



# Bemessungsbeispiele

## Teil 1

### Beispiele aus dem Hochbau

Schöck Bauteile GmbH

Vimbucher Str. 2

76534 Baden-Baden

erstellt von

Dipl.-Ing.(FH) Karlheinz Ibach

Anwendungstechnik ComBAR

[karlheinz.ibach@schoeck.de](mailto:karlheinz.ibach@schoeck.de)

Baden-Baden

Februar 2015



## 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

<b>1</b>	<b>Vollplatte, einachsig gespannt.....</b>	<b>5</b>
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
<b>2</b>	<b>Unterzug.....</b>	<b>22</b>
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
<b>3</b>	<b>Ringbalken.....</b>	<b>33</b>
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

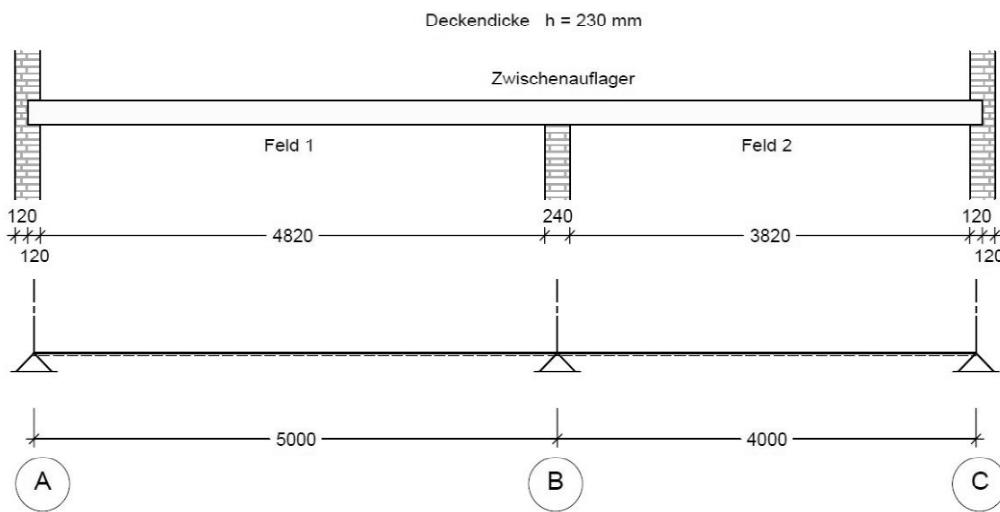
Baustoffe:

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  $c_{\min} = 10\text{mm}$  (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  $300\text{N/mm}^2$  erreichen.

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



## 1.2 Einwirkungen

### 1.2.1 Charakteristische Werte

Ständige Lasten (Eigenlasten)

$$230 \text{ mm Betonvollplatte} \quad 0,23 \text{ m} * 24,0 \text{ kN/m}^3 \quad = 5,52 \text{ kN/m}^2$$

$$50 \text{ mm Trittschalldämmung} \quad 5 * 0,01 \quad = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

$$60 \text{ mm Zementestrich} \quad 0,06 \text{ m} * 22,0 \text{ kN/m}^3 \quad = 1,32 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{15 \text{ mm Kunststofffußboden} \quad 1,5 * 15} \quad = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gerundete Summe} \quad G \quad = 7,12 \text{ kN/m}^2$$

Veränderliche Lasten (Nutzlast)

$$\text{Versammlungsräume} \quad = 4,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\underline{\text{Trennwandzuschlag}} \quad = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Summe} \quad Q \quad = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

### 1.2.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Einwirkungen	günstig	ungünstig
--------------	---------	-----------

