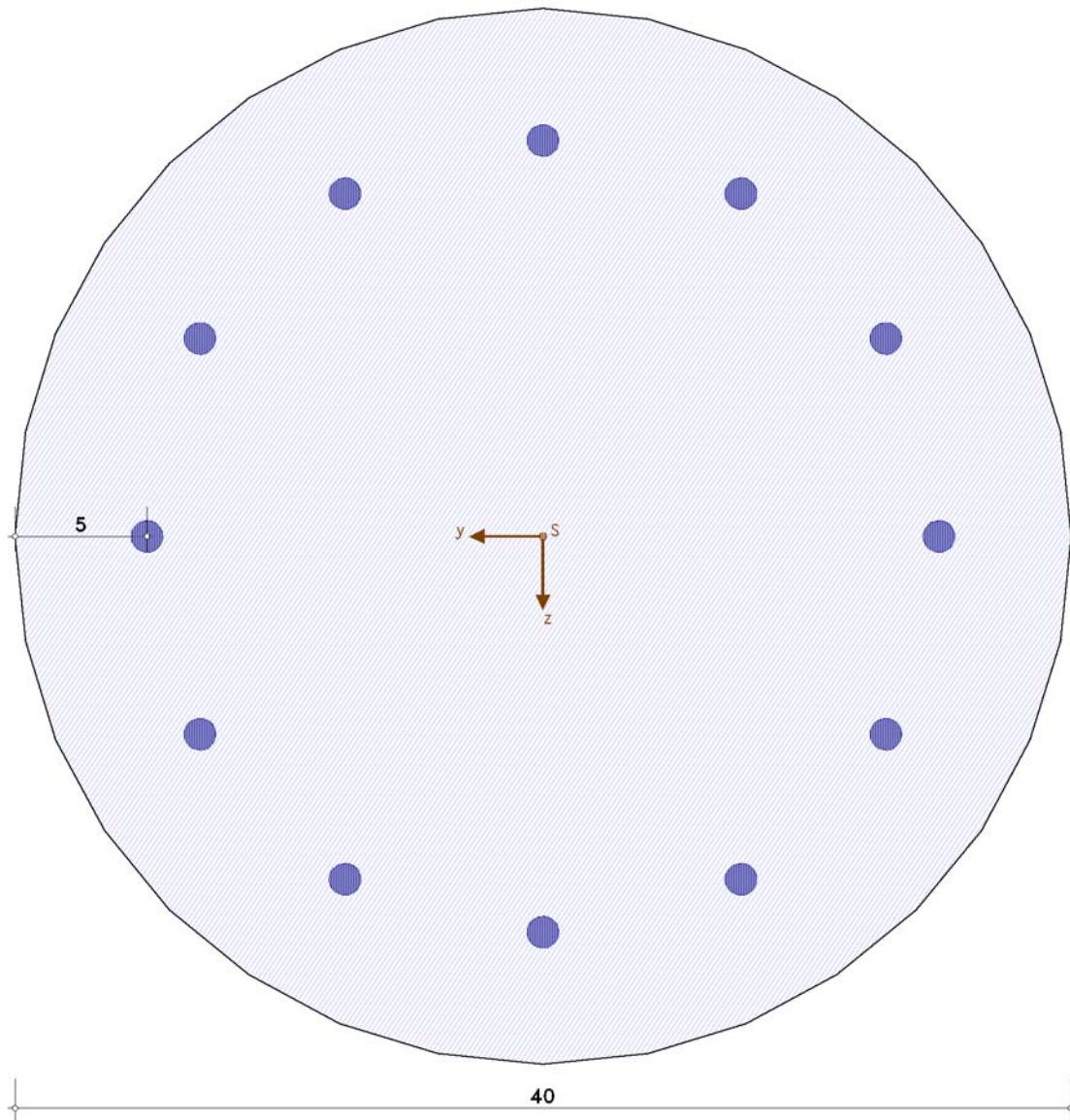


POS. 34: KREISQUERSCHNITT

Stahlbeton Bemessung EC 2 (1.11), NA: Deutschland

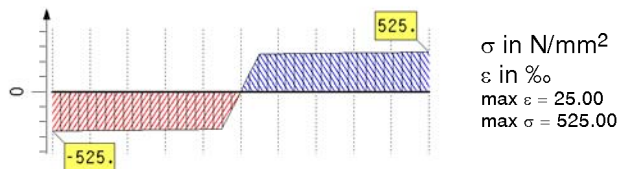
1. Eingabeprotokoll



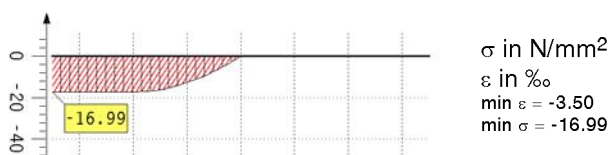
1.1. Material

Betonstahl B500A, Beton C30/37

Spannungsdehnungslinie des Betonstahls: EC 2-1-1, 3.2.7 (bilinear)



Spannungsdehnungslinie des Betons: EC 2-1-1, 3.1.7 (Parabel-Rechteck-Diagramm)



1.2. Material sicherheitsbeiwerte

Bemessungssituation: Grundkombination

Tragfähigkeit: Beton $\gamma_c = 1.50$, Bewehrung $\gamma_s = 1.15$

1.3. Querschnitt

Vollkreis: $r = 20.0$ cm, Achsabstand: $d_a = 5.0$ cm

Grundbewehrung: $A_{sa0} = 12 \text{ } \varnothing 12 = 13.57$ cm²

max. Bewehrungsgrad $\rho_s = 8.00\%$

1.4. Dauerhaftigkeit und Betondeckung

innen: Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung für $\varnothing_s = 8$ mm

infolge Bewehrungskorrosion X0 \Rightarrow C12/15, $c_{min} = 10$ mm, $\Delta c = 10$ mm, $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 20$ mm

Mindestbetongüte C12/15 mit $f_{ck} = 12.0$ N/mm² < 30.0 N/mm² ok

