

# GENEHMIGUNGSSTATIK

## Neubau Zusammenlegung Müllstationen UK-D



---

### Kapitel 3

### Mindestbewehrung

---

### 3.1 Decken und Fundamente

#### Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

$$\min a_s = \frac{m_{cr}}{f_{yk} \cdot z} \quad \text{mit} \quad m_{cr} = \frac{f_{ctm} \cdot h^2}{6} \quad \text{mit} \quad f_{ctm} = 0,65 \times 2,6 \text{ MN/m}^2 \text{ (C25/30)}$$

#### Nachweis der Rissbreitenbegrenzung nach DIN EN 1992-1-1 NA, 7.3

Die Mindestbewehrung wird berechnet mit 65% der Betonzugfestigkeit ( $f_{ctm}$ ) nach 28 Tagen (für Fälle A - H).

Für die Betonherstellung wird eine Rezeptur mit mittlerer Entwicklung der Druckfestigkeit  $0,3 \leq r < 0,5$  (30% der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm,28d} \leq f_{ctm,2d} < 50\%$  der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm,28d}$  nach DBV-Merkblatt Rissbildung, 2016) zu Grunde gelegt.

Für die Begrenzung der Rissbreiten wird somit ein Beton angenommen, dessen Betonzugfestigkeit nach 2 Tagen  $f_{ct,eff,2d} \leq 65\%$  der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm,28d}$  ist. Dies ist bei der Festlegung des Betons und der Bauausführung zu beachten.

Tabelle 1 nach DBV-Merkblatt Rissbildung Mai 2016

Druckfestigkeits-Entwicklung	r - Wert	$h \leq 30 \text{ cm}$	$h \leq 80 \text{ cm}$	$h \leq 200 \text{ cm}$	$h > 200 \text{ cm}$
schnell $r = f_{cm2} / f_{cm28}$	$r > 0,5$	0,80	0,90	1,0	1,0
mittel $r = f_{cm2} / f_{cm28}$	$0,3 \leq r < 0,5$	0,65	0,75	0,85	0,95
langsam $r = f_{cm2} / f_{cm56}$	$r < 0,3$	0,50*	0,60	0,70	0,80

\* Sinnhaftigkeit ist bei dünnen Bauteilen kritisch zu hinterfragen

Langsame Druckfestigkeitsentwicklung: Betonwürfel-Prüfalter nach 56 Tagen  
 → In Ausschreibung angeben!

Maximale Festigkeitsklasse (für langsam erhärtenden Beton): C35/45

Für die Betonherstellung wird eine Rezeptur mit langsamer Entwicklung der Druckfestigkeit  $r < 0,3$  ( $f_{ctm,2d} < 30\%$  der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm,28d}$  nach DBV-Merkblatt Rissbildung, 2016) zu Grunde gelegt.

Für die Begrenzung der Rissbreiten wird somit ein Beton angenommen, dessen Betonzugfestigkeit nach 2 Tagen  $f_{ct,eff,2d} \leq 60\%$  der mittleren Zugfestigkeit  $f_{ctm,56d}$  ist. Dies ist bei der Festlegung des Betons und der Bauausführung zu beachten.

Gewählte Mindestbewehrung:

**A) h = 25 cm, C25/30, XC3**

Dachdecke OG, oben	Ø12/15	7,54 cm²/m
--------------------	--------	------------

**B) h = 25 cm, C25/30, XC1**

Dachdecke OG, unten	Ø12/15	7,54 cm²/m
---------------------	--------	------------

Geschossdecken EG, oben + unten

**C) h = 30 cm, C25/30, XC3**

Dachdecke AWT-Bereich, oben	Ø12/12,5	9,05 cm²/m
-----------------------------	----------	------------

**D) h = 30 cm, C25/30, XC1**

Dachdecke AWT-Bereich, unten	Ø12/15	7,54 cm²/m
------------------------------	--------	------------

**E) h = 20 cm, C25/30, XC3**

Dachdecke Einfahrt, oben	Ø10/12,5	6,28 cm²/m
--------------------------	----------	------------

**F) h = 20 cm, C25/30, XC1**

Dachdecke Einfahrt, unten	Ø10/12,5	6,28 cm²/m
---------------------------	----------	------------

**G) h = 25 cm, C25/30, XC1**

Bodenplatte, oben	Ø16/15	13,40 cm²/m *
-------------------	--------	---------------

**H) h = 25 cm, C25/30, XC2**

Bodenplatte, unten	Ø12/15	7,54 cm²/m
--------------------	--------	------------

\* infolge der Bodenplattenbemessung in InfoCAD wurde hier eine höhere Grundbewehrung gewählt

