

Vorbemerkung:

Die Beispiele sind z.T. bewusst ausführlich abgehandelt. In der täglichen Praxis wird man auf diese Ausführlichkeit teilweise verzichten können. Alle Beispiele wurden in ähnlicher Weise bei Projekten ausgeführt. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich bei der Aufbereitung zu Lehrzwecken Fehler eingeschlichen haben. Der Benutzer der Sammlung ist daher aufgerufen, dem Verfasser Hinweise auf eventuelle Fehler in der Beispielsammlung zu geben.

Den Berechnungen und Konstruktionen liegen folgende Normen und Regelwerke zu Grunde:

DIN EN 1992-1-1:2011-01

DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01

AbZ Z-1.6-238 vom 04. Juni 2014

Bemessungskonzept für Schöck ComBAR®

Richtlinien für die Bemessung von SchöckComBAR® Bügeln

Richtlinien für die Bemessung von Schöck ComBAR® Kopfbolzen

Inhaltsverzeichnis

1	Vollplatte, einachsig gespannt.....	5
1.1	System, Bauteilmaße, Betondeckung	5
1.1.1	System.....	5
1.1.2	Effektive Stützweiten.....	6
1.1.3	Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung	6
1.1.4	Bestimmung der Deckendicke	6
1.2	Einwirkungen.....	7
1.2.1	Charakteristische Werte	7
1.2.2	Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	7
1.3	Schnittgrößenermittlung	8
1.4	Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	9
1.4.1	Bemessungswerte der Baustoffe	9
1.4.2	Bemessung für Biegung.....	9
1.4.2.1	Bemessung mit Hilfe der Omega-Tafeln	10
1.4.2.2	Bemessung mit ComBAR-Programm.....	10
1.4.3	Bemessung für Querkraft.....	13
1.4.4	Brandschutz	13
1.5	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	14
1.5.1	Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen	14
1.5.2	Grenzzustände der Rissbildung	14
1.5.3	Begrenzung der Verformungen.....	14
1.6	Bewehrung, bauliche Durchbildung	15
1.6.1	Grundwert der Verankerungslänge	15
1.6.2	Verankerung am Endauflager	15
1.6.3	Verankerung am Zwischenauflager	17
1.6.4	Verankerung außerhalb der Auflager.....	18
1.6.5	Querbewehrung.....	19
1.6.6	Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens	19
1.6.7	Einspannbewehrung am Endauflager	20
1.7	Darstellung der Bewehrung	21
2	Unterzug.....	22
2.1	System, Bauteilmaße, Betondeckung	22
2.2	Einwirkungen.....	23
2.2.1	Charakteristische Werte	23
2.2.2	Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	23
2.3	Schnittgrößenermittlung	23
2.4	Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	24

2.4.1	Bemessung für Biegung.....	24
2.4.2	Bemessung für Querkraft (Vergleichsrechnung)	27
2.4.3	Brandschutz	28
2.5	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	28
2.5.1	Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen	28
2.5.2	Grenzzustände der Rissbildung	28
2.5.3	Begrenzung der Verformung	29
2.6	Bewehrungsführung, bauliche Durchbildung	30
2.6.1	Grundwert der Verankerungslänge	30
2.6.2	Verankerung am Endauflager	30
2.6.3	Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens	31
2.7	Darstellung der Bewehrung	31
3	Ringbalken.....	33
3.1	System, Querschnitt	33
3.2	Einwirkungen.....	34
3.2.1	Charakteristische Werte	34
3.2.2	Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	35
3.3	Schnittgrößen	35
3.4	Bemessung	35
3.4.1	Biegebemessung und Querkraftbemessung	36

1 Vollplatte, einachsig gespannt

Zu bemessen ist eine Stahlbetondecke im Inneren eines Versammlungsgebäudes mit leichten Trennwänden.

Die Deckenplatte ist einachsig gespannt und läuft über zwei Felder durch. Es wird eine frei drehbare Lagerung auf den Mauerwerkswänden angenommen.

Die Decke ist keine horizontal aussteifende Scheibe.

Umgebungsbedingungen: trockener Innenraum

Vorwiegend ruhende Einwirkung.

Brandschutztechnische Anforderung: keine

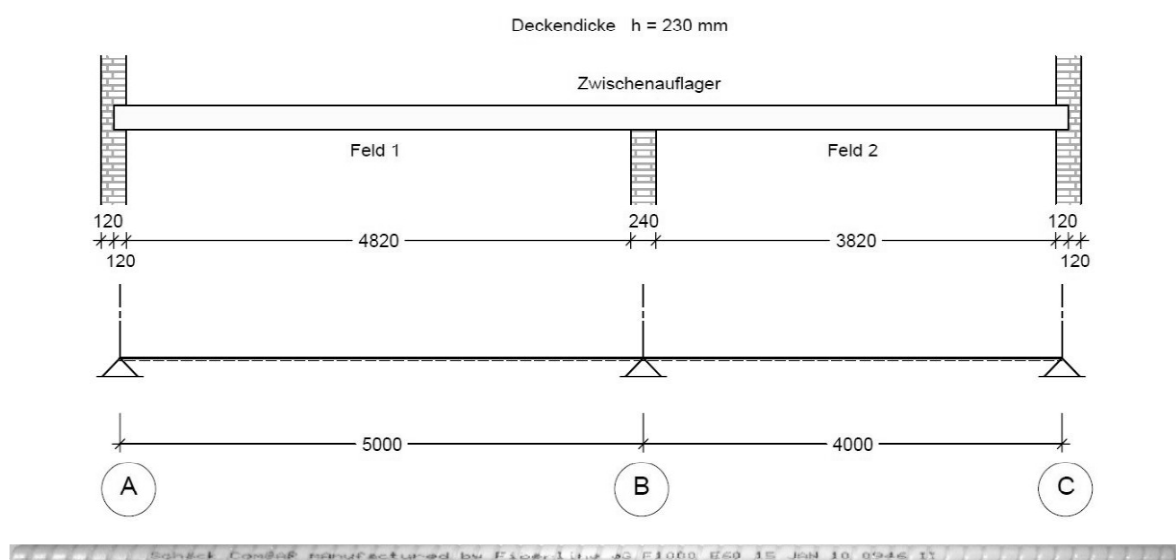
Baustoffe:

Beton C20/25

Bewehrung: Schöck ComBAR

1.1 System, Bauteilmaße, Betondeckung

1.1.1 System



1.1.2 Effektive Stützweiten

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2$$

$$l_{\text{eff},1} = 4,82 + \frac{0,12}{2} + \frac{0,24}{2} = 5,00 \text{ m}$$

$$l_{\text{eff},2} = 3,82 + \frac{0,12}{2} + \frac{0,24}{2} = 4,00 \text{ m}$$

1.1.3 Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung

Schöck ComBAR rostet nicht. Unabhängig von der Expositionsklasse sind daher keine Maßnahmen zum Schutz der Bewehrung gegen Korrosion, wie z.B. eine erhöhte Betondeckung, erforderlich. Für alle Expositionsklassen gelten die Mindestbetondeckung nach EC2 $c_{\text{min}} = 10\text{mm}$ (5mm bei Fertigteilen) und das Vorhaltemaß $\Delta c = 10\text{mm}$. Für den Beton gelten die Expositionsklassen und die betreffenden Anforderungen nach EC2.

Gewählt: C20/25

Betondeckung: $c_v = 25 \text{ mm}$

Bei $\varnothing 8 \text{ mm}$: $\min c_v = 8 + 10 = 18 \text{ mm}$

Bei $\varnothing 12 \text{ mm}$: $\min c_v = 12 + 10 = 22 \text{ mm}$

(Anmerkung: im Stahlbetonbau wäre max. $\varnothing 10\text{mm}$ möglich wegen Verbundbedingung, Tab. 4.2 in EC2-1-1, 4.4.1.2)

1.1.4 Bestimmung der Deckendicke

Das Bemessungsbeispiel wird in Anlehnung an das Beispiel 1 in dem Fachbuch „Beispiele zur Bemessung nach EC2, Band 1 Hochbau“ für die ComBAR-Bemessung bearbeitet. Im Stahlbeton wurde aus den Überlegungen im Buch heraus eine Deckenstärke von 190 mm gewählt. Im Prinzip sind für ComBAR die gleichen Überlegungen anzustellen unter der Berücksichtigung des gegenüber Stahl kleineren E-Moduls. Als sinnvoll hat sich erwiesen, die bei Stahlbeton erforderliche Deckenstärke bei ComBAR-bewehrten Decken um 20% zu erhöhen und die Bewehrung soweit zu erhöhen, dass die Spannungen in den Stäben maximal 300N/mm^2 erreichen.

