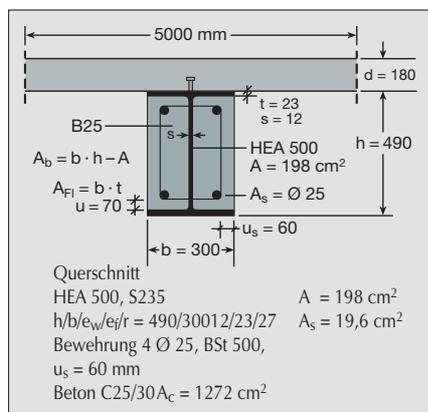


## 64.3 Nachweis eines Verbundträgers mit Kammerbeton im Brandfall



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

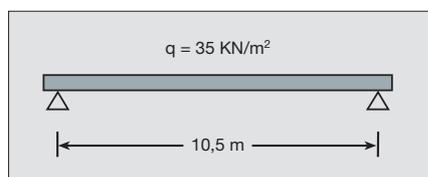
Verbundträger mit Kammerbeton können nach dem vereinfachten Verfahren des Eurocodes 4 (DIN EN 1994-1-2) brandschutztechnisch nachgewiesen und so wirtschaftlich bemessen werden. Das Nachweisverfahren gilt für Einfeld- und Durchlaufträger sowie Kragarmbereiche. Mit dem Berechnungsverfahren können kammerbetonierte Verbundträger mit Verbunddecken aus Trapezprofilblechen und Wärmedämmmaterial in den Hohlräumen über dem Obergurt, oder mit hinterschnittenen Stahlprofilblechen oder mit Profilblechen, die 90 % des Oberflansches abdeckend bemessen werden, wenn von einer dreiseitigen Beflammung ausgegangen werden kann. Als Beispiel wird ein Einfeldträger bemessen. Die Stützweite beträgt 10,5 m, der Trägerabstand 5 m.



**Bild 1: Querschnitt Verbundträger HEA 500 mit Kammerbeton**

### Grundschnittgrößen am statisch bestimmten Einfeldträger

$q = 57 \text{ KN/m}$   
 $Q_0 = 57 \cdot 10,5/2 = 300 \text{ KN}$   
 $M_0 = 57 \cdot 10,5^2/8 = 785,5 \text{ KNm}$   
 Die Brandschutzanforderung ist für die Feuerwiderstandsdauer R 90 nachzuweisen.



**Bild 2: System und Belastung**

Bei Anwendung des vereinfachten Rechenverfahrens sind die Grenzwerte für Querschnittsabmessungen nach Tab. 1 einzuhalten:

Feuerwiderstandsklasse	Mindestlattenstärke $h_c$ [mm]	Profilhöhe $h$ [mm] Breite $b_c$ [mm]	Mindestfläche $h \cdot b_c$ [mm²]	Stegdicke $e_w$ [mm]	Flanschenstärke $e_f$ [mm]
R 30	> 60	> 120	> 17.500	< $b_c/10$	< $h/8$
R 60	> 80	> 150	> 24.000		
R 90	> 100	> 170	> 35.000		
R 120	> 120	> 200	> 50.000		

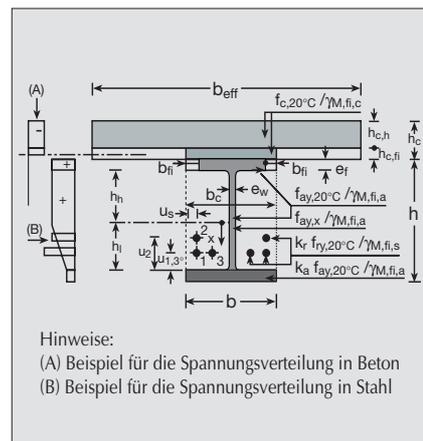
**Tabelle 1**

### Überprüfung der Anwendungsgrenzen für den Verbundträger

Plattendicke  $h_c = 180 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$   
 Profilhöhe  $h = 490 \text{ mm} > 170 \text{ mm}$   
 Profilbreite  $b_c = 300 \text{ mm} > 170 \text{ mm}$   
 Fläche  $h \cdot b_c = 147.000 \text{ mm}^2 > 35.000 \text{ mm}^2$   
 Stegdicke  $e_w = 12 \text{ mm} < 300/10 = 30 \text{ mm}$   
 Flanschenstärke  $e_f = 23 \text{ mm} < 490/8 = 61,25 \text{ mm}$

Die verminderte Tragfähigkeit durch die Temperaturbeanspruchung ist entweder durch Reduzierung der Beton- und Stahlquerschnitte oder durch Reduzierung charakteristischen mechanischen Werkstoffkennwerte nach Anhang E zu berücksichtigen.

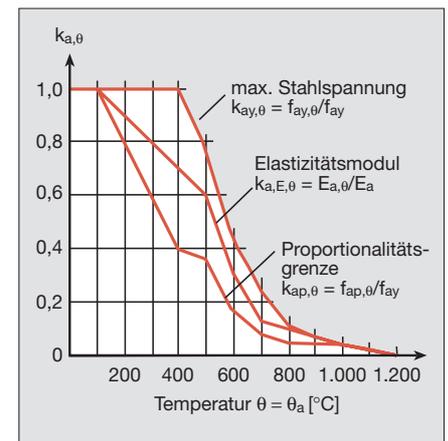
### Ermittlung der reduzierten Querschnittswerte



**Bild 3: reduzierter Querschnitt**

### Werkstoffeigenschaften

Stahl  $f_{ay, 20^\circ} = 235 \text{ N/mm}^2$   
 Betonstahl  $f_{ry, 20^\circ} = 500 \text{ N/mm}^2$   
 Beton  $f_{c, 20^\circ} = 25 \text{ N/mm}^2$



**Werkstoffkennwerte für Baustahl im Brandfall**

### Betondecke

$h_{c,fi} = 30 \text{ mm}$  nach Tabelle  
 $h_{c,fi} = h_2 = 51 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$   
 Bei Verbunddecken mit trapezförmigen oder hinterschnittenen Stahlprofilblechen sollte die Reduktion mindestens gleich der Rippenhöhe sein.

### Oberer Flansch

$$b_{fi} = (e_f/2) + 30 + (b-b_c)/2 = 23/2 + 30 + (300-300)/2 = 41,5 \text{ mm}$$

$$b_{red} = 300 - 2 \cdot 41,5 = 217 \text{ mm}$$

### Steg

Für  $1 < h/b_c = 490/300 = 1,63 < 2$  und R90:  
 $h_l = 14.000/b_c + 75.000 (e_w/b_c \cdot h) + 85.000 (e_w/b_c \cdot h) (2-h/b_c) = 14.000/300 + 75.000 (12/147.000) + 85.000 (12/147.000) (2-1,63) = 133,6 > h_{l,min} = 40 \text{ mm}$   
 $h_h = 490 - 133,6 - 2 \cdot 23 = 310,4 \text{ mm}$

### Unterer Flansch

Reduktionsfaktor für die untere Streckgrenze  
 $k_a = [0,12 - 17/b_c + h/38 \cdot b_c] (0,018 e_f + 0,7) = [0,12 - 17/300 + 490/38 \cdot 300] (0,018 \cdot 12 + 0,7) = 0,10$   
 $k_{a,min} = 0,6 < k_a = 0,10 < k_{a,max} = 0,12$

### Bewehrung

Reduktionsfaktor  $k_r$  der Streckgrenze eines Bewehrungsstabes

$$A_m = 2 h + b_c = 2 \cdot 490 + 300 = 1.280 \text{ mm}$$

$$V = h b_c = 490 \cdot 300 = 147.000 \text{ mm}^2$$

$$u = 1 / [1/60 + 1/70 + 1/(300-12-70)] = 28,1 \text{ mm}$$

$$k_{r1} = (u a_3 + a_4) a_5 / \sqrt{(A_m/V)} = (28,1 \cdot 0,026 - 0,154) 0,09 \sqrt{(1.280/147.000)} = 0,015$$

### Plastisches Biegemoment des Feldquerschnitts nach 90 Minuten Branddauer

oberer Flansch  
 $F_f = b_{red} \cdot e_f \cdot f_{ay, 20^\circ} = 21,7 \cdot 2,3 \cdot 23,5 = 1172,9 \text{ KN}$   
 $z_f = h_c + e_f/2 = 0,192 \text{ m}$   
 $M_{f,o} = F_f \cdot z_f = 1.172,9 \cdot 0,192 = 224,6 \text{ KNm}$

### oberer Stegteil

$$F_{st,o} = e_w \cdot h_h \cdot f_{ay, 20^\circ} = 1,2 \cdot 31,04 \cdot 23,5 = 875,3 \text{ KN}$$

$$z_{st,o} = h_c + e_f + h_h/2 = 0,18 + 0,023 + 0,3104/2 = 0,36 \text{ m}$$

$$M_{f,o} = F_{st,o} \cdot z_{st,o} = 875,3 \cdot 0,36 = 313,5 \text{ KNm}$$

### unterer Stegteil

$$F_{st,u} = e_w \cdot h_l \cdot f_{ay, 20^\circ} (1 + k_a) / 2 = 1,2 \cdot 13,36 \cdot 23,5 (1 + 0,10) / 2 = 207,2 \text{ KN}$$

$$z_{st,u} = 0,18 + 0,49 - 0,023 - 0,1336 \cdot (2/3) \cdot 0,95 = 0,56 \text{ m}$$

$$M_{st,u} = F_{st,u} \cdot z_{st,u} = 207,2 \cdot 0,5 = 116,5 \text{ KNm}$$

### unterer Flansch

$$F_f = b \cdot e_f \cdot f_{ay, 20^\circ} \cdot k_a = 30 \cdot 2,3 \cdot 23,5 \cdot 0,1 = 162,2 \text{ KN}$$

$$z_f = 0,18 + 0,49 - 0,023/2 = 0,66 \text{ m}$$

$$M_f = F_f \cdot z_f = 162,2 \cdot 0,66 = 107,1 \text{ KNm}$$

Die Walzausrundung wird in diesem Beispiel vernachlässigt.

