LOCAFI+

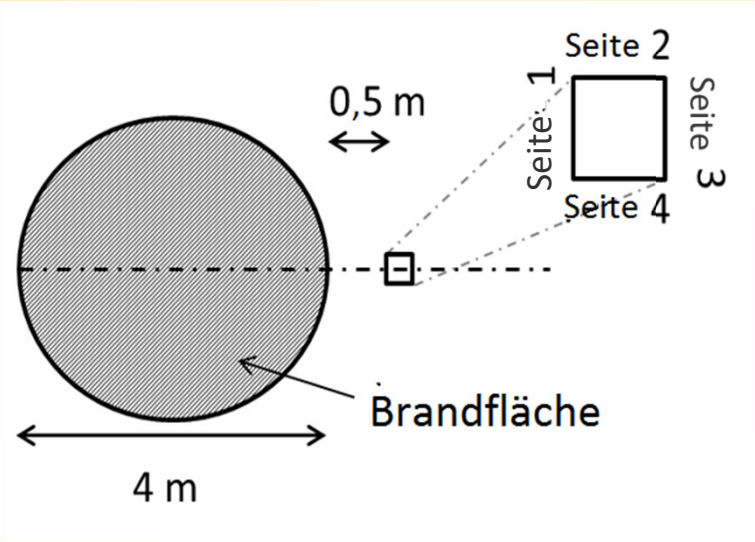
Bewertung der Temperaturen eines einem lokalen Brand (LOCAl FIre) ausgesetzten vertikalen Bauteiles: Verbreitung der Ergebnisse

Fördervereinbarung Nr. 754072

7. Berechnungsbeispiele

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



Profil der Stütze: HEB 300

Durchmesser der Brandquelle: 4 m

Abstand zwischen Brand und Stütze: 0,5 m

Wärmefreisetzungsrate: 1000 kW.m^{-2}

Konische Flamme

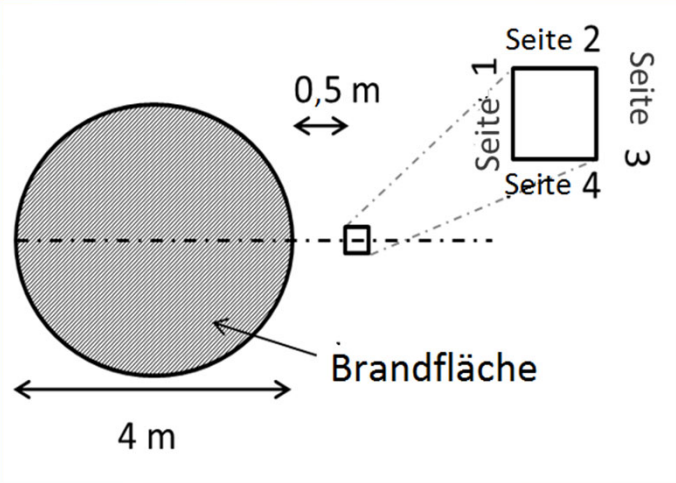
Stütze außerhalb des Brandes und der Rauchschicht

Ohne Decke

Die Berechnung ist für z = 1,0 m

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



$D = 4\,m$

$Q = RHR * \frac{\pi}{4} * D^2 = 12566371\,W$

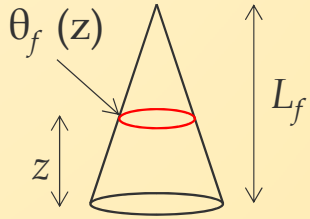
$L_f = -1{,}02\,D + 0{,}0148\,Q^{0.4} = 6{,}15$ m

$z_0 = -1{,}02\,D + 0{,}00524\,Q^{0.4} = -0{,}48$ m

Flammentemperatur

$$\theta_f(z) = \min\left(900; 20 + 0{,}25\left(0{,}8Q(t)\right)^{2/3}(z - z_0)^{-5/3}\right)$$