Als Deckenstärke wird gewählt: $h = 230 \text{ mm}$

1.2 Einwirkungen

1.2.1 Charakteristische Werte

Ständige Lasten (Eigenlasten)

230 mm Betonvollplatte	$0,23\text{m} \cdot 24,0 \text{ kN/m}^3$	$= 5,52 \text{ kN/m}^2$
50 mm Trittschalldämmung	$5 \cdot 0,01$	$= 0,05 \text{ kN/m}^2$
60 mm Zementestrich	$0,06\text{m} \cdot 22,0 \text{ kN/m}^3$	$= 1,32 \text{ kN/m}^2$
15mm Kunststofffußboden	$1,5 \cdot 15$	$= 0,23 \text{ kN/m}^2$
Gerundete Summe G		$= 7,12 \text{ kN/m}^2$

Veränderliche Lasten (Nutzlast)

Versammlungsräume	$= 4,00 \text{ kN/m}^2$
<u>Trennwandzuschlag</u>	$= 1,00 \text{ kN/m}^2$
Summe Q	$= 5,00 \text{ kN/m}^2$

1.2.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Einwirkungen	günstig	ungünstig
Ständige	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$
veränderliche	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$
$g_d = \gamma_G \cdot g_k$	$= 1,35 \cdot 7,15$	$= 9,65 \text{ kN/m}^2$
$q_d = \gamma_Q \cdot q_k$	$= 1,50 \cdot 5,00$	$= 7,50 \text{ kN/m}^2$

1.4 Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

1.4.1 Bemessungswerte der Baustoffe

Teilsicherheitsbeiwerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit:

Beton $\gamma_c = 1,50$

ComBAR $\gamma_f = 1,30$

Beton C20/25 $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$

$$f_{cd} = 0,85 \cdot 20 / 1,50 = 11,3 \text{ N/mm}^2$$

ComBAR:

Statisch bestimmte Bauteile $f_{fd} = f_{fk} / \gamma_f = 580 / 1,3 = 445 \text{ N/mm}^2$

Statisch unbestimmte Bauteile $f_{fd \text{ unbest.}} = \eta_{\text{rot}} \cdot f_{fk} / \gamma_f = 0,83 \cdot 580 / 1,3 = 370 \text{ N/mm}^2$

1.4.2 Bemessung für Biegung

Bei der Verwendung des Bemessungsprogrammes für ComBAR wird die Bewehrung vorab gewählt, und zwar

Feld 1	ø8 mm / 75 mm	mit 6,71 cm ² /m	unten
Feld 2	ø8 mm / 150 mm	mit 3,35 cm ² /m	unten
Stütze	ø12 mm / 150 mm	mit 7,53 cm ² /m	oben

Anmerkung:

Für die untere Bewehrung im Feld 1 wird ein relativ dünner Stab gewählt, um die Bedingungen für die Verankerung am Endauflager einhalten zu können.

(Es stehen nur 120 mm Auflagerlänge zur Verfügung)

Die obere Bewehrung wird mit einem relativ dicken Stab überdimensioniert, um eine Schubbewehrung zu vermeiden.

(Querkraftnachweis abweichend vom Stahlbetonbau !)

1.4.2.1 Bemessung mit Hilfe der Omega-Tafeln

Feld 1:

$$\mu_{ED1} = \frac{M_{ED1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{36,1}{1,0 \cdot 0,20^2 \cdot 11333} = 0,080 \rightarrow \omega_1 = 0,0849$$

$$\text{erf } A_f = \frac{\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0849 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 11,333}{360} = 534,5 \text{ mm}^2 = 5,35 \text{ cm}^2 < 6,71 \text{ cm}^2$$

Feld 2:

$$\mu_{ED1} = \frac{M_{ED1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{20,13}{1,0 \cdot 0,20^2 \cdot 11333} = 0,044 \rightarrow \omega_1 = 0,0458$$

$$\text{erf } A_f = \frac{\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0458 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 11,333}{360} = 288,4 \text{ mm}^2 = 2,88 \text{ cm}^2 < 3,35 \text{ cm}^2$$

Stützung:

$$\mu_{ED1} = \frac{M_{ED1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{42,1}{1,0 \cdot 0,20^2 \cdot 11333} = 0,093 \rightarrow \omega_1 = 0,098$$

$$\text{erf } A_f = \frac{\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,098 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 11,333}{360} = 617,0 \text{ mm}^2 = 6,17 \text{ cm}^2 < 7,53 \text{ cm}^2$$

1.4.2.2 Bemessung mit ComBAR-Programm

Schnittgrößen für 1,5 m Plattenbreite (bessere Eingabe der Bewehrung)

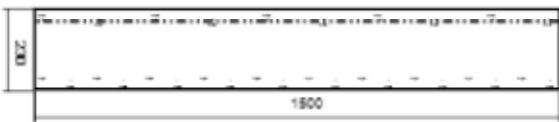

Feld 1 $\max M_{Ed1} = 36,11 \text{ kNm/m} \cdot 1,5\text{m} = 54,2 \text{ kNm}$

Stützung $\min M_{Ed2} = -42,10 \text{ kNm/m} \cdot 1,5\text{m} = -63,2 \text{ kNm}$

$\min V_{Ed} = 46,40 \text{ kN/m} \cdot 1,5\text{m} = -69,6 \text{ kN}$

Bemessungssoftware: Bewehrung aus GFK mit Schöck ComBAR

Bemessungsgrundlagen: Norm Norm

Version : 1.9.9.9

Bemerkung zur Position bzw. zum Schnitt: -/-
Daten zum Bauteil:
 Form: rechteck; Querschnitt: B = 1500mm; H = 230mm
 Material: C20/25; $\alpha_{cc} = 0,85$; Betonierrohr: Durchmesser = 250mm

Daten zur Längsbewehrung: min $\Sigma A = -327 \text{ mm}^2$
 Material: ComBAR E=60000 N/mm²; Gesamtfläche $\Sigma A = 2136 \text{ mm}^2$; Betondeckung = $\downarrow 25$; $\uparrow 25$; $\leftarrow 25$; $\rightarrow 25 \text{ mm}$

Daten zur Bügelbewehrung:
 Material: ComBAR E=50000 N/mm²; Durchmesser $\varnothing = 0 \text{ mm}$; Anzahl n = 0 \varnothing /Schnitt; Abstand a = 250mm
 Fläche $\Sigma A = 0 \text{ mm}^2$ /Schnitt; Betondeckung = $\downarrow 25$; $\uparrow 25$; $\leftarrow 25$; $\rightarrow 25 \text{ mm}$

Daten zur Kopfbolzenbewehrung:
 Material: ComBAR E=60000 N/mm²; Durchmesser $\varnothing = 16 \text{ mm}$; Anzahl n = 0 \varnothing /Schnitt; Abstand a = 250mm
 Fläche $\Sigma A = 0 \text{ mm}^2$ /Schnitt

Einwirkungen:

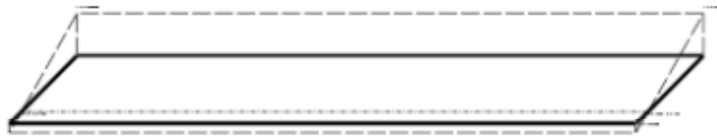
Lastfall: 1; Mx = 54,20kNm; My = 0,00kNm; Nz = 0,00kN; Vx = 0,00kN
Lastfall: 2; Mx = -63,20kNm; My = 0,00kNm; Nz = 0,00kN; Vx = 69,80kN
Lastfall: 3; Mx = 0,00kNm; My = 0,00kNm; Nz = 0,00kN; Vx = 0,00kN
Lastfall: 4; Mx = 0,00kNm; My = 0,00kNm; Nz = 0,00kN; Vx = 0,00kN
Lastfall: 5; Mx = 0,00kNm; My = 0,00kNm; Nz = 0,00kN; Vx = 0,00kN

Ergebnisse: M/N	LF	Beton ϵ [‰]	Beton σ [N/mm ²]	Stab ϵ [‰]	Stab σ [N/mm ²]	Stab [ID]
	1	-1,110	-9,1	4,784	287,1	1101
	2	-1,282	-9,9	5,040	302,4	2110
	3	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
	4	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
	5	0,000	0,0	0,000	0,0	-1

Ergebnisse: V	LF	V Rd c [kN]	V Rd f [kN]	V Rd [kN]	θ °	Ausnutzung [%]
	1	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
	2	72,2	0,0	72,2	20,0	96,70
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.

