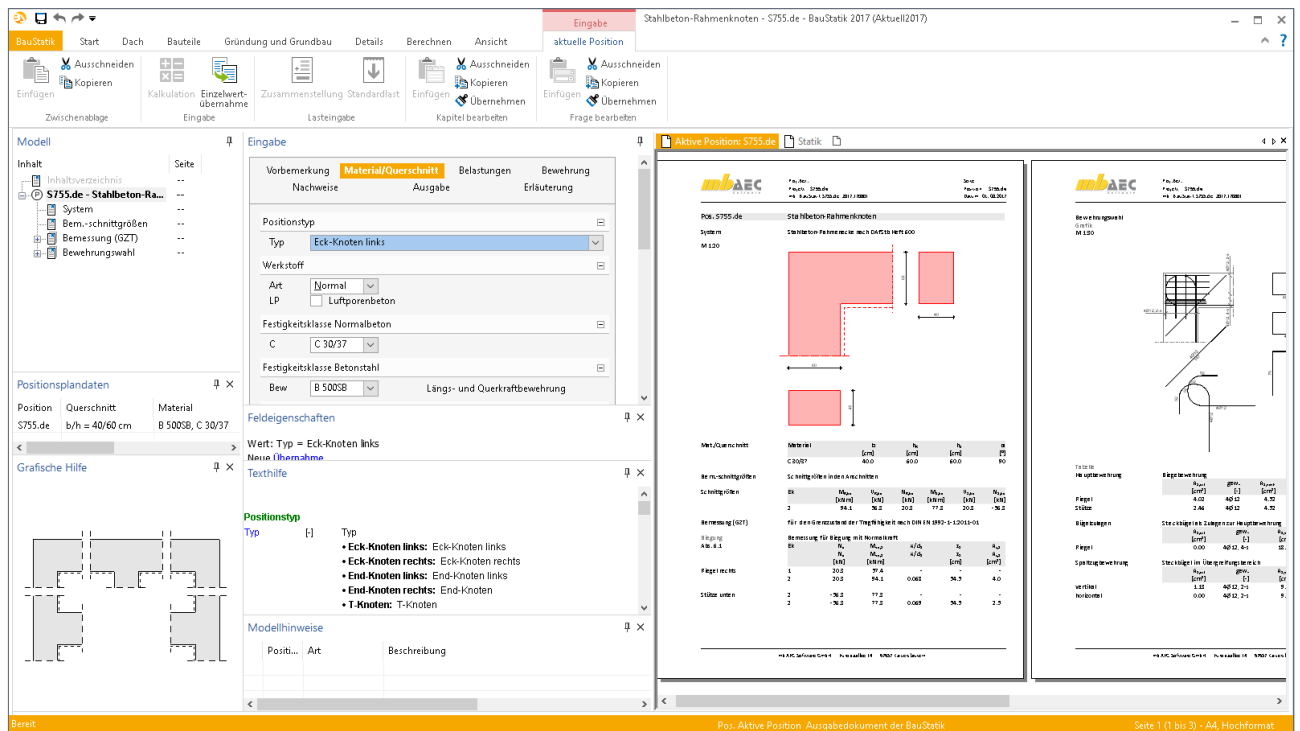


Dipl.-Ing. Sascha Heuß

Konstruktion von biegesteifen Rahmenknoten

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S755.de Stahlbeton-Rahmenknoten

In Rahmenknoten herrscht ein komplexer Spannungszustand, der durch die kombinierte Beanspruchung aus Normalkraft, Querkraft und Moment hervorgerufen wird. Daher kommt der konstruktiven Ausbildung dieser Detailbereiche eine besondere Bedeutung zu. Das Modul S755.de behandelt die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Rahmeneck-, Rahmenend- und T-Knoten.



Material/Querschnitt

Voraussetzungen

Mit dem BauStatik-Modul S755.de erfolgt die Bemessung von Stahlbeton-Rahmenknoten als Verbindung von Stützen und Riegeln, die mit gleicher Querschnittsbreite und Betongüte hergestellt werden. Die Höhen von Riegel und Stütze können in der Bemessungsebene variieren. Der Winkel zwischen Stütze und Riegel ist beliebig.