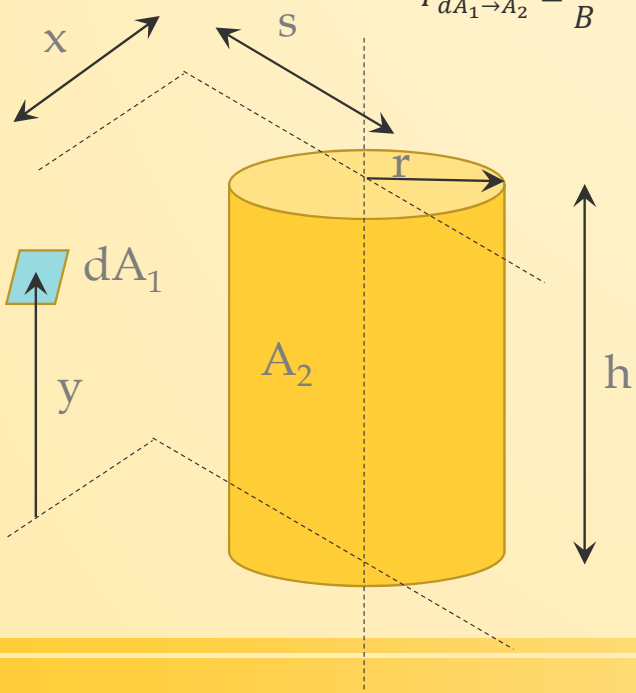
z (m)	T (°C)
0	900
0,5	900
1	900
1,5	900
2	900
2,5	900
3	900
3,5	900
4	900
4,5	827,9
5	708,4
5,5	614,8
6	540,0
6,5	479,3
7	429,1
7,5	387,2



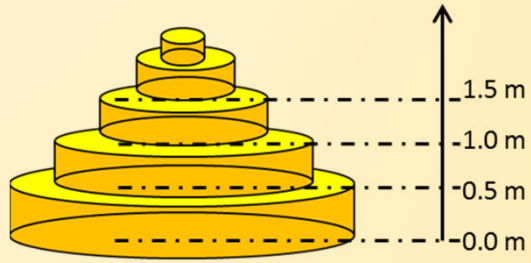
7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 1



$$F_{dA_1\to A_2} = \frac{S}{B} - \frac{S}{2B\pi}\left\{\begin{array}{l} cos^{-1}\left(\frac{Y^2-B+1}{A-1}\right) + cos^{-1}\left(\frac{C-B+1}{C+B-1}\right) \\ -Y\left[\frac{A+1}{\sqrt{(A-1)^2+4Y^2}}cos^{-1}\left(\frac{Y^2-B+1}{\sqrt{B}(A-1)}\right)\right] \\ -\sqrt{C}\frac{C+B+1}{\sqrt{(C+B-1)^2+4C}}cos^{-1}\left(\frac{C-B+1}{\sqrt{B}(C+B-1)}\right) \\ +Hcos^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{B}}\right) \end{array}\right\}$$



$$S = s/r$$
$$X = x/r$$
$$H = h/r$$
$$A = X^2 + Y^2 + S^2$$
$$B = S^2 + X^2$$
$$C = (H-Y)^2$$

$$F_i = F_{dA_1\to A_2}\left(s = s_f, x = x_f, r = r_i, h = \left|z_i - z_f\right|\right)$$

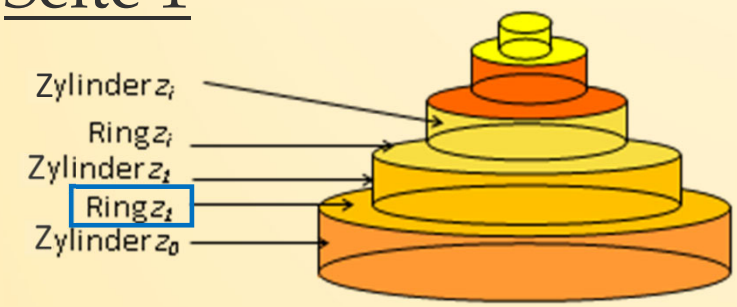
$$F_{i+1} = F_{dA_1\to A_2}\left(s = s_f, x = x_f, r = r_i, h = \left|z_{i+1} - z_f\right|\right)$$

$$\left|\begin{array}{l} wenn\ z_i \geq z_f\ dann\ F = F_{i+1} - F_i \\ sonst\ F = F_i - F_{i+1} \end{array}\right.$$