Version : 1.9.9.9

Dehnungsebene



Dehnung und Spannung im Betonquerschnitt [‰] [N/mm²]:

n	X	Y	ϵ_{LF1}	σ_{LF1}	ϵ_{LF2}	σ_{LF2}	ϵ_{LF3}	σ_{LF3}	ϵ_{LF4}	σ_{LF4}	ϵ_{LF5}	σ_{LF5}
1	0	0	-1,110	-9,1								
2	1500	0	-1,110	-9,1								
3	1500	230			-1,282	-9,9						
4	0	230			-1,282	-9,9						

Version : 1.9.9.9

Dehnung und Spannung in den Stäben [‰] [N/mm²]:

ID/Ø	X	Y	ϵ_{LF1}	σ_{LF1}	ϵ_{LF2}	σ_{LF2}	ϵ_{LF3}	σ_{LF3}	ϵ_{LF4}	σ_{LF4}	ϵ_{LF5}	σ_{LF5}
1101/8	28	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1102/8	105	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1103/8	181	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1104/8	257	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1105/8	333	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1106/8	408	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1107/8	484	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1108/8	560	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1109/8	636	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1110/8	712	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1111/8	788	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1112/8	864	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1113/8	940	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1114/8	1016	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1115/8	1092	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1116/8	1167	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1117/8	1243	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1118/8	1319	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1119/8	1395	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
1120/8	1472	201	4,784	287,1	-0,361	0,0						
2101/12	29	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2102/12	191	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2103/12	351	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2104/12	510	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2105/12	670	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2106/12	830	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2107/12	990	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2108/12	1149	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2109/12	1309	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						
2110/12	1471	31	-0,201	0,0	5,040	302,4						

1.4.3 Bemessung für Querkraft

Innenstützung, max $V = 46,5 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \text{ m} = 69,8 \text{ kN}$ auf 1,5 m Breite

II. Eingabewerte							
M:	63,2 kNm	V:	69,6 kN	Beton:	C20/25	$\gamma_c =$	1,5
h:	230 mm	b_w :	1.500 mm	$f_{ck} =$	20 N/mm ²	$f_{cm} =$	28 N/mm ²
Längsbewehrung:	10	\emptyset	12 mm	$A_{fl} =$	1.131 mm ²	Afl - nur Biegezugbewehrung!	
	$E_{fl}:$	60.000 N/mm ²		$d =$	199 mm	$= h - c_v - d_{Bügel} - 1/2 \cdot d_{Stab}$	
	$c_v:$	25 mm		$\rho_l =$	0,0038	$= A_{fl} / d / b_w$	
				$z =$	179 mm	$= 0,9 \cdot d$	
Querkraftbewehrung:							
Bügel:	0	\emptyset	12 mm	$A_{fw}(\text{Bü}) =$	0 mm ²	Anzahl Schenkel pro Schnitt!	
	$E_{fw}:$	50.000 N/mm ²		$\rho_w(\text{Bü}) =$	0,0000		
	$s_w:$	200 mm		$a_{fw}(\text{Bü}) =$	0,0 mm ² /m	$f_{td,w}(\text{Bü}) = 160 \text{ N/mm}^2$	
DKB:	0	\emptyset	12 mm	$A_{fw}(\text{DKB}) =$	0 mm ²	Anzahl DKB pro Schnitt!	
	$E_{fw}:$	60.000 N/mm ²		$\rho_w(\text{DKB}) =$	0,0000		
	$s_w:$	200 mm		$a_{fw}(\text{DKB}) =$	0,0 mm ² /m	$f_{td,w}(\text{DKB}) = 170 \text{ N/mm}^2$	

III. ohne Querkraftbewehrung	
$V_{Rd,c} = \beta \cdot \frac{1}{424 \cdot \gamma_c} \cdot \kappa \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot E_{fl} \cdot f_{ck} \right)^{1/3} \cdot b_w \cdot d$	$\beta = 3/(a/d) \geq 1,0$; Erhöhungsfaktor zur Erfassung der Einflüsse der auflagnahen Lasten $\kappa = 1 + \sqrt{200/d}$; Maßstabsfaktor
$\beta =$ 1,0 $\kappa =$ 2,00	ρ_l Längsbewehrungsgrad E_{fl} E-Modul der Längsbewehrung f_{ck} Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit b_w Trägerstegbreite d Statische Nutzhöhe
$V_{Rd,c} =$ 72,27	

1.4.4 Brandschutz

Annahme: keine Anforderungen

Im Falle brandschutztechnischer Anforderungen wird entweder eine Vergrößerung der Betondeckung notwendig sein (damit auch eine Erhöhung der Deckenstärke) oder es sind Brandschutzbekleidungen anzubringen.

1.5 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Allgemeines:

Eine Umlagerung der Schnittgrößen findet in ComBAR-bewehrten Bauteilen nur in geringfügigem Maße statt, da der Bewehrungsstab sich bis zum Versagen linear-elastisch verhält und somit auch der gerissene Querschnitt zunehmend Lasten aufnimmt. In der Bemessung sollte eine Umlagerung daher nicht stattfinden.

1.5.1 Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen

Die Spannung im ComBAR-Stab sollte, falls Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Bauteile gestellt werden, 300 N/mm² nicht überschreiten.

1.5.2 Grenzzustände der Rissbildung

ComBAR-Stäbe rosten nicht. Somit ist eine Begrenzung der Rissbreite zum Schutz der Bewehrung nicht erforderlich. Die maximal zulässige Rissbreite in ComBAR-bewehrten Bauteilen beträgt gemäß der ComBAR-Zulassung für alle Anforderungs- und Expositionsklassen 0,4mm.

Es kann davon ausgegangen werden, dass auftretende Risse die Dauerhaftigkeit nicht beeinträchtigen.

Auf Nachweise zur Begrenzung der Rissbreite wird daher verzichtet.

1.5.3 Begrenzung der Verformungen

Die Bestimmung der erforderlichen Deckenstärke kann zunächst wie für Stahlbeton erfolgen. Da ComBAR einen deutlich geringeren E-Modul als Betonstahl besitzt, sollte der Querschnitt dann so erhöht werden, dass ein ca. 1,8 bis 2,0 -faches Trägheitsmoment erreicht wird. Die Bewehrung sollte zudem so gewählt werden, dass die Spannung im Stab ca. 300 N/mm² nicht überschreitet.

1.6 Bewehrung, bauliche Durchbildung

1.6.1 Grundwert der Verankerungslänge

Grundwert: $l_{b,rqd} = (\varnothing/4) * (\sigma_f / f_{bd})$

$$l_{b,rqd} = (8/4) * (445 / 2,03) = 439 \text{ mm}$$

Betongüte	f_{bd} ComBAR	f_{bd} Stahl
C 16/20	1,77	2,00
C 20/25	2,03	2,33
C 25/30	2,26	2,69
C 30/37	2,33	3,05
C 35/45	2,39	3,38
C 40/50	2,45	3,38
C 45/55	2,51	3,38
C 50/60	2,58	3,38

1.6.2 Verankerung am Endauflager

Feld 1: $\varnothing 8 \text{ mm} / 75 \text{ mm}$

$$F_{Ed} = |V_{Ed}| * a_l / z + N_{Ed} \geq V_{Ed} / 2$$

$$V_{Ed} = 35,21 \text{ kN/m} \quad N_{Ed} = 0 \quad a_l = 1,0 * d \quad z = 0,9 * d$$

$$F_{Ed} = 35,21 * (1,0 * d) / (0,9 * d) = 39,1 \text{ kN/m}$$

$$a_{f,erf} = F_{Ed} / f_{y1} = 0,0391 * 10^4 / 445 = 0,88 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Für $\varnothing 8 \text{ mm} / 75 \text{ mm}$:

$$l_{b,min} = 0,3 * \alpha_1 * l_{b,rqd} \geq 10 * \varnothing$$

$$l_{b,min} = 0,3 * 1,0 * 439 = 132 \text{ mm} > 10 * 8 = 80 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * l_{b,rqd} * \left(\frac{a_{f,erf}}{a_{f,vorh}} \right) \geq l_{b,min}$$

$$l_{bd} = 1,0 * 439 * \frac{0,88}{6,71} = 57,6 \text{ mm} < l_{b,min} = 132 \text{ mm}$$

$$l_{b,dir} = \alpha_5 * l_{b,min} \geq 6,7 * \varnothing$$

$$l_{b,dir} = \frac{2}{3} * 132 = 88 \text{ mm} > 6,7 * 8 = 53,6 \text{ mm}$$

$$l_{b,dir} = 88 \text{ mm}$$

Feld 2: $\varnothing 8 \text{ mm} / 150 \text{ mm}$

$$F_{Ed} = |V_{Ed}| * a_l / z + N_{Ed} \geq V_{Ed} / 2$$

$$V_{Ed} = 26,3 \text{ kN/m} \qquad N_{Ed} = 0 \qquad a_l = 1,0$$

$$F_{Ed} = 26,3 * 1,0 / 0,9 = 29,2 \text{ kN/m}$$

$$a_{f,erf} = F_{Ed} / f_{y1} = 0,0292 * 10^4 / 445 = 0,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Für $\varnothing 8 \text{ mm} / 150 \text{ mm}$:

$$l_{b,min} = 0,3 * \alpha_1 * l_{b,rqd} \geq 10 * \varnothing$$

$$l_{b,min} = 0,3 * 1,0 * 439 = 132 \text{ mm} > 10 * 8 = 80 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * l_{b,rqd} * \left(\frac{a_{f,erf}}{a_{f,vorh}} \right) \geq l_{b,min}$$

$$l_{bd} = 1,0 * 439 * \frac{0,66}{3,35} = 87 \text{ mm} < l_{b,min} = 132 \text{ mm}$$

$$l_{b,dir} = \alpha_5 * l_{b,min} \geq 6,7 * \varnothing$$

$$l_{b,dir} = \frac{2}{3} * 132 = 88 \text{ mm} > 6,7 * 8 = 53,6 \text{ mm} \qquad l_{b,dir} = 88 \text{ mm}$$