Knotentypen

Das Modul behandelt folgende Knotentypen:

- Eckknoten
- Endknoten
- T-Knoten

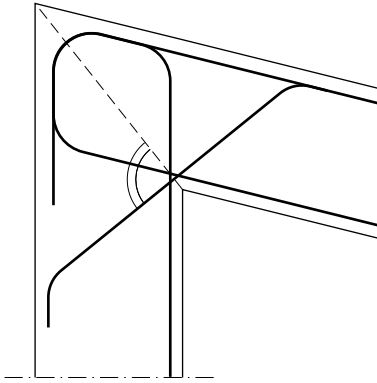


Bild 1. Bewehrungsführung bei einer Rahmenecke mit spitzem Winkel

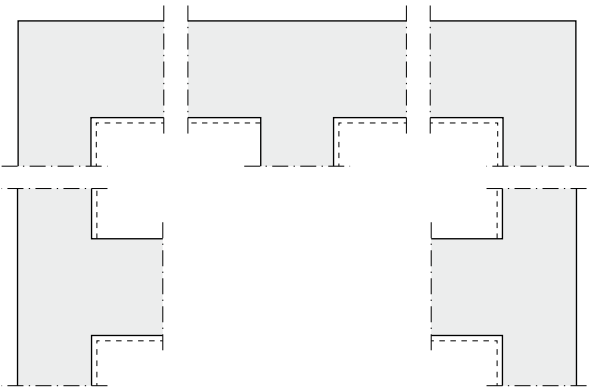


Bild 2. Knotentypen im Modul S755.de

Um die Eingabe und Umrechnung der Schnittgrößen zu vereinfachen, werden die End- und Eckknoten jeweils als rechter und linker Knoten zur Auswahl angeboten.

Als Werkstoffe stehen Normal- und Leichtbetone entsprechend EC 2 [1] zur Verfügung. Die Betondeckungen und Achsabstände der Bewehrung können wahlweise automatisch über die Expositionsclassen oder manuell definiert werden.

Belastungen

Riegelschnittgrößen

Die Definition der Belastungen erfolgt durch Vorgabe der Riegelschnittgrößen im Knoten. Die Bemessungsschnittgrößen an den maßgebenden Stellen in der Stütze und im Riegel werden durch das Modul S755.de automatisch ermittelt.

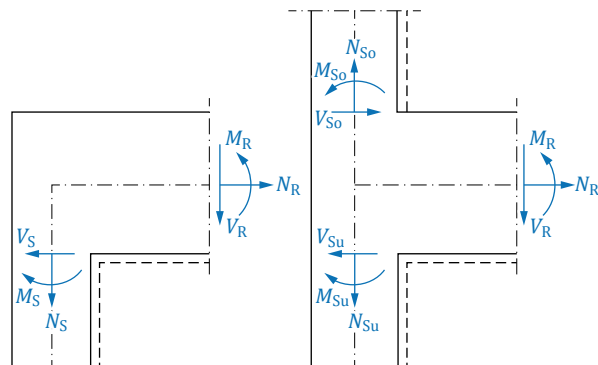


Bild 3. Vorzeichendefinition Schnittgrößen im Eck- und Endknoten

Knotenbelastungen

Äußere, im Knoten angreifende Lasten können ebenfalls vorgegeben werden und werden bei der Umrechnung der Schnittgrößen an den maßgebenden Stellen ebenfalls berücksichtigt.

Schnittgrößen

Eckknoten

Für die Bemessung der Biegezugbewehrung werden die Schnittgrößen im Riegel- und Stützenanschnitt berechnet. Damit ergeben sich exemplarisch für den linken Eckknoten folgende Bemessungsmomente:

$$M_{R,bem} = M_R + V_R \cdot 0,5 \cdot h_S$$

$$M_{S,bem} = M_R - N_R \cdot 0,5 \cdot h_R$$

mit

$M_{R,bem}$ Bemessungsmoment Riegel an der maßgebenden Stelle

$M_{S,bem}$ Bemessungsmoment Stütze an der maßgebenden Stelle

M_R Riegemoment im Knoten

V_R Riegelquerkraft im Knoten

N_R Riegnormalkraft im Knoten

h_R Querschnittshöhe Riegel

h_S Querschnittshöhe Stütze

Endknoten

Die Bemessung erfolgt für die Riegel im Abstand $0,3h$ von der Schwerachse der Stütze. Die Bemessung der Stütze erfolgt in Höhe der Riegelbewehrung.