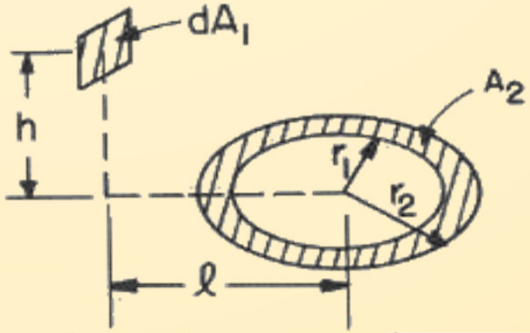
7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 1



$$F_{dA_1 \to A_2} = \frac{H}{2}\left(\frac{H^2 + R_2^2 + 1}{\sqrt{(H^2 + R_2^2 + 1)^2 - 4R_2^2}} - \frac{H^2 + R_1^2 + 1}{\sqrt{(H^2 + R_1^2 + 1)^2 - 4R_1^2}}\right)$$



$H = h/l = (1 - 0{,}5)/2{,}5 = 0{,}2$

$R_2 = r_2/l = 2/2{,}5 = 0{,}8$

$R_1 = r_1/l = 1{,}84/2{,}5 = 0{,}73$

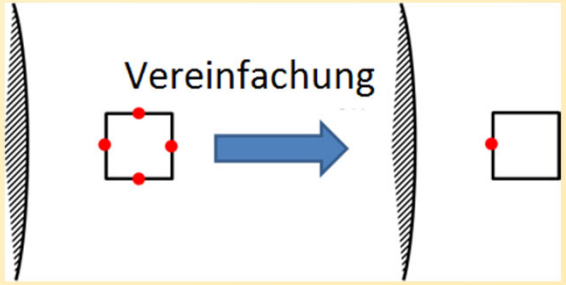
z_f = 1,0 m

→ Nur ein Ring ist zu berücksichtigen (z_i = 0,5 m)

Außenradius r_2 = 2,0 m

Innenradius r_1 = (6,15-0,5)/6,15*2,0 m = 1,84 m

Vereinfachung: l = 2,5 m



7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 1

Eingabedaten				
HRR	Dfire	Q	Q	hf
kW/m²	m	W	MW	m
1000	4	12566370.6	12.57	6.15

Konstante	
?	Tabs
5.67E-08	273.15

Koordinaten des Bereichs		
sf	xf	zf
m	m	m
2.5	0	1

Zwischenvariablen	
z_{virt}	l
-0.46	2.5

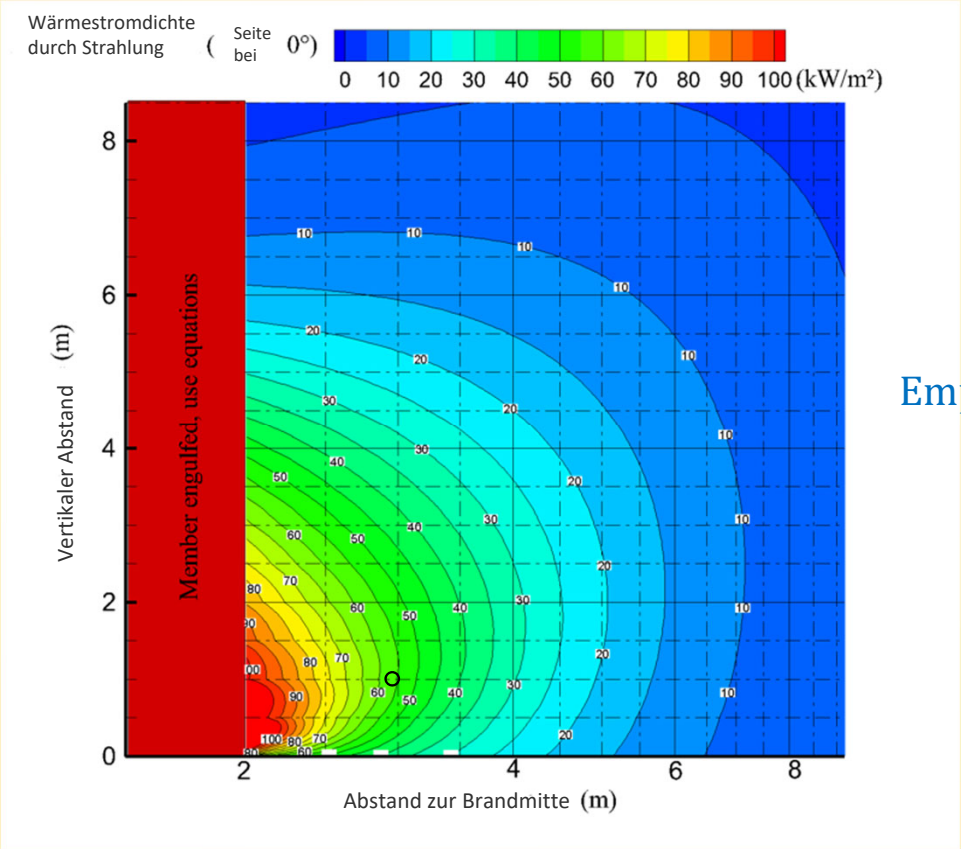
						Zylinder									Ring		
zi	Tf	ri	$F_{cylinder_zi}$	F_{ring_zi}	Flux $_{face1}$	Fi	Fi+1	S	X	A	Hi	Hi+1	|zi-zf|	|zi+1-zf|	H	Ri	Ri+1
m	°C	m	-	-	kW/m²	-	-	-	-	-	-	-	m	m	-	-	-
0	900	2.00	0.0726	0	7.79	0.3705	0.2979	1.25	0	1.56	0.50	0.25	1.00	0.50	0	0.00	0.00
0.5	900	1.84	0.2374	0.0555	31.45	0.2374	0.0000	1.36	0	1.85	0.27	0.00	0.50	0.00	0.20	0.80	0.73
1	900	1.67	0.1893	0	20.33	0.0000	0.1893	1.49	0	2.23	0.00	0.30	0.00	0.50	0	0.73	0.67
1.5	900	1.51	0.0823	0	8.84	0.1514	0.2337	1.65	0	2.73	0.33	0.66	0.50	1.00	0	0.67	0.60
2	900	1.35	0.0361	0	3.88	0.1953	0.2315	1.85	0	3.43	0.74	1.11	1.00	1.50	0	0.60	0.54
2.5	900	1.19	0.0177	0	1.91	0.1958	0.2136	2.11	0	4.43	1.26	1.68	1.50	2.00	0	0.54	0.47
3	900	1.02	0.0095	0	1.02	0.1797	0.1893	2.44	0	5.95	1.95	2.44	2.00	2.50	0	0.47	0.41
3.5	900	0.86	0.0054	0	0.58	0.1564	0.1618	2.90	0	8.41	2.90	3.48	2.50	3.00	0	0.41	0.34
4	900	0.70	0.0031	0	0.34	0.1296	0.1328	3.57	0	12.77	4.29	5.00	3.00	3.50	0	0.34	0.28
4.5	828	0.54	0.0018	0	0.15	0.1009	0.1027	4.66	0	21.68	6.52	7.45	3.50	4.00	0	0.28	0.21
5	708	0.37	0.0010	0	0.05	0.0711	0.0720	6.68	0	44.58	10.68	12.02	4.00	4.50	0	0.21	0.15
5.5	615	0.21	0.0004	0	0.02	0.0405	0.0409	11.80	0	139.24	21.24	23.60	4.50	5.00	0	0.15	0.08
6	540	0.05	0.0001	0	0.00	0.0095	0.0096	50.71	0	2571.11	101.41	111.55	5.00	5.50	0	0.08	0.02
6.5	479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.50	6.00	0	0.02	0
7	429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	6.50	0	0	0
7.5	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.50	1.00	0	0	0

Einfallende Wärmestoffdichte auf Seite 1	76.36	kW/m²
Absorbierte Wärmestoffdichte auf Seite 1	53.45	kW/m²

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 1



Empfangene Wärmestromdichte $= \varepsilon * \varphi_{tot}$

$= 0{,}7 * 77\ \mathrm{kW/m^2}$

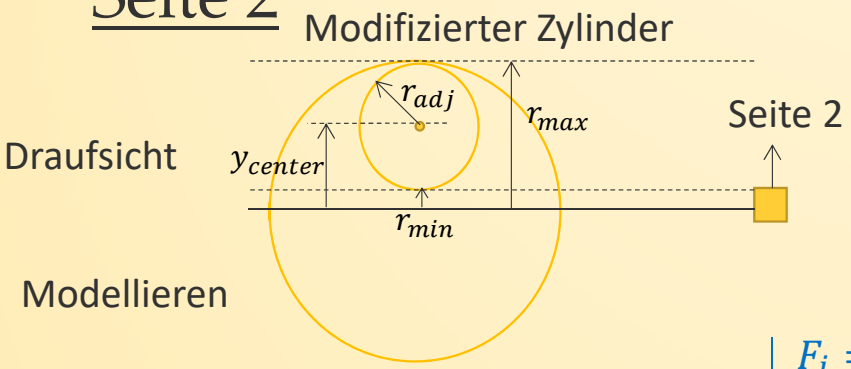
$= 53{,}9\ \mathrm{kW/m^2}$

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 2

Modellieren



z = 0

$$r_{min} = max(-r_i, x_f) = 0$$

$$r_{max} = r_i = 2{,}0\ \mathrm{m}$$

$$y_{center} = \frac{r_{min}+r_{max}}{2} = 1{,}0\ \mathrm{m}$$

$$r_{adjusted} = \frac{r_{max}-r_{min}}{2} = 1{,}0\ \mathrm{m}$$

$$F_i = F_{dA_1 \to A_2}(s = y_{center} - x_f, x = s_f, r = r_{adjusted}, h = |z_i - z_f|)$$

$$F_{i+1} = F_{dA_1 \to A_2}(s = y_{center} - x_f, x = s_f, r = r_{adjusted}, h = |z_{i+1} - z_f|)$$

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 2

zi	Tf	ri	$F_{cylinder_zi}$	F_{ring_zi}	$Flux_{face2}$	Ring H	Ring Ri	Ring Ri+1
m	°C	m	-	-	kW/m²	-	-	-
0	900	2.00	0.0175	0	1.88	0	0.00	0.00
0.5	900	1.84	0.0193	0.0060	2.71	0.20	0.40	0.37
1	900	1.67	0.0160	0	1.72	0	0.37	0.33
1.5	900	1.51	0.0103	0	1.10	0	0.33	0.30
2	900	1.35	0.0056	0	0.60	0	0.30	0.27
2.5	900	1.19	0.0028	0	0.30	0	0.27	0.24
3	900	1.02	0.0014	0	0.15	0	0.24	0.20
3.5	900	0.86	0.0006	0	0.07	0	0.20	0.17
4	900	0.70	0.0003	0	0.03	0	0.17	0.14
4.5	828	0.54	0.0001	0	0.01	0	0.14	0.11
5	708	0.37	0.0000	0	0.00	0	0.11	0.07
5.5	615	0.21	0.0000	0	0.00	0	0.07	0.04
6	540	0.05	0.0000	0	0.00	0	0.04	0.01
6.5	479	0	0	0	0	0	0.01	0.00
7	429	0	0	0	0	0	0	0
7.5	387	0	0	0	0	0	0	0

Einfallende Wärmestromdichte auf Seite 2	8.57	kW/m²
Absorbierte Wärmestromdichte auf Seite 2	6.00	kW/m²

Eingabedaten				
HRR	Dfire	Q	Q	hf
kW/m²	m	W	MW	m
1000	4	12566370.6	12.57	6.15

Koordinaten des Bereichs		
sf	xf	zf
m	m	m
2.5	0	1

Konstante	
?	Tabs
5.67E-08	273.15

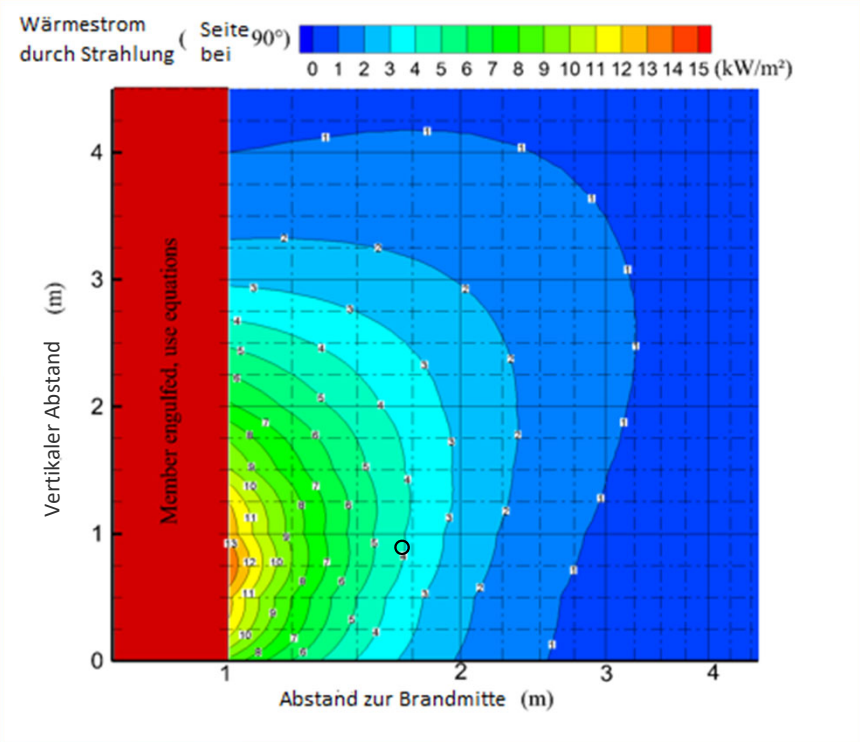
Zwischenvariablen	
z_{virt}	l
-0.46	2.5

Modifizierter Zylinder/Ring				Zylinder									
rmin	rmax	$ri_{adjusted}$	y_{center}	Fi	Fi+1	s	S	X	A	Hi	Hi+1	$\lvert z-z_f \rvert$	$\lvert z_{i+1}-z_f \rvert$
m	m	m	m	-	-	-	-	-	-	-	-	m	m
0	2.00	1.00	1.00	0.0403	0.0229	1.00	1.00	2.50	7.25	1.00	0.50	1.00	0.50
0	1.84	0.92	0.92	0.0193	0.0000	0.92	1.00	2.72	8.40	0.54	0.00	0.50	0.00
0	1.67	0.84	0.84	0.0000	0.0160	0.84	1.00	2.99	9.91	0.00	0.60	0.00	0.50
0	1.51	0.76	0.76	0.0130	0.0233	0.76	1.00	3.31	11.93	0.66	1.32	0.50	1.00
0	1.35	0.67	0.67	0.0185	0.0241	0.67	1.00	3.70	14.72	1.48	2.22	1.00	1.50
0	1.19	0.59	0.59	0.0187	0.0215	0.59	1.00	4.21	18.74	2.53	3.37	1.50	2.00
0	1.02	0.51	0.51	0.0161	0.0174	0.51	1.00	4.88	24.81	3.90	4.88	2.00	2.50
0	0.86	0.43	0.43	0.0124	0.0130	0.43	1.00	5.80	34.64	5.80	6.96	2.50	3.00
0	0.70	0.35	0.35	0.0086	0.0089	0.35	1.00	7.15	52.09	8.58	10.01	3.00	3.50
0	0.54	0.27	0.27	0.0053	0.0054	0.27	1.00	9.31	87.70	13.04	14.90	3.50	4.00
0	0.37	0.19	0.19	0.0026	0.0027	0.19	1.00	13.35	179.33	21.37	24.04	4.00	4.50
0	0.21	0.11	0.11	0.0009	0.0009	0.11	1.00	23.60	557.97	42.48	47.20	4.50	5.00
0	0.05	0.02	0.02	0.0000	0.0000	0.02	1.00	101.41	10285.43	202.82	223.11	5.00	5.50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.50	6.00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.00	6.50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.50	1.00

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Seite 2



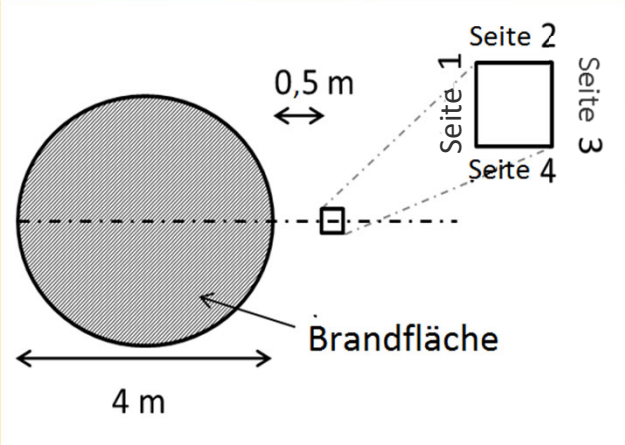
Empfangene Wärmestromdichte $= \varepsilon * \varphi_{tot}$

$= 0{,}7 * 8{,}7\ \mathrm{kW/m^2}$

$= 6{,}1\ \mathrm{kW/m^2}$

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



Wärmestromdichten der vier Seiten (Annahme: $\varepsilon = 0{,}7$)