Anmerkung zur Verankerungslänge am Auflager allgemein:

Als Verankerungslänge stehen $120 - 25 = 95 \text{ mm}$ zur Verfügung. Es kann auch die volle Auflagerlänge von 120 mm genutzt werden, da am Stabende keine Betondeckung aus Gründen des Korrosionsschutzes erforderlich ist. Es sei denn, dass aus sonstigen Gründen (z.B. Brandschutz) eine Betondeckung erforderlich wird (Nach Zulassung mind. 160 mm).

1.6.3 Verankerung am Zwischenaufleger

In Anlehnung an das Beispiel in (Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., 2011) soll die Feldbewehrung von Feld 2 kraftschlüssig mit der Bewehrung von Feld 1 gestoßen werden. (100% von Feld 1).

Übergreifungsstoß für $\phi 8\text{mm}$:

$$\sigma_f = 312 \text{ N/mm}^2 \text{ (Ausnutzung 70,11\%)}$$

$$l_{0,min} = 0,3 * \alpha_1 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$$

$$\geq 15 \phi$$

$$\geq 200 \text{ mm}$$

$$l_{0,min} = 0,3 * 1,0 * 1,4 * 439 = 184,4 \text{ mm} > 15 * 8 = 120 \text{ mm}$$

$$l_{0,min} = 200 \text{ mm} > 184,4 \text{ mm} > 120 \text{ mm}$$

$$l_0 = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$l_0 = 1,0 * 1,0 * 0,701 * 1,0 * 1,4 * 439 = 431,0 \text{ mm} \geq l_{0,min} = 200 \text{ mm}$$

$$l_0 = 431 \text{ mm}$$

Die Feldbewehrung von Feld 2 mit $\phi 8 / 150 \text{ mm}$ ($3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$) wird mit 450 mm mit der Bewehrung von Feld 1 gestoßen.

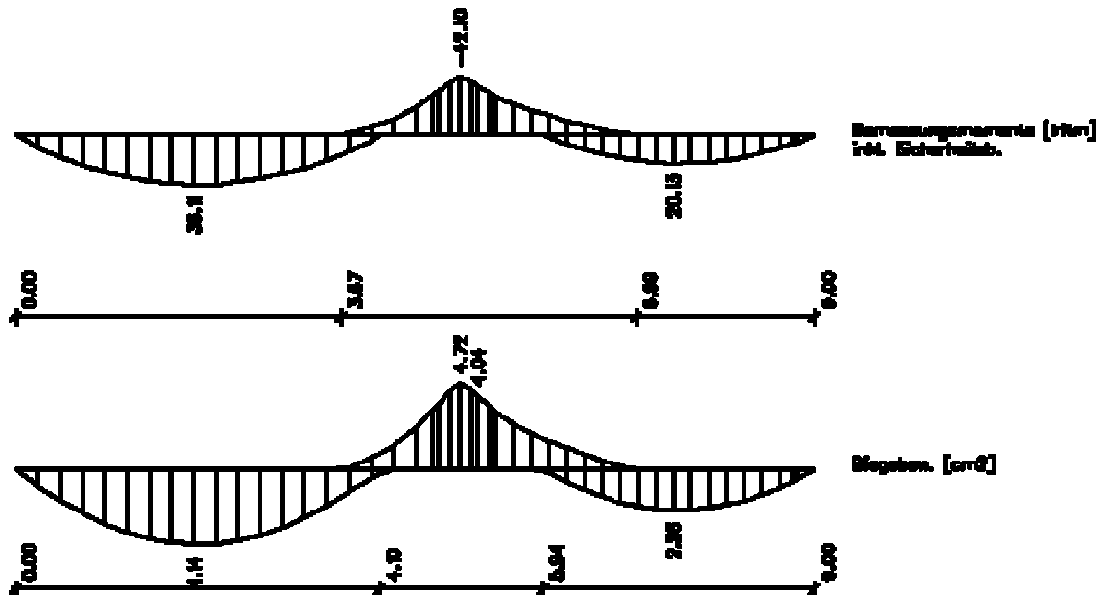
Querbewehrung im Stoßbereich:

Die Querbewehrung $\geq 20\%$ von $a_{s,l}$ ist ausreichend!

Anmerkung: Wenn der Durchmesser der gestoßenen Stäbe $< 20\text{mm}$ ist, dann darf die aus anderen Gründen vorhandene Querbewehrung als ausreichend angesehen werden.

1.6.4 Verankerung außerhalb der Auflager

Die Stäbe der nichtgestaffelten oberen Biegebewehrung über Auflager B sind im Feld von dem Punkt der Zugkraftlinie um das Maß l_{bd} zu verankern, ab dem sie nicht mehr benötigt werden.



Obere Bewehrung: $\phi 12 / 150\text{mm}$

$$l_{bd} = \alpha_1 * l_{b,rqd} * \left(\frac{a_{f,erf}}{a_{f,vorh}} \right) \geq l_{b,min}$$

Wegen $a_{f,erf} = 0$ wird $l_{bd} = 0$

$$l_{b,min} = 0,3 * \alpha_1 * l_{b,rqd} \geq 10 * \phi$$

$$l_{b,min} = 0,3 * 1,0 * 658 = 198 \text{ mm} > 10 * \phi = 120\text{mm}$$

$$\text{Versatzmaß } a_1 = 1,0 * d = 1,0 * (230 - 25 - 12/2) = 199 \text{ mm}$$

Die Bewehrung wird mit $a_1 + l_{b,min} = 198 + 199 = 397 \text{ mm}$ (ca. 40 cm) ab dem Punkt der Zugkraftlinie verankert, ab dem sie nicht mehr benötigt wird.

Länge der Bewehrung mindestens ab Station $3,67 - 0,4 = 3,27\text{m}$ bis mindestens zur Station $6,99 + 0,4 = 7,39\text{m}$. Länge der oberen Bewehrung damit mindestens $L = 7,39 - 3,27 = 4,12\text{m}$.

Gewählt: obere Bewehrung $\phi 12/150 \text{ mm}$, $L = 4,20 \text{ m}$

1.6.5 Querbewehrung

Feld 1

Feldbewehrung $\phi 8 / 75 \text{ mm}$ mit $6,7 \text{ cm}^2/\text{m}$

(wegen Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen)

Querbewehrung: es werden mindestens 20% der Längsbewehrung eingelegt.

$$a_{s,q} = 0,20 * 6,7 = 1,34 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Gewählt: ComBAR $\phi 8 / 300 \text{ mm}$ (mit $1,67 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Diese Querbewehrung wird auch in Feld 2 eingelegt.

Stützung

Stützbewehrung $\phi 12 / 150 \text{ mm}$ mit $7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$

Querbewehrung: es werden mindestens 20% der Längsbewehrung eingelegt.

$$a_{s,q} = 0,20 * 7,54 = 1,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Gewählt: ComBAR $\phi 8 / 300 \text{ mm}$ (mit $1,67 \text{ cm}^2/\text{m}$)

1.6.6 Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

Rissmoment

$$m_{cr} = f_{ctm} * \frac{h^2}{6} = 2,2 * 10^3 * \frac{0,230^2}{6} = 19,4 \text{ kNm}$$

Mindestbewehrung

$$\min a_f = m_{cr} / (\sigma_f * z) \quad \text{Für ComBAR gilt } \sigma_f = 0,83 * f_{fk} = 0,83 * 580 = 480 \text{ N/mm}^2$$

$$z = 0,9 * d = 0,9 * (230 - 25 - 4) = 181 \text{ mm}$$

$$\min a_f = 19,4 * 10^6 / (480 * 181) = 223 \text{ mm}^2 < a_{f,vorh} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (Feld 2)}$$

1.6.7 Einspannbewehrung am Endauflager

Wie im Stahlbetonbau ist bei Annahme frei drehbarer Lagerung der Querschnitt der Endauflager für ein Stützmoment zu bemessen, das mindestens 25% des benachbarten Feldmomentes entspricht. Die Bewehrung muss, vom Auflager rand gemessen, mindestens über die 0,2-fache Länge des Endfeldes eingelegt werden.