$$\text{Ständige} \quad \gamma_G = 1,0 \quad \gamma_G = 1,35$$

$$\text{veränderliche} \quad \gamma_Q = 0 \quad \gamma_Q = 1,50$$

$$g_d = \gamma_G * g_k \quad = 1,35 * 7,15 \quad = 9,65 \text{ kN/m}^2$$

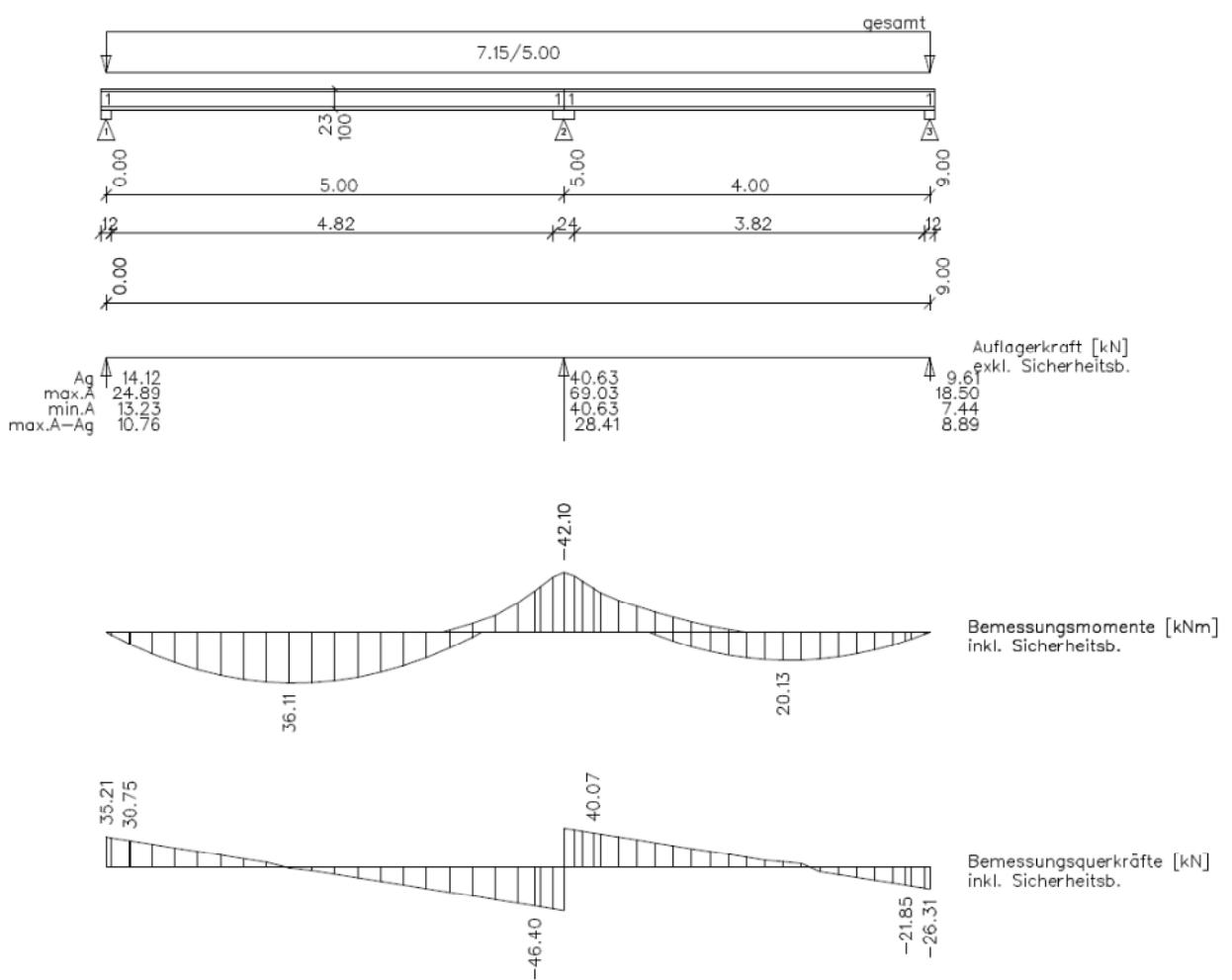
$$q_d = \gamma_Q * q_k \quad = 1,50 * 5,00 \quad = 7,50 \text{ kN/m}^2$$

## 1.3 Schnittgrößenermittlung

$$\max M_{Ed\ 1} = 36,11 \text{ kNm/m} \quad (\text{Feld 1})$$

$$\max M_{Ed,2} = 20,13 \text{ kNm/m} \quad (\text{Feld 2})$$

min  $M_{Ed\ 2} = -42,10 \text{ kNm/m}$  (Innenstützung, Stützmoment)



## 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  $f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$

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

ComBAR:

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

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

### 1.4.2 Bemessung für Biegung

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

Feld 1  $\varnothing 8 \text{ mm} / 75 \text{ mm}$  mit  $6,71 \text{ cm}^2/\text{m}$  unten

Feld 2  $\varnothing 8 \text{ mm} / 150 \text{ mm}$  mit  $3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$  unten

Stütze  $\varnothing 12 \text{ mm} / 150 \text{ mm}$  mit  $7,53 \text{ cm}^2/\text{m}$  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:**

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

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

## Feld 2:

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

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

## Stützung:

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

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

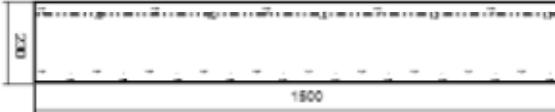
#### 1.4.2.2 Bemessung mit ComBAR-Programm

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

$$\text{Feld 1} \quad \text{max } M_{Ed,1} = 36,11 \text{ kNm/m} * 1,5\text{m} = 54,2 \text{ kNm}$$

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

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

Bemessungssoftware: <b>Bewehrung aus GFK mit Schöck ComBAR</b>							Version : 1.9.9.9																																																																																										
Bemessungsgrundlagen:		Norm Norm																																																																																															
																																																																																																	