Damit ergeben sich exemplarisch für den linken Endknoten folgende Bemessungsmomente:

$$M_{R,bem} = M_R + V_R \cdot 0,3 \cdot h_S$$

$$M_{So,bem} = M_{So} + \left(\frac{h_R}{2} - d'_{Ro} \right) \cdot V_{So}$$

$$M_{Su,bem} = M_{Su} - \left(\frac{h_R}{2} - d'_{Ru} \right) \cdot V_{Su}$$

mit

$M_{R,bem}$ Bemessungsmoment Riegel an der maßgebenden Stelle

$M_{So,bem}$ Bemessungsmoment obere Stütze an der maßgebenden Stelle

$M_{Su,bem}$ Bemessungsmoment untere Stütze an der maßgebenden Stelle

M_R Riegemoment im Knoten

V_R Riegelquerkraft im Knoten

V_{So} obere Stützenquerkraft im Knoten

V_{Su} untere Stützenquerkraft im Knoten

h_R Querschnittshöhe Riegel

h_S Querschnittshöhe Stütze

d'_{Ro} Achsabstand der oberen Riegelbewehrung

d'_{Ru} Achsabstand der unteren Riegelbewehrung

T-Knoten

Die maßgebenden Stellen sind analog den Endknoten, wobei die Angaben für Riegel und Stütze zu tauschen sind.

Nachweise

Hauptbewehrung / Biegezugbewehrung

Die Bemessung erfolgt für Biegung mit Normalkraft an den im Kapitel „Schnittgrößen“ angegebenen maßgebenden Stellen.

Verankerung / Übergreifung

Die ordnungsgemäße Verankerung der Hauptbewehrung im Knoten ist ein wesentlicher Bestandteil des Leistungsumfangs des Moduls S755.de. Details hierzu können dem Kapitel „Bewehrung“ entnommen werden.

Spaltzugbewehrung im Knoten

Bei Eckknoten wird eine Spaltzugbewehrung angeordnet, die in der Lage ist die Zugkraft aus dem Riegel zurückzuhängen. D.h. die Summe der Bügelquerschnitte entspricht der Riegelzugkraft im Knoten [3].

Querkraft im Knoten

Bei End- und T-Knoten ist im Knoten ein gesonderter Querkraftnachweis nach [4] zu führen. Es wird dabei zwischen Knoten mit und ohne Querkraftbewehrung unterschieden. Im Folgenden werden die Berechnungsgrundlagen exemplarisch für einen linken Endknoten angegeben:

Querkraft im Knoten

$$M_R \leq 0: V_{j,Ed} = V_{So} + F_{S,Ro}$$

$$M_R > 0: V_{j,Ed} = V_{Su} - F_{S,Ru}$$

mit

$F_{S,Ro}$ Zugkraft in der oberen Riegelbewehrung
 $F_{S,Ru}$ Zugkraft in der unteren Riegelbewehrung

Knotentragfähigkeit ohne Bügel

$$V_{j,cd} = 1,4 \cdot \left(1,2 - 0,3 \cdot \frac{h_R}{h_S} \right) \cdot b_{eff} \cdot h_S \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\gamma_c} \right)^{1/4}$$

mit

$$1 \leq \frac{h_R}{h_S} \leq 2$$

$$b_{eff} = \frac{b_S + b_R}{2} \leq b_S$$

Knotentragfähigkeit mit Bügeln

$$V_{rd,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot V_{j,cd} \\ 0,25 \cdot \gamma_N \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot b_{eff} \cdot h_S \end{array} \right.$$

mit

$$\gamma_N = \gamma_{N1} \cdot \gamma_{N2}$$

$$\gamma_{N1} = 1,5 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{So,d}}{A_{c,S} \cdot f_{ck}} \right) \leq 1$$

$$\gamma_{N2} = 1,9 - 0,6 \cdot \frac{h_R}{h_S} \leq 1$$

$N_{So,d}$ Stützennormalkraft in der quasi-ständigen Kombination (Druck < 0!)
 $A_{c,S}$ Beton-Querschnittfläche der Stütze

Erforderlicher Bügelquerschnitt

$$A_{Sj,erf} = \frac{V_{j,Ed} - V_{j,cd}}{0,4 \cdot f_{yd}}$$

Bewehrungswahl

Allgemeines

Die Bewehrungsführung orientiert sich an den in der Literatur angegebenen Vorschlägen. Insbesondere sei auf die Hefte 532 [4] und 600 [3] des Deutschen Ausschusses für Stahlbetonbau hingewiesen. Grundlegende Hinweise sind auch bei Kordina [6] zu finden.