$$\text{erf } a_{f,1} = 0,25 * 6,70 = 1,675 \text{ cm}^2/\text{m}$$

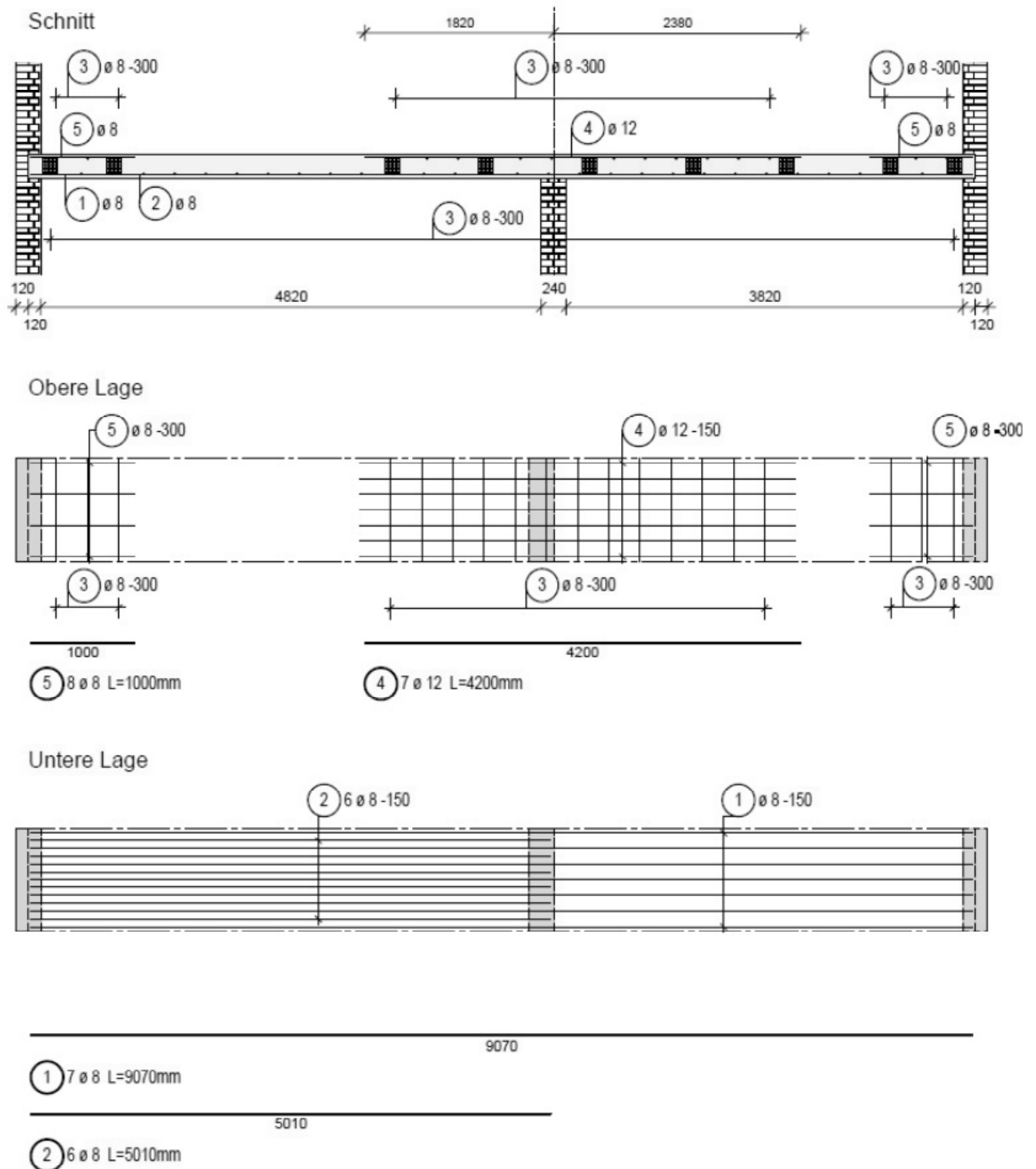
$$\text{erf } a_{f,2} = 0,25 * 3,35 = 0,84 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$l_{1,E} = 0,2 * 5,00 = 1,00 \text{ m}$$

$$l_{2,E} = 0,2 * 4,00 = 0,80 \text{ m}$$

Gewählt **ø 8 / 300 mm (mit 1,675 cm²/m)**

1.7 Darstellung der Bewehrung



2 Unterzug

Zu bemessen ist ein ComBAR-bewehrter Unterzug (Fenstersturz) im Kellergeschoß eines Wohnhauses.

Der Fenstersturz befindet sich im Erkerbereich der Außenwand und hat Lasten aus einer Holzbalkendecke sowie Eigenlasten aus der Außenwand des Erdgeschosses abzutragen.. An den Enden ist der Sturz auf Mauerwerk frei gelagert.

Vorwiegend ruhende Einwirkung.

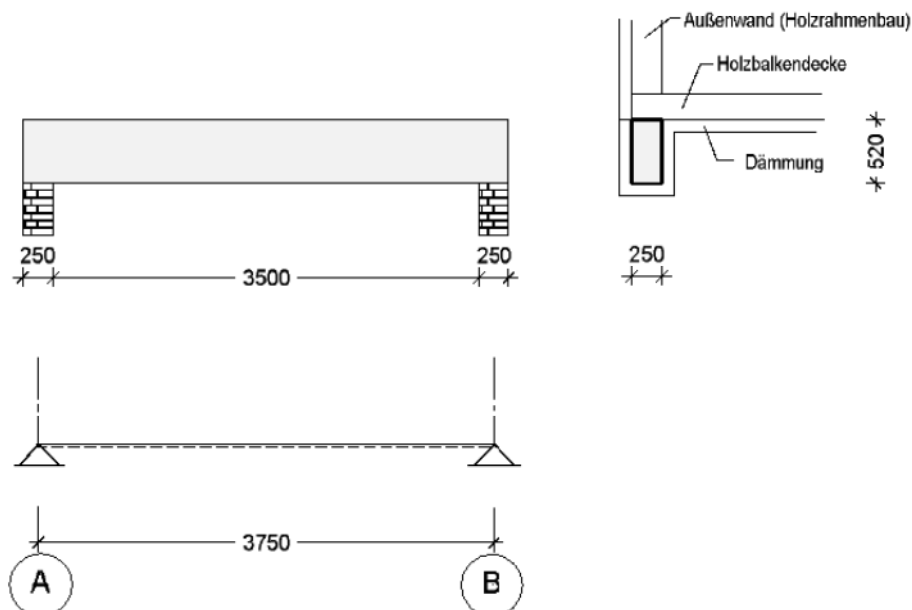
Brandschutztechnische Anforderung: keine

Baustoffe:

Beton C25/30

Bewehrung: Schöck ComBAR

2.1 System, Bauteilmaße, Betondeckung



2.2 Einwirkungen

2.2.1 Charakteristische Werte

Aus EG bis Dach = 28,75 kN/m

Aus Holzbalkendecke = 12,00 kN/m

Eigengewicht + Zuschlag = 3,25 kN/m

Summe charakteristische Lasten = 44,00 kN/m

Zur Bemessung wird angesetzt:

$g_k = 23,00 \text{ kN/m}$

$q_k = 21,00 \text{ kN/m}$

2.2.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Einwirkungen	günstig	ungünstig
Ständige	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$
veränderliche	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$
$g_d = \gamma_G * g_k$	$= 1,35 * 23,00$	$= 31,05 \text{ kN/m}$
$q_d = \gamma_Q * q_k$	$= 1,50 * 21,00$	$= 31,50 \text{ kN/m}^2$

2.3 Schnittgrößenermittlung

$\max M_d = (31,05 + 31,50) * 3,75^2 / 8 = 110,0 \text{ kNm}$

$\max V_d = (31,05 + 31,50) * 3,75 / 2 = 117,3 \text{ kN}$

2.4 Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

2.4.1 Bemessung für Biegung

Bei der Verwendung des Bemessungsprogrammes für ComBAR wird die Bewehrung vorab gewählt, und zwar

Feld 3 \varnothing 16 mm unten, 1. Lage

 2 \varnothing 16 mm unten, 2. Lage

Obere Montagebewehrung konstruktiv 2 \varnothing 12 mm

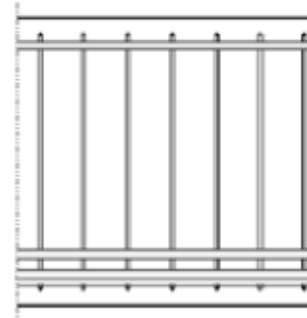
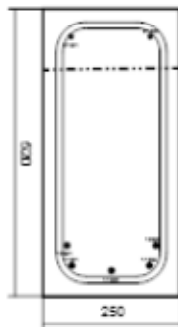
Nachweis Biegung

