

# Neufassung der DAfStb Hefte 220 / 240

Überarbeitung Heft 220 (neu: Heft 630)

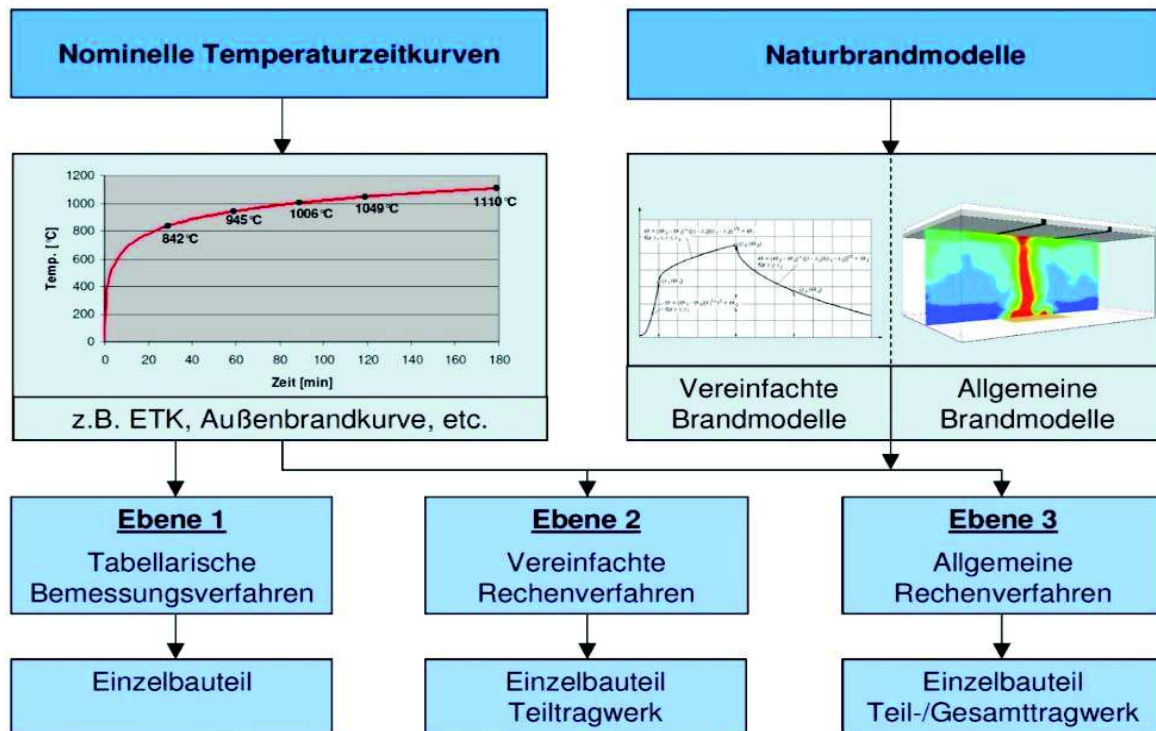
## Bemessung für den Brandfall

Prof. Dr. **Jochen Zehfuß**

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB)  
Technische Universität Braunschweig

### Vortragsgliederung

- **Einführung**
- **Eurocode-Brandschutznachweise**
- **Nachweisebenen**
- **Bemessungsregeln hochfester Beton**
- **Bemessungshilfen**
- **Anwendungsbeispiel**
- **Zusammenfassung**



## Verfahren zur Tragwerksbemessung

### □ Grenzzustände

- $t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$       Zeitbereich (Feuerwiderstandsdauer)
- $R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$       Festigkeitsbereich (wie Kaltbemess.)
- $\Theta_d \leq \Theta_{cr,d}$       Temperaturbereich (krit. Temperatur)

## □ Grenzzustände

–  $t_{fi,d} \geq t_{fi,req}$       Zeitbereich (Feuerwiderstandsdauer)

$t_{fi,req}$       aus der Bauordnung  
in Abhängigkeit von Bauwerk und Bauteil:  
feuerbeständig      R 90, REI 90, EI 90  
hochfeuerhemmend R 60, REI 60, EI 60  
feuerhemmend      R 30, REI 30, EI 30

