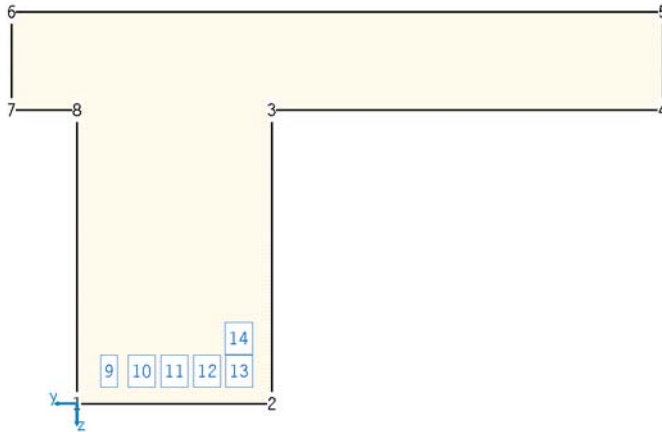


# POS. 38: POLYGONALER QUERSCHNITT (STB.)

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

## Polygon-Querschnitt



## Min./Max. Bewehrung

min  $A_s$  (9.2.1.1, 9.5.2), max  $\rho_0 = 8.00 \%$

## Bewehrungsgruppen

Nr	Rang	min $A_s$ cm <sup>2</sup>	max $A_s$ cm <sup>2</sup>	$A_{s1}/A_{s1}$ -
1	1	0.00	100.00	1.00

min  $A_s$ : Grundbewehrung je Gruppe

max  $A_s$ : höchste Bewehrungsmenge je Gruppe

$A_{s1}/A_{s1}$ : Bewehrungsgruppenfaktor bez. auf Gruppe 1

## Material

C25/30

BSt 500 (A)

$\gamma_s = 1.15$ ,  $\gamma_c = 1.50$

Expositionsklasse X0

## Punktkoordinaten und Gruppenzuordnung

Pkt	y cm	z cm	$A_p/Nr$ cm <sup>2</sup> /-	Pkt	y cm	z cm	$A_p/Nr$ cm <sup>2</sup> /-	Pkt	y cm	z cm	$A_p/Nr$ cm <sup>2</sup> /-	Pkt	y cm	z cm	$A_p/Nr$ cm <sup>2</sup> /-				
1	0.0	0.0	----	B	5	-90.0	-60.0	----	B	9	-5.0	-5.0	1	E	13	-25.0	-5.0	1	E
2	-30.0	0.0	----	B	6	10.0	-60.0	----	B	10	-10.0	-5.0	1	E	14	-25.0	-10.0	1	E
3	-30.0	-45.0	----	B	7	10.0	-45.0	----	B	11	-15.0	-5.0	1	E					
4	-90.0	-45.0	----	B	8	0.0	-45.0	----	B	12	-20.0	-5.0	1	E					

$A_p$ : Querschnittsfläche einer punktförmigen Aussparung, Nr: Nummer der zugehörigen Bewehrungsgruppe (Betonstahl)

B: Betonquerschnitt,  $A_c$ : Aussparung c, P: punktförmige Aussparung, E: Einzelbewehrung, L: linienverteilte Bewehrung

## Bemessung und Nachweise

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)

Lastangriff im Betonschwerpunkt bei  $y_s = -28.2 \text{ cm}$ ,  $z_s = -38.3 \text{ cm}$ !

	$\gamma$ -	$N_{Ed}$ kN	$M_{yEd}$ kNm	$M_{zEd}$ kNm	$\epsilon_{c2u}$ ‰	$\epsilon_{s2u}$ ‰	$\epsilon_{s1u}$ ‰	$\epsilon_{c1u}$ ‰	$\alpha_{ku}$ °	d cm	z cm	x cm
1	---	0.00	280.00	130.00	-3.50	0.21	2.56	8.80	163.26	49.4	43.1	28.5
			0.00	84.73	-3.50	-1.90	2.77	21.80	180.00	35.0	37.0	19.5

$\epsilon_{c2u}$ : 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

	$A_{sb1}$ cm <sup>2</sup>	Bemerkung
1	24.64	
	23.22	8)

8) Mindestbewehrung nach 9.2.1.1

⇒ Längsbewehrung: erf  $A_s = 24.6 \text{ cm}^2$

**Schubbemessung** (EC 2, 6.2 + 6.3) - getrennt nach den Koordinatenrichtungen

Mindestbewehrung nach 9.2.2(5), Materialgüte wie Biegebewehrung

$z = 0.9 d$  (10.3.4(2),  $d$  je Richtung),  $c_{v,D} = 3.0$  cm,  $D =$  Druckbewehrung

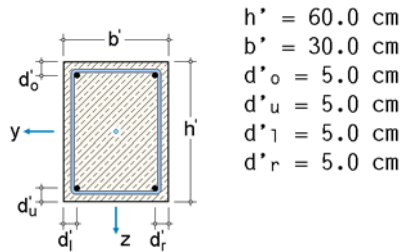
Druckstrebenwinkel  $\theta_{gew} = 0^\circ$ , Zugbewehrung  $A_{s1,gew} = 25.0$  cm<sup>2</sup>

P.Mark: Querkraftbemessung bei schiefer Biegung ohne Normalkraft ( $z$  aus Biegebemessung).

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

**Ersatzquerschnitt:**

( $A'_c = 18.0$  dm<sup>2</sup>)



- $h' = 60.0$  cm
- $b' = 30.0$  cm
- $d'_o = 5.0$  cm
- $d'_u = 5.0$  cm
- $d'_l = 5.0$  cm
- $d'_r = 5.0$  cm

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

	$V_{yEd}$ kN	$V_{zEd}$ kN	$Z_y$ cm	$V_{yRdct}$ kN	$\theta_y$ °	$V_{yRdmax}$ kN	$Z_z$ cm	$V_{zRdct}$ kN	$\theta_z$ °	$V_{zRdmax}$ kN	$a_{s,büV}$ cm <sup>2</sup> /m	Bemerkung
1	40.00	15.00	0.0	0.00	0.0	0.00	43.4	84.38	18.4	414.64	2.46*	Mindestbew.

$z$ : maßgebender innerer Hebelarm,  $V_{Rdct}$ : Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

$\theta$ : Druckstrebenwinkel,  $V_{Rdmax}$ : Bemessungswert der maximalen Querkrafttragfähigkeit, \*) P.Mark: Zwischenergebnisse nicht richtungsbezogen

⇒ **Schubbewehrung:** erf  $a_{s,bü} = 2.46$  cm<sup>2</sup>/m

**Nachweis der Ermüdung** (EC 2, 6.8.6 + 6.8.7(2))

für Stahl:  $U_{s1} = \Delta\sigma_s \leq U_{s2} = 70.0$  N/mm<sup>2</sup>

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

für Beton:  $U_{c1} = |\sigma_{cd,max}|/f_{cd,fat} \leq 0.5 + 0.45 |\sigma_{cd,min}|/f_{cd,fat} \leq 0.9$

Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit  $f_{cd,fat} = 15.00$  N/mm<sup>2</sup> bei  $t_0 = 28$  d

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

Belastung:  $N_{s1} = 0.00$  kN  $M_{ys1} = 80.00$  kNm  $M_{zs1} = 130.00$  kNm

$N_{s2} = 0.00$  kN  $M_{ys2} = 50.00$  kNm  $M_{zs2} = 100.00$  kNm

Bewehrung (Anfangszustand):  $A_s = 24.64$  cm<sup>2</sup>

**Ermüdungsnachweis für Stahl:**

Nr	$\sigma_{s,0}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,U}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_s$ N/mm <sup>2</sup>	$U_{s1}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta A_{s,fat}$ cm <sup>2</sup>
1	349.47	279.57	69.89	69.89	12.45

**Ermüdungsnachweis für Beton:**

$\sigma_{cd,min} = 26.87$  N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{cd,max} = 29.66$  N/mm<sup>2</sup>

$U_{c1} = 1.98 > 1.31 > 0.9 \Rightarrow$  Nachweis nicht erfüllt !

⇒ **einschl. Ermüdungsbewehrung:** erf  $A_s = 37.1$  cm<sup>2</sup>

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

zulässige Stahlzugspannung  $\sigma_s = 1.60 \cdot f_{yk} = 800.0$  N/mm<sup>2</sup>

zulässige Betondruckspannung  $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = -15.0$  N/mm<sup>2</sup>

Spannungsschnittgrößen:  $N_\sigma = 0.00$  kN  $M_{y\sigma} = 280.00$  kNm  $M_{z\sigma} = 130.00$  kNm

Bewehrung (Anfangszustand):  $A_s = 37.09$  cm<sup>2</sup>

⇒ **Fehler - max  $A_s$  erreicht !**

**Querschnittsdaten**

Bruttobetongfläche:  $A_c = 28.5$  dm<sup>2</sup> Flächenträgheitsmomente:  $I_{cys} = 64.8$  dm<sup>4</sup>,  $I_{czs} = 204.3$  dm<sup>4</sup>

Schwerpunktskoordinaten:  $y_s = -28.2$  cm,  $z_s = -38.3$  cm

Gesamtfläche der Längsbewehrung:  $\Sigma(\text{erf } A_s) = 37.1$  cm<sup>2</sup>  $\Rightarrow \rho_s = 1.30\% < 8.00\%$

### Materialdaten für die Bemessung

Beton	$f_{ck}$ MN/m <sup>2</sup>	$\alpha$ -	$\epsilon_{c2}$ ‰	$\epsilon_{c2u}$ ‰	$n_c$ -	$E_{cm}$ MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm}$ MN/m <sup>2</sup>
C25/30	25.0	0.850	-2.00	-3.50	2.00	31475.8	2.565

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

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

Betonspannungen  $\sigma_c = f_{cd} (1 - (\epsilon_c / \epsilon_{c2})^n)$  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	$f_{yk}$ MN/m <sup>2</sup>	$f_{tk}$ MN/m <sup>2</sup>	$\epsilon_{su}$ ‰	$E_s$ MN/m <sup>2</sup>
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  $\epsilon_{su}$ , 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 !