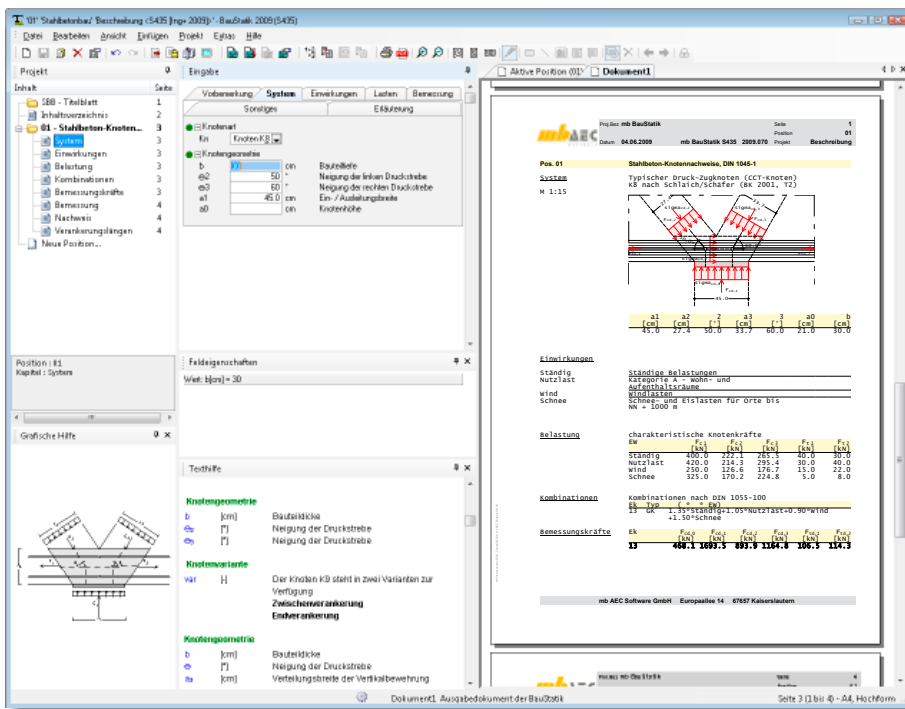


# S435 Stahlbeton-Knotennachweise, Druck- und Zugknoten, DIN 1045-1 (08/08)

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S435 von Dipl.-Ing. Sascha Heuß



Gemäß DIN 1045-1, 10.6 darf die Bemessung von Stahlbetonbauteilen mittels Stabwerkmodellen durchgeführt werden. Neben dem Nachweis der Druck- und Zugstäbe nimmt die Bemessung der Knoten eine zentrale Rolle ein.

Der Leistungsumfang des Programms S435 wird auf neun typische Knoten nach [3] erweitert. Die Bezeichnungen der Knoten K1 bis K4 und K6 bis K10 entsprechen den dort definierten Bezeichnungen.

## System

Im Eingaberegister „System“ erfolgt die Wahl des Knotentyps, die Definition der äußeren Knotenabmessungen (z.B. Lagerplattenabmessung, Stützenbreite etc.) und der Neigungswinkel der Druck- und Zugstreben. Wird kein Wert für die Lasteinleitungslänge vorgegeben, so wird diese mit den minimal erforderlichen Abmessungen bemessen. Bei vorgegebenem Wert erfolgt der Nachweis mit dem definierten Wert. Die „inneren“ Knotenabmessungen (Knotenhöhe, Druckstrebenbreite, Verteilungshöhe der Bewehrung etc.) werden programmseitig so gewählt, dass alle zu führenden Nachweise erfüllt sind.

Liegt ein reiner Druckknoten vor, können die Winkel der Diagonalen frei gewählt werden. Bei Druck-Zugknoten soll der Winkel gemäß DIN 1045-1 den Wert von  $\theta = 45^\circ$  nicht unterschreiten.

Sowohl Schlaich/Schäfer [3] als auch Heft 525 [2] empfehlen, davon abweichend, eine Untergrenze von  $\theta = 30^\circ$ . Daher wird die Bemessung bis zu diesem Mindestwert zugelassen. Für den Fall, dass der Winkel  $\theta < 45^\circ$  ist, wird lediglich eine Warnung ausgegeben, deren Sichtbarkeit ggf. ausgeschaltet werden kann.

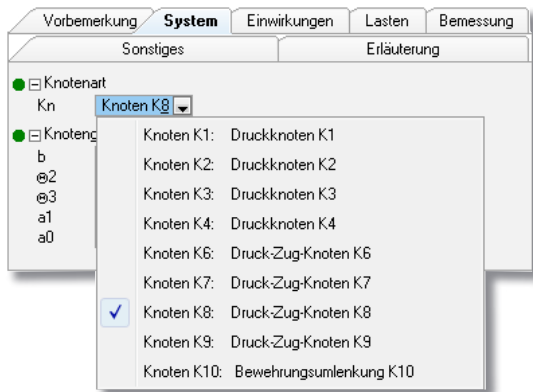


Bild 1. Eingabedialog zum System

### Knotentypen

Die zur Verfügung stehenden Knotentypen können Tabelle 1 entnommen werden. Diese Grundtypen können im Kapitel Bemessung noch den individuellen Erfordernissen angepasst werden. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Maßnahmen zur Steigerung der Tragfähigkeit mittels Ausnutzung der Teilflächenpressungen mit und ohne Umschnürung des Knotens sowie den Einsatz von Druckbewehrung.

### Einwirkungen

Die Einwirkungstypen werden definiert nach DIN 1055-100, Tabelle A.2 definiert. Anhand dieser Einwirkungstypen werden automatisch die Kombinationsbeiwerte nach DIN 1055-100, Tabelle A2 zugewiesen.

Neben der automatischen Kombinationsbildung ermöglicht das Programm auch die Vorgabe von Lasten als Bemessungslasten mit entsprechender Kombinationszuordnung, d.h. die Bemessungswerte sind vom Anwender einer Grundkombination oder einer außergewöhnlichen Kombination zuzuordnen.

### Lasten

Abhängig vom Knotentyp ist die Eingabe von Druck- und Zugstrebenkräften sowie den dazugehörigen Auflagerkräften erforderlich. Die Knotenkräfte können je Einwirkung in beliebigen Kombinationen eingegeben werden, die fehlenden Komponenten werden programmseitig ermittelt. Es sind soviel Kraftkomponenten vorzugeben, dass das Gleichgewicht am Knoten eindeutig bestimmbar ist. In der Regel sind dies zwei Komponenten weniger als die Gesamtzahl der angreifenden Kräfte.

Alle Kräfte sind positiv einzugeben. Die Kraftrichtung ist durch die Wahl des Knotentyps festgelegt.

Sofern sich herausstellt, dass eine Kraftrichtung nicht zum gewählten Knotentyp passt, wird die Berechnung nach Ermittlung der Kräfte mit einer entsprechenden Fehlerbeschreibung abgebrochen. Der Anwender hat dann die Möglichkeit einen anderen, passenden Knotentyp zu wählen.

Knotentypen	

Tabelle 1. Knotentypen nach [3]

### Bemessung

Abhängig von den Schnittgrößen werden die Knoten so konstruiert, dass die Spannungsnachweise erfüllt sind.

Dabei kann der Anwender in Abhängigkeit vom jeweiligen Knotentyp unter weiteren Bemessungsoptionen wählen. In Abhängigkeit von der Betonart, der Festigkeitsklasse und des Knotentyps errechnet sich der Bemessungswert der Betondruckspannungen für den Regelfall zu:

$$\sigma_{Rd,max} = f_{\eta} \cdot \eta_1 \cdot f_{cd} \quad (1)$$

Nachweis:

$$\eta = \frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd,max}} \leq 1 \quad (2)$$

### Art des Betons

Bei Leichtbeton wird der Korrekturfaktor  $\eta_1$  in Abhängigkeit von der Trockenrohdichte programmseitig ermittelt. Für Normalbeton gilt  $\eta_1 = 1,0$ .

### Festigkeitsklasse / Trockenrohdichte

Die Bemessungsdruckspannungen  $f_{cd}$  werden in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse gem. DIN 1045-1 ermittelt.

### Fertigteil

Sofern das Bauteil als Fertigteil hergestellt wird (werkmäßige Herstellung und ständige Überwachung), darf  $\gamma_c = 1,35$  gesetzt werden. Dies hat günstige Auswirkungen auf den Bemessungswert der Betondruckspannungen und auf die Berechnung der Verankerungslänge.

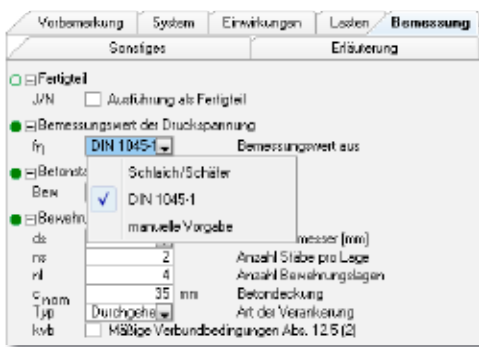


Bild 2. Eingabedialog zur Bemessung

### Beiwert für Druckfestigkeit

Der Anwender kann den Beiwert  $f_{\eta}$  nach DIN 1045-1 oder Schlaich/Schäfer in Abhängigkeit vom Knotentyp ermitteln lassen oder manuell vorgeben.

Knoten	K1	K2	K3	K4	K6	K7	K8	K9	K10
DIN 1045-1		1,1			0,75				
					0,85 (Endauflager u. Schlaufenverank.)				
Schlaich/Schäfer		1,0			0,85	1,0	1,0	0,75	0,75

Tabelle 2. Beiwerte  $f_{\eta}$

### Zusatzoptionen zur Bemessung

#### Bemessung unter Berücksichtigung von Teilflächenpressungen

Die Knoten K1t bis K4t und K6t können unter Berücksichtigung von Teilflächenpressungen mit den entsprechend erhöhten Festigkeiten berechnet werden. Die Gleichung (1) wird dann durch folgende Ausdrücke ersetzt:

Normalbeton:

$$\sigma_{Rd,max} = f_{\eta} \cdot \eta_1 \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3 \cdot f_{cd} \quad (3)$$

Leichtbeton:

$$f_{\eta} \cdot \eta_1 \cdot f_{lcd} \cdot (A_{c1}/A_{c0})^{0,4800} \leq 0,800 \cdot f_{lcd} \quad (4)$$

mit:

- $A_{c1}$  rechnerische Verteilungsfläche
- $A_{c0}$  Belastungsfläche
- $f_{lcd}$  Bemessungswert der Betonfestigkeit von Leichtbeton

Der Querschnitt der erforderlichen Spaltzugbewehrung in Dickenrichtung des Knotens wird für die Zugkraft T ermittelt.

$$T = \frac{b-a}{4 \cdot b} \cdot C_1 \quad (5)$$

mit:

- b Bauteiltiefe
- a Auflagerbreite in Dickenrichtung
- $C_1$  Auflagerkraft senkrecht zur Fläche  $A_{c0}$

Darüberhinaus kann auch eine Umschnürung des Knotens in Anlehnung an CEP-FIP-Modell Code 1990, Abschn. 3.5.2.1 mit in Ansatz gebracht werden. Nach [4] gilt für das globale Sicherheitskonzept:

$$\Delta\beta_R = 2,6 \cdot \mu \cdot \beta_S \quad (6)$$

Ersetzt man gemäß Teilsicherheitskonzept  $\Delta\beta_R$  durch  $\Delta f_{cd} \cdot \gamma_c$  und  $\beta_S$  durch  $f_{yk}$ , erhält man für den Zuwachs des Bemessungswertes der Druckspannungen:

$$\Delta f_{cd} = \frac{2,6 \cdot \mu \cdot f_{yk}}{\gamma_c} \quad (7)$$

mit:

- $\mu = \frac{A_S}{s \cdot r}$  geometrischer Bewehrungsgrad bei wendelförmiger Umschnürung
- $A_S$  Querschnitt der Wendelbewehrung
- s Ganghöhe der Wendel
- r Radius der Wendel (Außenmaß)

bzw.

- $\mu = \frac{A_S}{s \cdot t}$  geometrischer Bewehrungsgrad bei bügelartiger Querbewehrung
- $A_S$  Querschnitt der Bügelbewehrung
- s Bügelabstand
- t Breite des Bügels (Außenmaß)

Die Gleichung (1) wird dann durch folgenden Ausdruck ersetzt:

$$\sigma_{Rd,max} = f_{\eta} \cdot \eta_1 \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} + \Delta f_{cd} \leq 3,3 \cdot f_{cd} \quad (8)$$

Diese Option steht nur zur Verfügung, wenn als Berechnungsgrundlage Schlaich/Schäfer oder manuell gewählt wurde, da DIN 1045-1 keine Aussage zur Festigkeitssteigerung infolge Umschnürung macht.

### Bemessung der Knoten unter Ansatz von Druckbewehrung

Die Knoten K1 bis K4 und K6 können auch unter Berücksichtigung von Druckbewehrung in der Lasteinleitungsfläche bemessen werden. Hierbei ist es ebenfalls möglich, eine Umschnürung des Knotens mit Bügeln oder Wendel in Ansatz zu bringen.

### Bewehrung

Bei Knoten mit Zugkraftkomponenten wird die erforderliche Bewehrung für die Zugstäbe ermittelt. Der Anwender hat die Möglichkeit durch gezielte Vorgabe der Bewehrungsparameter die Wahl der Bewehrung zu beeinflussen oder den programmseitigen Vorschlag zu übernehmen. Die Bemessung wird durch den Nachweis der Verankerungslängen komplettiert, wobei die Verankerungsarten nach [1], Tabelle 26 zur Verfügung stehen. Für den Fall, dass die Verankerungslänge nicht ausreichend ist, wird die Bewehrungsmenge solange erhöht, bis der Nachweis erfüllt ist. Führt auch dies nicht zum Ziel, wird die Berechnung mit einer Fehlermeldung abgebrochen. Der Anwender kann dann ggf. durch Vergrößerung der Auflagerlänge o.ä. in den Berechnungsgang eingreifen.

### Ausgaben

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Knotennachweise zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern.

Neben einer maßstabsgetreuen Skizze des Knotens werden die Schnittkräfte, Spannungen und Nachweise unter Angabe der Berechnungsgrundlage und Einstellungen des Anwenders tabellarisch ausgegeben.

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

Nachweis		Beton C 30/37 mit Teilflächenpressung				
Ek	i	F <sub>i</sub> [kN]	a <sub>i</sub> [cm]	$\sigma_i$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
13	cd,0	468.1	21.0	7.43	12.75	58
	cd,1	1693.5	45.0	15.05	15.30	98
	cd,2	893.9	27.4	10.86	12.75	85
	cd,3	1164.8	33.7	11.52	12.75	90

Betonstahl BSt 500SA		gewählt				
Ek	i	F <sub>i</sub> [kN]	A <sub>s,erf</sub> [cm <sup>2</sup> ]	gewählt [-/mm]	A <sub>s,vorh</sub> [cm <sup>2</sup> ]	[%]
13	td,1	106.5	2.4	8Ø20	25.1	10
	td,2	114.3	2.6	8Ø20	25.1	10

Verankerungslängen				
Verankerungslänge für Verankerungsart				td,1 Haken
Beiwert $\alpha$				0.70
Verbundbedingung				gut
Verankerungslänge für Verankerungsart				td,2 Haken
Beiwert $\alpha$				0.70
Verbundbedingung				gut

i	Ø [mm]	l <sub>b</sub> [cm]	A <sub>s,erf</sub> /A <sub>s,vorh</sub> [-]	2/3* l <sub>b,net</sub> [cm]	l <sub>b,vorh</sub> [cm]
td1	20	71.5	0.11	13.3	21.5
td2	20	71.5	0.12	13.3	21.5

Bild 3. Ausgabe der Spannungsnachweise und Verankerungslängen

### Literatur

- [1] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Ausgabe August 2008
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbetonbau: DAfStb-Heft 525, Erläuterungen zu DIN 1045-1, 2003, Beuth-Verlag, Berlin
- [3] Schlaich/Schäfer: Konstruieren im Stahlbeton. Beton-Kalender 2001, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [4] Schlaich/Schäfer: Konstruieren im Stahlbeton. Beton-Kalender 1993, Verlag Ernst & Sohn, Berlin



### BauStatik 2009

**S435 Stahlbeton-Knotennachweise, Druck- und Zugknoten, DIN 1045-1 (08/08)**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

**290,-EUR**

**BauStatik 5-er Paket**

bestehend aus:

**890,-EUR**

**5 BauStatik-Modulen nach freier Wahl**

ausgenommen: S018, S408, S409, S481, S550-561, S755, S928

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50 EUR) und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenz, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Handbücher auf CD. Betriebssystem Windows 2000 / XP (32) / VISTA (32/64) – Stand: Juni 2009