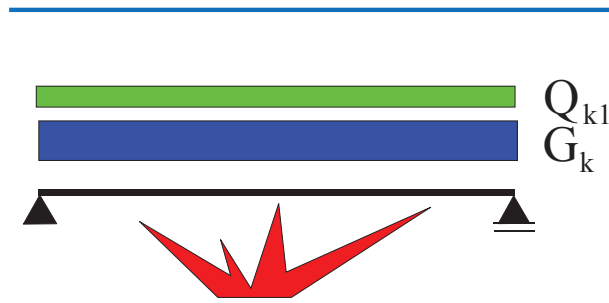
$t_{fi,d}$       aus DIN EN 199x-1-2 (x = 2 ... 6 und 9)  
z. B. 1992-1-2: Tabellarischer Nachweis  
der erf. Mindestmaße und Achsabstände

Feuerwiderstandsklasse	Mindestmaße (mm)	
	Plattendicke $h_s$	Achsabstand $a$
1	2	3
REI 30	150	10*
REI 60	180	15*
REI 90	200	25

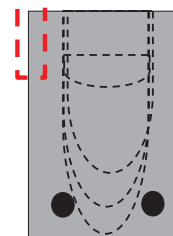
## □ Grenzzustand

–  $E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t}$       Festigkeitsbereich (wie Kaltbemessung)

### Einwirkungen



### Bauteil-Widerstand



$$E_{fi,d} = \gamma_{GA} \cdot G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k1}$$

mit  $\gamma_{GA} = 1,0$

$\psi_{fi} = 0,8 \div 0$  (Kombinationsbeiwert)

≤

$$R_{fi,d} = \{A_c, A_s, f_{ck,\Theta} / \gamma_{c,fi}, f_{yk,\Theta} / \gamma_{s,fi}\}$$

mit  $\gamma_{c,fi} = 1,0$

$\gamma_{s,fi} = 1,0$

≈ 20 °C

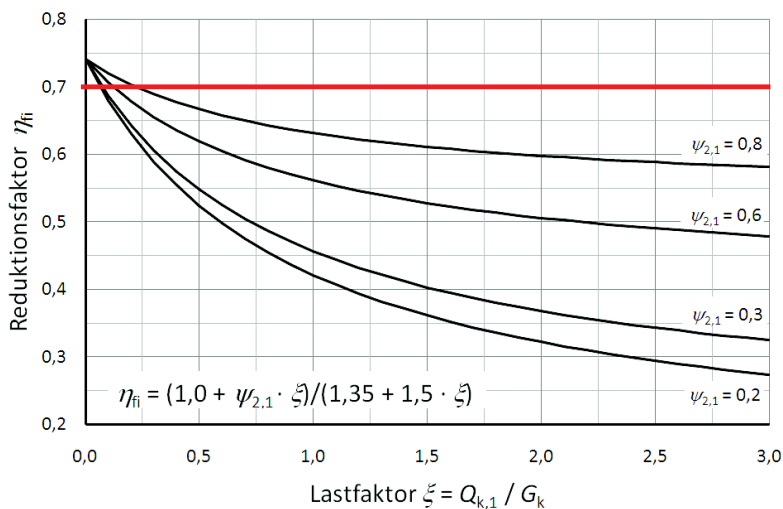
Bemessungswert der Einwirkungen bei Normaltemperatur:

$$E_d = 1,35 \cdot G_K + 1,5 \cdot Q_K$$



Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall (außergewöhnlicher = seltener Lastfall):

