

Aktuelle Entwicklungen im konstruktiven Brandschutz für Stahlbetonstützen nach DIN 4102 und DIN 1045-1

Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert,
 cand. Ing. Kai Brandau und cand. Ing. Danny Thümmler
 Fachhochschule Gießen-Friedberg, Fachbereich Bauwesen



Aufbauend auf den Artikel „Konstruktiver Brandschutz für Stahlbetonstützen nach DIN 4102 und DIN 1045-1“ in der mb-news Nr. 3/2006 (August 2006) [1] werden im folgenden aktuelle Entwicklungen zum konstruktiven Brandschutz von Stahlbetonstützen vorgestellt.

1. Allgemeines

Die Anwendung der bisherigen Tabelle 31 [4] führte bei Rechteckstützen mit einer Länge < 6,0 m bzw. Rundstützen < 5,0 m teilweise zu sehr konservativen Ergebnissen bei der Brandschutzbemessung. Mit der Änderung Februar 2007 zur Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen – Teil I liegt eine erweiterte Tabelle 31 [2] für den Brandschnachweis von Stahlbetonstützen vor. In [3] wurden von Fingerloos/Richter die Grundlagen, Anwendungsgrenzen und konstruktive Hinweise zur neuen Tabelle 31 umfassend aufgezeigt. Die neue Tabelle 31 wurde durch eine rechnerische Anpassung für Rechteckstützen mit einer Länge von 2,0 m bzw. Rundstützen mit einer Länge von 1,7 m ergänzt. In dieser Tabelle besteht die Möglichkeit zwischen den einzelnen Stützenlängen linear zu interpolieren. Die neue Tabelle 31 darf erst nach ihrer bauaufsichtlichen Einführung in der Praxis verwendet werden.

Nachfolgend werden die wesentlichen Anwendungsgrenzen der Tabelle 31 zusammengestellt:

- Stahlbetonstützen mit einer Betonfestigkeitsklasse $\leq C 45/55$
- Stützen mit Rechteckquerschnitt und Längen zwischen den Auflagerpunkten bis 6 m bzw. Rundstützen mit Längen zwischen den Auflagerpunkten bis 5 m
- Stützen müssen sich in ausgesteiften Gebäuden befinden und an den Stützenenden rotationsbehindert gelagert sein.

Anmerkung gemäß [3]: Eine rotationsbehinderte Lagerung ist im Brandfall gegeben, wenn die Stützenenden in Bauteile eingespannt sind, die nicht der Brandbeanspruchung ausgesetzt sind. Dies ist bei Stützen, die über mehrere Geschosse durchlaufen, in einem Geschoss anzunehmen, da eine zumindest zeitweise Begrenzung der Brandauswirkung auf ein Geschoss unterstellt werden kann.

- Die Ersatzlänge zur Bestimmung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit N_{Rd} bei der „Heißbemessung“ entspricht der Ersatzlänge bei der „Kaltbemessung“ nach DIN 1045-1. Als Mindestlänge ist die Stützenlänge zwischen den Auflagern (Geschosshöhe) anzusetzen.

Werden die Randbedingungen nicht eingehalten, so darf die brandschutztechnische Bemessung nicht mehr nach Tabelle 31 durchgeführt werden. Besonders die in der Praxis oft vorkommenden

Kragstützen können nicht mit dieser Tabelle bemessen werden. Diese Bauteile müssen mit Hilfe von komplexen Ingenieurmethoden [5] brandschutztechnisch nachgewiesen werden.

Da bei diesen Ingenieurmethoden im Hinblick auf § 3, Absatz 3 der Musterbauordnung von den bekannt gemachten Technischen Baubestimmungen abgewichen wird, ist die Anwendung mit der zuständigen unteren Bauaufsichtsbehörde abzustimmen.

