



# Bemessungs beispiel

als generelle Empfehlung für  
die Bemessung ebener  
Bauteile aus Carbonbeton mit  
bauaufsichtlich zugelassenen  
solidian GRID Carbon-  
Gitterbewehrungen

## Inhalt

1	Einleitung .....	3
1.1	Haftungsausschluss .....	3
1.2	Allgemeine Informationen .....	3
2	System und Baustoffe .....	4
2.1	System .....	4
2.2	Beton .....	4
2.3	Bewehrung .....	4
2.4	Betondeckung und statische Nutzhöhe .....	4
3	Einwirkungen .....	5
3.1	Charakteristische Werte .....	5
3.2	Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit .....	5
4	Schnittgrößenermittlung .....	6
4.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit .....	6
4.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	6
5	Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit .....	7
5.1	Bemessungswerte der Baustoffe .....	7
5.1.1	Teilsicherheitsbeiwerte .....	7
5.1.2	Beton .....	7
5.1.3	Carbongitter .....	7
5.2	Nachweis der Biegetragfähigkeit .....	8
5.3	Nachweis der Querkrafttragfähigkeit .....	10
6	Bemessung in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit .....	11
6.1	Rissefreiheit .....	11
6.2	Begrenzung der Verformung .....	11
7	Bewehrungsregeln .....	12
7.1	Verankerung am Endauflager .....	12
8	Konstruktive Durchbildung .....	13
8.1	Mindestbewehrung .....	13
9	Bewehrungsskizze .....	14

## 1 Einleitung

Das Bauen mit nichtmetallischen Bewehrungen ist kein Neuland: Über 20 Jahre Forschung zu innovativem Textil- und Carbonbeton sowie zahlreiche Pilotprojekte verdeutlichen das enorme Potenzial dieser nachhaltigen Bauweise. Trotz der Erfolge aus Forschung und Praxis ist der innovative Baustoff in der Planungspraxis, etwa in Ingenieurbüros, noch wenig verbreitet.

Im Jahr 2024 wurde die Richtlinie „Bauteile mit nichtmetallischer Bewehrung“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) im Weißdruck veröffentlicht. Diese Richtlinie erleichtert den Einsatz von Carbon-, Glas- und Basaltbewehrungen im Betonbau und ergänzt die DIN EN 1992-1-1 um die erforderlichen Informationen und Vorgaben zur Bemessung.

Die Richtlinie ist material- und herstellerunabhängig formuliert. Die spezifischen Materialkennwerte sind den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der jeweiligen Hersteller zu entnehmen.

Dieses Bemessungsbeispiel soll helfen, Hürden bei der Bemessung und Dimensionierung abzubauen.

### 1.1 Haftungsausschluss

Dieses Dokument stellt eine statische Vorbemessung dar und dient als Orientierung sowie als Grundlage für die abschließende statische Ausführungsplanung durch einen qualifizierten Tragwerksplaner.

Bei tragenden Bauteilen, insbesondere solchen, deren Versagen eine Gefahr für Leib und Leben darstellen könnte, sind gegebenenfalls Baubehörden, Prüfstatiker oder Sachverständige hinzuzuziehen, um die Tragfähigkeit zu überprüfen.

Für diese Vorbemessung wird die **DAfStb-Richtlinie „Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung“** in Verbindung mit der **allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung / allgemeinen Bauartgenehmigung Nr. Z-1.6-308 für die „Carbon-Bewehrungsgitter solidian GRID zur Bewehrung von Betonbauteilen mit nichtmetallischer Bewehrung“** herangezogen. Das Bemessungsbeispiel sowie darauf aufbauende statische Berechnungen gelten ausschließlich in Verbindung mit den hier angegebenen Materialien. Geometrische und mechanische Kennwerte der Carbon-Bewehrungsgitter sind auf unserer Homepage unter [www.solidian-kelteks.com](http://www.solidian-kelteks.com) abrufbar oder aber dem Zulassungsbescheid zu entnehmen.

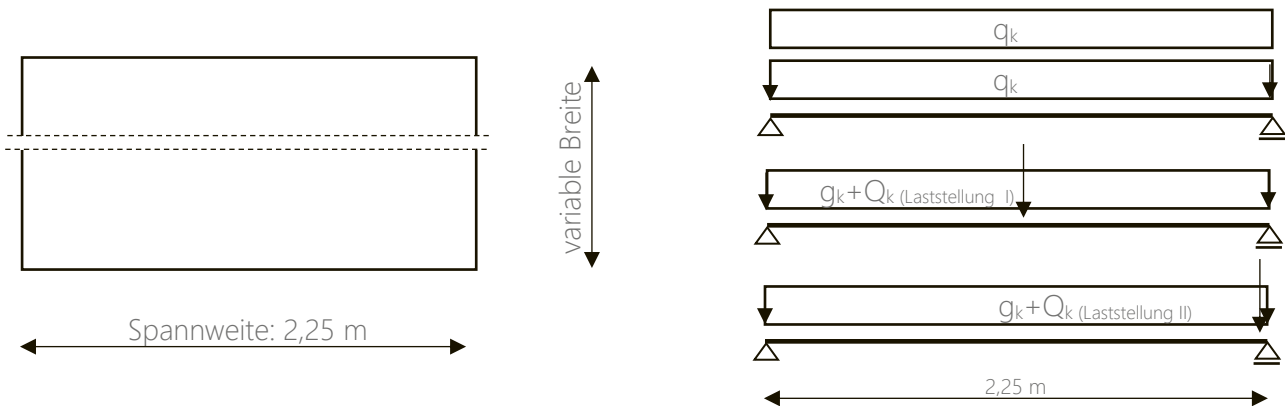
### 1.2 Allgemeine Informationen

Die in diesem Bemessungsbeispiel betrachteten Betonplatten dienen im Nutzungszustand als Balkon- oder Laubengangplatten mit einer Bauteildicke von 8 cm und sind auf Stahlkonstruktionen als Linienlager aufgelagert. Das statische System basiert auf einem gelenkig gelagerten Einfeldträger. Die maximale rechnerische Spannweite der Platten beträgt 2,25 m.

Das Bauteil wird gemäß den Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1/NA/A1 als Außenbauteil mit direkter Beregnung in Küstennähe eingestuft. Aus dieser Einstufung ergeben sich folgende Klassen als Bauteilanforderung: XC4 XS1 XF2 WA mit einer indikativen Mindestbetonfestigkeitsklasse C30/37.

## 2 System und Baustoffe

### 2.1 System



### 2.2 Beton

Gewählte Betonfestigkeitsklasse: **C40/50**

- Betonfestigkeitsklasse nach DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
- Charakteristische Betondruckfestigkeit  $f_{ck} = 40,0 \text{ N/mm}^2$
- Mittelwert der zentrischen Betonzugfestigkeit  $f_{ctm} = 4,1 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul  $E_{cm} = 35.220 \text{ N/mm}^2$
- Begrenzung des Größtkorns:  $d_g = 8 \text{ mm}$

### 2.3 Bewehrung

Gewählte Bewehrung: **solidian GRID Q71-C-EP-s51-F207**

- Haupttragrichtung der Bewehrung: Längsrichtung
- Vorausgesetzte Lagegenauigkeit / Einbautoleranz =  $\pm 4 \text{ mm}$
- Verlegung der Bewehrungsgitter mit Rovingen in Spannrichtung unten
- Temperaturbereich des Bauteils:  $-20^\circ\text{C} \leq T \leq 70^\circ\text{C}$

Materialangaben und Beiwerte zu dem gewählten Bewehrungsgitter können dem Zulassungsbescheid Z-1.6-308 oder den Technischen Produktdatenblättern auf [www.solidian-kelteks.com](http://www.solidian-kelteks.com) entnommen werden. Die gewählte Gitterbewehrung ist gemäß abZ/aBG Z-1.6-308 für die Expositionsklassen X1-XC4, XD1-XD3 und XS1-XS3 verwendbar.

### 2.4 Betondeckung und statische Nutzhöhe

Mindestbetondeckung nach DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 4.4.1 bzw. abZ/aBG Nr. Z-1.6-308, Abs. 3.1:

$$c_{min} = \max (d_g + 5 \text{ mm}; c_{min,b})$$

Entsprechend abZ/aBG Nr. Z-1.6-308, Abs. 3.1:  $c_{min,b} = 14 \text{ mm}$

$$c_{min} = \max (8 \text{ mm} + 5 \text{ mm}; 14 \text{ mm}) = \max (13 \text{ mm}; 14 \text{ mm}) = 14 \text{ mm}$$

Da statische Nutzhöhe  $d < 150 \text{ mm}$ , gilt nach DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 4.4.1.3 (1):  $\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm}$

Nennmaß der Betondeckung:  $c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$

$$c_{\text{nom}} = 14 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 19 \text{ mm}$$

Durch entsprechende Qualitätskontrolle bei Planung, Entwurf, Herstellung und Bauausführung entsprechend DAfStb-Richtlinie, Teil 1, 4.4.1.3 (3) und Bild R9-1 wird das Vorhaltemaß um 1 mm abgemindert.

Verlegemaß:  $c_v \geq c_{\text{nom}} = c_{\text{min,b}} + \Delta c_{\text{dev}}$

$$c_v = c_{\text{nom}} = 14 \text{ mm} + 4 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

gewählt:  $c_v = 18 \text{ mm}$

Trotz Verlegung der Bewehrungsgitter mit den unteren Rovingen in Tragrichtung wird die statische Nutzhöhe  $d$  gemäß DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. R6.1.1 (R3) vereinfacht und auf der sicheren Seite liegend angesetzt mit:

$$d = h - c_v - h_G/2 = 80 \text{ mm} - 18 \text{ mm} - 3,5 \text{ mm} / 2 = 60,25 \approx 60 \text{ mm}$$

Für dünne Bauteile ( $d \leq 70 \text{ mm}$ ) ist die statische Nutzhöhe  $d$  nach DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 2.3.4.1 (R2) beim Nachweis der Biegung auf  $d_{\text{eff}}$  abzumindern.

$$d_{\text{eff}} = (d - 4) / (66/70) = (60 - 4) / (66/70) = 59,4 \approx 59 \text{ mm}$$

## 3 Einwirkungen

### 3.1 Charakteristische Werte

Wichte Carbonbeton:  $\gamma = 24,0 \text{ kN/m}^3$

Eigengewicht:  $g_k = 0,08 \times 24,0 = 1,92 \text{ kN/m}^2$

Nutzlasten:  $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$

$Q_k = 2,0 \text{ kN}$  (Einzellast auf einer Fläche von  $50 \times 50 \text{ mm}$ )

Es wird eine Nutzung ohne zusätzlichen Aufbau angenommen, sodass als Eigenlast ausschließlich das Eigengewicht der Betonplatte berücksichtigt wird. Die Nutzlasten werden gemäß DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12 angesetzt. Transport- und Montagezustände, Aussteifung, ergänzende Nutzlasten (z. B. Wind, Temperatur), sowie außergewöhnliche Einwirkungen wie z.B. Erdbeben sind nicht Gegenstand dieses Bemessungsbeispiels.

### 3.2 Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Teilsicherheitsbeiwerte gemäß des Anhangs der DIN EN 1990

Einwirkung	Günstig	Ungünstig
ständig	$\gamma_{G,\text{inf}} = 1,0$	$\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35$
veränderlich	$\gamma_{Q,\text{inf}} = 0,0$	$\gamma_{Q,\text{sup}} = 1,5$

## 4 Schnittgrößenermittlung

### 4.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit

Ermittlung und Darstellung der Schnittgrößen - kurze Erläuterung:

- Biegemoment  $m_x$  (für Beurteilung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit erforderlich)
- Querkraft  $q_y$  (für Beurteilung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit erforderlich)

Anschließend werden die maßgebenden Bemessungsschnittgrößen wie folgt angegeben:

Grenzzustand der Tragfähigkeit (Grundkombination):

$$E_d = E[\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_P \cdot P_k \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}]$$

Maßgebende Lastfälle:

Lastfall 1:  $g_d + q_d$

$$\max m_{Ed} = (1,35 \times 1,92 + 1,50 \times 4,0) \times 2,25^2 / 8 = 5,44 \text{ kNm/m}$$

$$\max v_{Ed} = (1,35 \times 1,92 + 1,50 \times 4,00) \times 2,25 / 2 = 9,67 \text{ kN/m}$$

Lastfall 2:  $g_d + Q_d$  (Laststellung II)

Für den Querkraftnachweis wird die Einzellast im Abstand  $2 \times d = 120 \text{ mm}$  zum Auflagerrand angesetzt. Die Laststellung der Einzellast direkt am freien Plattenrand ist in diesem Fall durch die örtlichen Randumstände (bedingt durch Balkonbrüstung und Geländer) nicht möglich, wodurch eine Lastausbreitung in beide Richtungen möglich ist. Die Verteilbreite der Querkraft wird angesetzt mit:

$$t_{y,M} = 50 \text{ mm} + 2 \times 40 \text{ mm} = 130 \text{ mm}$$

$$\max v_{Ed} = 1,35 \times 1,92 \times 2,25/2 + 1,50 \times 2,0 \times 1/0,13 \times (2,13/2,25) = 24,76 \text{ kN/m}$$

### 4.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Maßgebender Lastfall:

Lastfall 3:  $g_k + q_k$

$$m_{Ek} = (1,0 \times 1,92 + 1,0 \times 4,0) \times 2,25^2/8 = 3,75 \text{ kNm/m}$$

## 5 Bemessung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Es werden folgende Nachweise zur Sicherstellung der Tragfähigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) geführt:

- Nachweis der Biegetragfähigkeit (GZT)
- Nachweis der Querkrafttragfähigkeit (GZT)

### 5.1 Bemessungswerte der Baustoffe

#### 5.1.1 Teilsicherheitsbeiwerte

Beton (ständig und vorübergehend):  $\gamma_c = 1,5$   
Carbongitter (ständig und vorübergehend):  $\gamma_{nm} = 1,3$  (Biegezug)  
 $\gamma_b = 1,5$  (Verbund)

#### 5.1.2 Beton

Bemessungsdruckfestigkeit:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \cdot \frac{40}{1,5} = 22,7 \text{ N/mm}^2$$

#### 5.1.3 Carbongitter

Bemessungszugfestigkeit:

$$f_{nm,d} = \alpha_{nmt} \cdot \alpha_{Tt} \cdot \frac{f_{nm,k}}{\gamma_{nm}} = 0,83 \cdot 1,00 \cdot \frac{1200}{1,3} = 766 \text{ N/mm}^2$$

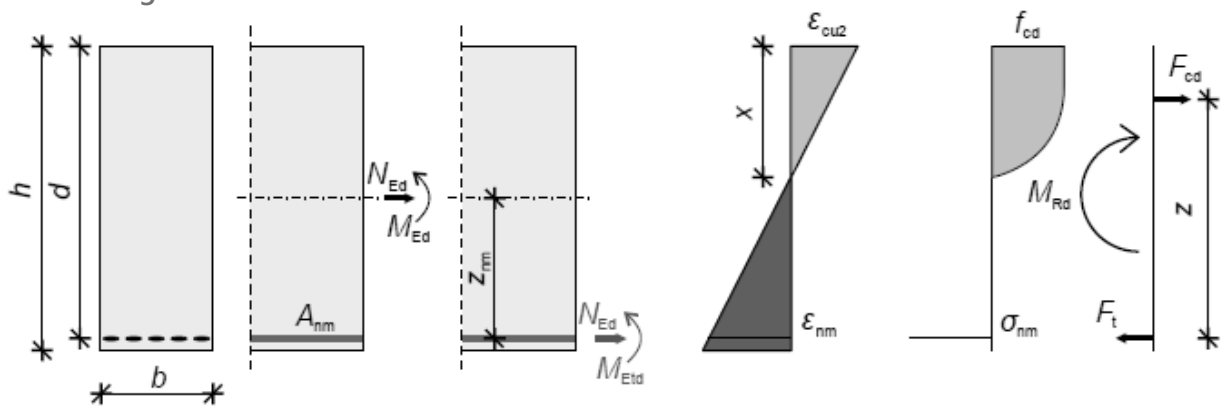
## 5.2 Nachweis der Biegetragfähigkeit

Die Ermittlung des aufnehmbaren Biegemoments erfolgt analog zum Stahlbeton durch eine iterative Variation der Dehnungsebene. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass die Bemessungsfestigkeiten an die leistungsfähigeren Carbonbewehrungen angepasst werden. Um den Berechnungsaufwand zu minimieren wird die iterative Berechnung mit Hilfe eines Excel-Tools durchgeführt

Um Ingenieurbüros bei der Bemessung mit solidian GRID zu unterstützen, stellen wir dieses Excel-Tool gerne kostenlos zur Verfügung. Bitte sprechen Sie uns an, um die neueste Version zu erhalten.

In Bild R6-3 der DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 6.1.2 sind die zulässigen Grenzen der Dehnungsverteilung dargestellt:

### Betonversagen



### Bewehrungsversagen

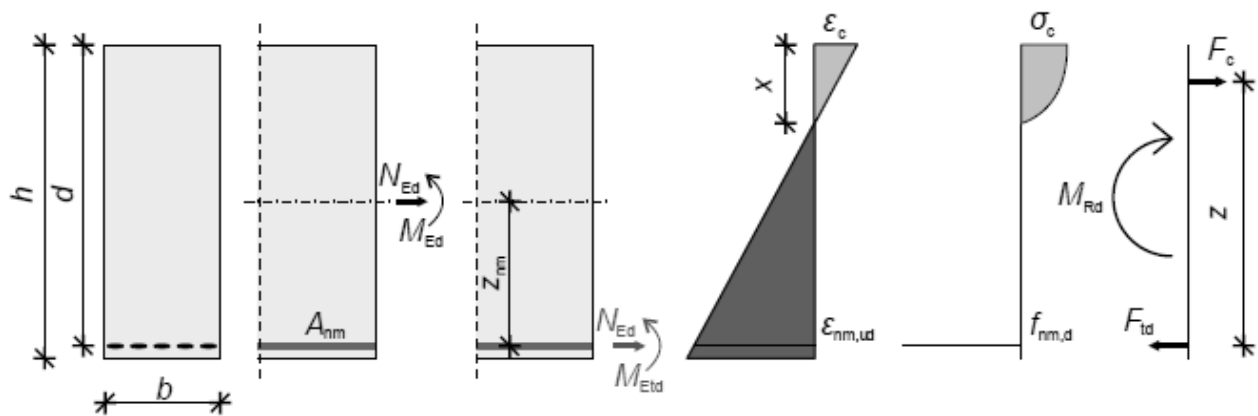


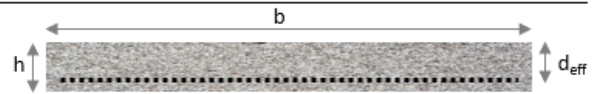
Bild R6-3: Grenzen der Dehnungsverteilung im GZT der DAfStb-Richtlinie, Teil 1



## Dimensionierung Bewehrung Feldmomente

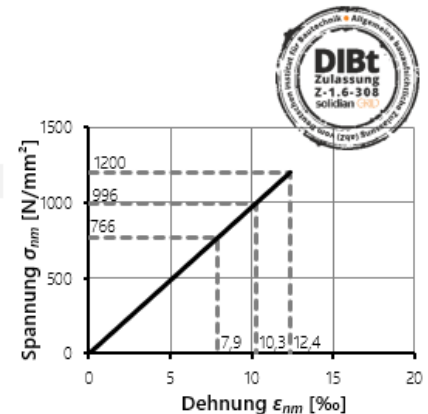
### Querschnitt

Breite	b =	1000	[mm]
Dicke	h =	80	[mm]
statische Nutzhöhe	d =	60	[mm]
statische Nutzhöhe effektiv	d <sub>eff</sub> =	59,4	[mm]



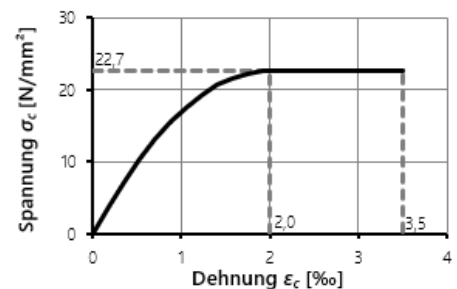
### Bewehrung nach abZ/aBG Z-1.6-308

solidian GRID	Q71-C-EP-s51-F207	(Bewehrungsgitter nach abZ/aBG Z-1.6-308)
Richtung	Querrichtung	
Nennquerschnitt / Strang	A <sub>nm</sub> = 8,8	[mm <sup>2</sup> ]
Nennquerschnittsfläche / m	a <sub>nm</sub> = 173	[mm <sup>2</sup> /m]
Char. Kurzzeit-Zugfestigkeit	f <sub>nm,k</sub> = 1.200	[N/mm <sup>2</sup> ]
Beiwert Dauerhaftigkeit	α <sub>nm,t</sub> = 0,83	[-]
Beiwert Temperatur	α <sub>nm,t</sub> = 1,00	[-] für -20°C ≤ T ≤ 70°C
Char. Langzeit-Zugfestigkeit	f <sub>nm,k 100a</sub> = 996	[N/mm <sup>2</sup> ]
Bemessungswert der Zugspannung	f <sub>nm,d</sub> = 766	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elastizitätsmodul	E <sub>nm,m</sub> = 97.000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Char. Bruchdehnung	ε <sub>nm,uk</sub> = 12,4	[‰]
Char. Bruchdehnung (Langzeit)	ε <sub>nm,uk 100a</sub> = 10,3	[‰]
Bemessungswert Bruchdehnung	ε <sub>nm,ud</sub> = 7,9	[‰]



### Beton nach DIN EN 1992-1-1:2011-01

Bezeichnung	C40/50	(Betonfestigkeitsklasse verwendbar nach abZ/aBG Z-1.6-308, Abs. 1)
Druckfestigkeit	f <sub>cm</sub> = 48	[N/mm <sup>2</sup> ]
	f <sub>ck</sub> = 40	[N/mm <sup>2</sup> ]
	f <sub>cd</sub> = 22,7	[N/mm <sup>2</sup> ]
Zugfestigkeit	f <sub>ctm</sub> = 3,5	[N/mm <sup>2</sup> ]
Bruchdehnung	ε <sub>c2</sub> = 2,0	[‰]
	ε <sub>cu2</sub> = 3,5	[‰]
Exponent	n = 2,00	[-]



### Biegetragfähigkeit nach DAfStb-Richtlinie "Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung", Ausgabe Januar 2024

Betonstauchung	ε <sub>c</sub> =	1,6	[‰]
Bewehrungsdehnung	ε <sub>nm</sub> =	7,9	[‰]
Betondruckkraft	F <sub>c</sub> =	132,5	[kN]
Bewehrungszugkraft	F <sub>nm</sub> =	132,5	[kN]
Summe Horizontalkräfte	ΣH =	0	[kN]
Druckzonenhöhe	x =	10,0	[mm]
Lage Betondruckkraft	a =	3,6	[mm]
Hebelarm der inneren Kräfte	z =	55,8	[mm]
Aufnehmbares Biegemoment	M <sub>R,d</sub> =	7,39	[kNm]
	m <sub>R,d</sub> =	7,39	[kNm/m]

Iteration Betonstauchung

Iteration Bewehrungsdehnung

### Nachweis der Biegetragfähigkeit:

$$\frac{m_{Ed}}{m_{Rd}} = \frac{5,44}{7,39} = 0,74 < 1,0$$



### 5.3 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

Gemäß der DAfStb-Richtlinie, Teil1, Abs. 6.2.2 beträgt die Querkrafttragfähigkeit  $V_{Rd,c}$  von Bauteilen ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung (ohne Normalkraftbeanspruchung):

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot k_{\lambda} \cdot \left( 100 \cdot \rho_l \cdot \left( \frac{E_{nml}}{E_s} \right) \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d$$

Mit:

- Vorfaktor zur Berechnung der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung:  $C_{Rd,c} = \frac{0,155}{1,5}$
- Beiwert für den Einfluss der statischen Nutzhöhe:  $k = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{d}{200}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{60}{200}}} = 0,877$
- Längsbewehrungsgrad:  $\rho_l = \frac{A_{nm}}{b_w \cdot d} = \frac{173}{1000 \cdot 60} = 0,00288 \leq 0,02$
- Schubslankheit bei maßgebender Einzellast auf Einfeldträger:  $\lambda = \frac{(a-d)}{d} = \frac{215-60}{60} = 2,583$   
mit Abstand Lastachse zu Lagerachse:  $a = 25 + 120 + 70 = 215 \text{ mm}$
- Schubslankheitsfaktor:  $k_{\lambda} = 1 + 2,824 \cdot e^{\left( -\frac{\lambda}{4,538} \right)} = 1 + 2,824 \cdot e^{\left( -\frac{2,583}{4,538} \right)} = 2,598$
- E-Modul Betonstahl:  $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$

$$V_{Rd,c} = \left[ \frac{0,155}{1,5} \cdot 0,877 \cdot 2,598 \cdot \left( 100 \cdot 0,00288 \cdot \left( \frac{97.000}{200.000} \right) \cdot 40 \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 1.000 \cdot 60 = 25.066 \text{ N} = 25,0 \text{ kN}$$

Nachweis Querkrafttragfähigkeit:

$$\frac{v_{Ed}}{v_{Rd,c}} = \frac{24,78}{25,0} = 0,99 \leq 1 \quad \checkmark$$

## 6 Bemessung in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Es werden folgende Nachweise zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) geführt:

- Nachweis der Rissefreiheit
- Nachweis der Verformungsgrenzen (GZG)

### 6.1 Rissefreiheit

Nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, Abs. 3.1.8 kann die Biegezugfestigkeit wie folgt ermittelt werden:

$$f_{ctm,fl} = (1,6 - h/1000) \cdot f_{ctm} \geq f_{ctm}$$

$$f_{ctm,fl} = (1,6 - 80/1000) \cdot 3,5 = 5,32 \text{ N/mm}^2 > 3,5 \text{ N/mm}^2$$

$$m_{cr} = \frac{5,32 \cdot \frac{80^2}{6}}{1000} = 5,67 \text{ kNm/m} \quad (\text{für } t = 80 \text{ mm})$$

Auf der sicheren Seite wird die nachstehende Bewertung und Nachweisführung mit dem charakteristischen 5%-Quantilwert (30% Abminderung) vorgenommen. Basis für diese Abminderung sind vorhandene Versuchsergebnisse aus vergleichbaren Anwendungen.

$$m_{cr} = \frac{0,70 \cdot 5,32 \cdot \frac{80^2}{6}}{1000} = 3,97 \text{ kNm/m} \quad (\text{für } h = 80 \text{ mm})$$

Nachweis der Rissefreiheit

$$\frac{m_{Ek}}{m_{cr,0,05}} = \frac{3,75}{3,97} = 0,95 < 1 \quad \checkmark \quad \text{Die Platten sind im Gebrauchszustand rechnerisch ungerissen.}$$

### 6.2 Begrenzung der Verformung

Im nachstehenden Nachweis wird vorausgesetzt, dass die Plattenquerschnitte im GZG ungerissen sind. Somit können für die Verformung die vollen Querschnittswerte angesetzt werden. Die Bauteilmittendurchbiegung ergibt sich zu:

$$w_{\max} = \frac{5 \cdot q l^4}{384 \cdot EI} = \frac{5 \cdot 5,92 \cdot 2,25^4}{384 \cdot 35.000.000 \cdot \frac{1 \cdot 0,08^3}{12}} = 0,00132 \text{ m} = 1,32 \text{ mm}$$

Bei vorausgesetzten Grenzwerten von  $L/300$  im Feld ergeben sich folgende Grenzen und Ausnutzungen:

$$\text{Grenzwert}_{Feld} \frac{2.250}{300} = 7,50 \text{ mm}$$

Nachweis Ausnutzung:

$$\eta_{Feld} = \frac{1,32}{7,50} = 0,18 < 1 \quad \checkmark$$

## 7 Bewehrungsregeln

### 7.1 Verankerung am Endauflager

Gemäß DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 8.4.3 beträgt der erforderliche Grundwert der Verankerungslänge  $l_{b,rqd}$  zur Verankerung der Kraft  $A_{nm} \cdot f_{nm,d}$  eines Gitters unter Annahme einer konstanten Verbundspannung  $f_{bd}$ :

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing_{nm}}{4} \cdot \frac{f_{nm,d}}{f_{bd}}$$

Mit:

- Nenndurchmesser der nichtmetallischen Bewehrung:  $\varnothing_{nm} = 3,35 \text{ mm}$
- Ansetzbare char. Bewehrungsspannung im Verankerungsnachweis:  $\sigma_{nm,max,lb}$  hier  $f_{nm,k} = 1020 \text{ N/mm}^2$
- Charakteristische Kurzzeit-Verbundfestigkeit zur Verankerung:  $f_{bk} = 2,90 \text{ N/mm}^2$

Bemessungsspannung im Verankerungsnachweis:

$$f_{nm,d} = \alpha_{nmt} \cdot \alpha_{Tt} \cdot \frac{f_{nm,k}}{\gamma_{nm}} = 0,83 \cdot 1,0 \cdot \frac{1020}{1,3} = 651 \text{ N/mm}^2$$

Verbundspannung:

$$f_{bd} = \alpha_{nmb} \cdot \alpha_{Tb} \cdot \frac{f_{bk}}{\gamma_b} = 0,83 \cdot 1,0 \cdot \frac{2,90}{1,5} = 1,60 \text{ N/mm}^2$$

Erforderliche Grundwert der Verankerungslänge:

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing_{nm}}{4} \cdot \frac{f_{nm,d}}{f_{bd}} = \frac{3,35}{4} \cdot \frac{651}{1,60} = 340 \text{ mm}$$

Gemäß DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 8.4.4 beträgt der Bemessungswert der Verankerungslänge  $l_{bd}$ :

$$l_{bd} = \frac{a_{nm,erf}}{a_{nm,vorh}} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

Mit:

- $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$
- Mindestverankerungslänge:  $l_{b,min} = 76 \text{ mm}$

Die vorhandene Randzugkraft  $F_{Ed}$  in der Bewehrung wird mit dem Ansatz der Querkraft

$$V_{Ed} = 1,35 \times 1,92 \times 2,25/2 + 1,50 \times 2,0 \times 1/0,13 = 25,99 \text{ kN/m}$$

in Anlehnung an Laststellung II bei Lastfall 2 bestimmt:

$$F_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{a_1}{0,9 \cdot d} \geq \frac{V_{Ed}}{2} = 25,99 \cdot \frac{0,06}{0,9 \cdot 0,06} = 28,88 \text{ kN/m} \geq 13,0 \text{ kN/m}$$

Somit ergibt sich die erforderliche Bewehrung zur Aufnahme der Randzugkraft zu:

$$a_{nm,erf} = \frac{F_{Ed}}{f_{nm,d}} = \frac{28880}{651} = 44,4 \text{ mm}^2/m$$

Bemessungswert der Verankerungslänge:

$$l_{bd} = \frac{44,4 \text{ mm}^2/\text{m}}{173 \text{ mm}^2/\text{m}} \cdot 340 \text{ mm} = 87,3 \text{ mm}$$

Die vorhandene Auflagerlänge beträgt 140 mm abzüglich der stirnseitigen Betondeckung:

$$l_{b,vorh} = t - c_v = 140 \text{ mm} - 18 \text{ mm} = 122 \text{ mm} > l_{bd} = 87,3 \text{ mm} > l_{b,min} = 76 \text{ mm} \quad \checkmark$$

## 8 Konstruktive Durchbildung

### 8.1 Mindestbewehrung

Gemäß DAfStb-Richtlinie, Teil 1, 9.3.1.1 ist i.d.R. eine Mindestbewehrung  $A_{nm,min}$  vorzusehen. Diese wird für das Rissmoment  $M_{cr}$  mit dem Mittelwert der Betonzugfestigkeit  $f_{ctm}$  und der Bemessungsspannung der Bewehrung  $f_{nm,d}$  berechnet.

Rissmoment (unter Annahme von  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$  gemäß DAfStb-Richtlinie, Teil 1, Abs. 7.1 (2)):

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_u$$

$$M_{cr} = 3,5 \cdot \frac{100 \cdot 8^2}{6} \cdot 10^{-3} = 3,73 \text{ kNm/m}$$

In Anlehnung an das DAfStb-Heft 660, B-17 wird für  $z^{II}$  vereinfacht mit  $0,8 \cdot d$  (hier  $0,8 \cdot d_{eff}$ ) gerechnet.

$$a_{nm,min} = \frac{M_{cr}}{z^{II} \cdot f_{nm,d}}$$

$$a_{nm,min} = \frac{3,73 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 59 \cdot 766} = 103 \text{ mm}^2/\text{m} < 173 \text{ mm}^2/\text{m}$$

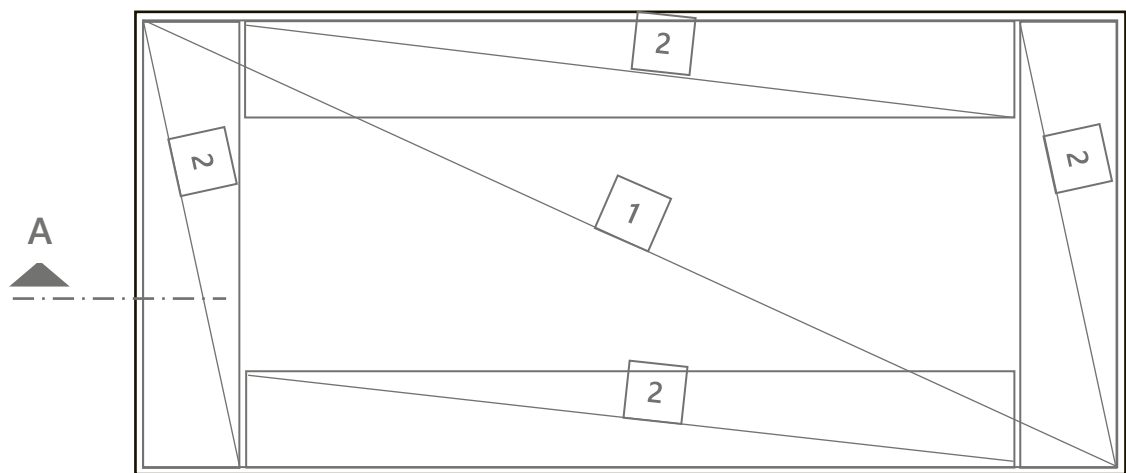
Da für die Nachweise im GZG nach DAfStb-Richtlinie, Teil 1, 7.1 (2) mit der Biegezugfestigkeit  $f_{ctm,fl} = 5,32 \text{ N/mm}^2$  (siehe Kapitel 6.1) gerechnet wurde, wird auch die Mindestbewehrung für das entsprechende Rissmoment berechnet.

$$M_{cr} = 5,32 \cdot \frac{100 \cdot 8^2}{6} \cdot 10^{-3} = 5,67 \text{ kNm/m}$$

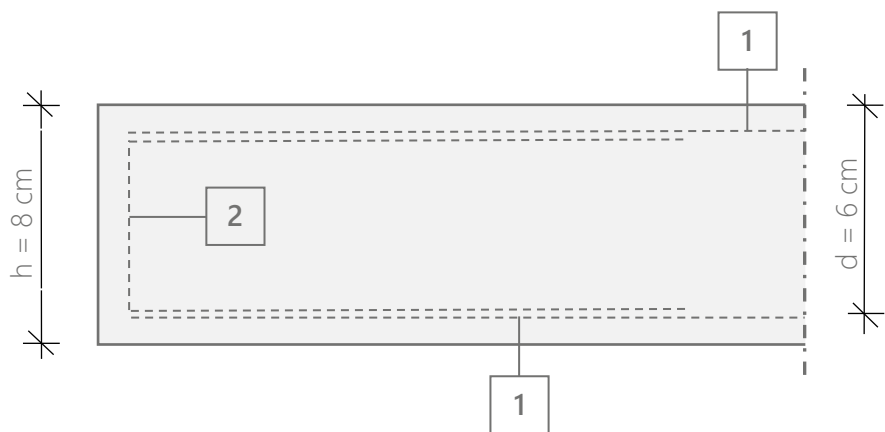
$$a_{nm,min} = \frac{5,67 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 59 \cdot 766} = 157 \text{ mm}^2/\text{m} < 173 \text{ mm}^2/\text{m} \quad \checkmark$$

9 Bewehrungsskizze



Obere (und untere) Lage und Randeinfassung (umlaufend)



Schnitt A  
Empfohlene konstruktive Randeinfassung (umlaufend)



Biegeliste

Pos.	Stk.	Biegeform (unmaßstäblich)	Bewehrungstyp
1	2		solidian GRID Q71-C-EP-s51-F207
2	2		solidian GRID Form Q71-CCE-51-U

## Änderungsliste

Version	Datum	Kommentar
1.0	01/2025	Erstveröffentlichung

**build solid.**



📍 Sigmaringer Straße 150  
72458 Albstadt  
☎️ +49 7431 103135  
✉️ [sales@solidian-kelteks.com](mailto:sales@solidian-kelteks.com)

Änderungen vorbehalten.  
Ausgabe: 01/2025

© 2025 solidian GmbH  
Alle Inhalte dieses Dokuments, insbesondere Texte  
und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das  
Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders  
gekennzeichnet, bei solidian GmbH.