$$E_{d,fi} = 1,0 \cdot G_K + \psi_{2,1} \cdot Q_K$$



$$E_{d,fi} = 0,7 \cdot E_d$$

## Bemessung im Brandfall

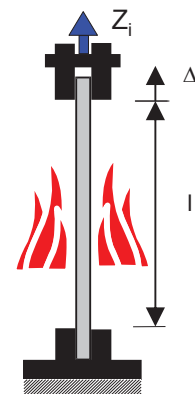
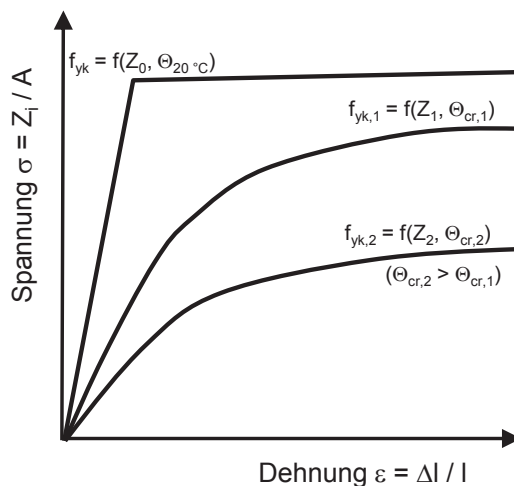
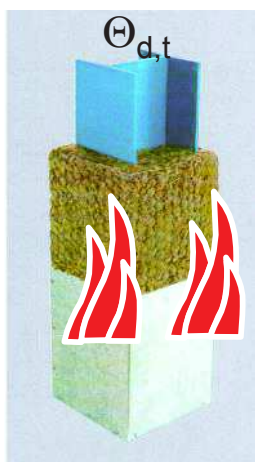
### □ Grenzzustände

- $t_{fi,d} \geq t_{fi,req}$
- $E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t}$
- $\Theta_{d,t} \leq \Theta_{cr,d}$

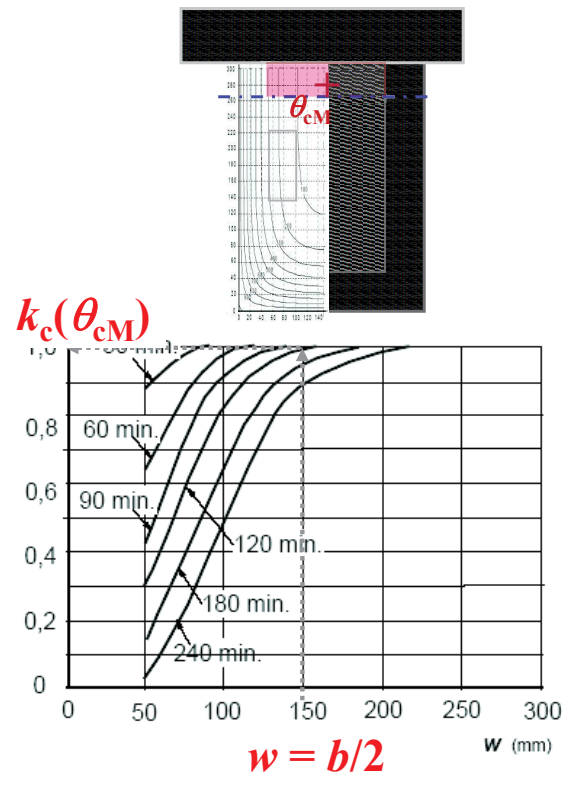
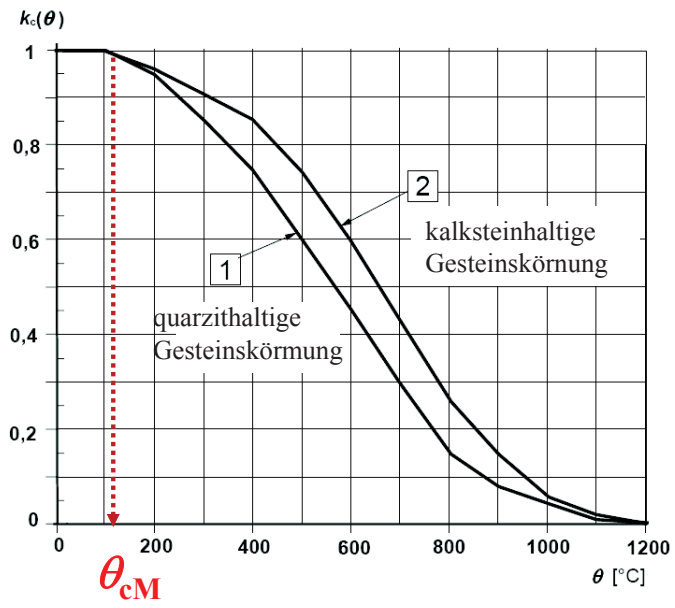
Zeitbereich (Feuerwiderstandsdauer)

Festigkeitsbereich (wie Kaltbemessung)

