \text{ kN}$   $M_{ys1} = 90.00 \text{ kNm}$   $M_{zs1} = 75.00 \text{ kNm}$   $V_{ys1} = 0.00 \text{ kN}$   $V_{zs1} = 163.00 \text{ kN}$   
 $N_{s2} = -500.00 \text{ kN}$   $M_{ys2} = 110.00 \text{ kNm}$   $M_{zs2} = 100.00 \text{ kNm}$   $V_{ys2} = 0.00 \text{ kN}$   $V_{zs2} = 0.00 \text{ kN}$

Bewehrung (Anfangszustand):  $A_s = 6.53/6.53/6.53/6.53 \text{ cm}^2$   $a_{s,büV} = 6.29 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Ermüdungsnachweis für Stahl:**

Nr	$\sigma_{s,0}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,U}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_{s,equ}$ N/mm <sup>2</sup>	$U_{s1}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta A_{s,fat}$ cm <sup>2</sup>
1	50.83	-9.76	60.59	60.59	0.35
2	230.73	79.01	151.72	151.72	0.35
3	29.80	-25.23	55.03	55.03	0.35
4	-114.00	-150.10	36.10	36.10	0.35

**Ermüdungsnachweis für Beton:**

$\sigma_{cd,min,equ} = 19.96 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{cd,max,equ} = 26.47 \text{ N/mm}^2$   
 $U_{c1} = 1.98 > 1.00 \Rightarrow$  Nachweis nicht erfüllt!  
**Nachweis der Betondruckstrebe für maßgebendes  $V_{s1,2}$ :**  
 $\sigma_{cdv,min,equ} = 0.00 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{cdv,max,equ} = 3.62 \text{ N/mm}^2$   
 $U_{c1v} = 0.36 < 0.50 \Rightarrow$  Nachweis erfüllt!

**Querkraftbewehrung:**

$\Delta\sigma_{sv,equz} = 93.04 - 0.00 = 93.04 \text{ N/mm}^2 = U_{s2v}$   
 $\Rightarrow \Delta a_{sbü,fat} = 34.64 \text{ cm}^2/\text{m}$

⇒ einschl. Ermüdungsbewehrung: erf  $A_s = 6.9/6.9/6.9/6.9 \text{ cm}^2$   
 erf  $a_{s,büV} = 40.94 \text{ cm}^2/\text{m}$

**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  $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = -15.0 \text{ N/mm}^2$   
 Spannungsschnittgrößen:  $N_\sigma = -1200.00 \text{ kN}$   $M_{y\sigma} = 150.00 \text{ kNm}$   $M_{z\sigma} = 75.00 \text{ kNm}$   
 Bewehrung (Anfangszustand):  $A_s = 6.88/6.88/6.88/6.88 \text{ cm}^2$

**maximale Stahlzugspannungen**

Nr	$\sigma_{0s}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta A_{s\sigma}$ cm <sup>2</sup>
1	10.0	0.0	32.52
2	104.3	28.8	32.52
3	-70.9	0.0	32.52
4	-165.1	0.0	32.52



$\sigma_{0s}$ : Anfangszustand,  $\sigma_s$ : Endzustand  
 $\Delta A_{s\sigma}$ : Bewehrungserhöhung aus Stahl- und Betonnachweis

### minimale Betondruckspannung

Anfangszustand:  
 $\sigma_{0c} = -25.8 \text{ N/mm}^2$   
 Endzustand:  
 $\sigma_c = -15.0 \text{ N/mm}^2 > -15.0$

⇒ einschl. Spannungsbewehrung: erf  $A_s = 39.4/39.4/39.4/39.4 \text{ cm}^2$  (max  $\rho_0$  !)