Mindestachsabstand $\min d = c_{nom} + \varnothing_s / 2 = 24$ mm < $cl_c d = 30$ mm ok

außen: Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung für $\varnothing_s = 12$ mm

infolge Bewehrungskorrosion X0 \Rightarrow C12/15, $c_{min} = \varnothing_s = 12$ mm, $\Delta c = 10$ mm, $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 22$ mm

Mindestbetongüte C12/15 mit $f_{ck} = 12.0$ N/mm² < 30.0 N/mm² ok

Mindestachsabstand $\min d = c_{nom} + \varnothing_s / 2 = 28$ mm < $cl_c d = 50$ mm ok

1.5. Bemessungsparameter

1.5.1. Biege-/Schubbemessung

1.5.1.1. Biegebemessung

Mindestbewehrung für Stützen

nur Zugbewehrung, Grundbewehrung statisch nicht berücksichtigen

Mindestausmitte der Drucknormalkraft

1.5.1.2. Schubbemessung

Betonstahl wie Biegebewehrung

Querkraft

Neigungswinkel der Querkraftbewehrung $\alpha = 90^\circ$

vereinfachter Ansatz des Druckstrebenwinkels

mit Mindestbewehrung (Balken)

innerer Hebelarm aus Biegebemessung $z \leq d - c_{v,l} \leq d - c_{v,l} - 3$ cm

mit Verlegemaß zur Längsbewehrung in der Druckzone $c_{v,l} = 3.0$ cm

Bemessungswert des Querkraftwiderstands ohne Querkraftbewehrung $V_{Rd,c}$ begrenzen