<p><b>Bemerkung zur Position bzw. zum Schnitt:</b> -/-</p> <p><b>Daten zum Bauteil:</b>  Form: rechteck; Querschnitt: B = 1500mm; H = 230mm  Material: C20/25; <math>\alpha_{cc} = 0,85</math>; Betonierrohr: Durchmesser = 250mm</p> <p><b>Daten zur Längsbewehrung:</b>  Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Gesamtfläche <math>\Sigma A = 2136\text{mm}^2</math>; Betondeckung = ↴25; ↑25; ←25; →25 mm  min <math>\Sigma A = -327\text{ mm}^2</math></p> <p><b>Daten zur Bügelbewehrung:</b>  Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Durchmesser <math>\varnothing = 0\text{mm}</math>; Anzahl n = 0Ø/Schnitt; Abstand a = 250mm  Fläche <math>\Sigma A = 0\text{mm}^2</math>/Schnitt; Betondeckung = ↴25; ↑25; ←25; →25 mm</p> <p><b>Daten zur Kopfbolzenbewehrung:</b>  Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Durchmesser <math>\varnothing = 16\text{mm}</math>; Anzahl n = 0Ø/Schnitt; Abstand a = 250mm  Fläche <math>\Sigma A = 0\text{mm}^2</math>/Schnitt</p> <p><b>Einwirkungen:</b>  Lastfall: 1; <math>M_x = 54,20\text{kNm}</math>; <math>M_y = 0,00\text{kNm}</math>; <math>N_z = 0,00\text{kN}</math>; <math>V_x = 0,00\text{kN}</math>  Lastfall: 2; <math>M_x = -63,20\text{kNm}</math>; <math>M_y = 0,00\text{kNm}</math>; <math>N_z = 0,00\text{kN}</math>; <math>V_x = 69,80\text{kN}</math>  Lastfall: 3; <math>M_x = 0,00\text{kNm}</math>; <math>M_y = 0,00\text{kNm}</math>; <math>N_z = 0,00\text{kN}</math>; <math>V_x = 0,00\text{kN}</math>  Lastfall: 4; <math>M_x = 0,00\text{kNm}</math>; <math>M_y = 0,00\text{kNm}</math>; <math>N_z = 0,00\text{kN}</math>; <math>V_x = 0,00\text{kN}</math>  Lastfall: 5; <math>M_x = 0,00\text{kNm}</math>; <math>M_y = 0,00\text{kNm}</math>; <math>N_z = 0,00\text{kN}</math>; <math>V_x = 0,00\text{kN}</math></p>																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ergebnisse: M/N</th><th>LF</th><th>Beton <math>\epsilon</math> [%]</th><th>Beton <math>\sigma</math> [N/mm<sup>2</sup>]</th><th>Stab <math>\epsilon</math> [%]</th><th>Stab <math>\sigma</math> [N/mm<sup>2</sup>]</th><th>Stab [ID]</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>1</td><td>-1,110</td><td>-9,1</td><td>4,784</td><td>287,1</td><td>1101</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>2</td><td>-1,282</td><td>-9,9</td><td>5,040</td><td>302,4</td><td>2110</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>3</td><td>0,000</td><td>0,0</td><td>0,000</td><td>0,0</td><td>-1</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>4</td><td>0,000</td><td>0,0</td><td>0,000</td><td>0,0</td><td>-1</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>5</td><td>0,000</td><td>0,0</td><td>0,000</td><td>0,0</td><td>-1</td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ergebnisse: V</th><th>LF</th><th>V Rd c [kN]</th><th>V Rd f [kN]</th><th>V Rd [kN]</th><th><math>\Theta</math></th><th>Ausnutzung [%]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td>1</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>n. def.</td></tr> <tr> <td></td><td>2</td><td>72,2</td><td>0,0</td><td>72,2</td><td>20,0</td><td>96,70</td></tr> <tr> <td></td><td>3</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>n. def.</td></tr> <tr> <td></td><td>4</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>n. def.</td></tr> <tr> <td></td><td>5</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>0,0</td><td>n. def.</td></tr> </tbody> </table>								Ergebnisse: M/N	LF	Beton $\epsilon$ [%]	Beton $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Stab $\epsilon$ [%]	Stab $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	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]	$\Theta$	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.
Ergebnisse: M/N	LF	Beton $\epsilon$ [%]	Beton $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Stab $\epsilon$ [%]	Stab $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	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]	$\Theta$	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	$\varepsilon$ LF1	$\sigma$ LF1	$\varepsilon$ LF2	$\sigma$ LF2	$\varepsilon$ LF3	$\sigma$ LF3	$\varepsilon$ LF4	$\sigma$ LF4	$\varepsilon$ LF5	$\sigma$ 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	$\varepsilon$ LF1	$\sigma$ LF1	$\varepsilon$ LF2	$\sigma$ LF2	$\varepsilon$ LF3	$\sigma$ LF3	$\varepsilon$ LF4	$\sigma$ LF4	$\varepsilon$ LF5	$\sigma$ 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 kN/m \* 1,5 m = 69,8 kN auf 1,5 m Breite

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/mm²	f_cm =	28 N/mm²
Längsbewehrung:	10	$\varnothing$	12 mm	A_fi =	1.131 mm²	A_fi - nur Biegezugbewehrung!	
E_fi:	60.000 N/mm²	d =	199 mm	= h - c_v - d_Bügel - 1/2 · d_Stab			
c_v:	25 mm	$\rho_i =$	0,0038	= A_fi / d / b_w			
Querkraftbewehrung:				$z =$	179 mm	$= 0,9 \times d$	
Bügel:	0	$\varnothing$	12 mm	A_tw (Bü) =	0 mm²	Anzahl Schenkel pro Schnitt!	
E_tw:	50.000 N/mm²	$\rho_w (Bü) =$	0,0000				
s_w:	200 mm	a_tw (Bü) =	0,0 mm²/m	f_fd,w (Bü) =	160 N/mm²		
DKB:	0	$\varnothing$	12 mm	A_tw (DKB) =	0 mm²	Anzahl DKB pro Schnitt!	
E_tw:	60.000 N/mm²	$\rho_w (DKB) =$	0,0000				
s_w:	200 mm	a_tw (DKB) =	0,0 mm²/m	f_fd,w (DKB) =	170 N/mm²		

## 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,  $300 \text{ N/mm}^2$  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.  $300 \text{ N/mm}^2$  nicht überschreitet.