Bemessungssoftware: Bewehrung aus GFK mit Schöck ComBAR

Version : 1.9.9.9

Bemessungsgrundlagen: Norm

EC2 - DIN EN 1992-1-1/NA

**Bemerkung zur Position bzw. zum Schnitt: -/-****Daten zum Bauteil:**

Form: rechteck; Querschnitt: B = 250mm; H = 520mm

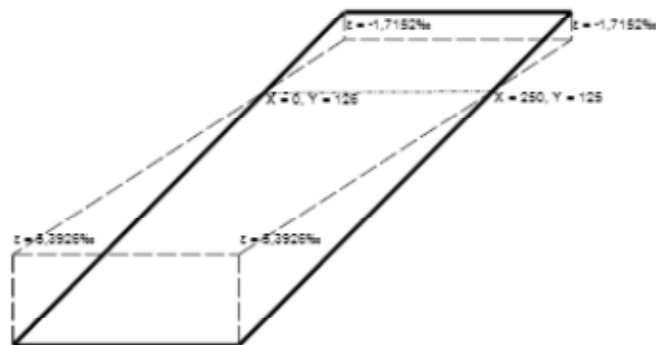
Material: C25/30; $\alpha_{cc} = 0,85$; Betonierrohr: Durchmesser = 250mm**Daten zur Längsbewehrung:**min $\Sigma A = 149 \text{ mm}^2$ Material: ComBAR E=60000 N/mm²; Gesamtfläche $\Sigma A = 1232 \text{ mm}^2$; Betondeckung = $\downarrow 37$; $\uparrow 37$; $\leftarrow 37$; $\rightarrow 37$ mm**Daten zur Bügelbewehrung:**Material: ComBAR E=50000 N/mm²; Durchmesser $\varnothing = 12 \text{ mm}$; Anzahl n = 2 \varnothing /Schnitt; Abstand a = 150mmFläche $\Sigma A = 211 \text{ mm}^2$ /Schnitt; Betondeckung = $\downarrow 25$; $\uparrow 25$; $\leftarrow 25$; $\rightarrow 25$ mm**Daten zur Kopfbolzenbewehrung:**Material: ComBAR E=60000 N/mm²; Durchmesser $\varnothing = 16 \text{ mm}$; Anzahl n = 0 \varnothing /Schnitt; Abstand a = 250mmFläche $\Sigma A = 0 \text{ mm}^2$ /Schnitt**Einwirkungen:**Lastfall: 1; $M_x = 110,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$ Lastfall: 2; $M_x = 10,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 117,30 \text{ kN}$ Lastfall: 3; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$ Lastfall: 4; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$ Lastfall: 5; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$ **Ergebnisse: M/N**

LF	Beton ϵ [‰]	Beton σ [N/mm ²]	Stab ϵ [‰]	Stab σ [N/mm ²]	Stab [ID]
1	-1,715	-13,9	4,777	286,6	1102
2	-0,127	-1,7	0,423	25,4	1102
3	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
4	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
5	0,000	0,0	0,000	0,0	-1

Ergebnisse: V

LF	V Rd c [kN]	V Rd f [kN]	V Rd [kN]	θ °	Ausnutz [%]
1	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
2	32,6	175,1	207,7	24,9	56,49
3	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
4	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
5	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.

Dehnungsebene



Dehnung und Spannung im Betonquerschnitt [‰] [N/mm²]:

[illegible]

Dehnung und Spannung in den Stäben [‰] [N/mm²]:

ID/Ø	X	Y	ε LF1	σ LF1	ε LF2	σ LF2	ε LF3	σ LF3	ε LF4	σ LF4	ε LF5	σ LF5
1101/16	55	465	4,641	278,5	0,412	24,7	4,641	278,5				
1102/16	125	475	4,777	286,6	0,423	25,4	4,777	286,6				
1103/16	195	465	4,641	278,5	0,412	24,7	4,641	278,5				
1201/16	45	429	4,149	248,9	0,370	22,2	4,149	248,9				
1202/16	205	429	4,149	248,9	0,370	22,2	4,149	248,9				
2101/12	54	54	-0,983	0,0	-0,065	0,0	-0,983	0,0				
2102/12	196	54	-0,983	0,0	-0,065	0,0	-0,983	0,0				

$$\max \sigma = 286,6 \text{ N/mm}^2 < 300 \text{ N/mm}^2$$

Anmerkung:

Die Spannung im ComBAR-Stab sollte, falls Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Bauteile gestellt werden, 300 N/mm² nicht überschreiten.

2.4.2 Bemessung für Querkraft (Vergleichsrechnung)

Endauflager, max V = 117,3 kN (zug M < 10,0 kNm)

Querkraftbewehrung: ComBAR-Bügel ø12 / 150 mm

II. Eingabewerte							
M:	10,0 kNm	V:	117,3 kN	Beton:	C25/30	$\gamma_c =$	1,5
h:	520 mm	b_w :	250 mm	$f_{ck} =$	25 N/mm ²	$f_{cm} =$	33 N/mm ²
Längsbewehrung:	5	Ø	16 mm	$A_s =$	1.005 mm ²	Afl - nur Biegezugbewehrung!	
	E_s :	60.000 N/mm ²		d =	450 mm	= h - c _u - d _{Bügel} - 1/2 · d _{Stab}	
	c _v :	50 mm		$\rho_l =$	0,0089	= $A_s / d \cdot b_w$	
				z =	405 mm	= 0,9 x d	
Querkraftbewehrung:							
Bügel:	2	Ø	12 mm	$A_{sv}(\text{Bü}) =$	211 mm ²	Anzahl Schenkel pro Schnitt!	
	E_{sv} :	50.000 N/mm ²		$\rho_w(\text{Bü}) =$	0,0056		
	s _w :	150 mm		$a_{sv}(\text{Bü}) =$	1.409,1 mm ² /m	$f_{sv,w}(\text{Bü}) =$	160 N/mm ²
DKB:	0	Ø	12 mm	$A_{sv}(\text{DKB}) =$	0 mm ²	Anzahl DKB pro Schnitt!	
	E_{sv} :	60.000 N/mm ²		$\rho_w(\text{DKB}) =$	0,0000		
	s _w :	200 mm		$a_{sv}(\text{DKB}) =$	0,0 mm ² /m	$f_{sv,w}(\text{DKB}) =$	170 N/mm ²
III. ohne Querkraftbewehrung							
$V_{Rd,c} = \beta \cdot \frac{1}{424 \cdot \gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot E_{fl} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$				$\beta = 3/(a/d) \geq 1,0$; Erhöhungsfaktor zur Erfassung der Einflüsse der auflagnahen Lasten $\kappa = 1 + \sqrt{200/d}$; Maßstabsfaktor			
$\beta =$	1,0	ρ_l	Längsbewehrungsgrad	E_{fl}	E-Modul der Längsbewehrung	f_{ck}	Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit
$\kappa =$	1,67	b_w	Trägerstegbreite	d	Statische Nutzhöhe		
$V_{Rd,c} =$	32,51						

IV. mit Querkraftbewehrung	
$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,f}$	$V_{Rd,c}$ nach Gleichung Teil III. (Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung)
$V_{Rd,f} = a_{fw} \cdot f_{fd,w} \cdot z \cdot \cot(\theta)$	a_{fw} Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung $= A_{sw} / s_w$
	$f_{fd,w}$ Bemessungswert Zugfestigkeit der Querkraftbewehrung $f_{fd,w} \leq \epsilon_{fd,w} \cdot E_{sw}$
	$\epsilon_{fd,w}$ Bemessungswert der maximalen Dehnung der Querkraftbewehrung
	$\epsilon_{fd,w} = 2,5 + \frac{2 \cdot EI^* [MNm^2]}{50} \leq 7,0 [\text{‰}]$
$EI^* = 7,82 \text{ MN/m}^2$	EI^* Vereinfachte Bauteilbiegesteifigkeit $EI^* = E_s \cdot A_s \cdot (0,8 \cdot d)^2$
$\epsilon_{fd,w} = 2,8 \text{ ‰}$	θ Druckstrebenwinkel $\theta = \arctan \left[\sqrt{\frac{M/V \cdot a_{fw} \cdot E_{fw}}{A_{ft} \cdot E_{ft}}} \right] \begin{cases} \geq 20^\circ \\ \leq 50^\circ \end{cases}$
$f_{fd,w} \text{ (Bügel)} = 141 \text{ N/mm}^2$	
$f_{fd,w} \text{ (DKB)} = 169 \text{ N/mm}^2$	
$\theta = 24,9^\circ$	
$\tan \theta = 0,46$	
$\cot \theta = 2,16$	
$V_{Rd,f} \text{ (Bügel)} = 173,7 \text{ kN}$	
$V_{Rd,f} \text{ (DKB)} = 0,0 \text{ kN}$	
$V_{Rd,f} = 173,7 \text{ kN}$	$\leq \text{max. } V_{Rd,f} = 291,5 \text{ kN}$
$V_{Rd} = 206,2 \text{ kN}$	$V_{Rd,max} = V_{Rd,c} + \frac{1,1 \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cm}^{2/3}}{\gamma_c \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta))}$
	f_{cm} mittlere Zylinderdruckfestigkeit des Betons

2.4.3 Brandschutz

Keine Anforderungen, F30 erfüllt.