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[A]**

Expositionsklasse: XC3

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 25,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangseinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 11,70 \text{ cm}$ Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1170,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1250,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,58 & \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 225,17 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{s,\text{min}} &= 8,78 \text{ cm}^2 \geq 3,38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\text{min}} = 8,78 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 7,51 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 = 7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[B]**

Expositionsklasse: XC1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,40 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 25,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 3,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{\text{ct,eff}} = 0,65 \cdot f_{\text{ctm}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{\text{c,ef}} = 9,70 \text{ cm}$ 

Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{\text{c,eff}}$  berechnet werden mit  $A_{\text{c,eff}} = h_{\text{c,ef}} \cdot b$  und  $A_{\text{ct}} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{\text{s,min}} = f_{\text{ct,eff}} \cdot A_{\text{c,eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{\text{ct,eff}} \cdot A_{\text{ct}} / f_{\text{yk}} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{\text{ct,eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{\text{c,eff}} = 970,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{\text{ct}} = 1250,0 \text{ cm}^2$        $f_{\text{yk}} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{\text{ct,eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,58 & \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 260,00 \text{ N/mm}^2 & \text{nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{\text{s,min}} &= 6,31 \text{ cm}^2 \geq 3,38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{s,min}} = 6,31 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 = 7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[C]**

Expositionsklasse: XC3

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 30,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{\text{ct,eff}} = 0,65 \cdot f_{\text{ctm}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{\text{c,ef}} = 12,20 \text{ cm}$ Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{\text{c,eff}}$  berechnet werden mit  $A_{\text{c,eff}} = h_{\text{c,ef}} \cdot b$  und  $A_{\text{ct}} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{\text{s,min}} = f_{\text{ct,eff}} \cdot A_{\text{c,eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{\text{ct,eff}} \cdot A_{\text{ct}} / f_{\text{yk}} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{\text{ct,eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{\text{c,eff}} = 1220,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{\text{ct}} = 1500,0 \text{ cm}^2$        $f_{\text{yk}} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{\text{ct,eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,58 & \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 225,17 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{\text{s,min}} &= 9,16 \text{ cm}^2 \geq 4,06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{s,min}} = 9,16 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{\text{s,min}} = 9,01 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/12,5 = 9,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[D]**

Expositionsklasse: XC1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,40 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 30,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 3,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{\text{ct,eff}} = 0,65 \cdot f_{\text{ctm}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{\text{c,ef}} = 10,20 \text{ cm}$ 

Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{\text{c,eff}}$  berechnet werden mit  $A_{\text{c,eff}} = h_{\text{c,ef}} \cdot b$  und  $A_{\text{ct}} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{\text{s,min}} = f_{\text{ct,eff}} \cdot A_{\text{c,eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{\text{ct,eff}} \cdot A_{\text{ct}} / f_{\text{yk}} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{\text{ct,eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{\text{c,eff}} = 1020,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{\text{ct}} = 1500,0 \text{ cm}^2$        $f_{\text{yk}} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{\text{ct,eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,58 & \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 260,00 \text{ N/mm}^2 & \text{nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{\text{s,min}} &= 6,63 \text{ cm}^2 \geq 4,06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\text{s,min}} = 6,63 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 = 7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$



**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[E]**

Expositionsklasse: XC3

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 20,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C35/45

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 10,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 2,08 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 10,00 \text{ cm}$ Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 2,08 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1000,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1000,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,72 & \Rightarrow \phi_s^* = 10,0 \text{ mm} / 0,72 = 13,94 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 273,64 \text{ N/mm}^2 & \text{nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{s,\text{min}} &= 7,60 \text{ cm}^2 \geq 3,33 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\text{min}} = 7,60 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 6,08 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 10/12,5 = 6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$



**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[F]**

Expositionsklasse: XC1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,40 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 20,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C35/45

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 10,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 2,08 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 10,00 \text{ cm}$ Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 2,08 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1000,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1000,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,72 & \Rightarrow \phi_s^* = 10,0 \text{ mm} / 0,72 = 13,94 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 315,97 \text{ N/mm}^2 & \text{nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{s,\text{min}} &= 6,58 \text{ cm}^2 \geq 3,33 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\text{min}} = 6,58 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 5,27 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 10/12,5 = 6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[G]**

Expositionsklasse: XC1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,40 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 25,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 16,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 12,10 \text{ cm}$ Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1210,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1250,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,58 & \Rightarrow \phi_s^* = 16,0 \text{ mm} / 0,58 = 27,46 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 225,17 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{s,\text{min}} &= 9,08 \text{ cm}^2 \geq 3,38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\text{min}} = 9,08 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 7,51 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 16/15 = 13,40 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen****[H]**

Expositionsklasse: XC2

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 25,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangseinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 11,70 \text{ cm}$ 

Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1170,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1250,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 & (\text{NA.7.5.2}) \\ \Rightarrow \phi_s &= \phi_s^* \cdot 0,58 & \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm} \\ \Rightarrow \sigma_s &= \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 225,17 \text{ N/mm}^2 & \text{nach Tabelle 7.2DE} \\ \Rightarrow A_{s,\text{min}} &= 8,78 \text{ cm}^2 \geq 3,38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\text{min}} = 8,78 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 7,51 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 = 7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$

## 3.2 Wände

### Beton

Betongüte: C25/30 (Massivbau), C35/45 (Verkehrsbereich)

Expositionsklasse: siehe Positionsplan

Betondeckung: siehe Positionsplan

Betonstahl: BSt 500 S / M

### Nachweisführung:

Für die verschiedenen Wandtypen der Stahlbetonwände wird nachfolgend zunächst die erforderliche Mindestbewehrung entsprechend der jeweiligen Wandstärke festgelegt und hieraus die statische Belastbarkeit dieser Wände bei Berücksichtigung dieser Mindestbewehrung ermittelt.

Über einen einfachen Lastvergleich der extremalen Wandlasten mit den aufnehmbaren Lasten bei Berücksichtigung der Mindestbewehrung wird anschließend festgestellt, ob die einzulegende Mindestbewehrung für alle Stahlbetonwände ausreichend ist oder ob noch ein separater statischer Nachweis für bestimmte Wände zur Ermittlung der statisch erforderlichen Bewehrung notwendig wird (siehe Kapitel 10 – Wände).

Zusätzlich sind für die Aussteifungswände die konstruktiven Bewehrungsdetails zu berücksichtigen (siehe Kapitel 6).

### Gewählte Mindestbewehrung

	max N <sub>ed</sub>	Vertikal je Seite [cm²/m]		Horizontal je Seite [cm²/m]	
		a <sub>sv,min</sub>	gewählt	a <sub>sh,min</sub>	gewählt
Innenwände – C25/30, XC1 – A <sub>s,vmin</sub> = 0,003 A <sub>c</sub> - Wandhöhe 4,30 m					
h = 20 cm	1.300 kN/m	3,00	Ø 8/10	1,50 <sup>*1</sup>	Ø 10/15 <sup>*2</sup>
h = 25 cm	2.100 kN/m	3,75	Ø 8/10	1,88 <sup>*1</sup>	Ø 10/12,5 <sup>*2</sup>
Außenwände – C25/30, XC3 – A <sub>s,vmin</sub> = 0,003 A <sub>c</sub> - Wandhöhe 5,75 m					
h = 25 cm	1.100 kN/m	3,75	Ø 8/10	1,88 <sup>*1</sup>	Ø 12/15 <sup>*2</sup>
h = 30 cm	2.600 kN/m	4,50	Ø 10/10	2,25 <sup>*1</sup>	Ø 12/12,5 <sup>*2</sup>
Außenwände – C35/45, XC4, XD1, XF2 – A <sub>s,vmin</sub> = 0,003 A <sub>c</sub> - Wandhöhe 8,30 m					
h = 30 cm	1.200 kN/m	4,50	Ø 14/10	2,25 <sup>*1</sup>	Ø 12/10 <sup>*2</sup>

\*1 für Wände: Mindestbewehrung aus Rissbreitennachweis beachten!

\*2 erforderliche horizontale Bewehrung aus Rissbreitennachweis

**Angaben für Aussteifungswände aus Kapitel 6 beachten!**

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen**

Expositionsklasse: XC1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,40 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 20,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 3,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 10,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)

Innenwand

C25/30

20 cm

**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 9,00 \text{ cm}$ 

Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 900,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1000,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 \quad (\text{NA.7.5.2})$$

$$\Rightarrow \phi_s = \phi_s^* \cdot 0,58 \quad \Rightarrow \phi_s^* = 10,0 \text{ mm} / 0,58 = 17,16 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_s = \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 284,82 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE}$$

$$\Rightarrow A_{s,\text{min}} = 5,34 \text{ cm}^2 \geq 2,70 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 5,34 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 4,75 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählt horizontal  $\varnothing 10 / 15 = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen**

Expositionsklasse: XC1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,40 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 25,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 3,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 10,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)

Innenwand

C25/30

25 cm

**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ 

$$A_{s,\min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} \quad (7.1)$$

$$\text{mit } k_c = 1,00 \quad k = 0,80 \quad f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = 2500,0 \text{ cm}^2 \quad \sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_{cr}}{8 \cdot (h - d)} \cdot \frac{f_{ct,\text{eff}}}{2,9} \geq \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct,\text{eff}}}{2,9} \quad (7.7DE)$$

$$\text{mit } k = 0,80 \quad h_{cr} = 25,0 \text{ cm} \quad f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 25,0 \text{ cm} \quad d = 21,5 \text{ cm} \quad \phi_s = d_{s,\text{vorh}} = 10 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \phi_s = \phi_s^* \cdot 0,42 < \phi_s^* \cdot 0,58 \quad \Rightarrow \phi_s^* = 10,0 \text{ mm} / 0,58 = 17,16 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_s = \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 284,82 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE}$$

$$A_{s,\min} = 5,93 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählt horizontal  $\emptyset 10 / 12,5 = 6,28 \text{ cm}^2/\text{m}$