## 1.6 Bewehrung, bauliche Durchbildung

### 1.6.1 Grundwert der Verankerungslänge

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

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

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:  **$\phi 8 \text{ mm} / 75 \text{ mm}$**

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

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

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

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

Für  **$\phi 8 \text{ mm} / 75 \text{ mm}$** :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Anmerkung zur Verankerungslänge am Auflager allgemein:

Als Verankerungslänge stehen  $120 - 25 = 95 \text{ mm}$  zur Verfügung. Es kann auch die volle Auflagerlänge von  $120 \text{ mm}$  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. 160mm).

### 1.6.3 Verankerung am Zwischenauflager

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 ø8mm:

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

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

$$\geq 15 \text{ } \phi$$

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

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

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

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

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

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

Die Feldbewehrung von Feld 2 mit ø8 / 150 mm (3,35 cm<sup>2</sup>/m) wird mit 450 mm mit der Bewehrung von Feld 1 gestoßen.

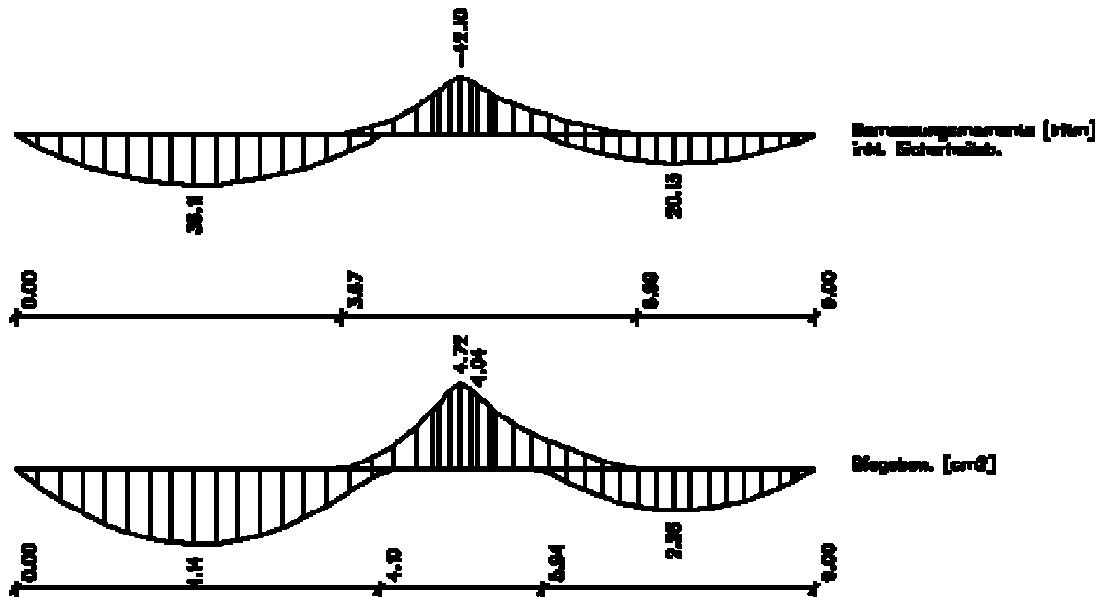
#### Querbewehrung im Stoßbereich:

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  $l_{bd} = 0$

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

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

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

Die Bewehrung wird mit  $a_l + l_{b,min} = 198 + 199 = 397 \text{ mm}$  (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  $\phi 12/150 \text{ mm, L = 4,20 m}$**

## 1.6.5 Querbewehrung

### Feld 1

Feldbewehrung  $\varnothing 8 / 75$  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  $\varnothing 8 / 300$  mm (mit  $1,67 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Diese Querbewehrung wird auch in Feld 2 eingelegt.

### Stützung

Stützbewehrung  $\varnothing 12 / 150$  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  $\varnothing 8 / 300$  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

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

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

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

### 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 Auflagerrand gemessen, mindestens über die 0,2-fache Länge des Endfeldes eingelegt werden.