Bei höheren Anforderungen wird eine Brandschutzbekleidung vorgesehen.

2.5 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

2.5.1 Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen

Die Spannung im ComBAR-Stab sollte, falls Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Bauteile gestellt werden, 300 N/mm² nicht überschreiten.

2.5.2 Grenzzustände der Rissbildung

ComBAR-Stäbe rosten nicht. Somit ist eine Begrenzung der Rissbreite zum Schutz der Bewehrung nicht erforderlich. Die maximal zulässige Rissbreite in ComBAR-bewehrten Bauteilen beträgt gemäß der ComBAR-Zulassung für alle Anforderungs- und Expositionsklassen 0,4mm.

Es kann davon ausgegangen werden, dass auftretende Risse die Dauerhaftigkeit nicht beeinträchtigen.

Auf Nachweise zur Begrenzung der Rissbreite wird daher verzichtet.

2.5.3 Begrenzung der Verformung

Die vorgegebenen Bauteilabmessungen sind in Relation zur Spannweite statisch. Darüber hinaus wurde die Bewehrung so gewählt, dass die Spannung im Stab ca. 300 N/mm^2 nicht überschreitet.

2.6 Bewehrungsführung, bauliche Durchbildung

2.6.1 Grundwert der Verankerungslänge

Grundwert: $l_{b,rqd} = (\sigma_f / 4) * (\sigma_f / f_{bd})$

Für Längsbewehrung $\sigma 16$ mm

$$l_{b,rqd} = (16/4) * (445 / 2,26) = 788 \text{ mm}$$

Betongüte	f_{bd} ComBAR	f_{bd} Stahl
C 16/20	1,77	2,00
C 20/25	2,03	2,33
C 25/30	2,26	2,69
C 30/37	2,33	3,05
C 35/45	2,39	3,38
C 40/50	2,45	3,38
C 45/55	2,51	3,38
C 50/60	2,58	3,38

2.6.2 Verankerung am Endauflager

$$F_{Ed} = |V_{Ed}| * a_l / z + N_{Ed} \geq V_{Ed} / 2$$

$$V_{Ed} = 117,3 \text{ kN} \quad N_{Ed} = 0$$

$$a_l = z * (\cot \Theta - \cot \alpha) / 2 \geq 0$$

$$a_l = 0,9 * (0,9 * 0,52) * (0,89 - 0) / 2 = 0,19 \text{ m} = \text{ca. } 20 \text{ cm}$$

$$F_{Ed} = 117,3 * 0,2 / 0,9 * (0,9 * 0,52) = 55,7 \text{ kN} < 58,7 (= V_{Ed} / 2)$$

$$a_{f,erf} = F_{Ed} / f_{y1} = 0,0587 * 10^4 / 445 = 1,32 \text{ cm}^2$$

Für $\sigma 16$ mm (es werden mindestens die 3 $\sigma 16$ der 1. Lage über das Auflager geführt):

$$l_{b,min} = 0,3 * \alpha_1 * l_{b,rqd} \geq 10 * \sigma$$

$$l_{b,min} = 0,3 * 1,0 * 788 = 237 \text{ mm} > 10 * 16 = 160 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 * l_{b,rqd} * \left(\frac{a_{f,erf}}{a_{f,vorh}} \right) \geq l_{b,min}$$

$$l_{bd} = 1,0 * 788 * \frac{1,32}{6,03} = 173 \text{ mm} < l_{b,min} = 237 \text{ mm (wenn 3 } \sigma 16 \text{ über Auflager)}$$

$$l_{b,dir} = \alpha_5 * l_{b,min} \geq 6,7 * \varnothing$$

$$l_{b,dir} = \frac{2}{3} * 237 = 158 \text{ mm} > 6,7 * 16 = 108 \text{ mm} \quad l_{b,dir} = 158 \text{ mm}$$

Als Verankerungslänge stehen $250 - 30 = 220 \text{ mm}$ zur Verfügung. Es kann auch die volle Auflagerlänge von 250 mm genutzt werden, da am Stabende keine Betondeckung aus Gründen des Korrosionsschutzes erforderlich ist. Es sei denn, dass aus sonstigen Gründen (z.B. Brandschutz) eine Betondeckung erforderlich wird.

2.6.3 Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

Rissmoment

$$m_{cr} = f_{ctm} * \frac{h^2}{6} = 2,6 * 10^3 * \frac{0,25^2 * 0,520^2}{6} = 29,29 \text{ kNm}$$

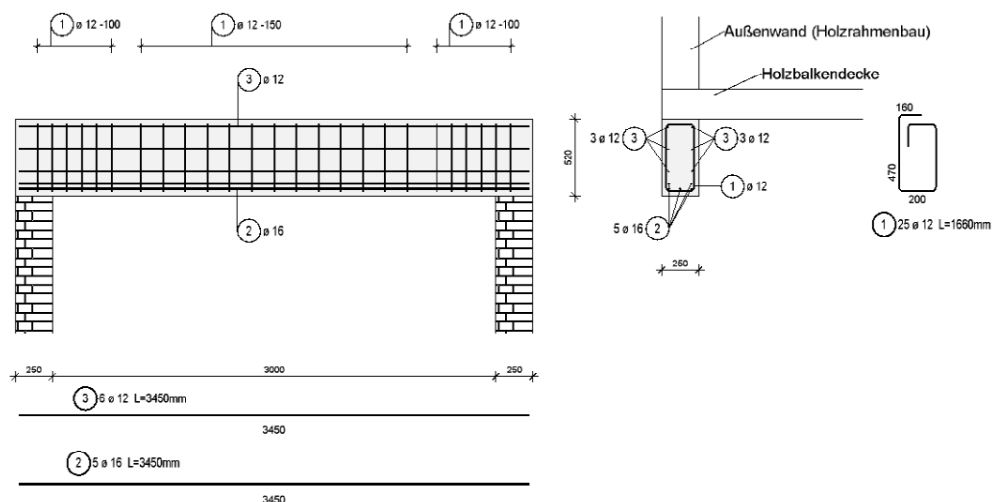
Mindestbewehrung

$$\min A_f = m_{cr} / (\sigma_f * z) \quad \text{Für ComBAR gilt } \sigma_f = 0,83 * f_{fk} = 0,83 * 580 = 480 \text{ N/mm}^2$$

$$z = 0,9 * d = 0,9 * (0,9 * 520) = 421,2 \text{ mm}$$

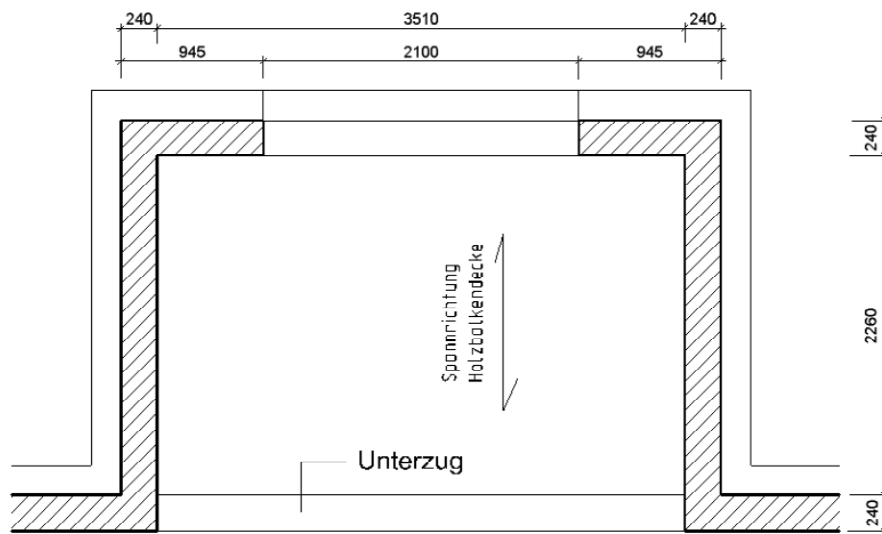
$$\min A_f = 29,3 * 10^6 / (480 * 421) = 145 \text{ mm}^2 < A_{f,vorh} = 1010 \text{ mm}^2$$

2.7 Darstellung der Bewehrung



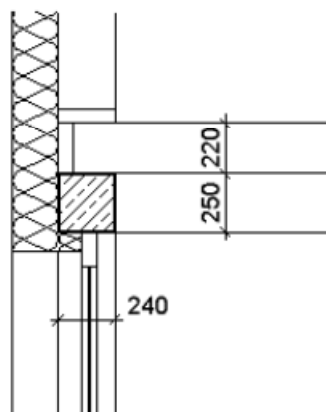
3 Ringbalken

3.1 System, Querschnitt



Teilgrundriss

Stützweite Ringbalken = 3,75 m (horizontal), Stützweite Sturz = 2,50 m (vertikal)



Querschnitt Ringbalken

3.2 Einwirkungen

Der Ringbalken erhält lotrechte Lasten aus einer Holzbalkendecke über EG sowie einer Holzrahmenbauwand im DG, inklusive Dachlasten.

