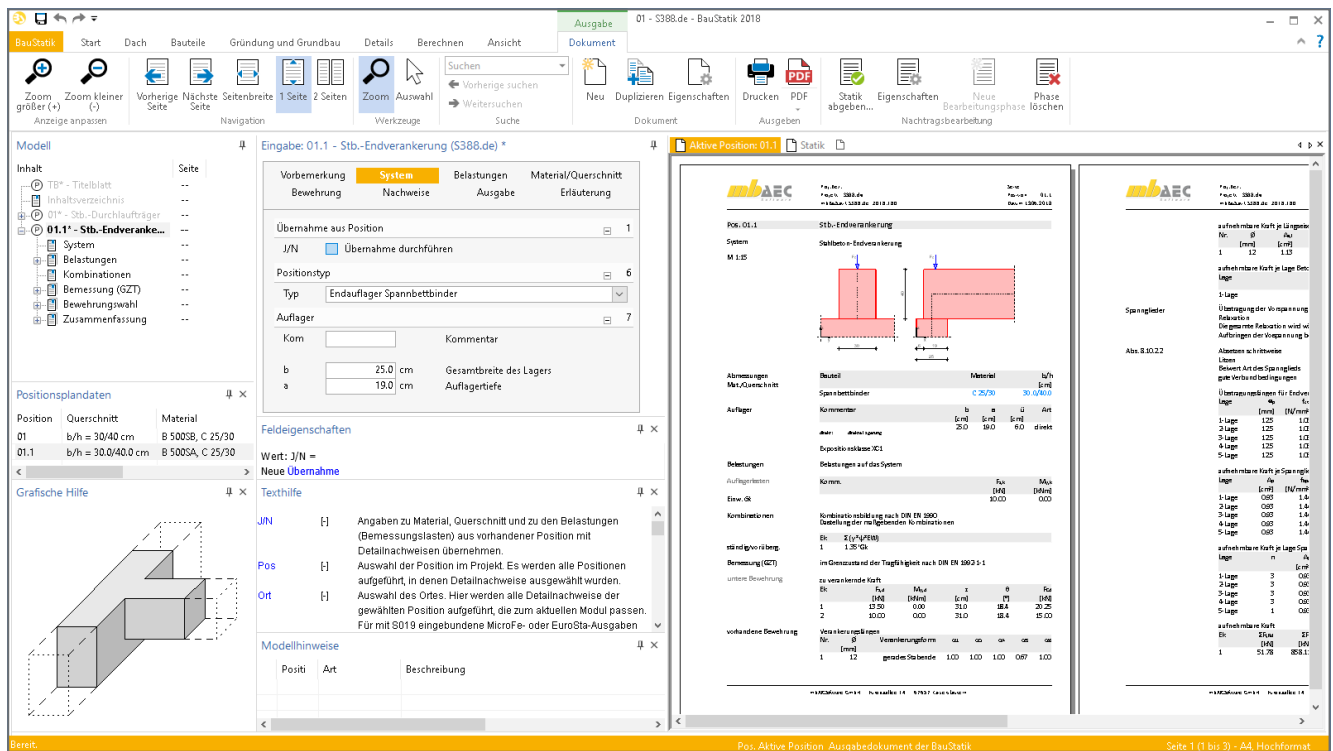


Dipl.-Ing. David Hübel

Endverankerung von Stahlbetonbalken und Spannbettbindern

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls
S388.de Stahlbeton-Endverankerung – EC 2, DIN EN 1992-1-1

Die Feldbewehrung von Stahlbetonbalken muss in den Endauflägern verankert werden. Gerade bei hochbelasteten Balkenbauteilen oder kurzen Auflagerlängen ist die vorhandene Bewehrung für die Endverankerung im Auflagerbereich oft nicht ausreichend. In solchen Fällen ist eine zusätzliche Bewehrung im Auflagerbereich erforderlich. Das Modul S388.de führt den Nachweis der Endverankerung im Auflagerbereich von Stahlbetonbalken und Spannbettbindern mit sofortigem Verbund.



Allgemeines

Die Längsbewehrung von Stahlbetonbalken bzw. Spannbettbindern muss im Auflagerbereich der Endaufläger verankert werden. Hierbei muss die vorhandene Bewehrung eine entsprechende Zugkraft im Auflagerbereich aufnehmen können.

Sollte die durch die vorhandene Bewehrung aufnehmbare Kraft nicht ausreichen, um die aufzunehmende Kraft zu erfassen, kann zusätzliche Bewehrung im Auflagerbereich angeordnet werden. Diese Zulage-Bewehrung kann in Form von liegenden Schlaufen und/oder Steckbügeln erfolgen.

System

Als Positionstypen stehen das Endauflager eines Stahlbetonbalkens sowie eines Spannbettbinders zur Auswahl. Die Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflägern eines Stahlbetonbalkens erfolgt nach DIN EN 1992-1-1; Abs. 9.2.1.4 [1]. Die vorhandene Feldbewehrung muss hierbei eine Zugkraft, welche in Abhängigkeit des Versatzmaßes a_1 ermittelt wird, aufnehmen können.

Die Verankerung der unteren Bewehrung am Endauflager eines Spannbettbinders mit sofortigem Verbund erfolgt nach DIN EN 1992-1-1; Abs. 8.10.2 [1]. Bei der Verankerung des Endauflägers eines Spannbettbinders muss eine Zugkraft, welche sich aus

den Schnittgrößen im Abstand x vom Auflager ergibt, durch die Bewehrung sowie die Spannglieder aufgenommen werden.

Das System wird durch die Vorgabe des Auflagers festgelegt. Das Auflager wird hierbei durch die Vorgabe einer Gesamtbreite sowie einer Auflagertiefe definiert (Bild 1).

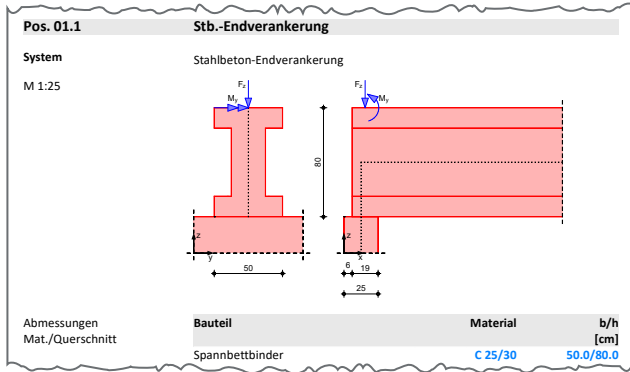


Bild 1. Ausgabe „System“

Material/Querschnitt

Alle Festigkeitsklassen von Normal- und Leichtbeton stehen als Material für die Stahlbetonbalken bzw. Spannbettbinder zur Verfügung.

Folgende Querschnittstypen stehen zur Auswahl:

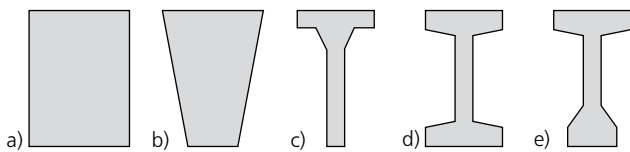


Bild 2. Querschnittstypen
 a) Rechteckquerschnitt
 b) Trapezquerschnitt
 c) T-Querschnitt
 d) I-Querschnitt (symmetrisch)
 e) I-Querschnitt (unsymmetrisch)

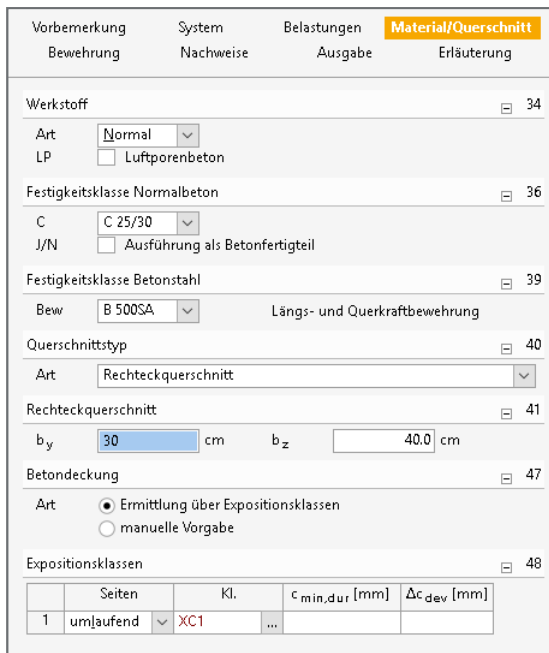


Bild 3. Eingabe „Material/Querschnitt“

Die Betondeckung kann wie gewohnt durch die programminterne Ermittlung über Expositionsklassen sowie durch die manuelle Vorgabe definiert werden (Bild 3).

Belastungen

Als Belastungen können für den Stahlbetonbalken vertikale Auflagerkräfte angesetzt werden. Der Lastangriff erfolgt im Bereich der Auflagerfläche des Stahlbetonbalkens (Bild 4). Beim Spannbettbinder können Schnittgrößen in der Entfernung x vom Bauteilende vorgegeben werden.

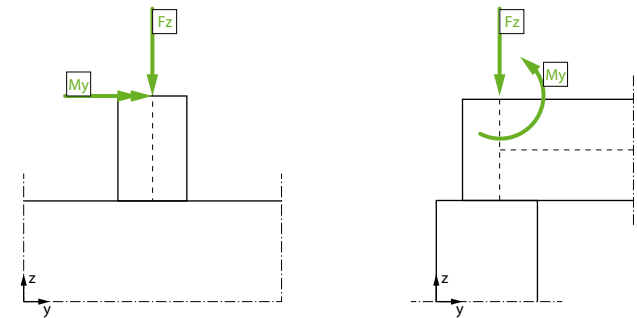


Bild 4. Belastung mit Lastangriff im Auflagerbereich

Bewehrung

Die Bewehrung im Endauflager eines Stahlbetonbalkens bzw. eines Spannbettbinders besteht aus einer Grundbewehrung, welche die vorhandene Bewehrung aus der Balkenbemessung darstellt, und einer ggf. vorhandenen zusätzlichen Bewehrung zur Verankerung im Endauflager.

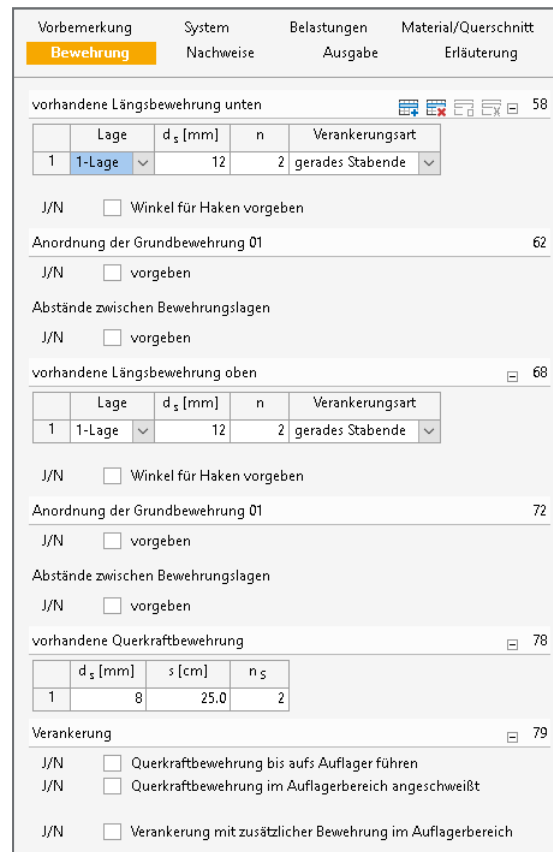


Bild 5. Eingabe „Bewehrung“

Beim Positionstyp Spannbettbinder kann neben der vorhandenen Grundbewehrung die Anordnung der Spannglieder vorgegeben werden.

Grundbewehrung

Die vorhandene Bewehrung im Stahlbetonbalken sowie im Spannbettbinder kann lagenweise vorgegeben werden. Jede Lage wird hierbei durch einen Bewehrungsdurchmesser und der Anzahl der Bewehrungsstäbe definiert. Zusätzlich kann für jede Lage die Verankerungsart der Bewehrungsstäbe gewählt werden. Hierbei kann zwischen der Verankerung mit geraden Stabenden, mit Haken und mit Schlaufen gewählt werden. Der Winkel der Haken wird standardmäßig mit 90° angenommen, kann vom Anwender jedoch auch manuell vorgegeben werden (Bild 5).

Neben dem Durchmesser und der Anzahl der Bewehrungsstäbe der einzelnen Lagen kann die Art der Anordnung der gewählten Bewehrung vorgegeben werden. Hierbei kann zwischen einer gleichmäßig über die Breite verteilten Bewehrung, einer Anordnung der Bewehrung in den Randbereichen oder einer mittig angeordneten Bewehrung gewählt werden (Bild 6).

Zusätzlich kann der Randabstand a_{li} und a_{re} der Bewehrungsstäbe einer Lage manuell vorgegeben werden. Wenn ein Randabstand manuell vorgegeben wird, werden die Bewehrungsstäbe gleichmäßig zwischen den Randabständen verteilt.

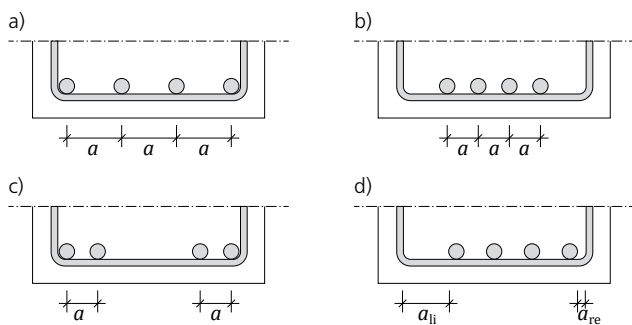


Bild 6. Anordnung der Grundbewehrung
 a) Bewehrung gleichmäßig über die Breite verteilt
 b) Bewehrung mittig angeordnet
 c) Bewehrung in den Randbereichen angeordnet
 d) Randabstände manuell vorgeben

Zusätzlich zum vertikalen Abstand der Bewehrungsstäbe innerhalb einer Lage kann der horizontale Abstand von Bewehrungslagen manuell vorgegeben werden.

Neben der vorhandenen Längsbewehrung kann eine Querkraftbewehrung in Form von Bügeln definiert werden. Die Querkraftbewehrung kann wahlweise bis auf das Auflager geführt werden sowie im Auflagerbereich angeschweißt werden.

Zusätzliche Bewehrung zur Verankerung

Neben der Grundbewehrung des Stahlbetonbalkens bzw. des Spannbettbinders kann eine zusätzliche Bewehrung für die Verankerung im Auflagerbereich berücksichtigt werden.

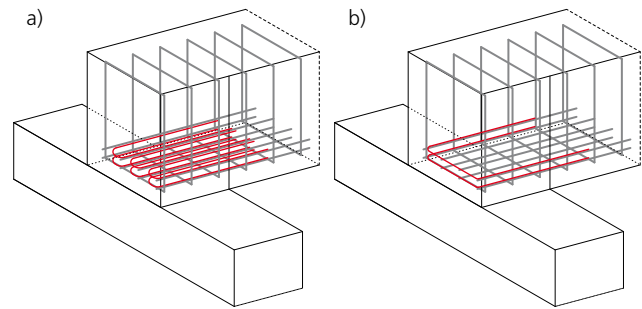


Bild 7. Zulagebewehrung
 a) Grundform „Schlaufen“
 b) Grundform „Steckbügel“

Die zusätzliche Bewehrung im Auflagerbereich besteht aus einer zu wählenden Grundform. Zur Auswahl stehen Schlaufen oder Steckbügel (Bild 7). Die Grundform der zusätzlichen Bewehrung kann manuell festgelegt werden oder automatisch vom Programm gewählt werden.

Zusätzlich kann gewählt werden, ob die zusätzliche Bewehrung in der Lage der Grundbewehrung oder über der Lage der Grundbewehrung angeordnet wird (Bild 8).

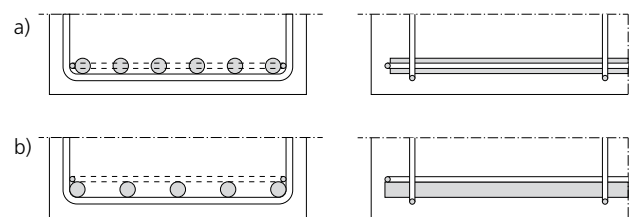


Bild 8. Anordnung Steckbügel
 a) Steckbügel in Bewehrungslage
 b) Steckbügel über Bewehrungslage

Die Anordnung der Zulagebiegeformen wird programmintern unter Beachtung der vorhandenen Bewehrung und den Abständen der einzelnen Bewehrungsstäbe vorgenommen. Die zusätzlichen Schlaufen können je nach Anordnung der Grundbewehrung zwischen den vorhandenen Bewehrungsstäben oder einem Bewehrungsstabe zugeordnet angeordnet werden (Bild 9).

Die Anordnung der Zulagebewehrung erfolgt programmintern. Die Anordnung der zusätzlichen Bewehrung erfolgt unter Beachtung der Vorgaben des Anwenders für die Bewehrungsanordnung sowie die nach DIN EN 1992-1-1 erforderlicher Stababstände (Bild 10). Die Zulagebewehrung muss hierbei mit der vorhandenen Bewehrung im Feldbereich des Stahlbetonbalkens bzw. des Spannbettbinders übergreifen.

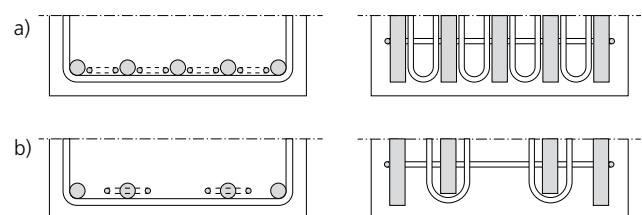


Bild 9. Anordnung Schlaufen
 a) zwischen vorhandener Bewehrung
 b) einem vorhandenen Bewehrungsstabe zugeordnet

Die Zulagebewehrung kann getrennt für die obere und untere Grundbewehrung gewählt werden. Die Art der Anordnung der Zulagebewehrung kann getrennt für jede als Grundbewehrung definierte Lage definiert werden.

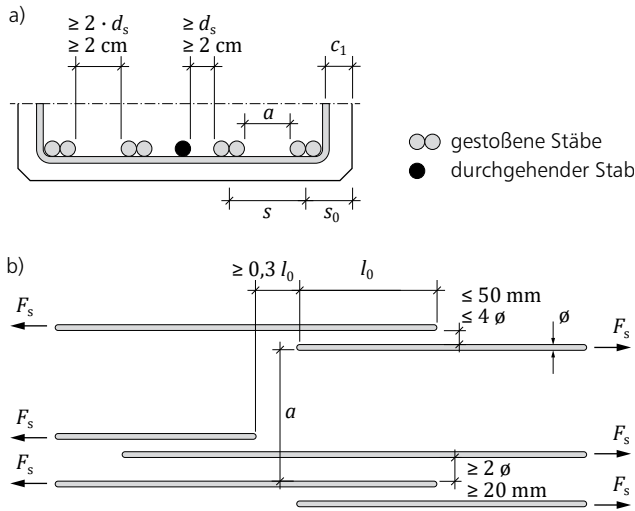


Bild 10. Abstandregeln gestoßene Stäbe DIN EN 1992-1-1
 a) Benachbarte Stöße DIN EN 1992-1-1: Bild 9.7
 b) Gestoßene Stäbe [3]

Nachweise

Die zu verankernde Kraft muss für eine ausreichende Verankerung des Stahlbetonbalkens oder des Spannbettbinders im Auflagerbereich von der vorhandenen Bewehrung aufgenommen werden können.

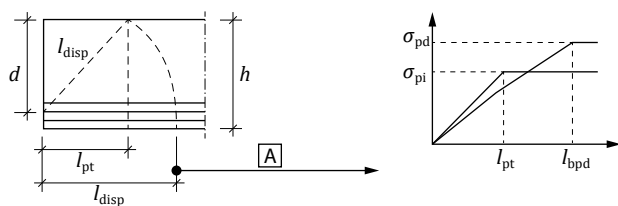
Die durch die vorhandene Bewehrung aufzunehmende Kraft ergibt sich beim Stahlbetonbalken unter Beachtung des Versatzmaßes α_1 .

