

64.2 Stahlverbundbauteile Brandschutzbemessung nach EC



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Allgemeines

Der brandschutztechnische Nachweis von Verbundbauteilen kann alternativ auch nach den europäischen Regelungen geführt werden. Im Eurocode 4-1-2 (DIN V EN V 1994-1-2) sind Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken im Brandfall angegeben. Es stehen drei Ebenen für den Nachweis des Feuerwiderstandes tragender Bauteile zur Verfügung

- Klassifizierung der Bauteile nach Tabellen
- Nachweis mit vereinfachtem Berechnungsverfahren
- Allgemeine Berechnungsverfahren.

Die Klassifizierung nach Tabellen und vereinfachte Berechnung sind auf Einzelbauteile mit direkter Brandbeanspruchung über die volle Bauteillänge beschränkt. Die Klassifizierung erfolgt analog zur DIN 4102-4, deren Tabellen im Wesentlichen übernommen wurden. Die Bemessung basiert auf Normbrandbedingungen und einer konstanten Temperaturverteilung über den Querschnitt.

Bei allgemeinen Berechnungsverfahren wird das Brandverhalten von Gesamt-, Teiltragwerken oder Bauteilen simuliert und die Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung nachgewiesen.

Die thermischen Einwirkungen und mechanischen Lasten im Brandfall werden nach EC 1-2-2 berechnet. Für hochbauübliche Lastzusammensetzungen darf pauschal $\eta_{fi} = 0,65$ eingesetzt werden, wenn die Beanspruchungen nicht genauer ermittelt werden. Die temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften für erhöhte Temperaturen werden für die Baustoffe Stahl, Beton und Baustahl nach EC 4-1-2 bestimmt.

Klassifizierung der Bauteile nach Tabellen

Der Eurocode enthält Tabellen für

- Verbundträger mit ausbetonierten Kammern
- Verbundstützen mit vollständig einbetonierten Stahlquerschnitten
- Verbundstützen mit Kammerbeton
- Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen.

Der Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t}$ ist das Verhältnis des Bemessungswerts der Beanspruchung im Brandfall zum Zeitpunkt t $E_{fi,d,t}$ zum Bemessungswert der Beanspruchbarkeit bei Normaltemperatur R_d . Zur Bestimmung des Ausnutzungsfaktors werden $E_{fi,d,t}$ bzw. $R_{fi,d}$ und R_d auf der Grundlage von Eurocode 4 berechnet.

Verbundträger mit ausbetonierten Kammern

Tabelliert sind die Mindestquerschnittsabmessungen $\min b$ und das Verhältnis Mindestzulagebewehrung zur Untergurtfläche $\min (A_s/A_f)$. Die Tabellen gelten für Einfeldträger, wenn folgende Bedingungen einhalten sind:

- Stegdicke $e_w < b/15$
- Untere Flanschdicke $e_f \leq 2e_w$
- Dicke der Betonplatte $h_c \geq 12 \text{ cm}$
- $A_s/(A_c+A_s) \leq 5 \%$

Die Tabellenwerte sind für Baustahl S335 (= Fe510) ermittelt. Für andere Stahlgüten sind die Mindestwerte für die Zulagebewehrung (Betonstahlgüte BSt 500) mit dem Streckgrenzenverhältnis zu multiplizieren. Die Achsabstände der Zulagebewehrung sind nach EC 4-1-2 ausführen.

Die Träger sind schubfest mit den Decken aus Stahlbeton oder Stahlprofilblech-Verbunddecken zu verbinden. Die Stahlprofilbleche müssen 90 % der Trägeroberseite abdecken. Betonummantelte Träger erreichen eine Feuerwiderstandsdauer von R 30 bis R 180 bei ausreichender Betonüberdeckung.

Verbundstützen

Die Tabellenwerte gelten unter der Voraussetzung, dass die Stütze biegesteif an die darüber bzw. darunter liegende Stütze oder das Fundament angeschlossen ist und der Brand auf das betrachtete Geschoß begrenzt ist.

Verbundstützen mit vollständig einbetonierten Stahlquerschnitten

dürfen nach Tabelle 4.4 des Eurocodes bemessen werden. Die Längsbewehrung sollte den Regeln der ENV 1994-1-1 entsprechen, mindestens aus vier Stäben $\varnothing 12 \text{ mm}$ bestehen.

Verbundstützen mit Kammerbeton

Bei der Ermittlung des Ausnutzungsfaktors sind nur Bewehrungsverhältnisse zwischen 1 % und 6 % zu berücksichtigen.

Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen

Mindestquerschnittsabmessungen und Bewehrungsgrade sind tabelliert. Beim Nachweis ist eine nominelle Streckgrenze von 235 N/mm^2 anzusetzen, die Wanddicke wird bis zu $b/25$ bzw. $d/25$ berücksichtigt, Bewehrungsgrade bis zu 3 % angerechnet und die Betonfestigkeit unter Normaltemperatur eingesetzt.

Beispiel für eine brandschutztechnische Bemessung einer Verbundstütze mit ausbetonierten Seitenteilen mit Hilfe von Tabellen

Gegeben ist eine Pendelstütze mit einer Länge $l = 4,0 \text{ m}$ (Knickbeanspruchung um z-Achse). Die Stütze wird durch eine Normalkraft $N = 1400 \text{ KN}$ belastet.

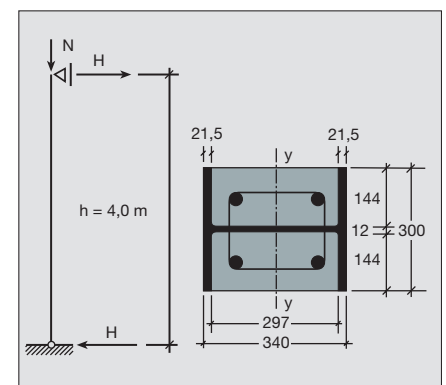


Bild 1: System, Belastung, Querschnitt

Verbundstütze aus HEB 340, S235
Kammerbeton B 25
Betonstahl BSt 500 S, 4 $\varnothing 20 \text{ mm}$, $u = 50 \text{ mm}$

Brandschutztechnische Anforderung R 90

Normalkrafttragfähigkeit nach EC 4

$$N_{pl} = 5780 \text{ KN};$$

$$N_{ki} = 11161 \text{ KN}; \bar{\lambda} = 0,77; \chi = 0,81$$

$$N_{Rd} = \chi \cdot N_{pl,Rd} = 4681 \text{ KN}$$

Ausnutzungsfaktor

$$\eta_{fi,t} = \frac{N_{fi,t}}{N_{Rd}} = \frac{1400}{4681} = 0,3$$

Die Tragfähigkeit im Brandfall ist nachgewiesen, wenn die Mindestabmessungen nach **Tabelle 1** eingehalten werden.

$$\text{Bewehrungsgrad} \frac{A_s}{A_s + A_c} = 2,3 \%$$

$$\left. \begin{array}{l} \geq 1 \% \\ \leq 6 \% \end{array} \right\}$$

Mindestquerschnittsabmessungen

$$b = 300 = \min b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 340 > \min h = 300 \text{ mm}$$

Mindestabstand der Längsbewehrung $u_s = 50 \text{ mm}$

Mindestverhältnis Steg-/Flansch-Dicke vorh $e_w/e_f = 0,55 > \min (e_w/e_f) = 0,5$

Die Stütze erfüllt die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse **R 90**.

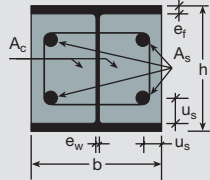
Zeile		Feuerwiderstandsklasse-Benennung				
		R 30	R 60	R 90	R 120	
1	Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t} = 0,3$	min h und min b [mm] min U_s [mm] min (e_w/e_t)	160 40 0,6	260 40 0,5	300 50 0,5	300 60 0,7
2	Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t} = 0,5$	min h und min b [mm] min U_s [mm] min (e_w/e_t)	200 35 0,6	300 40 0,6	300 50 0,7	– – –
3	Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t} = 0,7$	min h und min b [mm] min U_s [mm] min (e_w/e_t)	250 30 0,6	300 40 0,7	– – –	– – –

Tabelle 1: Mindestquerschnittsabmessungen von Verbundstützen mit Kammerbeton

Nachweis mit vereinfachtem Berechnungsverfahren

In EC4-1-2 stehen vereinfachte Berechnungsverfahren für Verbundträger und -stützen sowie Verbunddecken zur Verfügung.

Verbundträger

Beim Nachweis für den Feuerwiderstand von Verbundträgern wird die Momenten Tragfähigkeit nach der Plastizitätstheorie unter Berücksichtigung temperaturabhängiger Werkstoffeigenschaften berechnet. Bei kammerbetonierten Stahlträgern wird die verminderte Festigkeit berücksichtigt, indem die Momenten Tragfähigkeit des reduzierten Querschnitts ermittelt wird. Das im Brandfall wirkende Biegemoment muss kleiner als die Biegemomenten Tragfähigkeit zum Zeitpunkt t $M_{fi,d} \leq M_{fi,Rd,t}$. Für Verbundträger ohne Überdeckung des Stahlquerschnitts kann der Nachweis alternativ auf Temperaturebene geführt werden, die Temperaturerhöhung im Stahlquerschnitt darf die kritische Temperatur nicht überschreiten $\Theta_{a,max} \leq \Theta_{a,cr}$.