Wirksamkeitsfaktor Kreisbemessung $\alpha_k = 0.800$

1.5.1.3. Bemessungsgrößen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	
1	-742.03	39.43	-9.86	-174.55	-38.24	Import Lk 1
2	-96.56	-270.04	52.51	24.01	6.00	Import Lk 2
3	-691.63	34.01	-8.50	-266.32	-57.58	Import Lk 3
4	-655.63	39.43	-9.86	-29.08	-7.27	Import Lk 4
5	-240.56	-270.04	52.51	-218.45	-45.61	Import Lk 5
6	-218.99	15.83	-3.96	-8.68	-2.17	Import Lk 6
7	-668.58	-132.09	24.02	-154.94	-33.33	Import Lk 7
8	-534.56	-255.29	48.82	-232.62	-49.16	Import Lk 8
9	-253.63	19.26	-4.81	-9.69	-2.42	Import Lk 9

1.5.2. Brandbemessung

Brandbemessung mit Gl.(5.7), EC 2-1-2

Feuerwiderstandsklasse R 90

Ersatzlänge der Stütze im Brandfall $l_{o,fi} = 4.2$ m

Umrechnungsfaktor Schnittgrößen Th.I.O.-Th.II.O. $f^{II} = 0.70$

1.5.2.1. Bemessungsgrößen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm		Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$M_{z,Ed}$ kNm	
1	-317.69	11.29	43.73	Import Lk 1	4	-200.57	-32.84	21.54	Import Lk 4
2	-181.37	-32.84	53.87	Import Lk 2	5	-197.69	5.27	49.51	Import Lk 5
3	-288.89	8.89	13.71	Import Lk 3	6	-272.57	-29.23	18.07	Import Lk 6

2. Biege-/Schubbemessung

Materialkennwerte

Biegebemessung:

Beton n. EC 2, 3.1.7(1): C30/37, $\epsilon_{c2} = -2.00\%$, $\epsilon_{cu2} = -3.50\%$, $f_{cd} = 17.00$ N/mm²

Bew. außen n. EC 2, 3.2.7(2a): B500A, $\epsilon_{ud} = 25.0\%$, $f_{yd} = 434.78$ N/mm², $f_{td} = 456.52$ N/mm², $E_s = 200000.0$ N/mm²

Mindestbewehrung:



σ - ϵ -Linie n. EC 2, 3.2.7(2b): B500A, $f_{yk} = 500.0 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200000.0 \text{ N/mm}^2$

Schubbemessung:

σ - ϵ -Linie n. EC 2, 3.2.7(2a): B500A, $\epsilon_{ud} = 25.00\%$, $f_{yd} = 434.78 \text{ N/mm}^2$, $f_{td} = 456.52 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200000.0 \text{ N/mm}^2$

2.1. Ergebnistabelle

Lk	N_{Ed} kN	M_{Ed} kNm	V_{Ed} kN	A_{sa} cm ²	a_{sbV} cm ² /m	
1	-742.03	178.95	39.49	26.52	3.15	
2	-96.56	271.11	52.85	55.14	2.93	
3	-691.63	268.48	58.20	51.09	3.14	
4	-655.63	48.99	12.25	2.26	3.44	Minbew
5	-240.56	347.34	69.55	73.74	3.03	
6	-218.99	18.05	4.52	0.76	3.38	Minbew
7	-668.58	203.60	41.08	33.40	3.12	
8	-534.56	345.38	69.28	72.18	3.11	
9	-253.63	21.56	5.38	0.88	3.36	Minbew