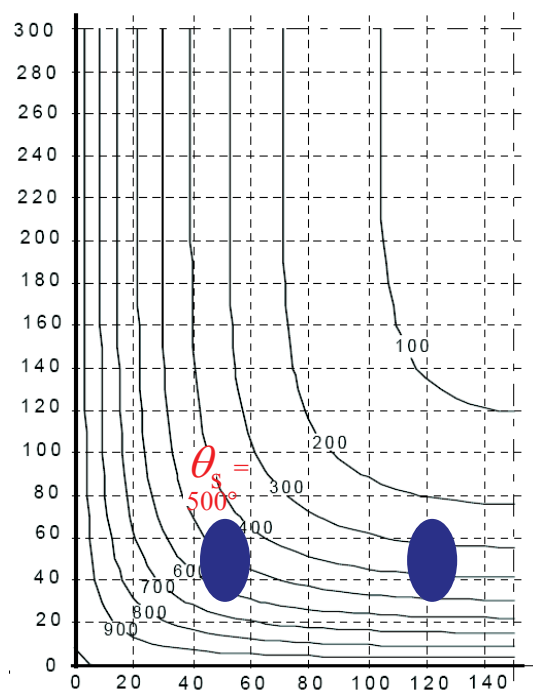
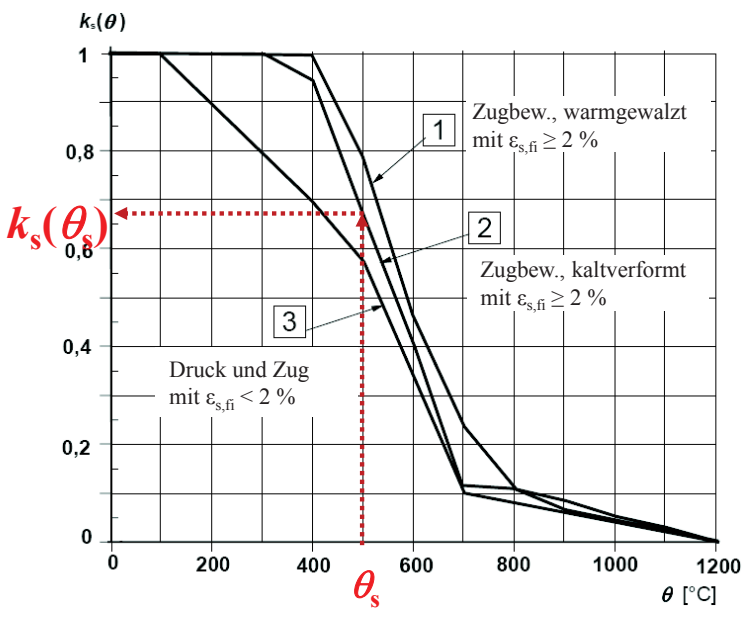
Temperaturbereich (krit. Temperatur)



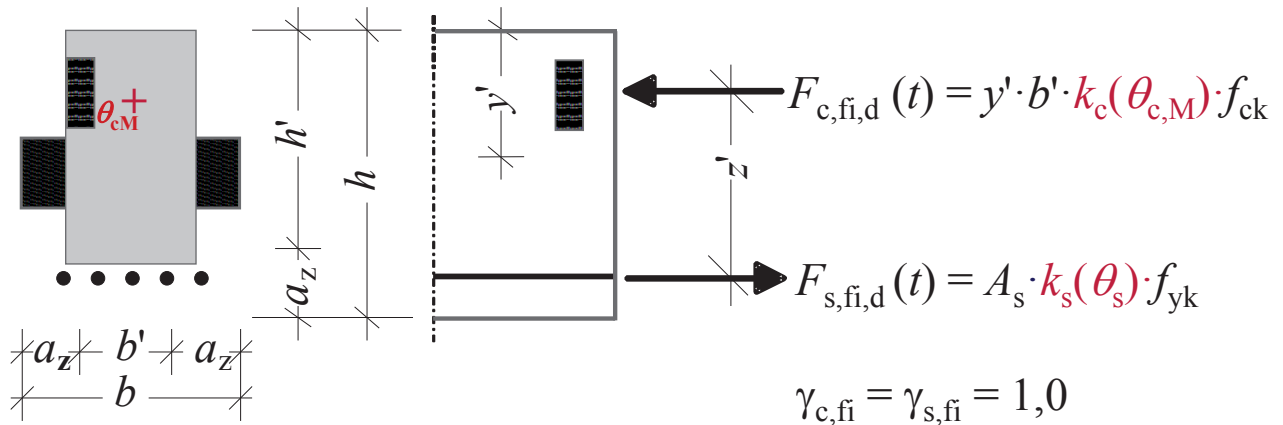
# Vereinfachtes Rechenverfahren Zonenmethode nach EC 2-1-2 (Ebene 2)