Verbundstützen

Verbundstützen in ausgesteiften Tragwerken dürfen nach den im Eurocode angegebenen vereinfachten Rechenverfahren nachgewiesen werden. Der Bemessungswert der Grenznormalkraft unter zentrischem Druck wird unter Berücksichtigung der Stabilität im Brandfall ermittelt.

Verbundstützen mit Kammerbeton und aus betongefüllten Hohlprofilen können nach den im Eurocode angegebenen Verfahren für den Brandfall nachgewiesen werden.

Allgemeine Berechnungsverfahren

bestehen aus einer thermischen und mechanischen Analyse des Gesamttragwerks oder Einzelbauteilen und liefern eine wirklichkeitstreue Beschreibung des Tragverhaltens im Brandfall.

Konstruktionsdetails

Der Verbund zwischen Stahl und Verbund muss sichergestellt sein und eine ausreichende Überdeckung der Bewehrung vorgesehen werden.

Bei **Verbundträgern und Verbundstützen mit ausbetonierten Kammern** sind eine Mindestbewehrung anzuordnen und der Verbund zwischen Beton und Stahl durch Bügel, Stekhaken oder Kopfbolzendübel entsprechend **Bild 2** sicherzustellen.

Die Zusatzbewehrung von Verbundstützen aus betongefüllten Rohren ist mit Bügel und Abstandhaltern zu befestigen. Am Kopf und Fuß der Stahlhohlquerschnitte ist je ein Loch $\varnothing 20$ mm vorzusehen, maximal im Abstand von 5 Metern.

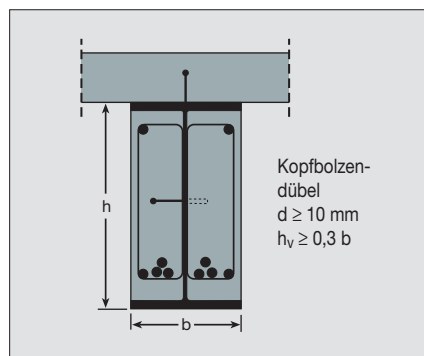


Bild 2: Sicherung des Verbundes zwischen Stahlprofil und Kammerbeton durch angeschweißte Kopfbolzendübel an den Profilsteg

Anschlüsse

Die Anschlüsse der Verbundträger an Verbundstützen müssen den gleichen Feuerwiderstand aufweisen wie die Bauteile selbst. Im Eurocode sind Beispiele für Stützenanschlüsse dargestellt, die diese Bedingung an die Feuerwiderstandsfähigkeit erfüllen (Bild 3).

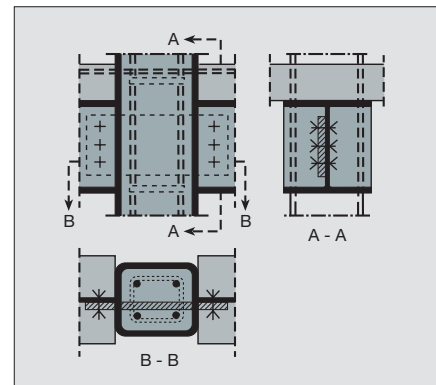


Bild 3: Anschluss an betongefüllte Hohlprofile mit durchgesteckten Laschen

Literatur

- DIN V ENV 1994-1-2 Eurocode 4 – Verbundtragwerke – Tragwerksbemessung im Brandfall; 1997-06
- DIN V ENV 1991-2-2 EC 1 – Einwirkungen im Brandfall; 1997-05
- DIN V ENV 1994-1-1 EC 4 – Verbundtragwerke – Bemessung für den Hochbau; 1997-06
- DASt-Richtlinie 104: Nationales Anwendungsdokument (NAD) – Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-2: 1997-06
- Schaumann, P: Nationale brandschutztechnische Bemessung; Stahlbaukalender 2001
- Stahlbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter; Ernst & Sohn, Berlin
- Verbundbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter, Ernst & Sohn, Berlin
- Kretz, J.: Brandschutz von Verbundbauteilen

Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
 Telefon (02 11) 67 07-828
 Telefax (02 11) 67 07-829
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de