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

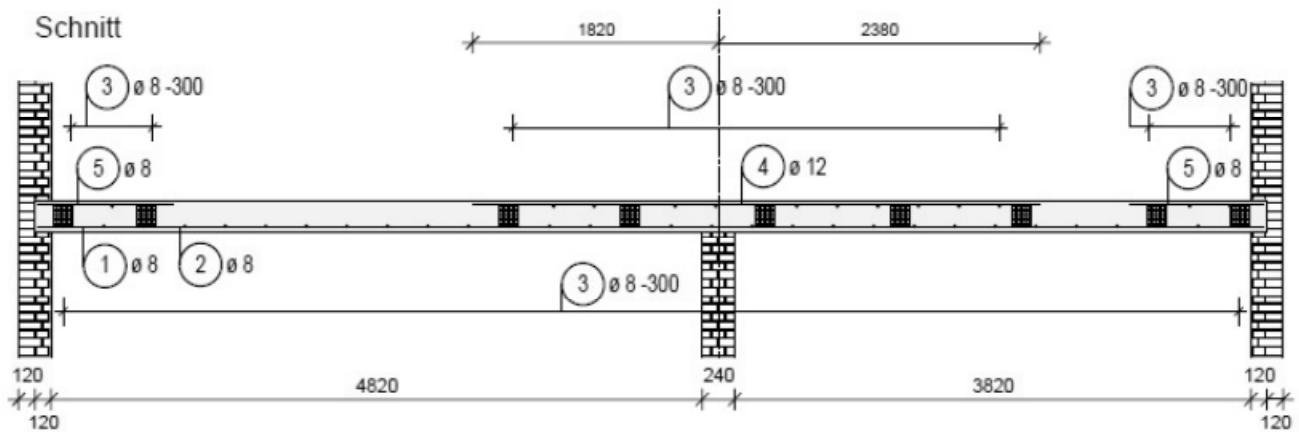
$$\text{erf } a_{f,2} = 0,25 * 3,35 = 0,84 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

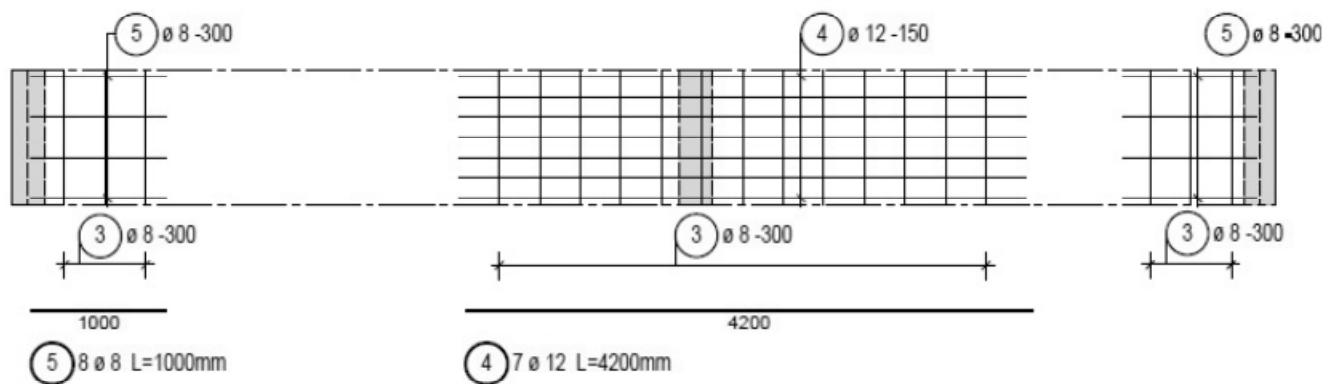
$$l_{2,E} = 0,2 * 4,00 = 0,80 \text{ m}$$

**Gewählt**       **$\varnothing 8 / 300 \text{ mm}$  (mit  $1,675 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

## 1.7 Darstellung der Bewehrung



## Obere Lage



### Untere Lage



## 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.

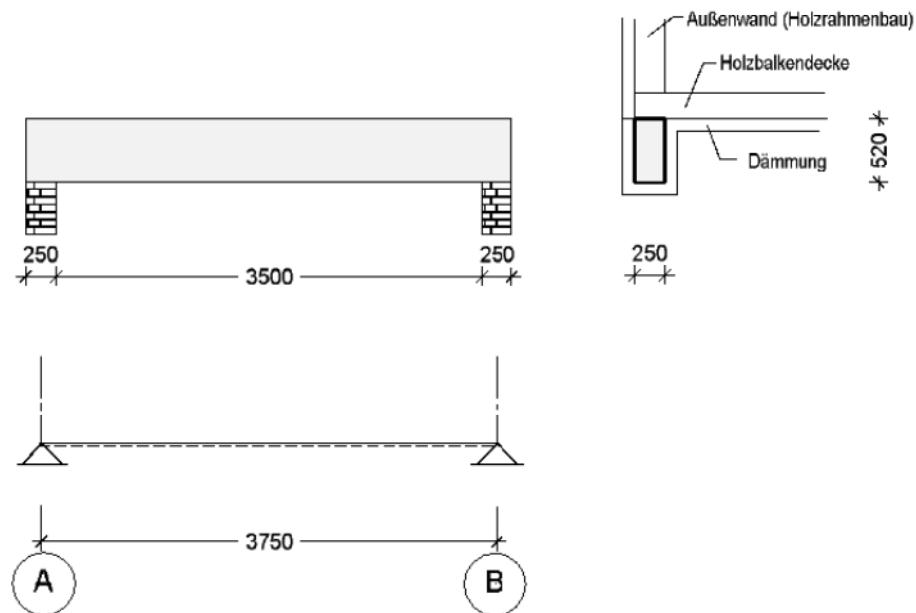
Brandschutztechnische Anforderung: keine

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 kN/m

$q_k$  = 21,00 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 ø16 mm        unten, 1. Lage