**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen**

Expositionsklasse: XC3

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 25,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)

Außenwand

C25/30

25 cm

**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 11,70 \text{ cm}$ 

Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1170,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1250,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 \quad (\text{NA.7.5.2})$$

$$\Rightarrow \phi_s = \phi_s^* \cdot 0,58 \quad \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_s = \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 225,17 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE}$$

$$\Rightarrow A_{s,\text{min}} = 8,78 \text{ cm}^2 \geq 3,38 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 8,78 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 7,51 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählt horizontal  $\emptyset 12 / 15 = 7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen**

Expositionsklasse: XC3

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 30,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

Betondeckung c: 4,0 cm

Stabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)

Außenwand

C25/30

30 cm

**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 1,69 \text{ N/mm}^2$ 

$$A_{s,\min} \cdot \sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} \quad (7.1)$$

$$\text{mit } k_c = 1,00 \quad k = 0,80 \quad f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = 3000,0 \text{ cm}^2 \quad \sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_{cr}}{8 \cdot (h - d)} \cdot \frac{f_{ct,\text{eff}}}{2,9} \geq \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct,\text{eff}}}{2,9} \quad (7.7DE)$$

$$\text{mit } k = 0,80 \quad h_{cr} = 30,0 \text{ cm} \quad f_{ct,\text{eff}} = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 30,0 \text{ cm} \quad d = 25,4 \text{ cm} \quad \phi_s = d_{s,\text{vorh}} = 12 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \phi_s = \phi_s^* \cdot 0,38 < \phi_s^* \cdot 0,58 \quad \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,58 = 20,59 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_s = \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 225,17 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE}$$

$$A_{s,\min} = 9,01 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählt horizontal  $\phi 12 / 12,5 = 9,05 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1: 2015 mit NA: 2015-12****Anforderungen**

Expositionsklasse: XD1

Rechenwert der Rissbreite  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .**Baustoffe, Geometrie**

Rechteckquerschnitt: Höhe = 30,0 cm; Breite = 100,0 cm

Betonfestigkeitsklasse: C35/45

Betondeckung  $c$ : 5,0 cmStabdurchmesser:  $d_{s,\text{vorh}} = 12,0 \text{ mm}$  (Betonrippenstahl)

Außenwand

C35/45

30 cm

**Nachweis der Mindestbewehrung**

Einwirkung: Zentrischer Zug

Ort der Zwangeinwirkung: Im Bauteil selbst

Wirksame Betonzugfestigkeit:  $f_{ct,\text{eff}} = 0,65 \cdot f_{ctm} = 2,08 \text{ N/mm}^2$ Höhe des Wirkungsbereichs der Bewehrung nach Bild NA.7.1d:  $h_{c,\text{ef}} = 14,20 \text{ cm}$ 

Kapitel 7.3.2 (NA.5): Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone  $A_{c,\text{eff}}$  berechnet werden mit  $A_{c,\text{eff}} = h_{c,\text{ef}} \cdot b$  und  $A_{ct} = 0,5 h \cdot b$ .

$$A_{s,\text{min}} = f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{c,\text{eff}} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA.7.5.1})$$

mit  $k = 0,80$        $f_{ct,\text{eff}} = 2,08 \text{ N/mm}^2$        $A_{c,\text{eff}} = 1420,0 \text{ cm}^2$   
 $A_{ct} = 1500,0 \text{ cm}^2$        $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_s = \text{siehe folgende Berechnung}$

Die Begrenzung der Rissbreite wird durch eine Begrenzung des Stabdurchmessers nachgewiesen.

$$\phi_s = \phi_s^* \cdot f_{ct,\text{eff}} / 2,9 \quad (\text{NA.7.5.2})$$

$$\Rightarrow \phi_s = \phi_s^* \cdot 0,72 \quad \Rightarrow \phi_s^* = 12,0 \text{ mm} / 0,72 = 16,73 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_s = \sqrt{(3,48 \cdot 10^6 \cdot w_k / d_s^*)} = 249,80 \text{ N/mm}^2 \text{ nach Tabelle 7.2DE}$$

$$\Rightarrow A_{s,\text{min}} = 11,82 \text{ cm}^2 \geq 4,99 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 11,82 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

Es braucht aber nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt zu werden als nach Gl. (7.1).

$$A_{s,\text{min}} = 9,99 \text{ cm}^2 \text{ je Lage}$$

gewählt horizontal  $\emptyset 12 / 10 = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$