Grundsätzlich wird die Bewehrungsführung von der vorherrschenden Momentenrichtung bestimmt. Man unterscheidet daher:

- Knoten mit positiven (öffnenden) Momenten
- Knoten mit negativen (schließenden) Momenten
- Knoten mit wechselnden (öffnenden u. schließenden) Momenten

Die Bewehrungswahl erfolgt stets unter Vorgabe der Durchmesser für jede Bewehrungsart getrennt. Die entsprechenden Stabanzahlen werden dann vom Modul S755.de automatisch bestimmt oder können manuell vorgegeben werden.

Bei den Zulagen zur Hauptbewehrung in Form von Schlaufen ist die Schnittigkeit in Ebene der Bügel vorzugeben. Der Abstand der Lagen wird programmseitig mit dem Mindestabstand angenommen. Die Anzahl der Lagen wird manuell vorgegeben oder automatisch berechnet.

Vorbemerkung	Material/Querschnitt	Belastungen	Bewehrung
Nachweise	Ausgabe		Erläuterung
Hauptbewehrung			
\varnothing_R	16 mm	Durchmesser Riegelbewehrung	
\varnothing_S	16 mm	Durchmesser Stützenbewehrung	
Stabanzahl			
Art	<input checked="" type="radio"/> automatisch <input type="radio"/> manuell		
Zulagen zur Hauptbewehrung			
Zulagen einlegen			
J/N	<input checked="" type="checkbox"/> vorgeben		
Biegeform			
Art	<input type="radio"/> Schrägstäbe <input checked="" type="radio"/> Steckbügel		
Art	beide		
$\varnothing_{Bü,u}$	8 mm	Durchmesser Bügel Riegel unten	
$n_{Bü,u}$	4	Schnittigkeit Bügel Riegel	
$\varnothing_{Bü,i}$	8 mm	Durchmesser Bügel Stütze innen	
$n_{Bü,i}$	4	Schnittigkeit Bügel Stütze	
Stabanzahl			
Art	<input checked="" type="radio"/> automatisch <input type="radio"/> manuell		
Knotenverbügelung			
$\varnothing_{Bü,v}$	12 mm	Durchmesser vertikale Steckbügel	
$\varnothing_{Bü,H}$	12 mm	Durchmesser horizontale Steckbügel	
Anzahl			
Art	<input checked="" type="radio"/> automatisch <input type="radio"/> manuell		

Bild 4. Eingabe: Kapitel "Bewehrung" bei Eckknoten

Eckknoten

Den drei oben angegebenen Beanspruchungssituationen wird durch eine entsprechende angepasste Bewehrungsführung Rechnung getragen.

Positive Momente (Bild 5)

- Die Hauptbewehrung im Riegel verläuft auf der Unterseite und in der Stütze auf der Innenseite.
- Die Hauptbewehrungen von Stütze und Riegel sind im Knoten schlaufenförmig zu verankern.
- Bei großen Bewehrungsgraden ($\rho \geq 0,4\%$) sind Zulagen in Form von Schrägstäben oder Steckbügeln erforderlich.
- Die Biegezugbewehrung ist im Knotenbereich durch Steckbügel gegen Spaltzug zu sichern (Bild 6).

Negative Momente (Bild 6)

- Die Hauptbewehrung im Riegel verläuft auf der Oberseite und in der Stütze auf der Außenseite.
- Die Hauptbewehrungen von Stütze und Riegel übergreifen im Knoten.
- Die Biegezugbewehrung wird mit Endhaken ausgebildet. Um die erforderliche Übergreifungslänge sicherzustellen wird der horizontale Schenkel der Stützenbewehrung in den Riegel hinein verlängert.
- Der Übergreifungsstoß der Hauptbewehrung wird analog zur positiven Momentenbeanspruchung mit Steckbügeln gesichert.

Alternierende Momentenbeanspruchung (Bild 7)

- Die Hauptbewehrung von Stütze und Riegel wird schlaufenartig ausgeführt.
- Für das negative Moment ist die Übergreifung im Stoß sicherzustellen.
- Zulagen und Verbügelung erfolgen analog der positiven Momentenbeanspruchung.

