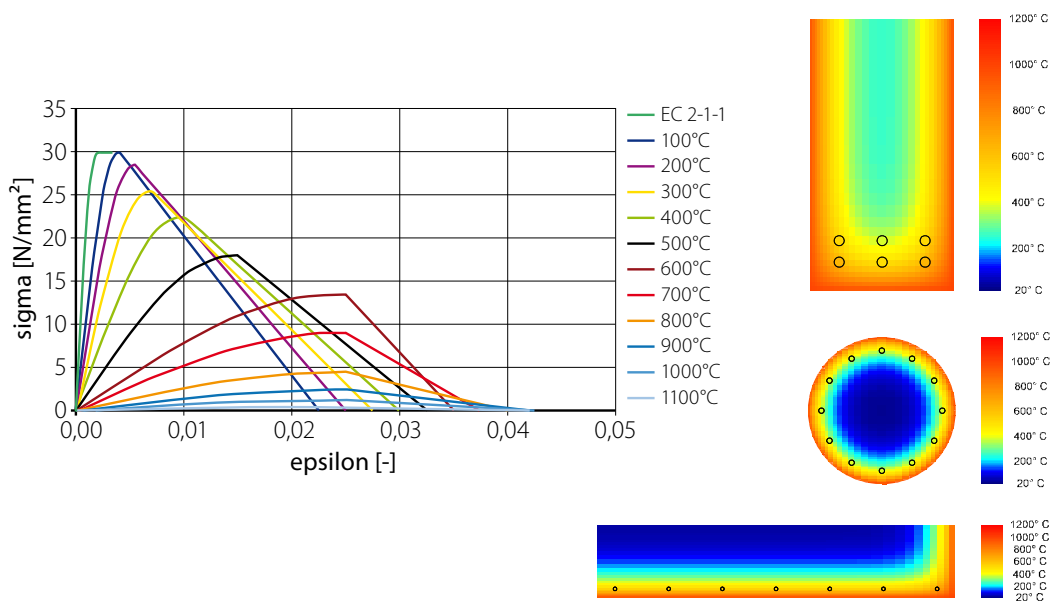


Dr.-Ing. Joachim Kretz

# Bauteilanalyse im Brandfall nach EC 2 Teil 1-2 und Nationalem Anhang (NA)

## Leistungsbeschreibung mit Validierungs- und Anwendungsbeispielen des BauStatik-Moduls S853.de Stahlbeton-Querschnitte, Analyse im Brandfall

Für statisch bestimmt gelagerte Biegebauteile wie Balken und Decken kann der Nachweis der Tragfähigkeit im Brandfall auf Querschnittsebene erfolgen. Neben der Nachweisführung mittels tabellarischer Daten (Level 1) bieten rechnerische Nachweisverfahren den Vorteil einer flexibleren Anwendung und einer wirtschaftlicheren Bemessung der Bauteile. Die wirtschaftlichste und allgemeinste Bemessung ist mit dem im EC 2 Teil 1-2 angegebenen allgemeinen Verfahren (Level 3) möglich, das im BauStatik-Modul S853.de implementiert ist. Die Anwendung des Level 3-Verfahrens setzt jedoch die Validierung entsprechend den Validierungsbeispielen in DIN EN 1991-1-2/NA voraus.



Mit Hilfe der allgemeinen Rechenverfahren kann das Trag- und Verformungsverhalten beliebiger Bauteile (Einzelbauteile) und Tragwerke (Teil- und Gesamttragwerke) unter Brandbeanspruchung berechnet werden. An einem numerischen Simulationsmodell werden dabei eine thermische und eine mechanische Analyse durchgeführt. Bezüglich der Bauteilabmessungen, der Querschnittsformen, der Baustoffe und der thermischen Beanspruchungen bestehen grundsätzlich keine Einschränkungen, sofern die Rechengrundlagen in Form von temperaturabhängigen Materialgesetzen bekannt sind. Die Ergebnisse der allgemeinen Rechenverfahren (Level 3) simulieren im Vergleich zur Klassifizierung (Level 1) und den vereinfachten Rechenverfahren (Level 2) das tatsächliche Verhalten der Bauteile im Brandfall genauer. Für den Nachweis werden Rechengrundlagen zur Ermittlung der Temperatureinwirkungen benötigt, die im

EC 1 Teil 1-2 [1] genormt sind. Darüber hinaus sind Angaben über die temperaturabhängige Veränderung der thermomechanischen Eigenschaften der Baustoffe (Wärmeleitfähigkeit, Festigkeit, thermische Dehnung, ...) erforderlich. Hierzu sind für Stahlbetonbauteile detaillierte Angaben im EC 2 Teil 1-2 [3] enthalten.

Im Rahmen der thermischen Analyse werden die Temperaturen im Bauteil berechnet, wobei die temperaturabhängigen thermischen Materialkennwerte zu berücksichtigen sind. In der anschließenden mechanischen Analyse werden das Trag- und ggf. auch das Verformungsverhalten der brandbeanspruchten Bauteile berechnet. Auf Querschnittsebene können im Modul S853.de die Tragfähigkeiten und Steifigkeiten sowie die Dehnungszustände bestimmt werden.

# 1 S853.de Stahlbeton-Querschnitte, Analyse im Brandfall - EC 2

## 1.1 Material / Querschnitt

Als Querschnittsformen sind Kreisquerschnitte sowie Stahlbeton-Rechteckquerschnitte berechenbar, die über ihre Geometrieabmessungen zu definieren sind. Die Stahlbeton-Bewehrung ist bei Kreisquerschnitten über die Anzahl und Durchmesser der Bewehrungsstäbe sowie deren Betondeckung festzulegen. Die Bewehrung in Rechteckquerschnitten ist über die Lage der Bewehrungsstäbe (y-, z-Koordinaten) und deren Stabdurchmesser zu definieren. Im Rahmen der Brandanalyse sind die üblichen Normalbetone sowie Stahlbetonbewehrung zu verwenden, deren Eigenschaften im Brandfall aber genauer zu spezifizieren sind (siehe dazu Abs.1.3).

## 1.2 Belastung

Die Bauteilquerschnitte sind zu beanspruchen mit:

- $N_{E,fi,d,t}$  (Normalkraft)
- $M_{y,Ed,fi,t}$  (Moment um y-Achse)
- $M_{z,Ed,fi,t}$  (Moment um z-Achse)

## 1.3 Temperaturabhängige Werkstoffeigenschaften

Als Grundlage für die thermischen und mechanischen Analysen sind die speziellen temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften vorzugeben.

### Beton:

Je nach Betonzuschlagstoffen stellt sich die Festigkeitsabminderung des Betons im Brandfall nach DIN EN 1992-1-2 [3] mit unterschiedlichen Werten ein. Bei bekannter Temperaturverteilung (thermische Analyse) kann so an jeder Stelle des Querschnitts die anzusetzende Festigkeit bestimmt werden. Bild 1 zeigt den temperaturabhängigen Abfall der Betondruckfestigkeit bei steigender Temperatur. Je nach verwendeten Zuschlagstoffen sind die Kurve 1 für Normalbeton mit quarzhaltigen Zuschlägen oder die Kurve 2 mit kalksteinhaltigen Zuschlägen zu verwenden.

### Betonstahl:

In Bild 2 ist der temperaturabhängige Festigkeitsverlauf für Betonstahl (Klasse N) dargestellt. Je nach Herstellung des Betonstahls (warmgewalzt oder kaltgeformt) ist die entsprechende Kurve in der Festigkeitsermittlung zu berücksichtigen.

### Werkstoffkennlinien für die Bemessung im Brandfall:

Die verschiedenen Baustoffe unterliegen einem stark temperaturabhängigen Verhalten. Die Spannungs-Dehnungslinien zur Bemessung unterscheiden sich ganz wesentlich von den unter Normaltemperatur anzusetzenden Kennlinien nach DIN EN 1992-1-1 [5]. Die drastische Abnahme des E-Moduls und die Abnahme der Festigkeit, verbunden mit einer Zunahme der Bruchdehnung sind aus Bild 3 für Normalbetone klar zu erkennen.

### Einheitstemperaturzeitkurve (ETK):

Für die normgerechte Klassifizierung von Bauteilen ist eine Festlegung auf eine bestimmte Brandbelastung bzw. Tem-

peraturzeitkurve erforderlich. National und international wird die Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) zur normgerechten Klassifizierung von Bauteilen verwendet.

### Thermische Dehnungen:

Die thermischen Dehnungen der Werkstoffe entstehen durch die hohen Temperaturbeanspruchungen. Infolge des über den Querschnitt unterschiedlichen Temperaturverlaufs (Temperaturprofil) entstehen einerseits Eigenspannungen und andererseits durch die Längenänderung des Bauteils indirekte Einwirkungen (Zwangskräfte) auf das Tragwerk, die zu veränderten Schnittgrößen führen können. Zwangsbeanspruchungen können auf Querschnittsebene im Modul S853.de über die Belastungseingaben berücksichtigt werden.

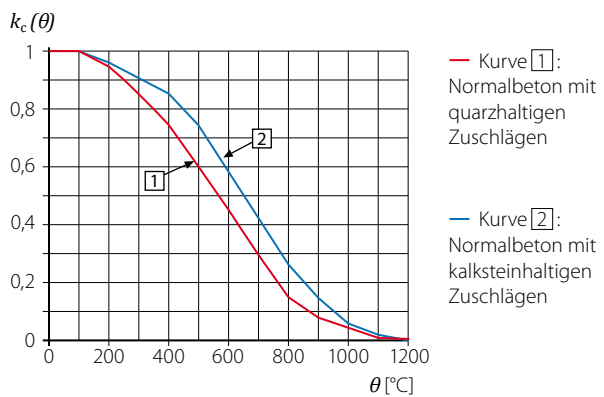


Bild 1. Beiwert  $k_c(\theta)$  zur Berücksichtigung des Abfalls der charakteristischen Druckfestigkeit  $f_{ck}$  für Beton nach [3]

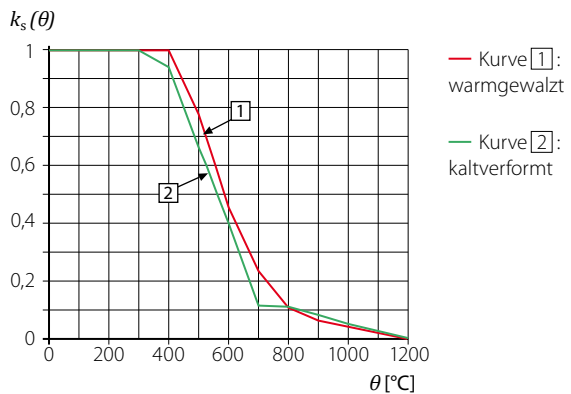


Bild 2. Beiwert  $k_s(\theta)$  zur Berücksichtigung des Abfalls der charakteristischen Festigkeit  $f_{sk}$  von Zug- und Druckbewehrung (Klasse N) nach [3]

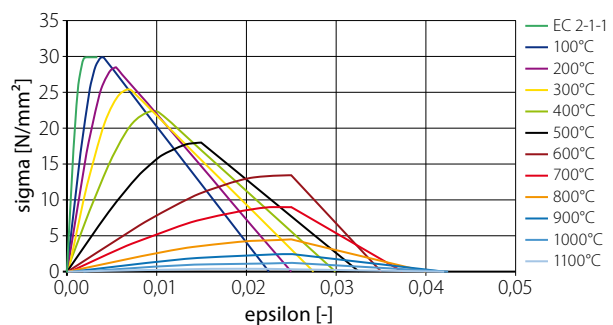


Bild 3. Spannungs-Dehnungskennlinien von Normalbeton mit quarzhaltigem Zuschlag bei steigender Temperatur nach [3]

1.4 Nachweise

Beflammte Seiten / Branddauer:

Für Rechteckquerschnitte kann die Beflammung ein-, zwei-, drei- oder vierseitig vorgegeben werden. Kreisquerschnitte werden entlang des kompletten Umfangs beflammt. Die Branddauer  $t_{fi}$  in Minuten ist frei definierbar.

Je nach Aufgabenstellung sind über die Steuerung der Eingabe unterschiedliche Berechnungsergebnisse zu erzielen:

1. Für eine vorgegebene Beanspruchung ( $N_{E,fi,d,t}$ ,  $M_{y,Ed,fi,t}$ ,  $M_{z,Ed,fi,t}$ ) und einer vorgegebenen Querschnittsdefinition (einschließlich vorgegebener Bewehrungsanordnung und -menge) ist die **Versagenszeit**  $t_u$  in Minuten zu bestimmen.
2. Bei einer vorgegebenen Beanspruchung ( $N_{E,fi,d,t}$ ,  $M_{y,Ed,fi,t}$ ,  $M_{z,Ed,fi,t}$ ), einer vorgegebenen Querschnittsdefinition (einschließlich vorgegebener Bewehrungsanordnung und -menge) und einer vorgegebenen Branddauer  $t_{fi}$  ist der **Nachweis** bzw. die Kontrolle einer **ausreichenden Querschnittstragfähigkeit** zu erbringen. In diesem Fall wird die Beanspruchung vom Querschnitt mit einer bestimmten Resttragfähigkeit aufgenommen.
3. Bei einer vorgegebenen Beanspruchung ( $N_{E,fi,d,t}$ ,  $M_{y,Ed,fi,t}$ ,  $M_{z,Ed,fi,t}$ ) und einer vorgegebenen Branddauer  $t_{fi}$  kann die dazu **erforderliche Bewehrung** bestimmt werden (siehe Validierungsbeispiele).
4. Für einen vorgegebenen Querschnitt mit fest vorgegebener Bewehrungsanordnung und -menge und einer vorgegebenen Branddauer  $t_{fi}$  lässt sich die **aufnehmbare Beanspruchung** ( $N_{E,fi,d,t}$ ,  $M_{y,Ed,fi,t}$ ,  $M_{z,Ed,fi,t}$ ) ermitteln. Die Beanspruchung kann dabei in beliebiger Kombination von Normalkraft und zweiachsiger Biegung verändert werden.

Als weitere Ergebnisse der Analyse im Brandfall werden das berechnete Temperaturprofil grafisch dargestellt, die Reststeifigkeit unter der gegebenen Beanspruchung sowie die maximalen und minimalen Dehnungen und zugehörigen Krümmungen des Querschnitts tabellarisch ausgegeben.

Die Temperaturprofile werden programmseitig entsprechend dem Verlauf des Temperaturgradienten angepasst. Mit der feinen Elementierung im Randbereich ist die Temperaturverteilung im Querschnitt am zutreffendsten zu erfassen.

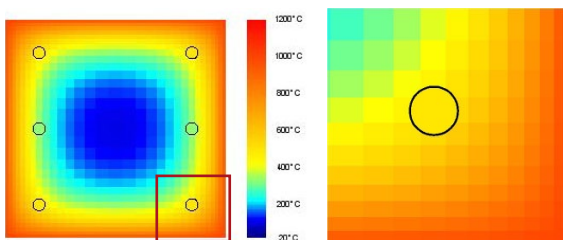


Bild 4. Elementierung mit Ausschnitt des Temperaturprofils

2 Validierung nach EC 1 Teil 1-2/NA

2.1 Validierungsbeispiel CC.4.8 – schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken nach DIN EN 1991-1-2/NA

Ein schwach bewehrter Stahlbeton-Biegebalken mit  $l = 3.0$  m, wird dreiseitig beflammt. Die Achsabstände der Bewehrung werden entsprechend Tabelle CC.16 mit dem Querschnitt  $b/h = 20$  cm/38 cm für die Feuerwiderstandsklasse R 90 (d.h. 90 Minuten Branddauer) vorgegeben.

Anmerkung:

Da die Analyse im Brandfall auf Querschnittsebene erfolgt, wird die maximale Momentenbeanspruchung unter der vorgegebenen Gleichstreckenbelastung von  $q_{E,fi,d,t} = 29$  kN/m mit einem Wert von  $M_{y,E,fi,d,t} = 32.63$  kNm als Beanspruchung angesetzt.

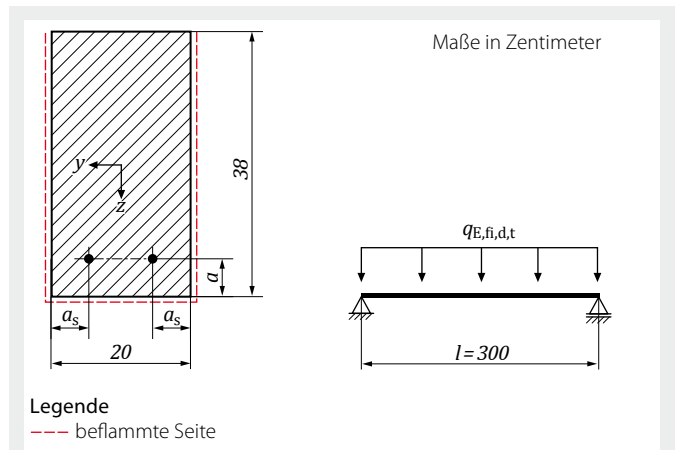


Tabelle CC.16 – Querschnittswerte, Materialeigenschaften und Randbedingungen

Stahlbeton-Biegebalken (schwach bewehrt)		R90	
Abmessungen	$l / b / h$ in cm	300 / 20 / 38	
Achsabstände	$a / a_s$ in cm	4,5 / 5,5	
Belastung	$q_{E,fi,d,t}$ in kN	-29	
Beton C20/25 (3% Feuchte (Massenanteile))	$f_{ck(20^\circ C)}$ in N/mm <sup>2</sup>	20	
Betonstahl	$f_{yk(20^\circ C)}$ in N/mm <sup>2</sup>	500	
Spannungs-Dehnungs-Linien	Beton <sup>a</sup> Betonstahl <sup>b</sup>	DIN EN 1992-1-2	
Temperaturbeanspruchung	ETK (dreiseitig)	DIN EN 1991-1-2	
Wärmeübergangskoeffizient	$\alpha_c$ in W/(m <sup>2</sup> · K)	25	
Emissivität	$\epsilon_m$	0,70	
Thermische u. physikalische Materialwerte	Beton	$\lambda, \rho, c_{pr}, \epsilon_{th,c}$	DIN EN 1992-1-2
	Betonstahl	$\lambda, \rho, c_{pr}, \epsilon_{th,s}$	DIN EN 1994-1-2

<sup>a</sup> Mit überwiegend quarzithaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte  $\rho = 2400$  kg/m<sup>3</sup>  
<sup>b</sup> Klasse N, warmgewalzt

Tabelle CC.17 – Referenz- und berechnete Größe für den schwach bewehrten Stahlbetonbalken

Feuerwiderstandsklasse	Referenzgröße $A_s$ cm <sup>2</sup>	berechnete Größe $A'_s$ cm <sup>2</sup>	Abweichung $(A'_s - A_s) / A_s \cdot 100$ %	Grenzabweichung %	Bemerkung
90	3,56	3,78	+6,18	± 10	erfüllt

Anmerkung:  
 Die Temperatur in der Bewehrung nach  $t = 90$  min Branddauer beträgt  $\theta_s = 562^\circ C$ ; (555)

Die mit dem Modul S853.de erzielte Ergebnisausgabe wird im Bild 5 auszugsweise dargestellt.

Mit der ermittelten Bewehrungsmenge von 3.78 cm<sup>2</sup> ist das Validierungsbeispiel mit S853.de erfüllt.

Infolge der Branddauer von 90 Minuten wird die Bewehrung auf eine Temperatur von 555 °C erwärmt, die für warmgewalzten Stahl zu einer Festigkeitsreduzierung auf 61% der Festigkeit unter Normaltemperatur führt. Im Vergleich dazu würde bei Verwendung von kaltverformtem Bewehrungsstahl die Festigkeit auf 52% der Festigkeit unter Normaltemperatur absinken. Der Querschnitt wäre für die vorgegebene Beanspruchung nicht mehr ausreichend bemessen. Bei Brandschutzanforderungen ist deshalb auf die Spezifikation des Betonstahls zu achten.

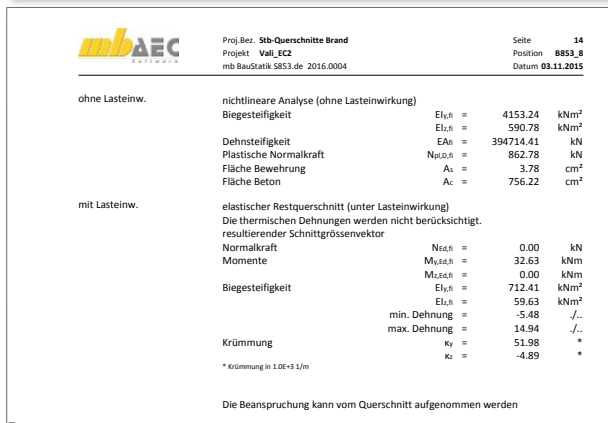
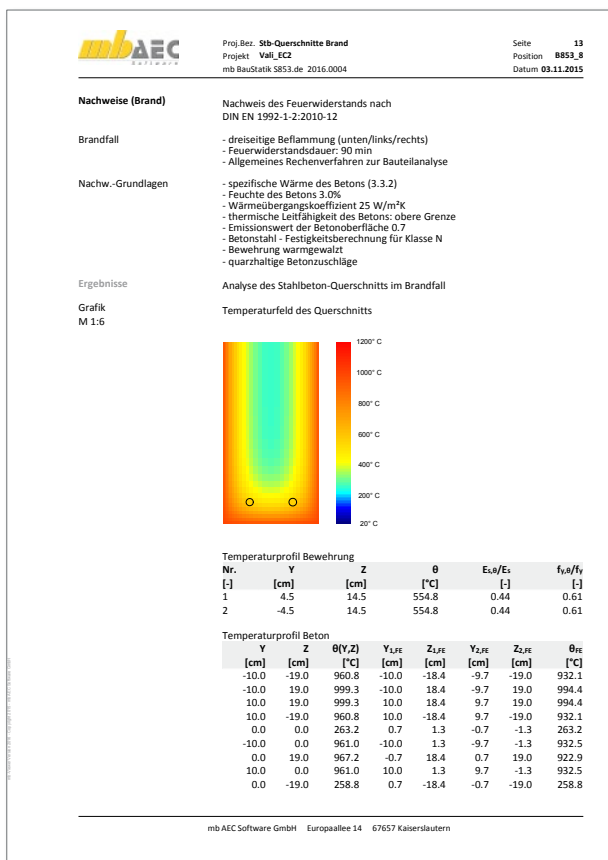


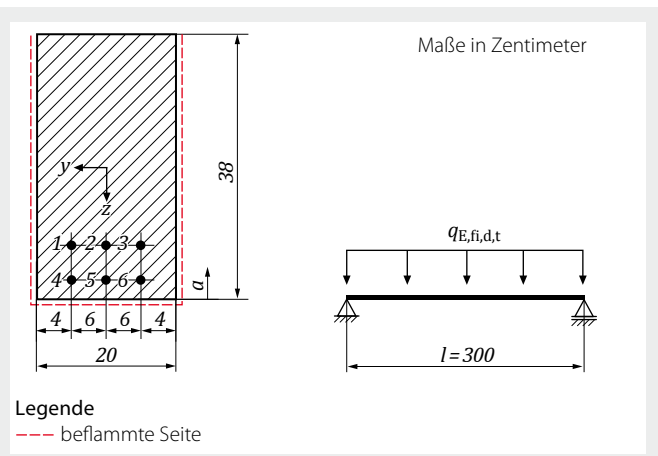
Bild 5. Auszugsweise Ergebnisdarstellung zum Beispiel CC.4.8

## 2.2 Validierungsbeispiel CC.4.9 – stark bewehrter Stahlbeton-Biegebalken nach DIN EN 1991-1-2/NA

Ein stark bewehrter Stahlbeton-Biegebalken  $l = 3.0$  m wird dreiseitig beflammt. Die Achsabstände der Bewehrung werden entsprechend Tabelle CC.18 mit dem Querschnitt  $b/h = 20$  cm/38 cm für die Feuerwiderstandsklasse R 90 (d.h. 90 Minuten Branddauer) vorgegeben.

### Anmerkung:

Da die Analyse im Brandfall auf Querschnittsebene erfolgt, wird die maximale Momentenbeanspruchung unter der vorgegebenen Gleichstreckenbelastung von  $q_{E,fi,d,t} = 62.9$  kN/m mit einem Wert von  $M_{y,E,fi,d,t} = 70.76$  kNm als Beanspruchung angesetzt.



**Tabelle CC.18 – Querschnittswerte, Materialeigenschaften und Randbedingungen**

Stahlbeton-Biegebalken (stark bewehrt)		R90	
Abmessungen	$l / b / h$ in cm	300 / 20 / 38	
Achsabstände	$a_{1,2,3}$ in cm	7	
	$a_{4,5,6}$ in cm	4	
Belastung	$q_{E,fi,d,t}$ in kN	62,9	
Beton C20/25 (3% Feuchte (Massenanteile))	$f_{ck}(20^{\circ}C)$ in N/mm <sup>2</sup>	20	
Betonstahl	$f_{yk}(20^{\circ}C)$ in N/mm <sup>2</sup>	500	
Spannungs-Dehnungs-Linien	Beton <sup>a</sup>	DIN EN 1992-1-2	
	Betonstahl <sup>b</sup>		
Temperaturbeanspruchung	ETK (dreiseitig)	DIN EN 1991-1-2	
Wärmeübergangskoeffizient	$\alpha_c$ in W/(m <sup>2</sup> · K)	25	
Emissivität	$\epsilon_m$	0,70	
Thermische u. physikalische Materialwerte	Beton	$\lambda, \rho, c_p, \epsilon_{th,c}$	DIN EN 1992-1-2
	Betonstahl	$\lambda, \rho, c_{gr}, \epsilon_{th,s}$	DIN EN 1994-1-2

<sup>a</sup> Mit überwiegend quarzhaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte  $\rho = 2400$  kg/m<sup>3</sup>  
<sup>b</sup> Klasse N, warmgewalzt

**Tabelle CC.19 – Referenz- und berechnete Größe für den stark bewehrten Stahlbetonbalken**

Feuerwiderstandsklasse	Referenzgröße $A_s$ cm <sup>2</sup>	berechnete Größe $A'_s$ cm <sup>2</sup>	Abweichung $(A'_s - A_s)/A_s \cdot 100$ %	Grenzabweichung %	Bemerkung
90	9,76	9,24	-5,2	± 10	erfüllt

Anmerkung:  
 Die Temperatur in der Bewehrung nach  $t = 90$  min Branddauer beträgt:  
 $\theta_{s,1} = \theta_{s,3} = 539^{\circ}C$ ; (536)  
 $\theta_{s,2} = 372^{\circ}C$ ; (382)  
 $\theta_{s,4} = \theta_{s,6} = 656^{\circ}C$ ; (641)  
 $\theta_{s,5} = 525^{\circ}C$ . (535)

Die mit dem Modul S853.de erzielte Ergebnisausgabe wird im Bild 6 auszugsweise dargestellt.

Mit der ermittelten Bewehrungsmenge von 9.24 cm<sup>2</sup> ist das Validierungsbeispiel mit S853.de erfüllt.

Beide in DIN EN 1991-1-2/NA angegebenen Validierungsbeispiele, die für eine Berechnung auf Querschnittsebene herangezogen werden können, liefern eine ausreichend genaue Übereinstimmung mit den vorgegebenen Referenzwerten, so dass die Validierung der Berechnung mit dem Modul S853.de gegeben ist.

Wie aus der Temperaturverteilung der einzelnen Bewehrungsstäbe deutlich zu erkennen ist, ist die Größe der Betondeckung als wärmedämmende Schicht ein wesentlicher Einflussfaktor für die Tragfähigkeit unter Brandeinwirkung. Bei gleicher Bewehrungsmenge ergeben sich deutliche Tragfähigkeitsunterschiede je nach Anordnung (Betondeckung) der Bewehrung.

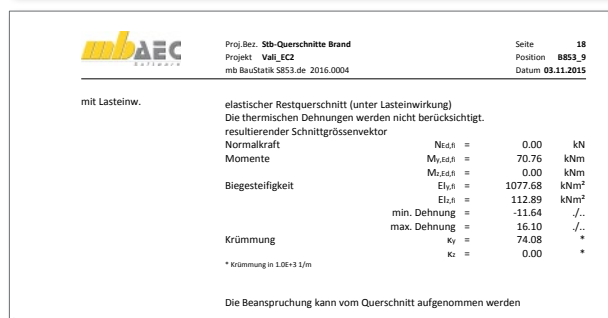
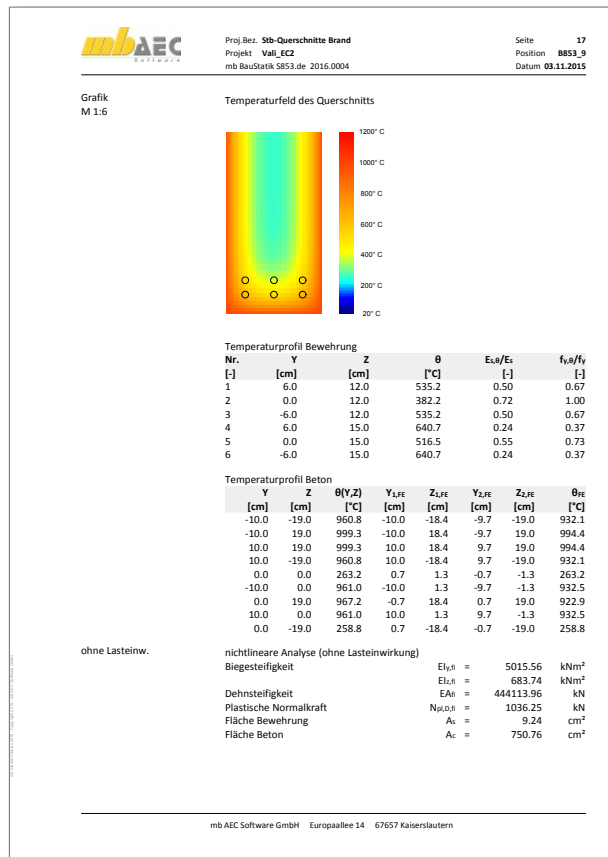


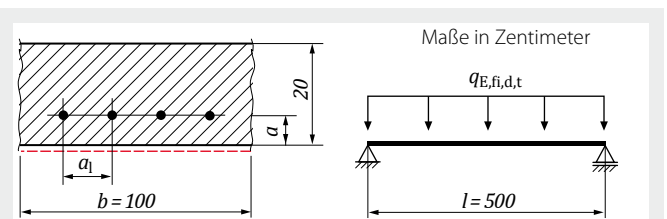
Bild 6. Auszugsweise Ergebnisdarstellung zum Beispiel CC.4.9

### 3 Anwendungsbeispiele

#### 3.1 Hochbaudecke – Einstufung in eine Feuerwiderstandsklasse

Auf den Internetseiten der LGA (Gewerbeanstalt Bayern) ist im Bereich der Prüfstatik ein Dokument „Statik\_Tipp\_2011\_01 Nachweis der Feuerwiderstandsdauer einer Hochbaudecke nach DIN EN 1992-1-2“ von Dr.-Ing. M. Cyllok [7] eingestellt. Darin wird gezeigt, dass eine Einstufung dieser Hochbaudecke in die Feuerwiderstandsdauer R 90 nach Level 1 (Klassifizierung über tabellarische Daten) wegen des zu geringen Achsabstandes *a* der Bewehrung ( $a_{vorh} = 25 \text{ mm} < a_{erf} = 30 \text{ mm}$ ) nicht möglich ist. Mit dem Tabellenverfahren der DIN EN 1992-1-2 (Level 1) ist lediglich eine Feuerwiderstandsdauer R 60 zu erreichen. Nach Dr. Cyllok kann diese Hochbaudecke auf der Grundlage einer Level 2-Berechnung jedoch in die Feuerwiderstandsdauer R 90 eingestuft werden. Die maximale Momentenragfähigkeit der Hochbaudecke wird mit  $M_{Rd,fi,t} = 26.90 \text{ kNm}$  angegeben, die größer als die maximal vorhandene Momentenbeanspruchung von 25.30 kNm ist.

Die Analyse dieser Hochbaudecke im Brandfall wird nachfolgend mit dem allgemeinen Rechenverfahren (Level 3) des Moduls S853.de durchgeführt. Die Hochbaudecke mit dem Querschnitt  $b/h = 100 \text{ cm}/20 \text{ cm}$  und der Stützweite von 5.0 m wird einseitig an der Unterseite beflammt. Die Achsabstände der Bewehrung werden entsprechend Tabelle 3.1 für die Feuerwiderstandsdauer R 90 vorgegeben. Die Materialeigenschaften und die Randbedingungen sind der Tabelle 3.1 zu entnehmen.



Legende  
--- beflamte Seite

Bild 7. Querschnitt und System der Stb.-Hochbaudecke

Querschnittswerte, Materialeigenschaften und Randbedingungen			
Stahlbeton-Biegebalken (schwach bewehrt)		R90	
Abmessungen	$l / b / h$ in cm	500 / 100 / 20	
Achsabstände	$a / a_1$ in cm	2,5 / 15	
Belastung	$q_{E,fi,d,t}$ in kN	8,1	
Beton C20/25 (3% Feuchte (Massenanteile))	$f_{ck(20^\circ C)}$ in N/mm <sup>2</sup>	20	
Betonstahl	$f_{yk(20^\circ C)}$ in N/mm <sup>2</sup>	500	
Spannungs-Dehnungs-Linien	Beton <sup>a</sup> Betonstahl <sup>b</sup>	DIN EN 1992-1-2	
Temperaturbeanspruchung	ETK (dreiseitig)	DIN EN 1991-1-2	
Wärmeübergangskoeffizient	$\alpha_c$ in W/(m <sup>2</sup> · K)	25	
Emissivität	$\epsilon_m$	0,70	
Thermische u. physikalische Materialwerte	Beton Betonstahl	$\lambda, \rho, c_p, \epsilon_{th,c}$	DIN EN 1992-1-2
		$\lambda, \rho, c_a, \epsilon_{th,s}$	DIN EN 1994-1-2

<sup>a</sup> Mit überwiegend quarzhaltiger Gesteinskörnung und der Rohdichte  $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$   
<sup>b</sup> Klasse N, warmgewalzt

Tabelle 3.1. Querschnittswerte, Materialeigenschaften und Randbedingungen einer Hochbaudecke

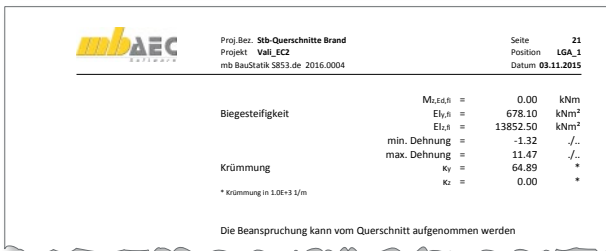
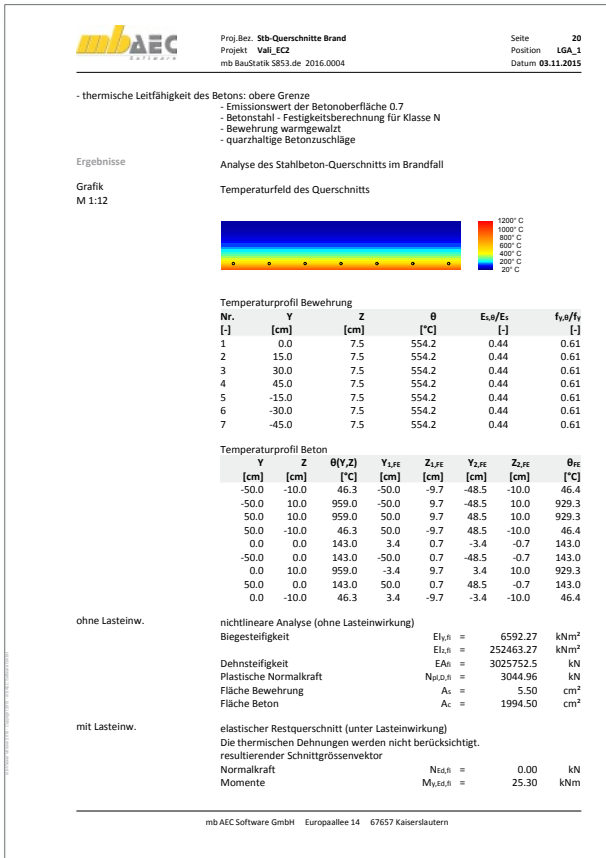


Bild 8. Auszugsweise Ausgabe der Berechnungsergebnisse zur Hochbaudecke

Auszugsweise sind die Berechnungsergebnisse der Berechnung nach dem allgemeinen Verfahren in Bild 8 dargestellt.

**Ergebnisdarstellung:**

- Die Analyse der vorgegebenen Hochbau-Decke (Analyse nach Kapitel 1. Analyseoption 2) ermöglicht nach dem allgemeinen Rechenverfahren eine Einstufung in die Feuerwiderstandsdauer R 90. Die maximale Biegebeanspruchung von 25.30 kNm kann vom Querschnitt nach einer Branddauer von 90 Minuten aufgenommen werden. Die maximale Temperatur in der Zugbewehrung beträgt ca. 554 °C. Infolge der temperaturabhängigen Festigkeitsentwicklung beträgt die Zugfestigkeit nach 90 Minuten noch 61% der Festigkeit unter Normaltemperaturbedingungen.
- Wird die Momentenbeanspruchung solange gesteigert (bei fest vorgegebener Bewehrungsanordnung und Feuerwiderstandsdauer R 90) bis ein Versagen des Querschnitts/Systems eintritt, kann eine maximale Momententragfähigkeit  $M_{R,fi,d,t}$  von 27.80 kNm ermittelt werden (Analyse nach Kapitel 1. Analyseoption 4).

**3.2 Betondeckung beim Nachweis der Feuerwiderstandsdauer im Massivbau**

Die Betondeckung der Bewehrung ist eine der entscheidendsten Einflussgrößen beim konstruktiven Brandschutznachweis im Massivbau. Hintergrund der Betondeckung ist die wärmedämmende Funktion des Betons, die einen übermäßigen Temperaturanstieg der Bewehrung im Brandfall verhindern kann.

Wird beispielsweise die Längsbewehrung einer Stahlbetondecke mit einem Achsabstand  $a = 20$  mm von der Außenkante der beflamten Seite verlegt, so beträgt die Temperatur im Bewehrungsstab nach 90 Minuten Branddauer bei Beflammung nach der Einheitstemperaturkurve (ETK) ca. 615 °C mit einer Reduzierung der Festigkeit auf 43% der Festigkeit unter Normaltemperatur. Bei einem Achsabstand von 45 mm beträgt die Temperatur in der Bewehrung nur noch ca. 378°C. Eine Abminderung der Festigkeit unter Brandeinwirkung ist rechnerisch nicht mehr erforderlich. Der Bewehrungsstab besitzt die gleiche Festigkeit (sofern der Bewehrungsstahl warmgewalzt hergestellt wurde) wie unter Normaltemperaturbedingungen. Daran lässt sich der Einfluss der Betondeckung bzgl. der Tragfähigkeit im Brandfall deutlich erkennen.

Während die Betondeckung bei Neubauten gezielt entsprechend den Anforderungen gesteuert werden kann, ist dies bei Bestandsbauteilen nicht mehr möglich.

Soll die Feuerwiderstandsdauer eines Bestandsbauteils brandschutztechnisch nachgewiesen werden, das z.B. aufgrund der zu geringen Betondeckungen nicht mehr (oder nicht mit der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer) klassifiziert werden kann, kann dies über eine Analyse auf der Grundlage des allgemeinen Rechenverfahrens erfolgen.

Wie Messungen an Bestandsbauteilen zeigten [8], können die Betondeckungen innerhalb eines Querschnitts mehr oder weniger stark streuen. Beispielhaft ist in Bild 9 die Streuung der Betondeckung an verschiedenen Messpunkten eines einachsig gespannten, statisch bestimmt gelagerten Stahlbetontreppenlaufs nach [8] dargestellt.

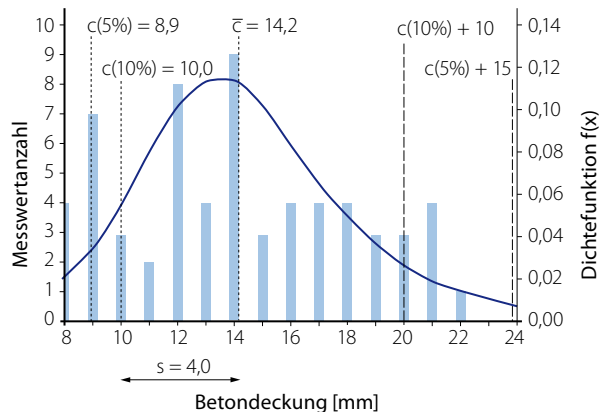


Bild 9. Treppenlaufmesslinie nach [8]

Der Nachweis der Tragfähigkeit eines Bauteils unter Berücksichtigung von streuenden Betondeckungen innerhalb eines Querschnitts ist nur auf der Grundlage allgemeiner Rechenverfahren möglich. Beispielhaft ist in der nachfolgend auszugsweisen Ausgabe des Moduls S853.de eine Tragfähigkeitsanalyse eines Deckenquerschnitts mit streuenden Betondeckungen dargestellt. Je nach Betondeckung sind die gravierend unterschiedlichen Temperaturen der Bewehrungsstäbe mit den entsprechenden Festigkeitsänderungen / -abminderungen erkennbar.

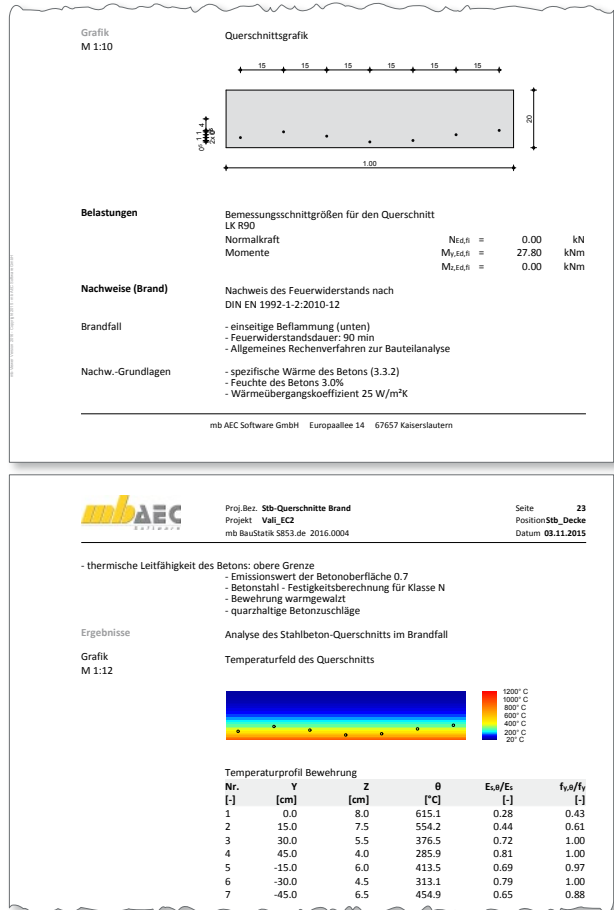


Bild 10. Auszugsweise Ausgabe einer Brandanalyse mit streuenden Betondeckungen

Dr.-Ing. Joachim Kretz  
 mb AEC Software GmbH  
 mb-news@mbaec.de

## Normen und Literatur

- [5] DIN EN 1991-1-2:2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + A1:2005 + AC:2010
- [6] DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke.
- [7] DIN EN 1992-1-2:2010-12, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Bemessung für den Brandfall
- [8] DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [9] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [10] Kretz, Joachim: Heißbemessung von Stahlbetonstützen nach den Eurocodes EN 1991 Teil 1-2 und EN 1992 Teil 1-2, mb-news Nr. 4/2008.
- [11] Cyllok, M.: Statik\_Tipp\_2011\_01. Nachweis der Feuerwiderstandsdauer einer Hochbaudecke nach DIN EN 1992-1-2. Internet: www.lga.de
- [12] Unterbuchberger, C.; Müller, A.: Toleranzen und Vorhaltmaß der Betondeckung beim Nachweis der Feuerwiderstandsdauer im Massivbau. In: Beton- und Stahlbetonbau, Heft 10, Oktober 2015. Ernst & Sohn.

**! Aktuelle Angebote**

**S853.de Stahlbeton-Querschnitte, Analyse im Brandfall - EC 2, DIN EN 1992-1-2:2010-12** **799,- EUR**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgekosten-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: November 2015

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)