                  2 ø16 mm        unten, 2. Lage

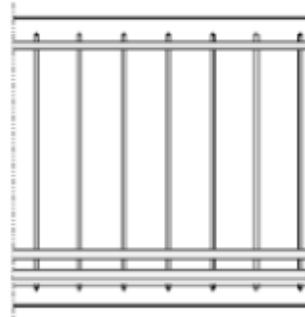
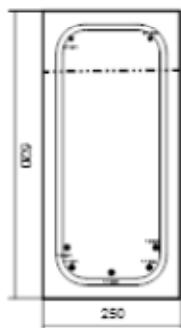
Obere Montagebewehrung konstruktiv 2 ø12 mm

## Nachweis Biegung

Version : 1.9.9.9

**Bemessungssoftware:** **Bewehrung aus GFK mit Schöck ComBAR**

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/mm<sup>2</sup>; Gesamtfläche  $\Sigma A = 1232 \text{ mm}^2$ ; Betondeckung = ↓37; ↑37; ←37; →37 mm

**Daten zur Bügelbewehrung:**

Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Durchmesser  $\varnothing = 12 \text{ mm}$ ; Anzahl n = 2Ø/Schnitt; Abstand a = 150mm

Fläche  $\Sigma A = 211 \text{ mm}^2/\text{Schnitt}$ ; Betondeckung = ↓25; ↑25; ←25; →25 mm

**Daten zur Kopfbolzenbewehrung:**

Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Durchmesser  $\varnothing = 16 \text{ mm}$ ; Anzahl n = 0Ø/Schnitt; Abstand a = 250mm

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

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

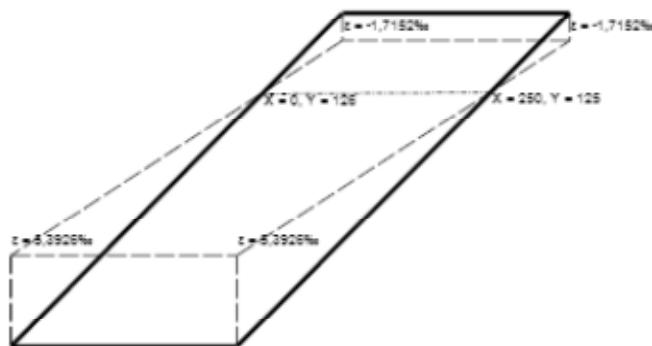
**Ergebnisse: M/N**

LF	Beton $\varepsilon$ [%]	Beton $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Stab $\varepsilon$ [%]	Stab $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	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]	$\Theta$	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]:

n	X	Y	$\varepsilon$ LF1	$\sigma$ LF1	$\varepsilon$ LF2	$\sigma$ LF2	$\varepsilon$ LF3	$\sigma$ LF3	$\varepsilon$ LF4	$\sigma$ LF4	$\varepsilon$ LF5	$\sigma$ LF5
1	0	0	-1,715	-13,9	-0,127	-1,7						
2	250	0	-1,715	-13,9	-0,127	-1,7						
3	250	520										
4	0	520										

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

ID/Ø	X	Y	$\varepsilon$ LF1	$\sigma$ LF1	$\varepsilon$ LF2	$\sigma$ LF2	$\varepsilon$ LF3	$\sigma$ LF3	$\varepsilon$ LF4	$\sigma$ LF4	$\varepsilon$ LF5	$\sigma$ 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/mm<sup>2</sup> nicht überschreiten.

## 2.4.2 Bemessung für Querkraft (Vergleichsrechnung)

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

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 <sup>2</sup>	$f_{cm} =$	33 N/mm <sup>2</sup>
Längsbewehrung:	5	$\varnothing$	16 mm	$A_s =$	1.005 mm <sup>2</sup>	Af1 - nur Biegezugbewehrung!	
		$E_s:$	60.000 N/mm <sup>2</sup>	$d =$	450 mm	$= h - c_v - d_{Bügel} - 1/2 \cdot d_{Stab}$	
		$c_v:$	50 mm	$\rho_s =$	0,0089	$= A_s / d / b_w$	
Querkraftbewehrung:				$z =$	405 mm	$= 0,9 \times d$	
Bügel:	2	$\varnothing$	12 mm	$A_{tw} (Bü) =$	211 mm <sup>2</sup>	Anzahl Schenkel pro Schnitt!	
		$E_{tw}:$	50.000 N/mm <sup>2</sup>	$\rho_w (Bü) =$	0,0056		
		$s_w:$	150 mm	$a_{tw} (Bü) =$	1.409,1 mm <sup>2</sup> /m	$f_{tw} (Bü) =$	160 N/mm <sup>2</sup>
DKB:	0	$\varnothing$	12 mm	$A_{tw} (DKB) = 0 \text{ mm}^2$		Anzahl DKB pro Schnitt!	
		$E_{tw}:$	60.000 N/mm <sup>2</sup>	$\rho_w (DKB) = 0,0000$			
		$s_w:$	200 mm	$a_{tw} (DKB) = 0,0 \text{ mm}^2/m$		$f_{tw} (DKB) =$	170 N/mm <sup>2</sup>
III. ohne Querkraftbewehrung							
$V_{Rd,c} = \beta \cdot \frac{1}{424 \cdot \gamma_c} \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot E_f \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$	$\beta = 3/(a/d) \geq 1,0$ ; Erhöhungsfaktor zur Erfassung der Einflüsse der auflagernahen Lasten						
	$\kappa = 1 + \sqrt{200/d}$ ; Maßstabsfaktor						
$\beta =$	1,0	$\rho_l$	Längsbewehrungsgrad				
$\kappa =$	1,67	$E_f$	E-Modul der Längsbewehrung				
$V_{Rd,c} =$	32,51	$f_{ck}$	Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit				
		$b_w$	Trägerstegbreite				
		$d$	Statische Nutzhöhe				