# Vereinfachtes Rechenverfahren Zonenmethode nach EC 2-1-2 (Ebene 2)



Balken 600 x 300 mm<sup>2</sup>, R 90



Nachweisgleichung:  $M_{R,fi,d}(t) = F_{s,fi,d}(t) \cdot z' \geq M_{E,fi,d}$

### Ebene 3 – Allgemeines Rechenverfahren

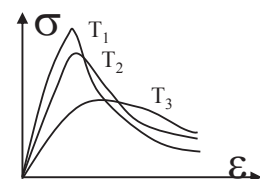
#### Thermische Analyse

- Ermittlung des Wärmestroms auf die Bauteile infolge der Temperaturbeanspruchung
- Berechnung der Temperaturverteilung im Querschnitt

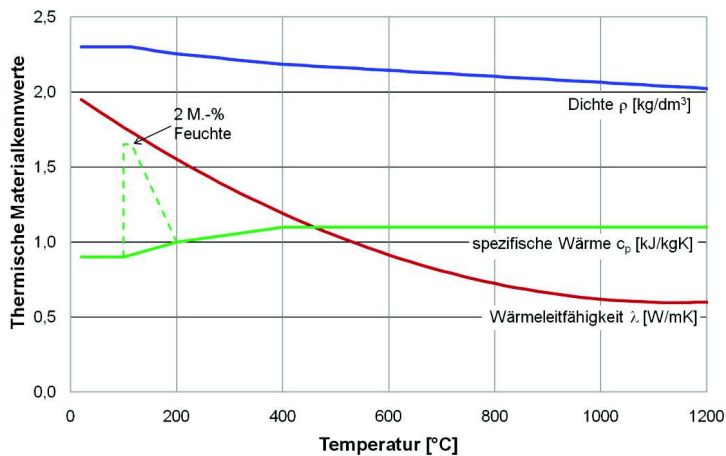


#### Mechanische Analyse

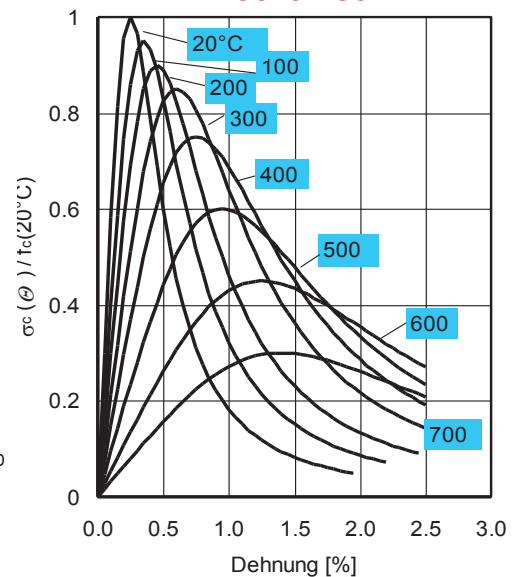
- Gleichgewichtszustand im Querschnitt
- thermische Dehnung
- Eigenspannungen
- Gleichgewichtszustand für das Tragsystem
- Zwangspannungen
- geometrische Imperfektionen (Theorie II. Ordnung)



## thermisch



## mechanisch



## Übersicht Nachweisalternativen

Bauteil	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3	Anmerkung:
Stat. best. gelagerte Balken	Tabelle 5.5 für ETK	Anhang B.2 für ETK Anhang E für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Stat. unbest. gelagerte Balken	Tabelle 5.6 (und 5.7) für ETK	Anhang B.2 für ETK Anhang E für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Vierseitig brandbeanspr. Balken	Kap. 5.X.4	Anhang B.2 für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Stat. best. gelagerte Platten	Tabelle 5.8 für ETK	Anhang B.2 für ETK Anhang E für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Stat. unbest. gelagerte Platten	Tabelle 5.8 für ETK	Anhang B.2 für ETK Anhang E für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Flachdecken	Tabelle 5.9 für ETK	--/--	--/--	B
Stat. best. gelagerte Rippendecken	Tabelle 5.10 für ETK	Anhang B.2 für ETK Anhang E für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Stat. unbest. gelagerte Rippendecken	Tabelle 5.11 für ETK	Anhang B.2 für ETK Anhang E für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	A
Geschossstützen	Tabelle 5.2a für ETK	Anhang B.2 für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	C
Kragstützen	--/--	NA; Anhang AA	Kap. 4.3 für ETK und NB	D
Nichttragende, raumabschl. Wände	Tabelle 5.3	--/--	Kap. 4.3 für ETK und NB	
Tragende Wände	Tabelle 5.4	Anhang B.2 für ETK	Kap. 4.3 für ETK und NB	E
Brandwände	Kap. 5.4.3	--/--	--/--	F
Zugglieder	Kap. 5.5 mit Tabelle 5.5	--/--	Kap. 4.3 für ETK und NB	

NB: Naturbrand

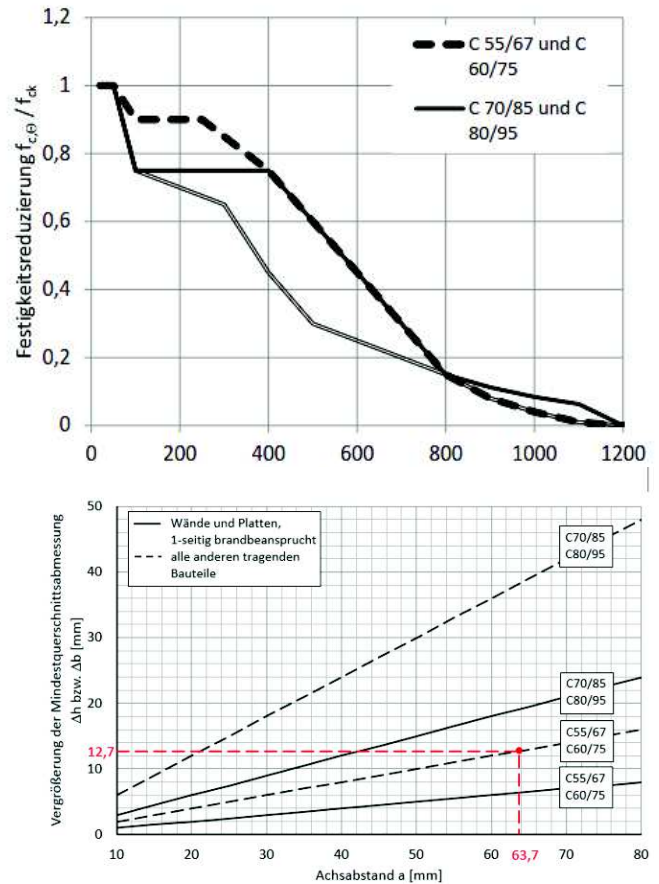


- Für Bauteile aus hochfestem Beton C55/67 – C80/95 können Bemessungstabellen in EC 2-1-2 für Normalbeton angewendet werden, wenn Mindestquerschnittsabmessungen  $\Delta h$  bzw.  $\Delta b$  vergrößert werden

-  $\Delta h = (k - 1) \cdot a$  für einseitig brandbeanspruchte Wände und Platten

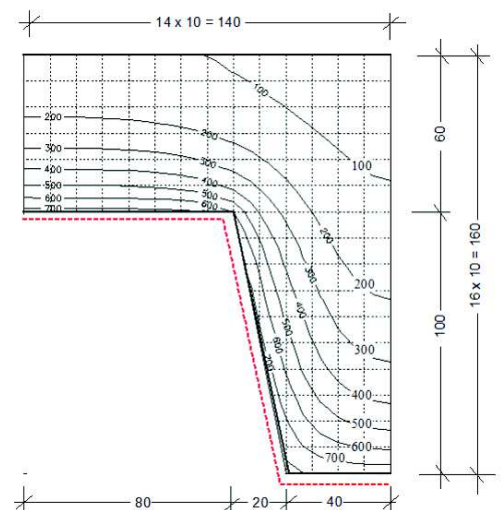
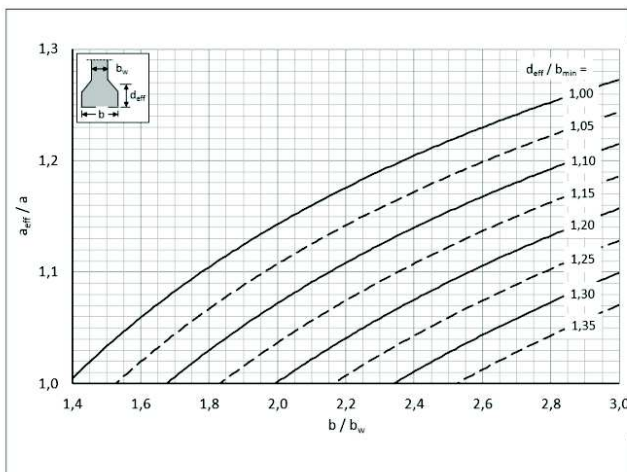
-  $\Delta h = 2 \cdot (k - 1) \cdot a$  für alle anderen tragenden Bauteile

- Und der tabellierte Achsabstand  $a$  mit dem Faktor  $k$  multipliziert wird:
- $k = 1,1$  für C55/67 und C60/75
- $k = 1,3$  für C70/85 und C80/95



## Bemessungshilfen

- Temperaturprofile (z. B. gevoutete Querschnitte)
- Stützen in ausgesteiften Bauwerken
- Stahlbeton-Kragstützen
- Balken und Platten





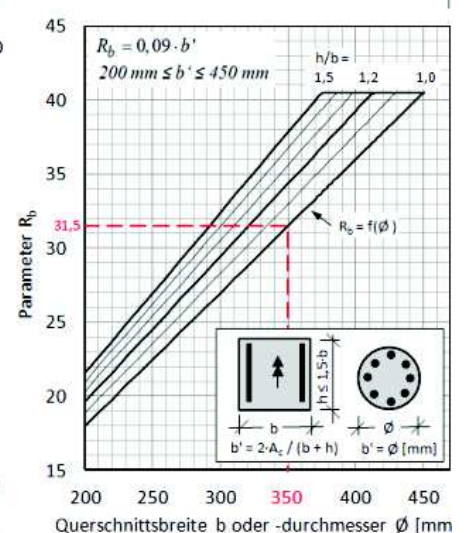
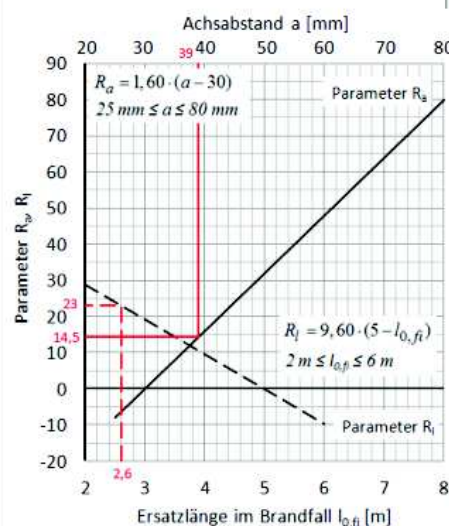
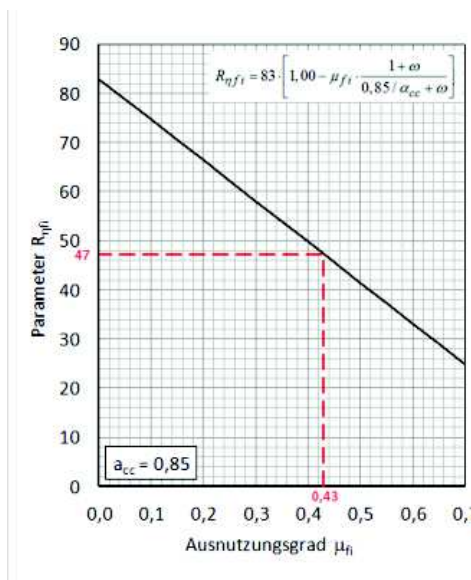
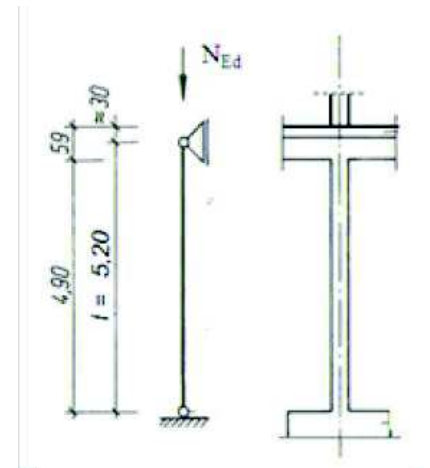
- Nachweis der Feuerwiderstandsdauer „R“ nach DIN EN 1992-1-2 Abs. 5.3.2 (Methode A)