Horizontal stützt sich der Balken gegen Querwände ab und leitet so die Windkräfte in das Bauwerk.

Zusätzlich soll eine Zugkraft in Balkenlängsrichtung berücksichtigt werden (Ringanker).

Das Eigengewicht von ComBAR-bewehrten Bauteilen darf mit einer Wichte von $24,0 \text{ kN/m}^3$ ermittelt werden, da die Wichte von ComBAR nur $2,2 \text{ kN/m}^3$ beträgt.

3.2.1 Charakteristische Werte

gegeben:

Ständige Lasten (Eigenlasten)

aus Holzbalkendecke	2,6 kN/m
Holzrahmenbauwand	3,0 kN/m
aus Dachtragwerk	3,0 kN/m
<u>Eigengewicht Ringbalken</u>	<u>1,5 kN/m</u>
Summe Eigenlasten	$g_k = 12,1 \text{ kN/m}$

Veränderliche Lasten

aus Nutzlast Holzbalkendecke	1,9 kN/m
<u>aus Schneelast</u>	<u>2,0 kN/m</u>
Summe veränderliche Lasten	$q_k = 3,9 \text{ kN/m}$
Wind (horizontal)	$q_h = 1,5 \text{ kN/m}$
Zugkraft in Balkenlängsrichtung (Kategorie A)	$N = 25 \text{ kN}$

3.2.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Einwirkungen	günstig	ungünstig
Ständige	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_G = 1,35$
veränderliche	$\gamma_Q = 0$	$\gamma_Q = 1,50$
$g_d = \gamma_G * g_k$	$= 1,35 * 12,1$	$= 16,3 \text{ kN/m}$
$q_d = \gamma_Q * q_k$	$= 1,50 * 3,9$	$= 5,9 \text{ kN/m}$
horizontal aus Wind	$q_d = 1,5 * 1,5$	$= 2,3 \text{ kN/m}$
$N_d = 1,0 * 25,0 \text{ kN} = 25,0 \text{ kN}$	(Zugkraft in Längsrichtung, außergewöhnliche Last)	

3.3 Schnittgrößen

$$M_{yd} = (16,3 + 5,9) * 2,5^2 / 8 = 17,3 \text{ kNm} \quad (\text{Sturz})$$

$$M_{zd} = 1,5 * 3,75^2 / 8 = 2,6 \text{ kNm} \quad (\text{Ringbalken})$$

Zugkraft in Längsrichtung $N = 25 \text{ kN}$ (Ringanker)

$$\max V_d = (16,3 + 5,9) * 2,5 / 2 = 27,8 \text{ kN} \quad (\text{Sturz})$$

$$\text{bzw.} \quad = 2,3 * 3,75 / 2 = 4,3 \text{ kN} \quad (\text{Ringbalken})$$

3.4 Bemessung

Die Bemessung erfolgt mit Hilfe des Bemessungsprogrammes für Schöck-ComBAR

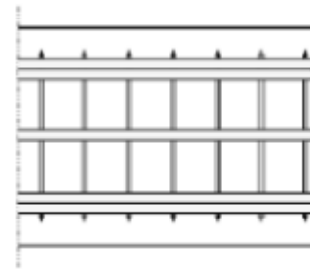
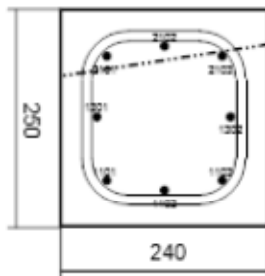
3.4.1 Biegebemessung und Querkraftbemessung

Bemessungssoftware: Bewehrung aus GFK mit Schöck ComBAR

Version : 1.9.9.9

Bemessungsgrundlagen: Norm

EC2 - DIN EN 1992-1-1/NA



Bemerkung zur Position bzw. zum Schnitt: -/-

Daten zum Bauteil:

Form: rechteck; Querschnitt: B = 240mm; H = 250mm

Material: C20/25; $\alpha_{cc} = 0,85$; Betonierrohr: Durchmesser = 250mm

Daten zur Längsbewehrung:

min $\Sigma A = 72 \text{ mm}^2$

Material: ComBAR E=60000 N/mm²; Gesamtfläche $\Sigma A = 905 \text{ mm}^2$; Betondeckung = $\downarrow 37$; $\uparrow 37$; $\leftarrow 37$; $\rightarrow 37 \text{ mm}$

Daten zur Bügelbewehrung:

Material: ComBAR E=50000 N/mm²; Durchmesser $\varnothing = 12 \text{ mm}$; Anzahl n = 2 \varnothing /Schnitt; Abstand a = 150mm

Fläche $\Sigma A = 211 \text{ mm}^2$ /Schnitt; Betondeckung = $\downarrow 25$; $\uparrow 25$; $\leftarrow 25$; $\rightarrow 25 \text{ mm}$

Daten zur Kopfbolzenbewehrung:

Material: ComBAR E=60000 N/mm²; Durchmesser $\varnothing = 16 \text{ mm}$; Anzahl n = 0 \varnothing /Schnitt; Abstand a = 250mm

Fläche $\Sigma A = 0 \text{ mm}^2$ /Schnitt

Einwirkungen:

Lastfall: 1; $M_x = 17,30 \text{ kNm}$; $M_y = 2,60 \text{ kNm}$; $N_z = 25,00 \text{ kN}$; $V_x = 27,80 \text{ kN}$

Lastfall: 2; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$

Lastfall: 3; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$

Lastfall: 4; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$

Lastfall: 5; $M_x = 0,00 \text{ kNm}$; $M_y = 0,00 \text{ kNm}$; $N_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_x = 0,00 \text{ kN}$

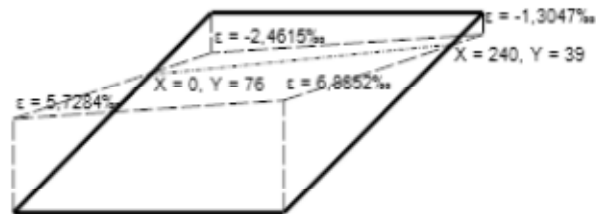
Ergebnisse: M/N

LF	Beton ϵ [‰]	Beton σ [N/mm ²]	Stab ϵ [‰]	Stab σ [N/mm ²]	Stab [ID]
1	-2,462	-11,3	4,898	293,9	1102
2	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
3	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
4	0,000	0,0	0,000	0,0	-1
5	0,000	0,0	0,000	0,0	-1

Ergebnisse: V

LF	V Rd c [kN]	V Rd f [kN]	V Rd [kN]	Θ °	Ausnutz [%]
1	11,9	24,8	36,7	50,0	75,69
2	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
3	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
4	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.
5	0,0	0,0	0,0	0,0	n. def.

Dehnungsebene



Dehnung und Spannung im Betonquerschnitt [‰] [N/mm²]:

n	X	Y	ε LF1	σ LF1	ε LF2	σ LF2	ε LF3	σ LF3	ε LF4	σ LF4	ε LF5	σ LF5
1	0	0	-2,462	-11,3								
2	240	0	-1,305	-10,0								
3	240	250										
4	0	250										

Dehnung und Spannung in den Stäben [‰] [N/mm²]:

ID/Ø	X	Y	ε LF1	σ LF1	ε LF2	σ LF2	ε LF3	σ LF3	ε LF4	σ LF4	ε LF5	σ LF5
1101/12	54	196	4,232	253,9								
1102/12	120	207	4,898	293,9								
1103/12	186	196	4,873	292,4								
2101/12	54	54	-0,449	0,0								
2102/12	120	43	-0,474	0,0								
2103/12	186	54	0,191	11,5								
1301/12	43	123	1,775	106,5								
1302/12	197	123	2,517	151,0								

Diese Sammlung wird stetig durch weitere Anwendungsbeispiele ergänzt

Eigene Notizen: