

Dipl.-Ing. David Hübel

Brandschutztechnische Nachweise tragender Stahlbauteile

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S855.de Stahl-Querschnitte, Nachweise im Brandfall

Ein zentrales brandschutztechnisches Schutzziel für Tragwerke ist die Gewährleistung der Standsicherheit im Brandfall. Um die Tragfähigkeit von Stahlbauteilen im Brandfall für eine bestimmte Zeit sicherzustellen kann es notwendig sein, Stahlprofile brandschutztechnisch zu verstärken. Mit dem Modul S855.de können brandschutztechnisch ungeschützte und mit Brandschutzmaterialien geschützte sowie feuerverzinkte Stahlprofile hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung nachgewiesen werden.

The screenshot displays the mbAEC software interface for the 'S855.de' module. The main window shows the calculation results for a steel cross-section under fire conditions. The output is presented in a structured format, including a table for material properties and a table for load effects.

Material Properties Table:

Material	Querschnitt [mm]
Profilmaterial S 235	HEA 220
Brandschutzmaterial Spritzputze Mineralfaser	10

Load Effects Table:

Komm.	N_x	V_x	V_y	M_y
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
35.00	48.00	40.00	28.00	

Fire Protection Data Table:

Art	Beflammung	A_{eff} [m ² /m]
Einheitstemperaturkurve (ETK)	vierseitig	1.35

Allgemeines

Das Materialverhalten von Stahl ist stark temperaturabhängig. Mit steigender Temperatur verliert der Stahl an Tragfähigkeit.

Um die Tragfähigkeit von Stahlprofilen zu erhöhen, können diese brandschutztechnisch geschützt werden. Neben der Verkleidung eines Stahlprofils mit Brandschutzmaterialien können Stahlprofile für eine brandschutztechnische Verstärkung auch feuerverzinkt ausgeführt werden.

Der Vorteil feuerverzinkter Stahlprofile bildet die langsamere Erwärmung des Stahls. Diese verzögerte Entwicklung der Stahltemperatur basiert auf einer verringerten Emissivität der Oberfläche.

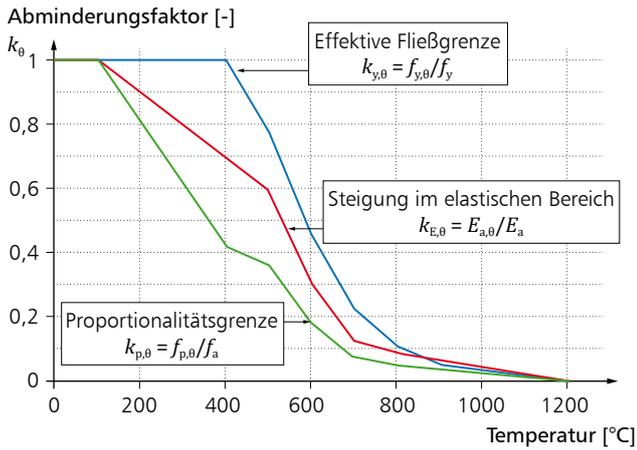


Bild 1. Abminderungsfaktoren von Stahl unter erhöhten Temperaturen, Bild 3.2 DIN EN 1993-1-2 [1]

System

Das System wird durch die Wahl des Positionstyps sowie der Nachweisart definiert.

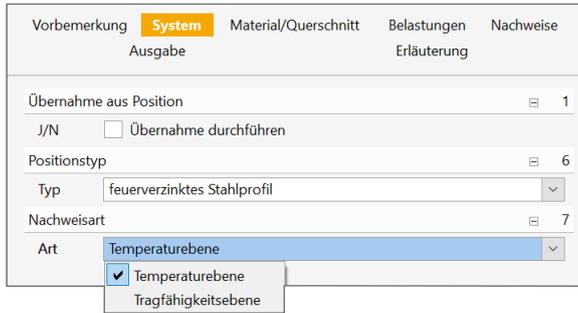


Bild 2. Eingabe „System“

Als Positionstyp stehen ungeschützte, geschützte und feuerverzinkte Stahlprofile zur Auswahl. Die Nachweisart wird durch die Wahl des Bemessungsverfahrens bestimmt. Zur Auswahl stehen die Nachweise auf Temperaturebene und Tragfähigkeitsebene.

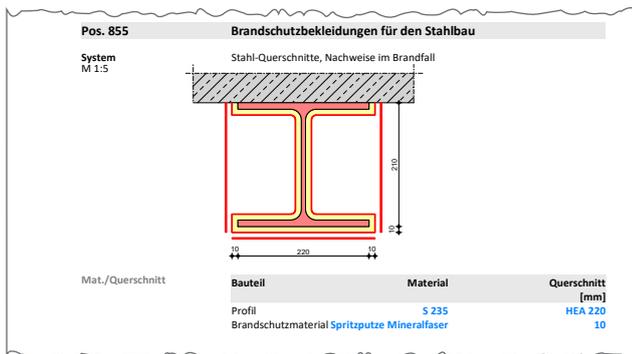


Bild 3. Ausgabe „System“

Belastungen

Generell können die Belastungen im Brandfall in thermische und mechanische Einwirkungen unterschieden werden. Thermische Einwirkungen rufen Bauteilerwärmungen hervor. Die erhöhte Temperatur wirkt sich unmittelbar auf die Tragfähigkeit des Bauteils im Brandfall aus. Die thermischen Einwirkungen sind abhängig vom gewählten Profil sowie des vorgegebenen Brandfalls.

Die mechanischen Einwirkungen werden für den Brandfall der außergewöhnlichen Bemessungssituation aus den charakteristischen Schnittgrößen bestimmt.

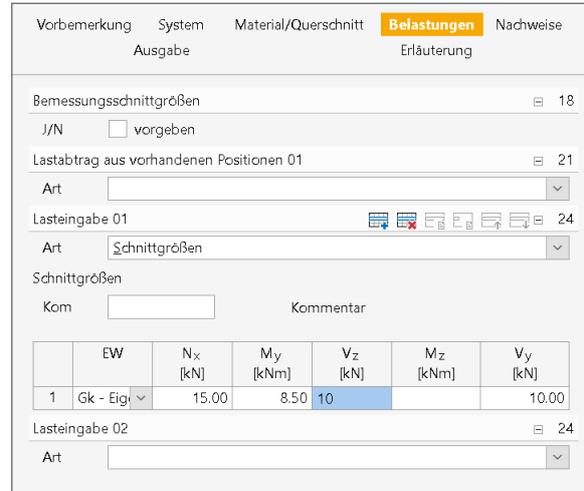


Bild 4. Eingabe „Belastungen“

Material/Querschnitt

Als Querschnitte stehen die in Bild 4 angegebenen Querschnittsformen und symmetrische oder unsymmetrische Schweißprofile zur Verfügung.

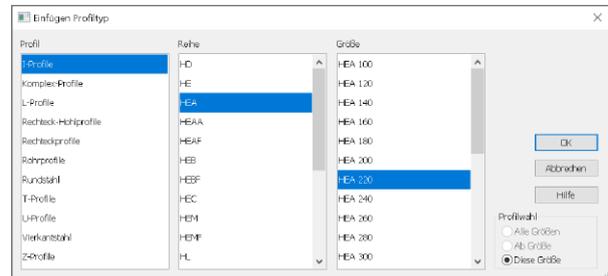


Bild 5. Auswahldialog „Profiltyp“

Die gewählten Profile können in ihrer Lage durch Vorgabe einer Drehung oder einer Spiegelung angepasst werden.

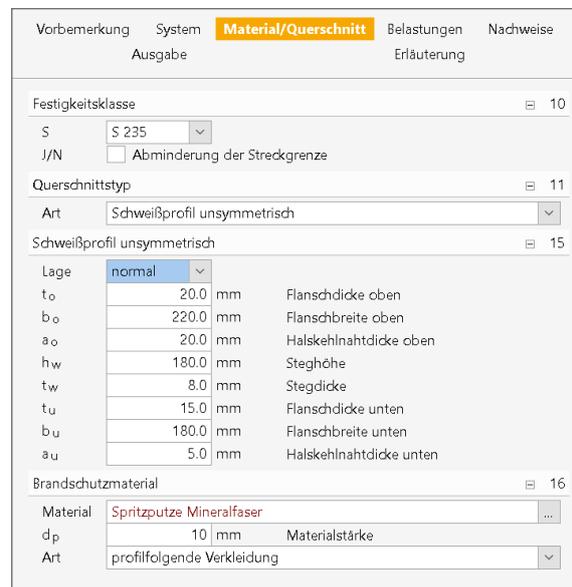


Bild 6. Eingabe „Material/Querschnitt“

Brandschutzmaterialien		Spez. Masse ρ_p [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit λ_p [W/mK]	Spez. Wärme c_p [J/kgK]
Spritzputze	Mineralfaser	300	0,12	1200
	Vermiculite, Perlite	350	0,12	1200
Spezialputze	Vermiculite und Zementputz	550	0,12	1100
	Perlite und Zementputz			
	Vermiculite und Gipsputz	650	0,12	1100
	Perlite und Zementputz			
Platten	Vermiculite-Platten und Zement	800	0,2	1200
	Perlite-Platten und Zement			
	Faser-Silikate Platten	600	0,15	1200
	Faser-Calcium-Silikate			
	Faser-Zement Platten	800	0,15	1200
	Gipskarton	800	0,2	170
	Gipskarton-Feuerschutzplatten	945	0,2	1700
Matten	Faser-Silikate, Mineralwolle, Steinwolle	150	0,2	1200
Beton		2300	1,6	1000
Leichtbeton		1600	0,8	840
Betonsteine		2200	1	1200
Isolierbachsteine		1000	0,40	1200

Tabelle 1. Brandschutzmaterialien

Bei geschützten Stahlprofilen ist neben dem Profil das Brandschutzmaterial zu wählen. Hierbei stehen die in Tabelle 1 aufgeführten Putze und Platten auf Zement- bzw. Gips-Basis zur Verfügung, welche profilfolgend oder als Kastenverkleidung angeordnet werden können.

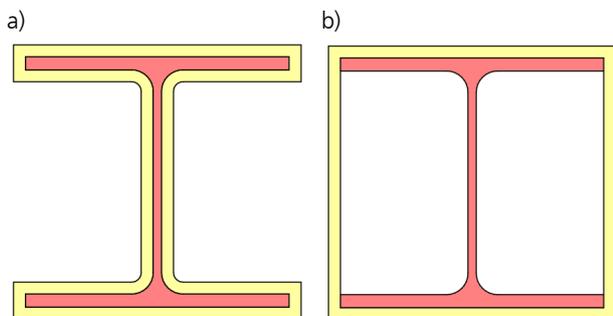


Bild 7. a) Profilfolgende Verkleidung
b) Kastenverkleidung

Die unterschiedlichen Brandschutzmaterialien sind mit ihren brandschutztechnischen Materialeigenschaften in den Stammdaten hinterlegt.

Nachweise

Der Nachweis des gewählten Querschnitts erfolgt auf Grundlage der gewählten Nachweisart und unter Beachtung des gewählten Brandfalls.

Neben der Nachweisart ist die Entwicklung der Stahltemperatur maßgebend für den Nachweis. Die Stahltemperatur wird unter Beachtung des Positionstyps, des Profils sowie des Brandfalls bestimmt.

Die Vorgabe des Brandfalls erfolgt durch die Vorgabe der Branddauer bzw. der Feuerwiderstandsdauer der beanspruchten Seiten.

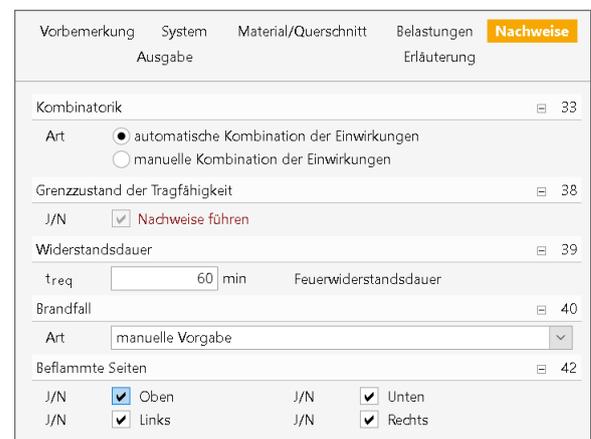


Bild 8. Eingabe „Nachweise“

Zusätzlich zur manuellen Vorgabe der beflamten Seiten können definierte Brandfälle ausgewählt werden:

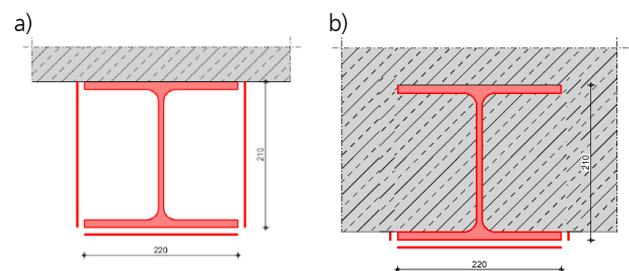


Bild 9. a) Brandfall – Querschnitt mit dreiseitiger Beanspruchung
b) Brandfall – Flansch mit dreiseitiger Beanspruchung

Entwicklung der Stahltemperatur

Grundlage für die Beurteilung der Tragfähigkeit brandbeanspruchter Stahlbauteile sind die Hochtemperatureigenschaften des Werkstoffes.

Die Ermittlung der Stahltemperatur erfolgt gemäß DIN EN 1993-1-2 sowohl für ungeschützte als auch geschützte Stahlprofile. Neben den Profileigenschaften gehen in die Berechnung thermische Materialkennwerte der verwendeten Stoffe sowie Luft- und Bauteiltemperaturen ein.

Ein wesentlicher Faktor stellt die Temperatur zwischen der Temperatur der umgebenden Luft und der Bauteiltemperatur dar. Die dem Nachweis zugrunde gelegten Lufttemperaturen werden in DIN EN 1991-1-2 in Temperaturzeitkurven definiert.

Im Modul S855.de wird die Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) als maßgebende Temperaturzeitkurve berücksichtigt.

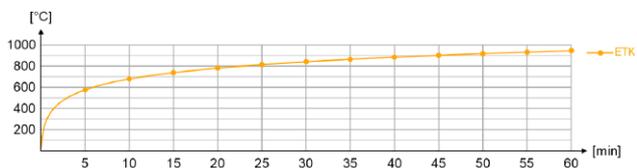


Bild 10. Einheitstemperaturzeitkurve

Einheitstemperaturzeitkurve

$$\theta_{g,t} = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

mit

t Brandzeit

$\theta_{g,t}$ die Temperatur der umgebenden Luft zum Zeitpunkt t

Die Entwicklung der Stahltemperatur wird wie folgt iterativ ermittelt:

Ungeschützte Stahlkonstruktionen

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m}{c_a \rho_a V} \dot{h}_{net} \Delta t$$

mit

k_{sh} Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt

A_m die dem Brand ausgesetzte Oberfläche des Bauteils [m²/m]

V Volumen des Bauteils [m³/m]

c_a spezifische Wärmekapazität Stahl

ρ_a Rohdichte des Stahls

\dot{h}_{net} flächenbezogener Bemessungswert des Nettowärmestroms

Der Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt k_{sh} wird in Abhängigkeit des gewählten Profils bestimmt und ergibt sich aus dem Verhältnis des Profilfaktors $[A_m/V]$ des ungeschützten Stahlprofils zum Profilfaktor $[A_m/V]_b$ eines das Profil umschließenden Kastens.

Der flächenbezogene Bemessungswert des Nettowärmestroms \dot{h}_{net} wird nach DIN EN 1991-1-2 ermittelt:

Bemessungswert des Nettowärmestroms

$$\dot{h}_{net,t} = \dot{h}_{net,c,t} + \dot{h}_{net,r,t}$$

mit

$$\dot{h}_{net,c,t} = \alpha_c \cdot (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})$$

$$\dot{h}_{net,r,t} = \Phi \cdot \epsilon_m \cdot \epsilon_f \cdot \sigma \cdot [(\theta_{g,t} + 273)^4 - (\theta_{a,t} + 273)^4]$$

Φ Konfigurationsfaktor für Abschattungseffekte

ϵ_m Emissivität der Bauteiloberfläche

ϵ_f Emissivität der Flamme = 1,0

σ Stephan-Boltzmann-Konstante

$\theta_{a,t}$ die Stahltemperatur zum Zeitpunkt t

$\theta_{g,t}$ die Temperatur der umgebenden Luft zum Zeitpunkt t

Bei einer ungeschützten Stahlkonstruktion kann der Konfigurationsfaktor Φ für mögliche Abschattungseffekte sowie die Emissivität der Bauteiloberfläche manuell vorgegeben werden.

Nachweise (Brand) Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993-1-2 (Brandbemessung)

Stahltemperatur Thermische Einwirkungen nach DIN EN 1992-1-2

Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion $\alpha_c = 20.00$ W/(m²K)

Konfigurationsfaktor $\Phi = 1.00$

Emissivität der Bauteiloberfläche ($\theta_s \leq 500^\circ\text{C}$) $\epsilon_m = 0.35$

Emissivität der Bauteiloberfläche ($\theta_s > 500^\circ\text{C}$) $\epsilon_m = 0.70$

Emissivität der Flamme $\epsilon_f = 1.00$

Stephan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.670E-8$ W/(m²K)

Korrekturfaktor Profil

A_m [m ² /m]	V [m ³ /m]	$[A_m/V]$ [1/m]	$[A_m/V]_b$ [1/m]	k_{sh} [-]
1.15	0.01	147.41	102.43	0.63

Feuerverzinktes Profil Entwicklung der Stahltemperatur

$\theta_{g,t}$ [°C]	$\theta_{a,t}$ [°C]	$\dot{h}_{net,c}$ [W/m ²]	$\dot{h}_{net,r}$ [W/m ²]	\dot{h}_{net} [W/m ²]	c_a [J/kgK]	$\Delta\theta_s$ [°C]
20.00	20.00	0.00	0.00	0.00	439.80	0.00
841.80	746.18	2481.3	19085	21566	1718.9	726.18

Brandkurve Temperaturverlauf mit Einheitstemperaturkurve (ETK)

Graph showing temperature curves for $\theta_{a,t}$, $\theta_{s,1}$, $\theta_{s,2}$, and $\theta_{s,3}$ over time.

Nachweis Temperatur Abs. 4.2.4

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit zum Zeitpunkt t_0

ETK $N_{y,Ed}$ $M_{y,Ed}$ $V_{y,Ed}$ $M_{z,Ed}$ $V_{z,Ed}$ τ_{Ed}

Bild 11. Ausgabe „Entwicklung der Stahltemperatur, feuerverzinktes Profil“

Wird kein Konfigurationsfaktor vorgegeben, wird dieser nach DIN EN 1991-1-2 vereinfacht mit $\Phi=1,0$ angesetzt. Die Emissivität der Bauteiloberfläche wird bei ungeschützten Profilen automatisch nach Tabelle 2 angesetzt. Wahlweise kann die Emissivität der Bauteiloberfläche auch manuell vorgegeben werden. Bei feuerverzinkten Stahlprofilen wird die Emissivität unter Berücksichtigung der Oberflächentemperatur nach Tabelle 2 angesetzt.

Stahlsorte	$\epsilon_m (\leq 500^\circ\text{C})$	$\epsilon_m (> 500^\circ\text{C})$
Baustahl		0,7
Feuerverzinkter Baustahl ¹⁾	0,35	0,70

¹⁾ Die Emissivität von feuerverzinktem Baustahl (gemäß DIN EN ISO 1461 und einer Stahlzusammensetzung gemäß Kategorie A und B nach DIN EN ISO 14713-2) ist bei Temperaturen bis 500 °C um 50% geringer.

Tabelle 2. Emissivität der Bauteiloberfläche

Geschützte Stahlkonstruktionen

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p}{d_p c_a \rho_a} \frac{(\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{\left(1 + \frac{\Phi}{3}\right)} \Delta t - \left(e^{\frac{\Phi}{10}} - 1\right) \cdot \Delta\theta_{g,t}$$

mit

$$\Phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} \cdot d_p \cdot \frac{A_p}{V}$$

A_p die dem Brand ausgesetzte Oberfläche des Bauteils [m²/m]
 V Volumen des Bauteils [m³/m]
 d_p die Dicke des Brandschutzmaterials
 $\Delta\theta_{g,t}$ der Anstieg der Umgebungstemperatur während des Zeitintervalls Δt
 ρ_a die Rohdichte von Stahl

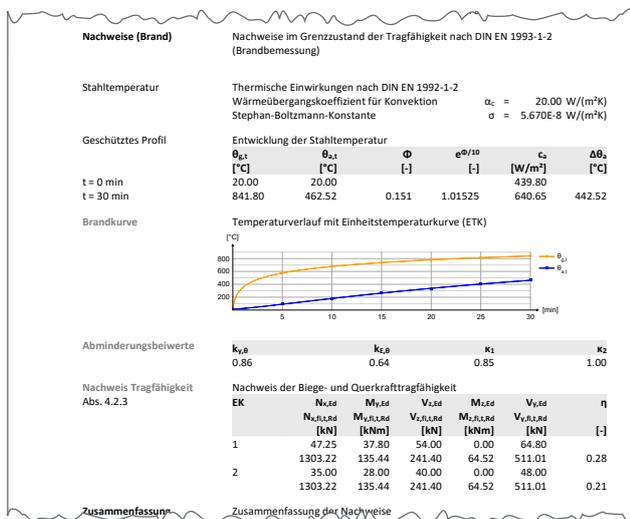


Bild 12. Ausgabe „Entwicklung der Stahltemperatur geschütztes Profil“

Bemessungsverfahren

Für die rechnerisch brandschutztechnischen Nachweise von tragenden Stahlbauteilen werden in der DIN EN 1992-1-2 Näherungsverfahren bereitgestellt.

- Nachweis auf Temperaturebene
- Nachweis auf Tragfähigkeitsebene

Nachweis auf Temperaturebene

Beim Nachweis auf Temperaturebene wird nachgewiesen, dass die maximal im Brandfall auftretende Stahltemperatur $\theta_{a,t}$ unterhalb der kritischen Stahltemperatur $\theta_{a,cr}$ liegt.

$$\theta_{a,t} \leq \theta_{a,cr} \text{ bzw. } \eta = \frac{\theta_{a,t}}{\theta_{a,cr}} \leq 1$$

Die kritische Stahltemperatur $\theta_{a,cr}$ ist die Temperatur, bei der der Bauteilwiderstand gerade noch so groß ist wie die Beanspruchung infolge mechanischer Lasten.

Für die Ermittlung der kritischen Temperatur bedarf es der Kenntnis des Lastausnutzungsgrades η_{kalt} des Bauteils. Der Lastausnutzungsgrad ergibt sich aus der Belastung des Bauteils zu Beginn der Brandeinwirkung ($t = 0$).

Die kritische Temperatur in Abhängigkeit des Lastausnutzungsgrades wird wie folgt ermittelt:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot \eta_{kalt}^{3,833}} - 1 \right] + 482$$

mit

$$\eta_{kalt} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,t=0}}$$

Der Nachweis auf Temperaturebene kann alternativ zum Nachweis auf Tragfähigkeitsebene verwendet werden, wenn keine Verformungskriterien oder Einflüsse aus Stabilitätsproblemen zu beachten sind.

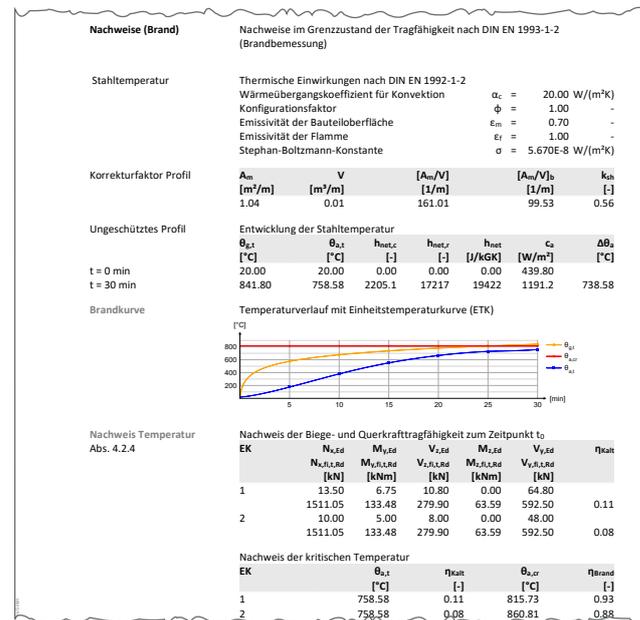


Bild 13. Ausgabe „Nachweis auf Temperaturebene“

Nachweis auf Tragfähigkeitsebene

Beim Nachweis auf Tragfähigkeitsebene wird im Brandfall der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit geführt.

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

Danach ist für die geforderte Feuerwiderstandsdauer t nachzuweisen, dass die Einwirkungen im Brandfall $E_{fi,d}$ nach DIN EN 1991-2 kleiner sind als der Bauteilwiderstand $R_{fi,d,t}$ nach einer vorzugebenden Feuerwiderstandsdauer t .

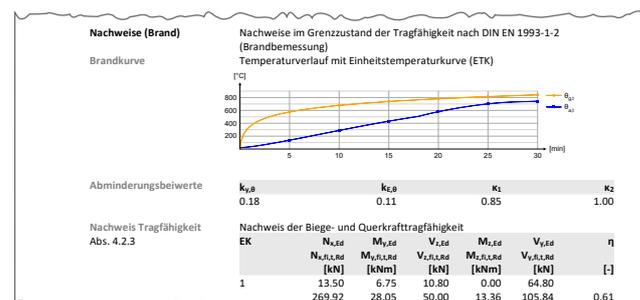


Bild 14. Ausgabe „Nachweis auf Tragfähigkeitsebene“

Der Nachweis auf Tragfähigkeitsebene für den Brandfall erfolgt grundsätzlich analog zu den Nachweisverfahren bei Raumtemperatur. Es wird jedoch die Verringerung der Streckgrenze und das Elastizitätsmodul infolge der Temperaturerhöhung berücksichtigt.

Die Abminderungsfaktoren werden unter Beachtung der thermischen Belastung, also der Stahltemperatur zum Zeitpunkt t , bestimmt.

Stahltemperatur θ_a	Abminderungsfaktoren bei Temperatur θ_a relativ zu dem Wert f_y oder E_a bei 20°C		
	Abminderungsfaktor (relativ zu f_y) für die effektive Fließgrenze $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu f_y) für die Proportionalitätsgrenze $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Abminderungsfaktor (relativ zu E_a) für die Steigung im elastischen Bereich $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20°C	1,000	1,000	1,000
100°C	1,000	1,000	1,000
200°C	1,000	0,807	0,900
300°C	1,000	0,613	0,800
400°C	1,000	0,420	0,700
500°C	0,780	0,360	0,600
600°C	0,470	0,180	0,310
700°C	0,230	0,075	0,130
800°C	0,110	0,050	0,090
900°C	0,060	0,0375	0,0675
1.000°C	0,040	0,0250	0,0450
1.100°C	0,020	0,0125	0,0225
1.200°C	0,000	0,0000	0,0000

ANMERKUNG: Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Tabelle 3. Abminderungsfaktoren von Stahl unter erhöhten Temperaturen, Bild 3.2 DIN EN 1993-1-2 [1]

Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung

Die Normalkrafttragfähigkeit bei Brandeinwirkung wird analog zur Normalkrafttragfähigkeit ohne Brandeinwirkung ermittelt.

Tragfähigkeit Zugglieder

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} \cdot N_{Rd} \left[\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}} \right]$$

mit

$k_{y,\theta}$ der Abminderungsfaktor der Streckgrenze von Stahl bei der Temperatur θ_a zum Zeitpunkt t ,
 N_{Rd} der Bemessungswert der Tragfähigkeit des Bruttoquerschnitts mit Normaltemperatur nach EN 1993-1-1;

Wenn Druckkräfte vorliegen, kann Biegeknicken berücksichtigt werden. Hierzu ist die Vorgabe der Ersatzstablängen des Stahlprofils in y- und z-Richtung erforderlich. Die Knicklängen können im Kapitel „Nachweise“ vorgegeben werden.

Tragfähigkeit Druckglieder

$$N_{fi,\theta,Rd} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\theta} \cdot N_{Rd} \left[\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}} \right]$$

mit

χ_{fi} Abminderungsfaktor für das Biegeknicken unter Brandbeanspruchung

Querkrafttragfähigkeit

$$V_{Rd} = k_{y,\theta} \cdot \left[\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}} \right] \cdot \frac{V_{Rd}}{\kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

mit

V_{Rd} der Bemessungswert der Querkraftbeanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur nach [3].

Der Bemessungswert des Bauteilwiderstands $M_{fi,\theta,Rd}$ wird unter Berücksichtigung einer ungleichförmigen Temperaturbeanspruchung zum Zeitpunkt t nach folgender Gleichung berechnet:

Momententragfähigkeit

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} \cdot \left[\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}} \right] \cdot \frac{M_{Rd}}{\kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

mit

M_{Rd} plastische Momententragfähigkeit des Bruttoquerschnitts bei Normaltemperatur
 κ_1, κ_2 Anpassungsfaktor für ungleichmäßige Temperaturverteilung

Die Größe des Anpassungsfaktors κ_1 für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung über den Querschnitt sowie der Anpassungsfaktor κ_2 für ungleichmäßige Temperaturverteilung entlang des Trägers kann wie folgt angesetzt werden:

Anpassungsfaktoren	
Beflammung	κ_1
allseitig	1,00
dreiseitig, ungeschützter Träger mit einseitiger Stahlbeton oder Stahlbetonverbundplatte	0,70
dreiseitig, geschützter Träger mit einseitiger Stahlbeton oder Stahlbetonverbundplatte	0,85
Statisches System	κ_2
Statisch unbestimmte Systeme	1,00
Statisch bestimmte Systeme	0,85

Tabelle 4. Anpassungsfaktoren κ_2 und κ_2

Der Anpassungsfaktor κ_1 kann wahlweise automatisch vom Programm oder manuell vorgegeben werden. Bei der automatischen Ermittlung des Anpassungsfaktors wird je nach Wahl des Brandfalls bzw. der brandbeanspruchten Seite der Anpassungsfaktor κ_1 vom Programm automatisch ermittelt.

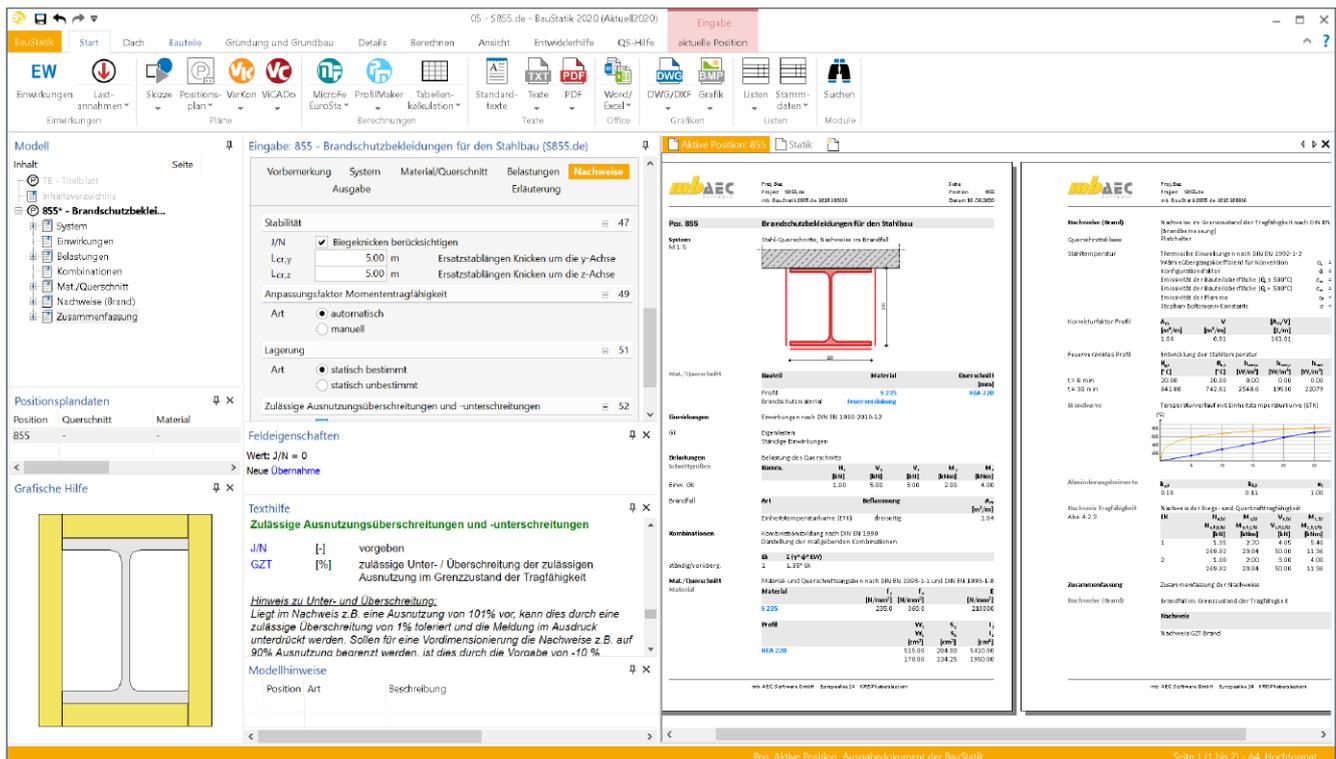


Bild 15. Eingabe „Nachweise“

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe des Nachweises der Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern.

Fazit

Aufgrund der hohen Bedeutung für die Standsicherheit stellt der Brandschutz einen wichtigen Teil der Tragwerksbemessung dar. Der brandschutztechnische Nachweis auf Grundlage der DIN EN 1993-1-2 regelt den Brandschutznachweis für tragende Stahlbauteile.

Mit dem Modul S855.de können tragende Stahlbauteile hinsichtlich Ihrer Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung nachgewiesen werden. Zur Erhöhung der Feuerwiderstandsfähigkeit können, neben ungeschützten Stahlprofilen, geschützte oder feuerverzinkte Stahlprofile nachgewiesen werden.

Eine Feuerverzinkung verlängert aufgrund der verringerten Emissivität die Feuerwiderstandsfähigkeit von Stahl. Hierdurch ergeben sich brandschutztechnische Vorteile, die vielfach das Erreichen einer 30-minütigen Feuerwiderstandsdauer möglich machen.

Dipl.-Ing. David Hübel
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1993-1-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2:2005 + AC:2009.
- [2] DIN EN 1993-1-2/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall.
- [3] DIN EN 1991-1-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009.
- [4] DIN EN 1991-1-2/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke.
- [5] Stahlbau-Kalender 2014: Eurocode 3 – Grundnorm, Außergewöhnliche Einwirkungen Hrsg.: Ulrike Kuhlmann 2014, Ernst & Sohn.
- [6] <https://www.feuerverzinken.com/anwendungen/bauen/brandschutz>

Preise und Angebote

S855.de Stahl-Querschnitte, Nachweise im Brandfall – EC 3, DIN EN 1993-1-2
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S855.de>

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Juni 2020

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe www.mbaec.de