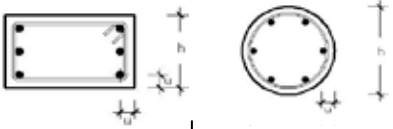
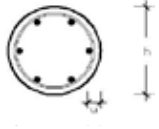
Konstruktionsmerkmale	Feuerwiderstandsklasse - Benennung				
	R 30	R 60	R 90	R 120	R 180
 max $l_{col} = 6,00$ m min $l_{col} = 2,00$ m					
 max $l_{col} = 5,00$ m min $l_{col} = 1,70$ m					
Mindestquerschnittsabmessungen unbekleideter Stahlbetonstützen bei mehrseitiger Brandbeanspruchung bei einem					
Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,2$					
Stützenlänge min l_{col}					
Minstdicke h in mm	120	120	150	180	240
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	34	34	37	34
Stützenlänge max l_{col}					
Minstdicke h in mm	120	120	180	240	290
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	34	37	34	40
Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,5$					
Stützenlänge min l_{col}					
Minstdicke h in mm	120	160	200	260	350
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	34	34	46	40
Stützenlänge max l_{col}					
Minstdicke h in mm	120	180	270	300	400
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	37	34	40	46
Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,7$					
Stützenlänge min l_{col}					
Minstdicke h in mm	120	190	250	320	440
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	34	37	40	46
Stützenlänge max l_{col}					
Minstdicke h in mm	120	250	320	360	490
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	37	40	46	46
Mindestquerschnittsabmessungen unbekleideter Stahlbetonstützen mit max l_{col} bei 1-seitiger Brandbeanspruchung bei einem Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,7$					
Minstdicke h in mm	120	120	190	200	220
zugehöriger Mindestachsabstand u in mm	34	34	34	34	37
Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = N_{Ed,fi}/N_{Rd}$					

Tabelle 1. Erweiterte Tabelle 31 für den Nachweis von Stahlbetonstützen [2]

2. Beispiel – Brandschutzbemessung einer Hochbau-Innenstütze mit der erweiterten Tabelle 31

2.1 Allgemeines

Das Bemessungsbeispiel wurde aus dem Buch „Stahlbetonprojekt nach DIN 1045“ [5] Kapitel 7 entnommen. Zu bemessen ist eine Innenstütze im Erdgeschoß eines fünfgeschossigen Hochbaus. Das Gebäude ist zur Aufnahme von Horizontalkräften durch Deckenscheiben und Wandscheiben hinreichend ausgesteift. Die Innenstütze ist mit den Decken biegesteif verbunden. Die Außenluft hat keinen Zugang (geschlossene Räume) und die Beanspruchung der Stütze ist vorwiegend ruhend. Im Folgenden wird die Innenstütze für eine Feuerwiderstandsklasse R 90 nachgewiesen.

Baustoffe:

- Beton C 30/37 XC1 (Ortbeton)
- Betonstahl BSt 500 S(A) (normalduktil)

Betondeckung:

- Betonstahl $c_{v,L\bar{a}} = 35 \text{ mm}$
- Bügel $c_{v,B\bar{u}} = 20 \text{ mm}$

Achsabstand der Längsbewehrung:

$$u = c_{v,L\bar{a}} + d_{s,L\bar{a}} / 2 = 35 + 25 / 2 = 47,5 \text{ mm}$$

Querschnittsabmessungen: $b / h = 30 / 30 \text{ cm}$

Ersatzlänge der Stütze: $l_{col} = 4,39 \text{ m}$

Stützenschlankheit:

$$\lambda = 4,39 / (0,289 \cdot 0,30) = 51 > 25 = \lambda_{crit}$$

Nachweis nach Theorie II. Ordnung erforderlich.

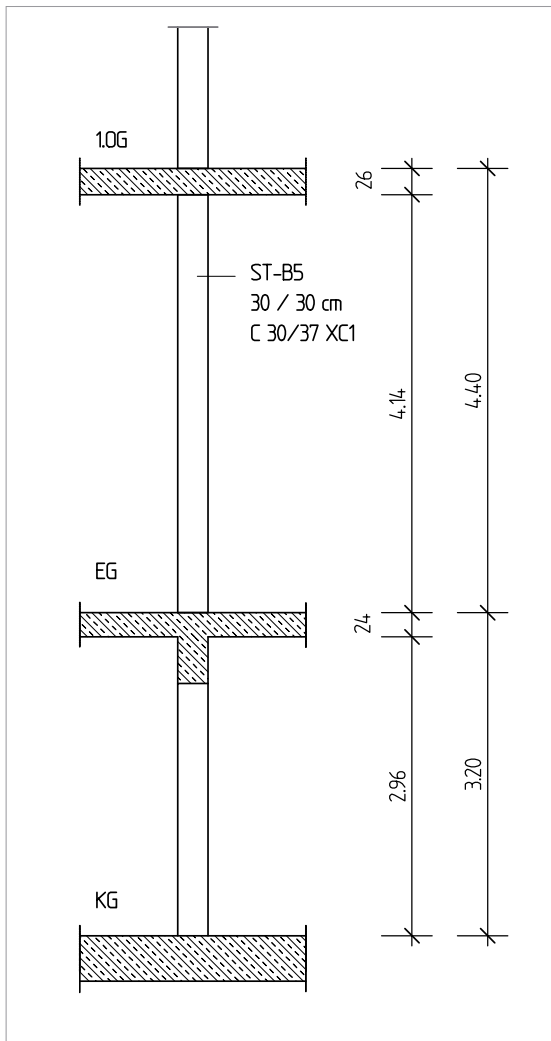


Bild 7. Ansicht der Innenstütze im EG

2.2 Ergebnisse der Kaltbemessung nach DIN 1045-1 (siehe [5])

Einwirkungen:

$$N_{G,k} = -1489,9 \text{ kN}$$

$$N_{Q,k} = -359,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -2550,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = 51 \text{ kNm (Bemessungsmoment nach Theorie II. Ordnung)}$$

gewählt:

Betonstahl BSt 500 S(A)
 $8 \text{ } \varnothing 25 = 39,3 \text{ cm}^2 > 35,5 \text{ cm}^2 = A_{s,erf}$

2.3 Einwirkungen im Brandfall

Gemäß DIN 1055-100 [7] ergibt sich für die außergewöhnliche Einwirkungskombination folgende Normalkraft:

$$N_{Ed,fi} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\gamma_{GA} = 1,0 \quad \gamma_A = 1,0$$

$$\psi_{1,1} = 0,5 \quad \text{für Bürogebäude}$$

$$N_{Ed,fi} = -1489,9 - 0,5 \cdot 359,3 = -1669,6 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,fi} = (1669,6 / 2550,0) \cdot 51,0 = 33,4 \text{ kNm}$$

2.4 Nachweis mit Hilfe von Tabelle 1 [2] in Verbindung mit DIN 4102-22 und DIN 4102-4/A1

$$v_{Ed,fi} = (-1,6696) / 0,30^2 \cdot 17,0 = -1,09$$

$$\mu_{Ed,fi} = 0,0334 / 0,30^3 \cdot 17,0 = 0,073$$

$$\omega_{tot,k} = 39,3 / 30^2 \cdot 25,6 = 1,12$$

$$v_{Rd,fi(0)} = -1,79$$

$$N_{Rd} = -1,79 \cdot 0,30^2 \cdot 17,0 \cdot 10^3 = -2738,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_1 = 1669,6 / 2738,7 = 0,61$$

α_1	$l_{col} = 2,00 \text{ m}$	$l_{col} = 4,39 \text{ m}$	$l_{col} = 6,00 \text{ m}$
0,5	$b = 200 \text{ mm}$ $u = 34 \text{ mm}$		$b = 270 \text{ mm}$ $u = 34 \text{ mm}$
0,61	$b = 225 \text{ mm}$ $u = 35,5 \text{ mm}$	$b = 267 \text{ mm}$ $u = 36,4 \text{ mm}$	$b = 295 \text{ mm}$ $u = 37 \text{ mm}$
0,7	$b = 250 \text{ mm}$ $u = 37 \text{ mm}$		$b = 320 \text{ mm}$ $u = 40 \text{ mm}$

Tabelle 2. Interpolation von b und u aus Tabelle 1 für R 90, $\alpha_1 = 0,61$ und $l_{col} = 4,39 \text{ m}$

Für den Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,61$ und die Stützenerstrecklänge $l_{col} = 4,39 \text{ m}$ ergibt sich gemäß Tabelle 2 für die Feuerwiderstandsklasse R 90 durch Interpolation zwischen dem Ausnutzungsfaktor $\alpha_1 = 0,50$ und $\alpha_1 = 0,70$ sowie der Ersatzlänge der Stütze $l_{col} = 2,00 \text{ m}$ und $l_{col} = 6,00 \text{ m}$ folgende Mindestquerschnittsabmessung und Mindestachsabstände der Bewehrung:

$b_{min} = 267 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} = \text{vorh. } b$
 $u_{min} = 36,4 \text{ mm} \leq 47,5 \text{ mm} = \text{vorh. } u$

Die Stütze kann mit Hilfe der Tabelle 1 in Verbindung mit der Anwendungsnorm DIN 4102-22 in die Feuerwiderstandsklasse R 90 eingestuft werden.

Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert
jens.minnert@bau.fh-giessen.de

cand. Ing. Kai Brandau

cand. Ing. Danny Thümmeler

Fachhochschule Gießen-Friedberg
Fachbereich Bauwesen

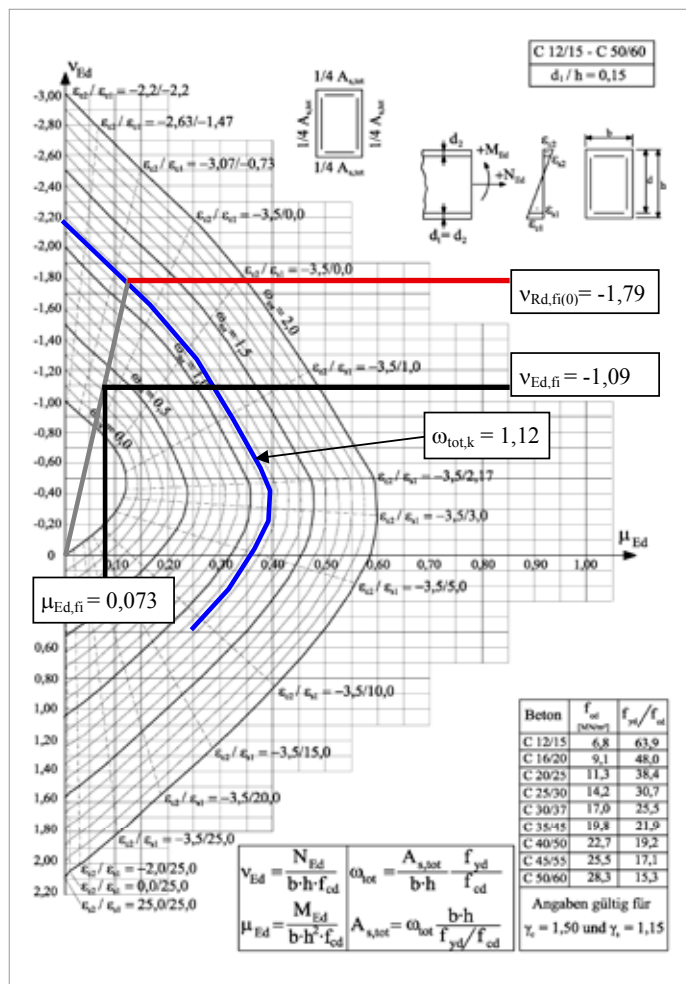


Bild 2. Ermittlung von $v_{Rd,fi(0)}$ mit Hilfe des Interaktionsdiagramms für Biegung mit Normalkraft

4. Literatur

- [1] J. Kretz, J. Minnert: „Konstruktiver Brandschutz für Stahlbetonstützen nach DIN 4102 und DIN 1045-1, mb-News, Nr. 3/2006, Ausgabe August 2006, Seite 12 - 20
- [2] Muster-Liste der technischen Baubestimmungen, Anlage 3.1/10, Änderung Februar 2007 (www.dibt.de Aktuelle Technische Baubestimmungen)
- [3] F. Fingerloos, E. Richter: Nachweis des konstruktiven Brandschutzes bei Stahlbetonstützen, Zeitschrift Beton- und Stahlbetonbau, 102.Jahrgang, Ausgabe April 2007, Heft 4, Seiten 198 - 206
- [4] Muster-Liste der technischen Baubestimmungen, Anlage 3.1/10, Fassung Februar 2006 (www.dibt.de Aktuelle Technische Baubestimmungen)
- [5] Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, Hrsg. Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V. (vdfb), Technisch Wissenschaftlicher Beirat, Referat 4, Dietmar Hosser, Altenberg, Braunschweig, vdfb, 1. Auflage, Mai 2006
- [6] J. Minnert: Stahlbetonprojekt nach DIN 1045, Seite 161 - 179, 2. Auflage, Bauwerk Verlag, Berlin 2007
- [7] DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung – Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. März 2001

Die wirtschaftliche Bemessung auf Basis der beschriebenen Erweiterungen der DIN 4102 ist in folgenden Modulen verfügbar:

- S403 Stahlbeton-Stütze** 290,- EUR
Modellstützenverfahren, DIN 1045-1
- S404 Stahlbeton-Stütze** 490,- EUR
Modellstützen- und numerisches Verfahren, DIN 1045-1
- S407 Stahlbeton-Stützensystem** 590,- EUR
DIN 1045-1
- BauStatik 5er-Paket** 890,- EUR

5 BauStatik-Module nach freier Wahl*
 * 5 BauStatik-Module SXXX der Kurzpreisliste (siehe Seite 46) ausgenommen: S018, S201, S211, S350, S401, S481, S536, S550-561, S755

Bestellformular: Seite 43

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Betriebssystem Windows XP / 2000 / VISTA. 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. Stand: Juli 2007