### Heißbemessung (Brandschutz) nach EC2, Teil 1-2 (10.06)

#### mod. Zonenmethode (10 Zonen)

Beflammung einer Stütze von links, rechts, oben, unten, Branddauer 90 min  
 konvektiver Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha = 25.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Emissionswert für die Betonoberfläche  $\varepsilon = 0.70$   
 Normalbeton mit quarzhaltigen Zuschlägen, Feuchtegehalt 1.5%, obere Grenze der therm. Leitfähigkeit  
 warmgewalzter Bewehrungsstahl, Rohdichte (Stahlbeton)  $\rho_c = 2300 \text{ kg/m}^3$   
 Annahme für die Bemessung: Betontemperatur des kältesten Querschnittspunkts (Punkt M)  
 Annahme für die Bemessung: keine inneren Spannungen berücksichtigen  
 Annahme für die Bemessung: Spannungsdehnungslinienform nach EC 2 (Brandfall)

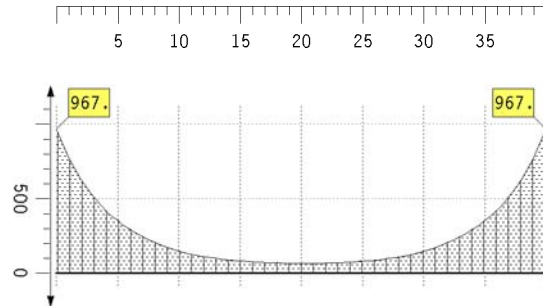
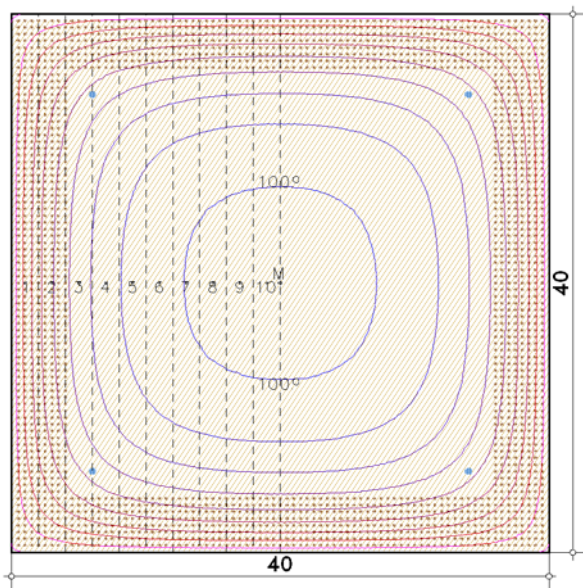
#### Näherungsverfahren für instationären Wärmetransport

Finite-Volumen-Methode mit expliziter Zeitintegration unter Berücksichtigung nichtlinearer Material- und Randbedingungen

#### Temperaturprofil (90 min, um 0° gedreht):

$dx = 0.50 \text{ cm}$   $dy = 0.50 \text{ cm}$  (6561 Zellknoten),  $\min dt = 0.055 \text{ min}$

#### Horizontalschnitt durch den Punkt M:



Temperatur  
 in °C  
 Max: 967.28°C  
 Min: 65.49°C

Temperaturen für 10 Zonen mit zugehörigen Reduktionskoeffizienten:

$\Theta_1 = 788.4^\circ\text{C}$ ,  $k_{c1} = 0.167$     $\Theta_2 = 522.2^\circ\text{C}$ ,  $k_{c2} = 0.567$     $\Theta_3 = 357.4^\circ\text{C}$ ,  $k_{c3} = 0.793$   
 $\Theta_4 = 249.3^\circ\text{C}$ ,  $k_{c4} = 0.901$     $\Theta_5 = 175.7^\circ\text{C}$ ,  $k_{c5} = 0.962$     $\Theta_6 = 127.2^\circ\text{C}$ ,  $k_{c6} = 0.986$   
 $\Theta_7 = 98.8^\circ\text{C}$ ,  $k_{c7} = 1.000$     $\Theta_8 = 81.8^\circ\text{C}$ ,  $k_{c8} = 1.000$     $\Theta_9 = 71.4^\circ\text{C}$ ,  $k_{c9} = 1.000$   
 $\Theta_{10} = 66.4^\circ\text{C}$ ,  $k_{c10} = 1.000$

mittlerer Reduktionskoeffizient (zugeh. Temperatur):  $k_{cM} = 0.838$  ( $\Theta_{cM} = 312.4^\circ\text{C}$ )

Temperatur im Punkt M mit zugehörigem Reduktionskoeffizienten:  $\Theta_{cM} = 65.5^\circ\text{C}$ ,  $k_{cM} = 1.000$

statisch unwirksame Betonrandzone:  $a_{z1} = 4.21 \text{ cm}$   $a_{zr} = 4.21 \text{ cm}$   $a_{zo} = 4.21 \text{ cm}$   $a_{zu} = 4.21 \text{ cm}$

Temperatur im Beton (Bemessung) mit zugehörigem Reduktionskoeffizienten:  $\Theta_c = 65.5^\circ\text{C}$ ,  $k_c = 1.000$

Temperaturen in der Bewehrung:  $\Theta_{s1} = 466.8^\circ\text{C}$     $\Theta_{s2} = 466.8^\circ\text{C}$     $\Theta_{s3} = 466.8^\circ\text{C}$     $\Theta_{s4} = 466.8^\circ\text{C}$

zugehörige Reduktionskoeffizienten:  $k_{sy1} = 0.853$     $k_{sy2} = 0.853$     $k_{sy3} = 0.853$     $k_{sy4} = 0.853$

$k_{sp1} = 0.380$     $k_{sp2} = 0.380$     $k_{sp3} = 0.380$     $k_{sp4} = 0.380$

$k_{Es1} = 0.633$     $k_{Es2} = 0.633$     $k_{Es3} = 0.633$     $k_{Es4} = 0.633$

### Heißbemessung für $\gamma_c = \gamma_s = 1$ (Spannungsdehnungslinienparameter nach 3.2)

reduzierter Querschnitt:  $b = 31.58 \text{ cm}$   $h = 31.58 \text{ cm}$

Bemessungsgrößen:  $N_{Ed,fi} = -1200.00 \text{ kN}$   $M_{yEd,fi} = 150.00 \text{ kNm}$   $M_{zEd,fi} = 75.00 \text{ kNm}$

Materialdaten:

Beton  $\Theta = 65^\circ\text{C}$ :  $f_{c,\Theta} = 25.0 \text{ N/mm}^2$  ( $E_{c,\Theta} = 31475.8 \text{ N/mm}^2$ )

$\varepsilon_{c1,\Theta} = \varepsilon_{cu1,\Theta} = -3.35\%$     $\varepsilon_{cV,\Theta} = 0.00\%$

Bewgr.1  $\Theta = 467^\circ\text{C}$ :  $f_{sp,\Theta} = 190.0 \text{ N/mm}^2$     $f_{sy,\Theta} = 426.5 \text{ N/mm}^2$     $E_{s,\Theta} = 126640.3 \text{ N/mm}^2$

$\varepsilon_{sp,\Theta} = 1.50\%$     $\varepsilon_{sy,\Theta} = 20.00\%$     $\varepsilon_{st,\Theta} = \varepsilon_{su,\Theta} = 50.00\%$     $\varepsilon_{sV,\Theta} = 0.00\%$

Bewgr.2  $\Theta = 467^\circ\text{C}$ :  $f_{sp,\Theta} = 190.0 \text{ N/mm}^2$     $f_{sy,\Theta} = 426.5 \text{ N/mm}^2$     $E_{s,\Theta} = 126640.3 \text{ N/mm}^2$

$\epsilon_{sp,\Theta} = 1.50\%$     $\epsilon_{sy,\Theta} = 20.00\%$     $\epsilon_{st,\Theta} = \epsilon_{su,\Theta} = 50.00\%$     $\epsilon_{sv,\Theta} = 0.00\%$   
 Bewgr.3    $\Theta = 467^\circ\text{C}$ :    $f_{sp,\Theta} = 190.0 \text{ N/mm}^2$     $f_{sy,\Theta} = 426.5 \text{ N/mm}^2$     $E_{s,\Theta} = 126640.3 \text{ N/mm}^2$   
 $\epsilon_{sp,\Theta} = 1.50\%$     $\epsilon_{sy,\Theta} = 20.00\%$     $\epsilon_{st,\Theta} = \epsilon_{su,\Theta} = 50.00\%$     $\epsilon_{sv,\Theta} = 0.00\%$   
 Bewgr.4    $\Theta = 467^\circ\text{C}$ :    $f_{sp,\Theta} = 190.0 \text{ N/mm}^2$     $f_{sy,\Theta} = 426.5 \text{ N/mm}^2$     $E_{s,\Theta} = 126640.3 \text{ N/mm}^2$   
 $\epsilon_{sp,\Theta} = 1.50\%$     $\epsilon_{sy,\Theta} = 20.00\%$     $\epsilon_{st,\Theta} = \epsilon_{su,\Theta} = 50.00\%$     $\epsilon_{sv,\Theta} = 0.00\%$

⇒ Brandbewehrung:   erf  $A_{s,\Theta} = 9.67/9.67/9.67/9.67 \text{ cm}^2$

Gesamtbewehrung:   total  $A_s = 39.4/39.4/39.4/39.4 \text{ cm}^2$  (max  $\rho_0$  !)  
                           total  $a_{s,büV} = 40.94 \text{ cm}^2/\text{m}$   
                           total  $a_{s,büT} = 0.30 \text{ cm}^2/\text{m}$ ,  $A_{s,T} = 2.3 \text{ cm}^2$   
 Ausnutzungsgrad:    $U = 0.29$

gewählt:   Längs,   E1: 1 Ø 25 = 4.9  $\text{cm}^2 < 39.4 \text{ cm}^2$   
                           E2: 1 Ø 25 = 4.9  $\text{cm}^2 < 39.4 \text{ cm}^2$   
                           E3: 1 Ø 25 = 4.9  $\text{cm}^2 < 39.4 \text{ cm}^2$   
                           E4: 1 Ø 25 = 4.9  $\text{cm}^2 < 39.4 \text{ cm}^2$   
                   Bügel, 2-schnittig: Ø 8 / 30  $\text{cm} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m} < 41.54 \text{ cm}^2/\text{m}$

### Querschnittsdaten

Bruttobetonfläche:  $A_c = 16.0 \text{ dm}^2$    Flächenträgheitsmomente:  $I_{cys} = 21.3 \text{ dm}^4$ ,    $I_{czs} = 21.3 \text{ dm}^4$   
 Schwerpunktskoordinaten (von der Mitte des oberen Randes):  $y_s = 0.0 \text{ cm}$ ,    $z_s = 20.0 \text{ cm}$   
 Gesamtfläche der Längsbewehrung:  $\Sigma(\text{erf } A_s) = 157.6 \text{ cm}^2 \Rightarrow \rho_s = 9.85\% > 8.00\%$

### Materialdaten für die Bemessung

Beton	$f_{ck}$	$\alpha$	$\epsilon_{c2}$	$\epsilon_{c2u}$	$n_c$	$E_{cm}$	$f_{ctm}$	Bewehrung	$f_{yk}$	$f_{tk}$	$\epsilon_{su}$	$E_s$
	MN/m <sup>2</sup>	-	‰	‰	-	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>		MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	‰	MN/m <sup>2</sup>
C25/30	25.0	0.850	-2.00	-3.50	2.00	31475.8	2.565	BSt 500 (A)	500.0	525.0	25.00	200000.0

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

Dehnung beim Erreichen der Festigkeitsgrenze  $\epsilon_{c2}$ , Bruchdehnung  $\epsilon_{c2u}$

Betonspannungen  $\sigma_c = f_{cd} (1 - (1 - \epsilon_c / \epsilon_{c2})^n)$  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  $f_{ctm}$

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

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

Stahlbruchdehnung  $\epsilon_{su}$ , 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 !