- Bemessungstabelle oder

- Gleichung 5.7:  $R = 120 \left( (R_{\eta fi} + R_a + R_l + R_b + R_n) / 120 \right)^{1,8} \text{ min}$

- Gegeben:

Parameter	$a_{cc} = 0,85$	Bemerkung
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	11,3	$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / 1,5$
$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	435	
$\omega$	0,27	$w = (A_{s,tot} \cdot f_{yd}) / (A_c \cdot f_{cd})$
$a$ [mm]	39	Achsabstand
$N_{Rd}$ [kN]	-1110	
$\mu_{fi}$	0,43	$\mu_{fi} = N_{E,fi,d} / N_{Rd}$
$l_{0,fi}$ [m]	2,60	Knicklänge im Brand

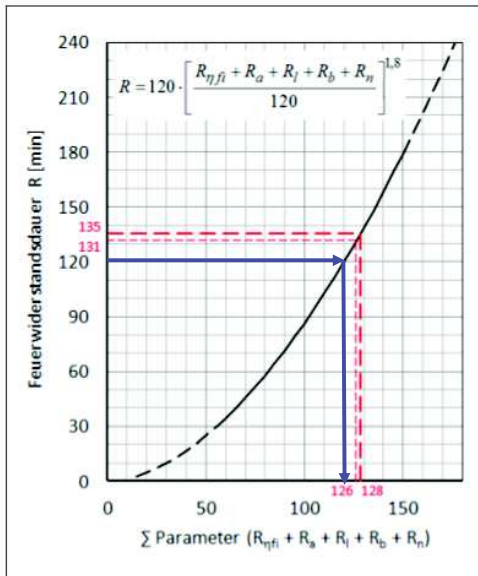


$R_n = 0$  für  $n = 4$  (Rechteckquerschnitt, nur Eckstäbe vorhanden)

$= 12$  für  $n > 4$  (Rechteck- und Kreisquerschnitt (EC 2-1-1/NA (NCI) zu 9.5.2 (4) ... In Stützen mit Kreisquerschnitt sollten mindestens 6 Stäbe angeordnet werden)).

$$R = 120 \left( (R_{\eta fi} + R_a + R_l + R_b + R_n) / 120 \right)^{1,8} \text{ min}$$

$$R = 120 \left( (47 + 14,5 + 23 + 31,5 + 12) / 120 \right)^{1,8} \text{ min}$$

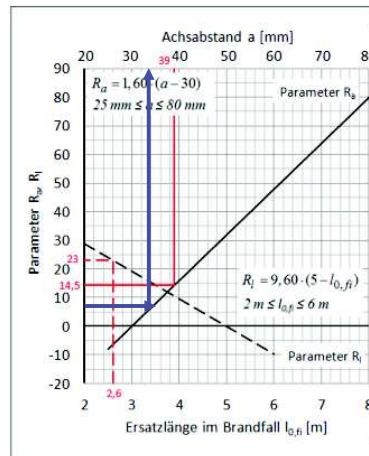


$R = 135 \text{ min} \Rightarrow 15 \text{ min Reserve}$

Um wie viele mm kann der Achsabstand  $a$  verringert werden, damit noch  $R = 120$  eingehalten wird?

Für  $R = 120 \text{ min} \Rightarrow$  Parameter: 120

$$\Delta = 120 - 128 = -8 \Rightarrow R_a = 14,5 - 8 = 6,5$$



$\Rightarrow a$  (abgelesen) = 34 mm

$\Rightarrow$  Der Achsabstand kann um 5 mm verringert werden

## Zusammenfassung und Fazit

- Eurocode-Brandschutznachweise
- Nachweisebenen
- Bemessungsregeln hochfester Beton
- Bemessungshilfen
  - Temperaturprofile (z. B. gevoutete Querschnitte)
  - Stützen in ausgesteiften Bauwerken
  - Stahlbeton-Kragstützen
  - Balken und Platten
- Anwendungsbeispiel Innenstütze