Endknoten

Bei Endknoten (Bild 8) läuft die Stütze durch und der Riegel endet an der Stütze.

- Die Stützenbewehrung läuft durch und wird mit Zulagen von $1/3$ der Hauptbewehrung im Knotenbereich verstärkt.
- Die Hauptbewehrung des Riegels wird schlaufenartig ausgebildet und innerhalb des Knotens verankert.
- Ist die Verankerungslänge nicht ausreichend, können Steckbügel angeordnet werden.
- Im Knoten werden ggf. Steckbügel zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit angeordnet.

T-Knoten

Bei T-Knoten läuft der Riegel durch und die Stütze endet unter dem Riegel.

Die Bewehrungsführung erfolgt analog zum Endknoten, wobei das für den Riegel gesagte bei der Stütze gilt und umgekehrt.

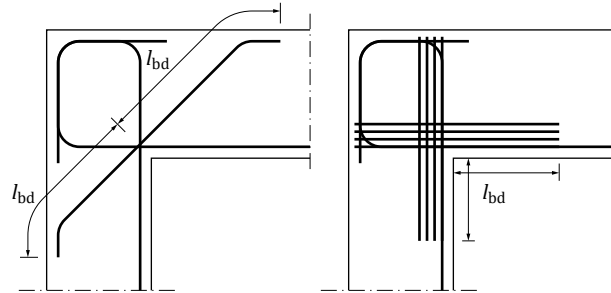


Bild 5. Zulagen in Form von Schrägstäben und Steckbügeln (keine Spaltzugbewehrung dargestellt)

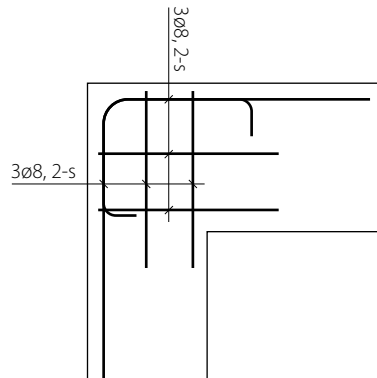


Bild 6. Bewehrungsführung für negative Momentenbeanspruchung

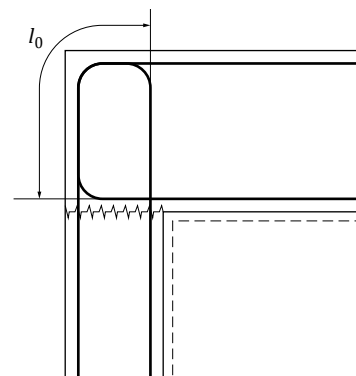


Bild 7. Übergreifungsstoß der Hauptbewehrung im Bereich einer alternierenden Momentenbeanspruchung

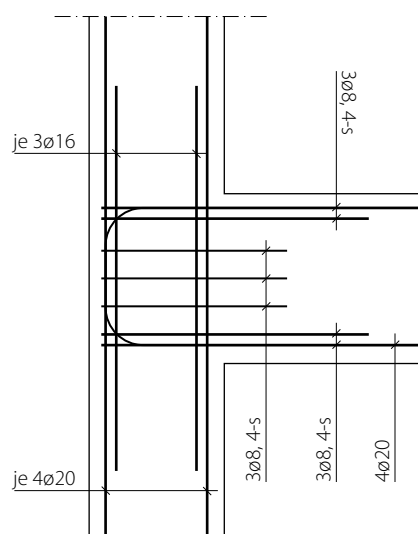


Bild 8. Beispiel Bewehrungsführung in einem Endknoten

Ausgabesteuerung

Nahezu alle in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten Optionen zur Nachweisführung können nach Bedarf zu- oder abgeschaltet werden, um flexibel den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden. Alle Nachweise werden vollständig und prüffähig ausgegeben.