N,M,V: Bemessungsgrößen; A_{sa} : Biegebewehrung; a_{sbV} : Querkraftbewehrung

2.2. Lk 5 (maßgebend)

2.2.1. Biegebemessung (EC 2, 6.1)

Biegung/Normalkraft

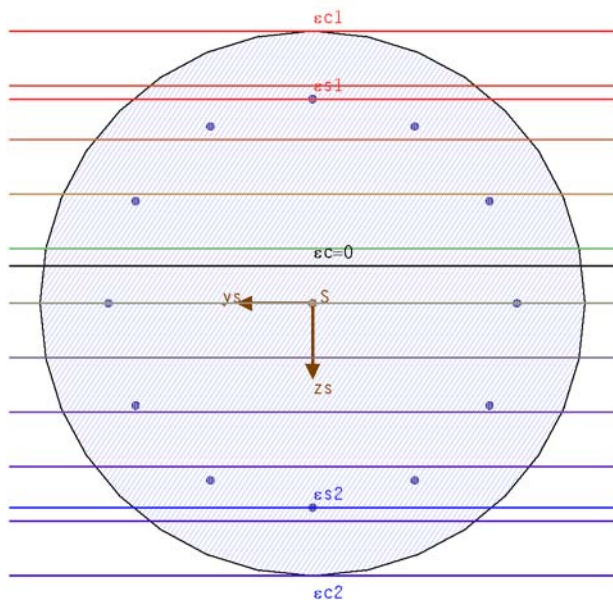
Bemessungsgrößen: $N_{Ed} = -240.56 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 347.34 \text{ kNm}$

Bemessungshilfswerte: $d = 30.4 \text{ cm}$, $z = 21.9 \text{ cm}$, $x = 17.25 \text{ cm}$

Bewehrung

$A_{sa} = 73.74 \text{ cm}^2$

Grenzdehnungen



Grenzdehnungen: $\epsilon_{c1} = -3.500\%$, $\epsilon_{s1} = -2.485\%$, $\epsilon_{s2} = 3.600\%$, $\epsilon_{c2} = 4.615\%$, $\alpha_k = 90.00^\circ$

2.2.2. Schubemessung (EC 2, 6.2)

Querkraft (EC 2, 6.2)

Bemessungsquerkraft $V_{Ed} = 69.55 \text{ kN}$

Bemessungshilfswerte: $\rho_l = 2.00\%$, $z' = 21.9 \text{ cm}$, $x = 17.25 \text{ cm}$, $V_{Rd,c} = 93.22 \text{ kN}$, $\Theta = 39.81^\circ$, $V_{Rd,max} = 449.46 \text{ kN}$,

$AB = 1$ für $V_{Ed}/V_{Rd,max} = 0.155$, $\Delta F_{s,Ed} = 41.73 \text{ kN}$

Bewehrung

$a_{sbV} = 3.03 \text{ cm}^2/\text{m}$

Meldungen zum Rechenlauf

Schubbemessung: Querschnitt überdrückt

Schubbemessung: Längsbewehrung berücksichtigt

2.3. Ergebnis

resultierende Bewehrung: $A_{sa} = 73.74 \text{ cm}^2$

$a_{sbV} = 3.44 \text{ cm}^2/\text{m}$

einschl. Grundbewehrung: $A_{sa} = 73.74 \text{ cm}^2$

$a_{sbV} = 3.44 \text{ cm}^2/\text{m}$

3. Brandbemessung

Materialkennwerte

Beton n. EC 2, 3.1.7(1): C30/37, $\varepsilon_{c2} = -2.00\%$, $\varepsilon_{cu2} = -3.50\%$, $f_{cd} = 20.00 \text{ N/mm}^2$
Bew. außen n. EC 2, 3.2.7(2a): B500A, $\varepsilon_{ud} = 25.0\%$, $f_{yd} = 434.78 \text{ N/mm}^2$, $f_{td} = 456.52 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200000.0 \text{ N/mm}^2$

3.1. Ergebnistabelle

Anfangsbewehrung: $A_{sa,0} = 13.57 \text{ cm}^2$

Lk	N_{Ed} kN	M_{Ed} kNm	A_{sa} cm^2	ΔA_{sa} cm^2	μ_{fi}	$\mu_{fi,mx}$
1	-317.69	45.16	13.57	---	0.000	0.490
2	-181.37	63.09	13.57	---	0.000	0.490
3	-288.89	16.34	13.57	---	0.000	0.490
4	-200.57	39.27	13.57	---	0.000	0.490
5	-197.69	49.79	13.57	---	0.000	0.490
6	-272.57	34.36	13.57	---	0.000	0.490

N,M: Bemessungsgrößen; A_{sa} : Biegebewehrung; ΔA_{sa} : Zulagebewehrung; $\mu_{fi}, \mu_{fi,mx}$: vorhandene, maximale Ausnutzung

3.2. Lk 1 (maßgebend)

Bemessungsgrößen: $N_{Ed} = -317.69 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 45.16 \text{ kNm}$

Bewehrung

$A_{sa} = 13.57 \text{ cm}^2$

Brandschutznachweis für Druckglieder

Ziel: Feuerwiderstandsklasse R 90 ($\mu_{fi,max} = \mu_{fi} \cdot l^{\text{II}} = 0.700 \cdot 0.70 = 0.490$)

Ausnutzung: $\mu_{fi} = 0.000 < \mu_{fi,max} = 0.490$ ok

Feuerwiderstandsdauer (EC 2-1-2, 5.3.2(4), Gl. (5.7)):

Kreis: $\varnothing = 400 \text{ mm}$, $d_1 = 50 \text{ mm}$, $l_{0,fi} = 4.20 \text{ m}$, $A_s = 1357 \text{ mm}^2$, $\mu_{fi} = 0.000$

Voraussetzungen: $d_1 \geq 25 \text{ mm}$, $l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, $200 \text{ mm} \leq b' \leq 450 \text{ mm}$, $A_s \leq 0.04 \cdot A_c$, $\mu_{fi} \leq 1$

$A_c = 125664 \text{ mm}^2$, $b' = \varnothing = 400 \text{ mm}$

$\omega = (A_s \cdot f_{yd}) / (A_c \cdot f_{cd}) = 0.276$ mit $f_{yd} = 434.8 \text{ N/mm}^2$, $f_{cd} = 17.00 \text{ N/mm}^2$

$R_{\eta,fi} = 83 \cdot (1 - \mu_{fi} \cdot (1 + \omega)) / ((0.85 / \alpha_{cc}) + \omega) = 82.98$, $\alpha_{cc} = 0.85$

$R_a = 1.6 \cdot (d_1 - 30) = 32.00$, $R_1 = 9.6 \cdot (5 - l_{0,fi}) = 7.68$, $R_b = 0.09 \cdot b' = 36.00$, $R_n = 12$ für $n > 4$ Stäbe

Feuerwiderstandsdauer $R = 120 \cdot ((R_{\eta,fi} + R_a + R_1 + R_b + R_n) / 120)^{1.8} = 226 \text{ min}$

⇒ Feuerwiderstandsklasse R 180

maximale Feuerwiderstandsklasse R 180 > R 90 ok

3.3. Ergebnis

resultierende Bewehrung: $A_{sa} = 13.57 \text{ cm}^2$

einschl. Grundbewehrung: $A_{sa} = 13.57 \text{ cm}^2$

4. Endergebnis

maximale Bewehrung: $A_{sa} = 73.74 \text{ cm}^2$

$a_{sbV} = 3.44 \text{ cm}^2/\text{m}$

Tragfähigkeit gewährleistet

5. Gewählte Bewehrung

seitliche Betondeckung (Verlegemaß) $c_{vr} = 2.0 \text{ cm}$

unten:

Betondeckung (Verlegemaß) $c_{va} = 3.0 \text{ cm}$

Längsbewehrung aus Biegung und Normalkraft 24 x $\varnothing 20$

Bewehrung vorh $A_{sa} = 75.40 \text{ cm}^2 > \text{erf } A_{sa} = 73.74 \text{ cm}^2$ ok

Stababstand min $d_{va} = 4.0 \text{ cm}$

Achsabstand vorh $d_a = 4.8 \text{ cm} < d_a = 5.00 \text{ cm}^2$ ok

oben:

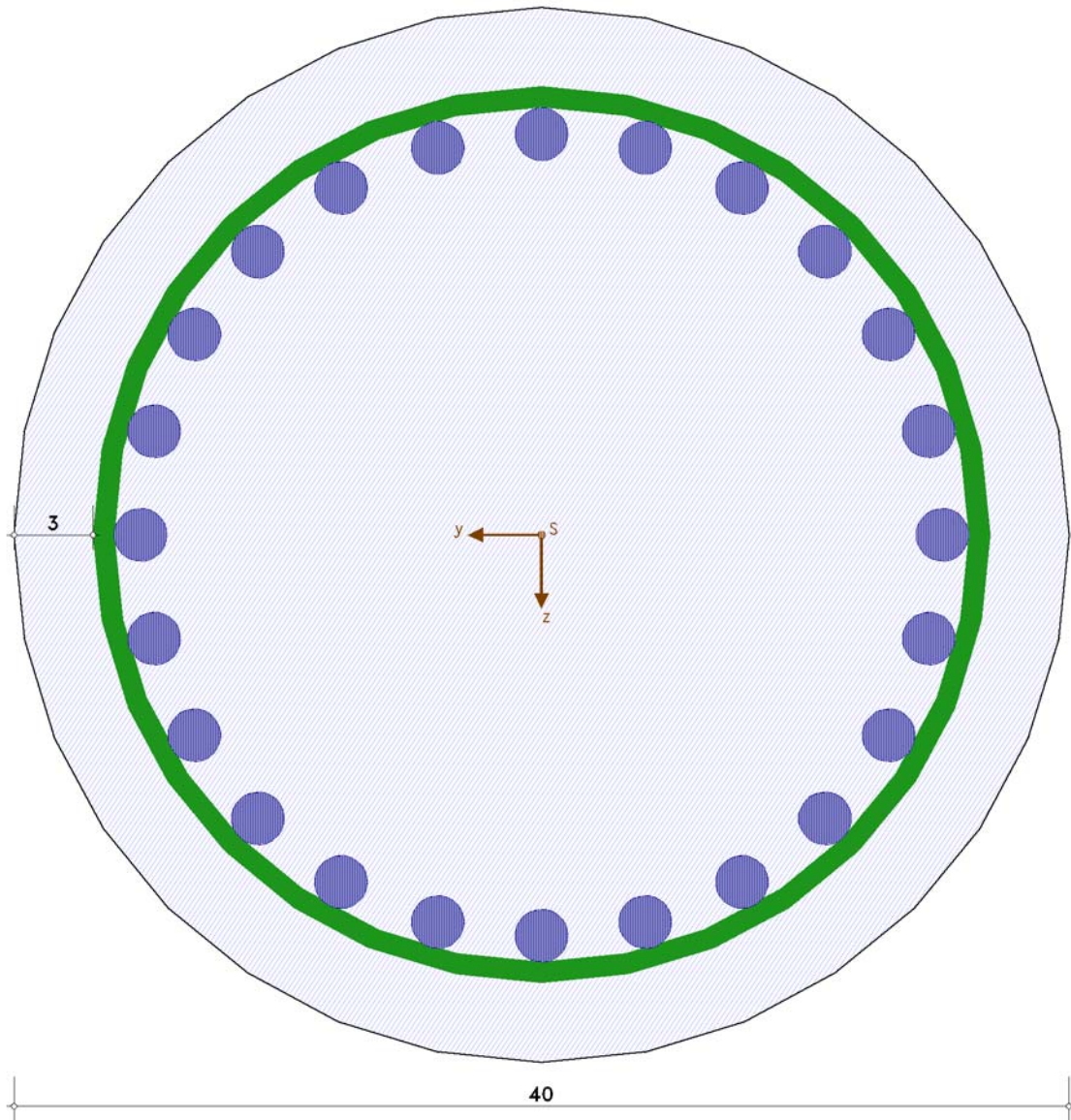
Betondeckung (Verlegemaß) $c_{vi} = 2.0 \text{ cm}$

Schubbewehrung:

Bügelbewehrung aus Querkraft $\varnothing 8 / 25.0 \text{ cm}$, 2-schnittig

Bewehrung vorh $a_{sbV} = 4.02 \text{ cm}^2/\text{m} > \text{erf } a_{sbV} = 3.44 \text{ cm}^2/\text{m}$ ok

Grafik:



6. Vorschriften

EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen -

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;

Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010, Ausgabe Januar 2011

EN 1992-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1992-1-1, Ausgabe April 2013