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 = $A_{fw} / s_w$
	$f_{td,w}$	Bemessungswert Zugfestigkeit der Querkraftbewehrung $f_{td,w} \leq \varepsilon_{td,w} \cdot E_{td}$
	$\varepsilon_{td,w}$	Bemessungswert der maximalen Dehnung der Querkraftbewehrung
	$\varepsilon_{fd,w} = 2,5 + \frac{2 \cdot EI^* [MNm^2]}{50}$	$\leq 7,0 [\%]$
$EI^* = 7,82 \text{ MN/m}^2$	$EI^*$	Vereinfachte Bauteilbiegsteifigkeit $EI^* = E_s \cdot A_s (0,8 \cdot d)^2$
$\varepsilon_{td,w} = 2,8 \%$	$\varepsilon_{td,w} \leq 7 \%$	
$f_{td,w}$ (Bügel) = $141 \text{ N/mm}^2$	$\theta$	Druckstrebewinkel $\theta = \arctan \left[ \sqrt[3]{\frac{M/V \cdot a_{fw} \cdot E_{fw}}{A_f \cdot E_{fl}}} \right] \left\{ \begin{array}{l} \geq 20^\circ \\ \leq 50^\circ \end{array} \right.$
$f_{td,w}$ (DKB) = $169 \text{ N/mm}^2$		
$\theta = 24,9^\circ$		
$\tan \theta = 0,46$		
$\cot \theta = 2,16$		
$V_{Rd,f}$ (Bügel) = $173,7 \text{ kN}$		
$V_{Rd,f}$ (DKB) = $0,0 \text{ kN}$		
$V_{Rd,f} = 173,7 \text{ kN} \leq \text{max. } V_{Rd,f} = 291,5 \text{ kN}$		$V_{Rd,max} = V_{Rd,c} + \frac{1,1 \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cm}^{2/3}}{\gamma_c \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta))}$
$V_{Rd} = 206,2 \text{ kN}$	$f_{cm}$	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,  $300 \text{ N/mm}^2$  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 statlich. Darüber hinaus wurde die Bewehrung so gewählt, dass die Spannung im Stab ca.  $300 \text{ N/mm}^2$  nicht überschreitet.

## 2.6 Bewehrungsführung, bauliche Durchbildung

### 2.6.1 Grundwert der Verankerungslänge

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

Für Längsbewehrung  $\phi$  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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Als Verankerungslänge stehen  $250 - 30 = 220$  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