Die zu verankernde Zugkraft im Auflagerbereich:

$$\frac{M_{max}}{z} \geq F_{Ed} = |V_{Ed}| \cdot \frac{\alpha_1}{z} \geq 0,5 \cdot V_{Ed}$$

$$\alpha_1 = \frac{z \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)}{2}$$

Die zu verankernde Kraft bei der Endverankerung von Spannbettbindern ergibt ist durch die Schnittgrößen im Abstand x vom Bauteilende. Der maßgebende Abstand ergibt sich aus der Eintragungslänge l_{disp} , über die die Betonspannungen schrittweise in einen linearen Verlauf über den Betonquerschnitt übergehen (Bild 11).



A Lineare Spannungsverteilung im Bauteilquerschnitt

Bild 11. Übertragung der Vorspannung bei Bauteilen aus Spannbeton [1]

Die zu verankernde Zugkraft in der Entfernung x vom Bauteilende wird wie folgt ermittelt:

$$F_{Ed} = \frac{M_{Ed}(x)}{z} + 0,5 \cdot V_{Ed}(x) \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)$$

mit

- $M_{Ed}(x)$ Bemessungswert des aufzunehmenden Biegemoments an der Stelle x
- $V_{Ed}(x)$ Bemessungswert der zugehörigen aufzunehmenden Querkraft an der Stelle x

Die maßgebende Stelle in der Entfernung x vom Auflager ist wie folgt zu ermitteln:

$$x = l_{disp} = \sqrt{l_{pt}^2 \cdot d^2}$$

Die von der Bewehrung aufnehmbare Kraft wird unter Berücksichtigung des jeweiligen Durchmessers, dem Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$ sowie den Beiwerten $\alpha_1, \alpha_3, \alpha_4$ und α_5 ermittelt.

Aufnehmbare Zugkraft der Längsbewehrung

$$F_L = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot \frac{l_{bd,vorh}}{l_{bd,erf}}$$

mit

- $l_{bd,vorh}$ vorhandene Verankerungslänge im Auflagerbereich
- $l_{b,erf} = \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$
- $l_{b,rqd} = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

- $\eta_1 = 1,0$ bei „guten“ Verbundbedingungen
- $\eta_1 = 1,0$ für $\phi \leq 32\text{mm}$
- $\eta_1 = (132 - \phi) / 100$ für $\phi \geq 32\text{mm}$

Sollte die aufzunehmende Kraft die aufnehmbare Kraft übersteigen, wird zusätzliche Bewehrung im Auflagerbereich angeordnet.

Bemessung (GZT)		im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1						
untere Bewehrung		zu verankernde Kraft						
Ek	F_{Ed} [kN]	$M_{y,d}$ [kNm]	z [cm]	θ [°]	F_{Ed} [kN]			
1	405.00	101.25	31.0	35.0	289.68			
2	300.00	75.00	31.0	33.1	230.05			
vorhandene Bewehrung		Verankerungslängen						
Nr.	ϕ [mm]	Verankerungsform	α_1	α_3	α_4	α_5	α_6	
1	20	gerades Stabende	1.00	1.00	1.00	0.67	1.40	
2	20	gerades Stabende	1.00	1.00	1.00	0.67	1.40	
3	16	Winkelhaken	0.70	1.00	1.00	0.67	1.40	
aufnehmbare Kraft je Längsreifen		Nr.	ϕ [mm]	$A_{s,i}$ [cm²]	$l_{bd,vorh}$ [cm]	$l_{b,rqd}$ [cm]	l_{bd} [cm]	$F_{i,Rd}$ [kN]
1	20	3.14	17.0	80.7	53.8	43.15	43.15	
2	20	3.14	17.0	80.7	53.8	43.15	43.15	
3	16	2.01	17.0	64.6	30.1	49.32	49.32	
aufnehmbare Kraft je Lage		Lage	$\Sigma A_{s,i}$ [cm²]			$F_{i,Rd}$ [kN]		
1-Lage			15.71			215.75		
2-Lage			9.42			129.45		
3-Lage			4.02			98.63		
aufnehmbare Kraft		Ek	$\Sigma F_{i,Rd}$ [kN]	F_{Ed} [kN]	F_{Rd} [kN]	η [-]		
1			443.84	289.68	443.84	0.65		

Bild 12. Ausgabe „Bemessung – vorhandene Bewehrung“

Die Nachweise werden im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt. Wahlweise kann die Endverankerung neben der Verankerung der unteren Bewehrung auch für die obere Bewehrung nachgewiesen werden.