Dipl.-Ing. Sascha Heuß
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] DAFStb-Heft 600: Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Berlin: Beuth-Verlag, 2012
- [4] DAFStb-Heft 532: Hegger J.; Roeser, W.: Die Bemessung und Konstruktion von Rahmenknoten – Grundlagen und Beispiele gemäß DIN 1045-1, Berlin: Beuth-Verlag, 2002
- [5] DAFStb-Heft 535: Akkermann, J.; Eibl, J.: Rotationsfähigkeit von Rahmenecken, Berlin: Beuth-Verlag 2002
- [6] Kordina K.: Über das Verformungsverhalten von Stahlbeton-Rahmenecken und -knoten. Beton- und Stahlbetonbau 92 (1997), Heft 8, S. 208-213 und Heft 9, S. 245-248, Berlin: Verlag Ernst Sohn
- [7] DAFStb-Heft 373: Kordina, K.: Empfehlungen für die Bewehrungsführung in Rahmenecken und -knoten. Berlin: Beuth-Verlag 1986

mbAEC
SOFTWARE

Proj. Bez.:
Projekt S755.de
mb BauStatik S755.de 2017.080

Seite
Position S755.de
Datum 02.08.2017

Pos. S755.de Stahlbeton-Rahmenknoten

System Stahlbeton-Rahmenecke nach DAFStb Heft 600

M 1:35

Mat./Querschnitt	Material	b [cm]	h _a [cm]	h _s [cm]	α [°]
C 30/37		50.0	80.0	75.0	90

Bem.-schnittgrößen Schnittgrößen in den Anschnitten

Schnittgrößen	Ek	M _{Ed,Ed} [kNm]	V _{Ed,Ed} [kN]	N _{Ed,Ed} [kN]	M _{s,Ed} [kNm]	V _{s,Ed} [kN]	N _{s,Ed} [kN]
1		312.5	-100.0	50.0	350.0	50.0	100.0

Mat./Querschnitt Material- und Querschnittswerte nach DIN EN 1992-1-1

Material	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	E [N/mm ²]
C 30/37		30	33000
B 500SB	500		200000

Bemessung (GZT) für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1:2011-01

Bemessung für Biegung mit Normalkraft

Biegung	Ek	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,2} [kNm]	x/d ₂	z ₂ [cm]	A _{s,2} [cm ²]
Abs. 6.1						
Riegel rechts	1	50.0	312.5	-	-	-
	1	50.0	312.5	0.088	72.6	10.0
Stütze unten	1	100.0	350.0	-	-	-
	1	100.0	350.0	0.103	67.3	12.5

mb AEC Software GmbH Europaallee 14 67657 Kaiserslautern

mbAEC
SOFTWARE

Proj. Bez.:
Projekt S755.de
mb BauStatik S755.de 2017.080

Seite
Position S755.de
Datum 02.08.2017

Bewehrungswahl

Gratifik
M 1:35

Tabelle	Biegebewehrung					
Hauptbewehrung	A _{s,erf} [cm ²]	gew. [-]	A _{s,vorn} [cm ²]	h _{st,erf} [cm]	h _{st,vorn} [cm]	d _{st} [mm]
Riegel	9.99	5Ø16	10.05	82.28	154.77	320
Stütze	12.52	7Ø16	14.07	73.66	157.27	320

Bügelzulagen Steckbügel als Zulagen zur Hauptbewehrung

	A _{s,erf} [cm ²]	gew. [-]	A _{s,vorn} [cm ²]	h _{st,erf} [cm]	h _{st,vorn} [cm]
Riegel	0.00	4Ø10, 2-s	6.28	10.87	10.87

Spaltzugbewehrung Steckbügel im Übergreifsbereich

	A _{s,erf} [cm ²]	gew. [-]	A _{s,vorn} [cm ²]	h _{st,erf} [cm]	h _{st,vorn} [cm]
vertikal	2.01	4Ø10, 2-s	6.28	33.13	33.13
horizontal	0.00	4Ø10, 2-s	6.28	33.13	33.13

Schrägstäbe Schrägstäbe an der Innenecke

	A _{s,erf} [cm ²]	gew. [-]	A _{s,vorn} [cm ²]	h _{st,erf} [cm]	h _{st,vorn} [cm]	d _{st} [mm]
	0.00	4Ø16	8.04	24.84	89.65	320

mb AEC Software GmbH Europaallee 14 67657 Kaiserslautern

Bild 9. Beispielausgabe für linken Eckknoten

Aktuelle Angebote

S755.de Stahlbeton-Rahmenknoten – EC 2, DIN EN 1992-1-1:2011-01 390,- EUR

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Volumen-Pakete

BauStatik 5er-Paket 990,- EUR

bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl*

BauStatik 10er-Paket 1.690,- EUR

Das klassische Paket 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). Folgekosten-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: August 2017

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