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

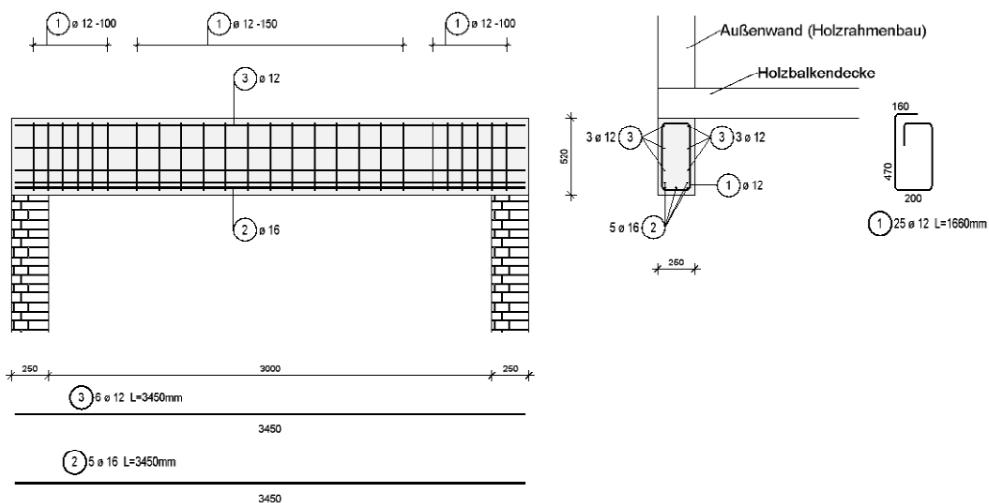
Mindestbewehrung

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

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

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

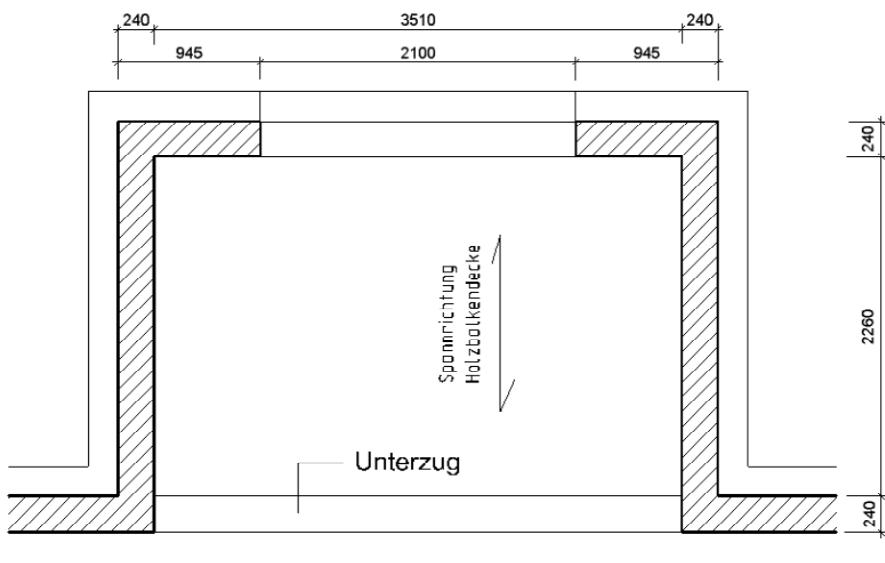
## 2.7 Darstellung der Bewehrung



Scandek Combat manufactured by Flotec, Inc. 80 E 3000 N Rd 15 July 10, 0946 31

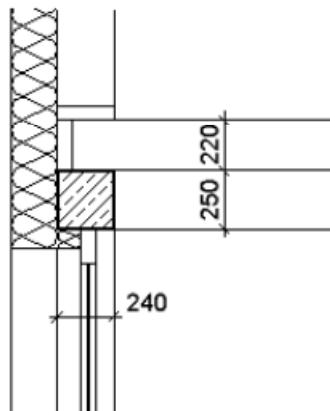
### 3 Ringbalken

#### 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 kN/m<sup>3</sup> ermittelt werden, da die Wichte von ComBAR nur 2,2 kN/m<sup>3</sup> 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

Eigengewicht Ringbalken 1,5 kN/m

Summe Eigenlasten  $g_k = 12,1 \text{ kN/m}$

Veränderliche Lasten

aus Nutzlast Holzbalkendecke 1,9 kN/m

aus Schneelast 2,0 kN/m

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

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

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

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

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

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

### 3.4 Bemessung

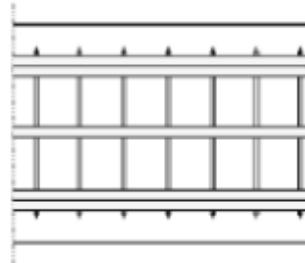
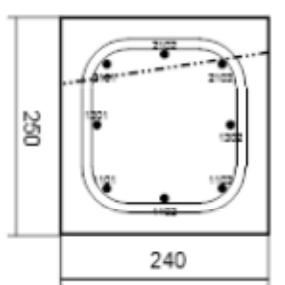
Die Bemessung erfolgt mit Hilfe des Bemessungsprogrammes für Schöck-ComBAR

### 3.4.1 Biegebemessung und Querkraftbemessung

Version : 1.9.9.9

Bemessungssoftware: **Bewehrung aus GFK mit Schöck ComBAR**

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/mm<sup>2</sup>; Gesamtfläche  $\Sigma A = 905 \text{ mm}^2$ ; Betondeckung = 137; 137; -37; -37 mm

Daten zur Bügelbewehrung:

Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Durchmesser  $\varnothing = 12 \text{ mm}$ ; Anzahl n = 20/Schnitt; Abstand a = 150mm

Fläche  $\Sigma A = 211 \text{ mm}^2/\text{Schnitt}$ ; Betondeckung = 125; 125; -25; -25 mm

Daten zur Kopfbolzenbewehrung:

Material: ComBAR E=60000 N/mm<sup>2</sup>; Durchmesser  $\varnothing = 16 \text{ mm}$ ; Anzahl n = 00/Schnitt; Abstand a = 250mm

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

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

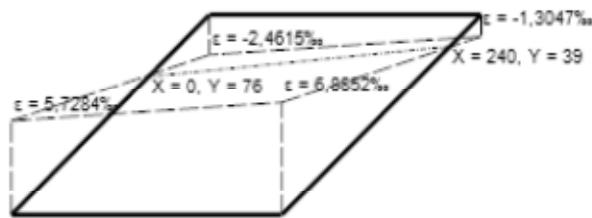
Lastfall: 4;  $M_x = 0,00 \text{ kNm}$ ;  $M_y = 0,00 \text{ kNm}$ ;  $N_z = 0,00 \text{ kN}$ ;  $V_x = 0,00 \text{ kN}$

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 $\epsilon$ [%]	Beton $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Stab $\epsilon$ [%]	Stab $\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	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]	$\theta$	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/mm<sup>2</sup>]:

### Dehnung und Spannung in den Stäben [%] [N/mm<sup>2</sup>]:

Diese Sammlung wird stetig durch weitere Anwendungsbeispiele ergänzt

Eigene Notizen:

A faint, horizontal, illegible stamp or signature, likely a manufacturer's mark or a date stamp, located at the bottom of the page.