Der Nachweis der oberen Bewehrung erfolgt unter Ansatz der entsprechenden erforderlichen Bewehrung am oberen Rand des Stahlbetonbalkens bzw. des Spannbettbinders. Die erforderliche Bewehrung kann vom Anwender manuell vorgegeben werden.

zusätzl. Bewehrung							
Verankerungslängen							
Nr.	Ø [mm]	Verankerungsform	α1	α3	α4	α5	α6
1	10	Schlaufen	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00
aufnehmbare Kraft je Zulageisen							
Nr.	Ø [mm]	A _{s,s} [cm ²]	l _{bd,vorh} [cm]	l _{bd,reqd} [cm]	l _{bd} [cm]	F _{s,Rd} [kN]	
1	10	0.79	17.0	40.4	26.9	21.58	
aufnehmbare Kraft je Lage							
Lage	ΣA _{s,s} [cm ²]			F _{s,Rd} [kN]			
1-Lage	1.57			43.15			
2-Lage	1.57			43.15			
3-Lage	1.57			43.15			
aufnehmbare Kraft							
Ek	ΣF _{i,Rd} [kN]	ΣF _{s,Rd} [kN]	F _{Ed} [kN]	F _{Rd} [kN]	η [-]		
1	443.84	129.45	488.43	573.29	0.85		

Bild 13. Ausgabe zusätzliche Bewehrung

Bewehrungswahl

Im Rahmen der Bemessung erfolgt die Bewehrungswahl bzw. ein Bewehrungsvorschlag der erforderlichen Bewehrung zur Sicherstellung der Verankerung im Auflagerbereich des Endauflagers. Die erforderliche Bewehrung wird falls gewünscht tabellarisch und/oder grafisch ausgegeben.

Bewehrungswahl

Grafik M 1:12

untere Längsbewehrung						
vorhandene Bewehrung						
gew.	A _s [cm ²]	a [cm]	l _{bd} [cm]	Verankerungsform	Lage	
4Ø20	12.57	22.0	53.8	gerades Stabende	1-Lage	
4Ø16	8.04	22.0	43.0	gerades Stabende	2-Lage	
3Ø16	6.03	22.0	30.1	Winkelhaken	3-Lage	
zusätzliche Bewehrung						
gew.	A _s [cm ²]	a [cm]	l _{bd} [cm]	l _o [cm]	Verankerungsform	Lage
2Ø10	1.57	22.0	53.8	113.0	Steckbügel	in 1-Lage
2Ø10	1.57	22.0	43.0	90.4	Steckbügel	in 2-Lage
obere Längsbewehrung						
vorhandene Bewehrung						
gew.	A _s [cm ²]	a [cm]	l _{bd} [cm]	Verankerungsform	Lage	
4Ø20	12.57	22.0	20.0	gerades Stabende	1-Lage	
4Ø14	6.16	22.0	14.0	gerades Stabende	2-Lage	
Querkraftbewehrung (Bügel) im Auflagerbereich						
gew.	ds,80 [mm]		Schn.	a _w [cm ² /m]		
3 Bügel Ø 8	8		2	3.02		

Die Querkraftbewehrung wird bis auf das Auflager geführt.

Bild 14. Ausgabe „Bewehrungswahl“

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Bemessung zur Verfügung gestellt. Der Anwender erhält eine detaillierte Skizze des Auflagerbereiches mit der gegebenenfalls erforderlichen zusätzlichen Bewehrung unter Beachtung der vorhandenen Bewehrung.

Dipl.-Ing. David Hübel
 mb AEC Software GmbH
 mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1991-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010.
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken – Teil 11: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.: Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Verbund, Verankerungen, Stöße – Arbeitsblatt 7; Ausgabe 2012-06.

Preise und Angebote

S388.de Stahlbeton-Endverankerung **390,- EUR**
 – EC 2, DIN EN 1992-1-1
 Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5er-Paket **990,- EUR**
 bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl*

BauStatik 10er-Paket **1.690,- EUR**
 bestehend aus 10 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl*

* ausgenommen S012, S018, S030, S928, S141.de, S261.de, S410.de, S411.de, S414.de, S630.de, S853.de

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Juli 2018

Unterstützte Betriebssysteme: Windows 7 (64) / Windows 8 (64) / Windows 10 (64)