### Bewehrung 2 Ø 25

$$F_s = A_s \cdot k_{r1} \cdot f_{ry, 20^\circ} \cdot 2 \cdot 4,91 \cdot 0,015 \cdot 50 = 7,4 \text{ KN}$$

$$z_s = 0,18 + 0,49 - 0,023/2 - 0,05 = 0,60 \text{ m}$$

$$M_s = 7,4 \cdot 0,6 = 4,5 \text{ KNm}$$

### Mitwirkende Plattenbreite

$$b_m = 0,25 \cdot 5 = 1,25 \text{ m}$$

$$\Sigma Z = 1172,9 + 875,3 + 207,2 + 162,2 + 7,4 = 2.425 \text{ KN}$$

### plastische Nulllinie

$$z_{pl} = 2.425 / (125 \cdot 2,5) = 7,76 \text{ cm}$$

### Betonplatte

$$F_c = -2.425 \text{ KN}$$

$$z_c = 0,0776/2 = 0,039 \text{ m}$$

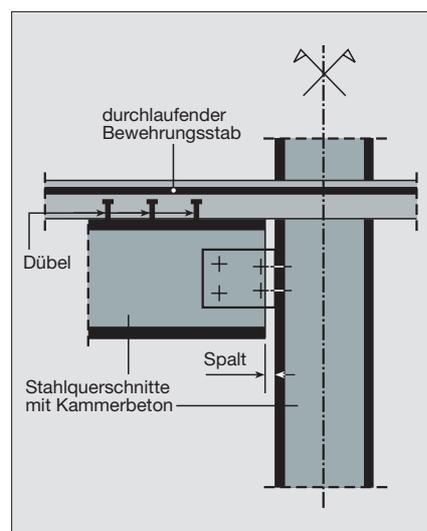
$$M_c = F_c \cdot z_c = -2425 \cdot 0,039 = 94,1 \text{ KNm}$$

### Plastisches Feldmoment

$$M_{fi,90,Rd} = 224,6 + 313,5 + 116,5 + 106,8 + 4,5 - 94,1 = 671,9 \text{ KNm}$$

### Stützmoment am Auflager

Bei gelenkig gelagerten Einfeldträger können sich im Brandfall Stützmomente einstellen, wenn die Deckenbewehrung eine Durchlaufwirkung gewährleistet und die Druckkraft im Anschluss wirksam übertragen werden kann. Das gilt bei Spaltbreiten zwischen Träger und Stütze  $< 10 \text{ mm}$  bzw.  $< 15 \text{ mm}$  bei Stützweiten  $> 5 \text{ m}$ .



**Bild 4**

### Bewehrung in der durchlaufenden Decke

$$8 \text{ Ø } 16 \text{ (BSt 500, } A_s = 16 \text{ cm}^2, u = 140 \text{ mm)}$$

$$\text{Reduktionsfaktor } k_s = 0,0275 u - 0,1 = 3,75 > k_{s,max} = 1 \Rightarrow k_s = 1$$

### Kammerbeton

$$h_{fi} = 220 - 0,5 b_c - 8 h/b_c = 220 - 0,5 \cdot 300 - 8 \cdot 490/300 = 56,9 \text{ mm} > h_{fi,min} = 45 \text{ mm}$$

$$b_{fi} = 70 - 0,1 b_c = 70 - 0,1 \cdot 300 = 40 \text{ mm} > b_{fi,min} = 35$$

$$b_{c,fi,res} = 300 - 2 \cdot 40 - 12 = 208 \text{ mm}$$

$$\max D_{kb} = (49-2,3 \cdot 2 - 5,69) 20,8 \cdot 2,5 = 2.012,9 \text{ KN}$$

$$\max Z = 16 \cdot 50 = 800 \text{ KN}$$

$$x_{pl} = 800 / (20,85 \cdot 2,5) = 15,34 \text{ cm}$$

### Plastisches Stützmoment

$$M_{pl,s} = -800 \cdot (0,14 + 0,49 - 0,023 - 0,0569 - 0,1534/2) = -378,7 \text{ KN}$$

### Systemnachweis

Endfeld  $\text{grenz } M_{90} = 0,4 \cdot 378,7 + 671,9 = 823,4 \text{ KNm} > M_0 = 785,5 \text{ KNm}$

Innenfeld  $\text{grenz } M_{90} = 378,7 + 671,9 = 1.050,6 \text{ KNm} > M_0 = 785,5 \text{ KNm}$

Die Tragfähigkeit im Brandfall ist für die Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten ausreichend. Der Verbundträger kann in die Feuerwiderstandsklasse R 90 klassifiziert werden.

### Literatur

- DIN V ENV 1994-1-2 EC 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 [2]
- DAST – Ri 104: NAD – Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-1; 1997-06
- Brandschutz in Europa – Bemessung nach Eurocode; DIN, Hosser; 1. Auflage 2000 [1]

### 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, Tel.: (02 11) 67 07-829  
 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  
 www.bauen-mit-stahl.de  
 zentrale@bauen-mit-stahl.de