Seite 1: 53,45 kW/m²

Seite 2: 6,00 kW/m²

Seite 3: 0,00 kW/m²

Seite 4: 6,00 kW/m²

→ Mittlere Wärmestromdichte = 16,36 kW/m²

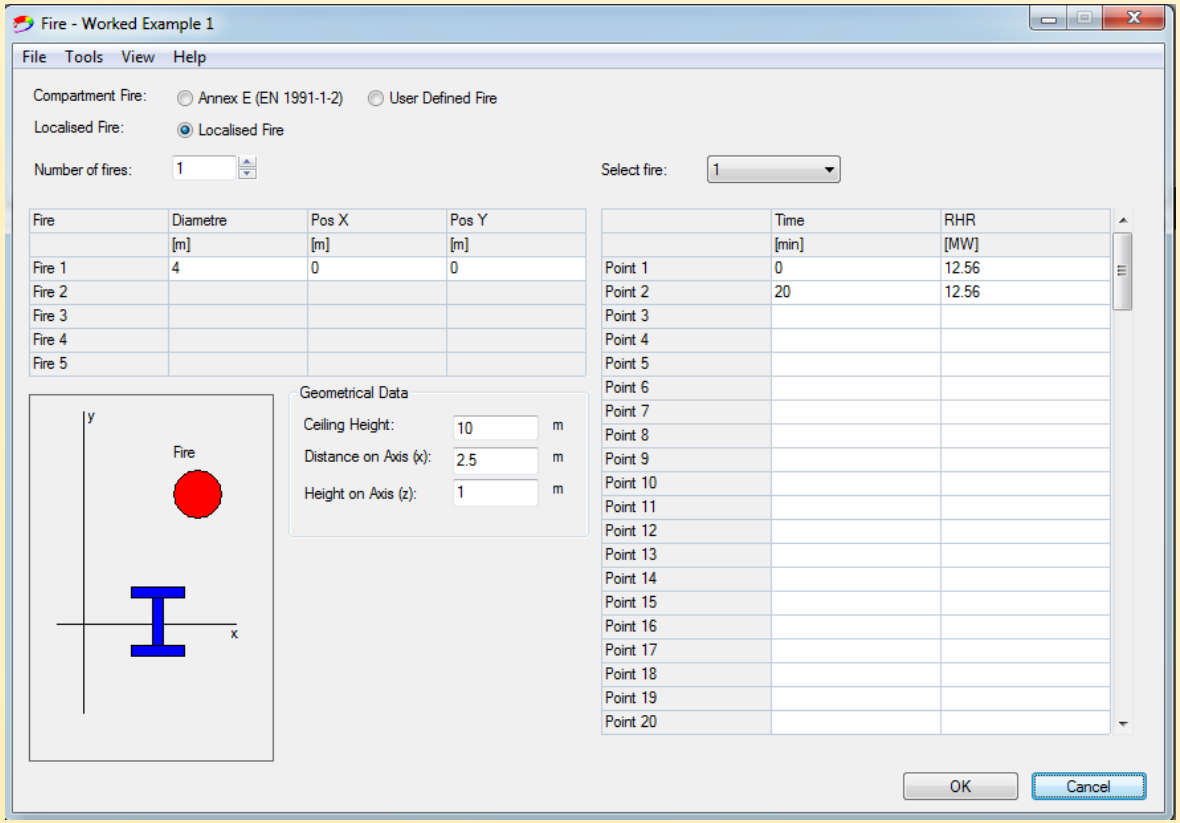
T	Abgegebene Wärmestromdichte
(°C)	W/m²
20	0
30	392,03
40	788,42
50	1189,49
…	…
280	12519,26
290	13145,11
300	13786,06
310	14442,65
320	15115,43
330	15804,96
340	16511,80
350	17236,55
360	17979,78

$$0 = \underbrace{h(T-20)}_{\text{Netto durch Konvektion abgegebene Wärmestromdichte}} + \underbrace{\sigma\varepsilon[(T+273)^4 - (20+273)^4]}_{\text{Durch Strahlung abgegebene Wärmestromdichte}} - \underbrace{\varepsilon * \varphi_{tot}}_{\text{Empfangene Wärmestromdichte}}$$

$$h = 35\, W.m^{-2}.K^{-1};\ \sigma = 5{,}67 * 10^{-8}\, W.m^{-2}.K^{-4}$$

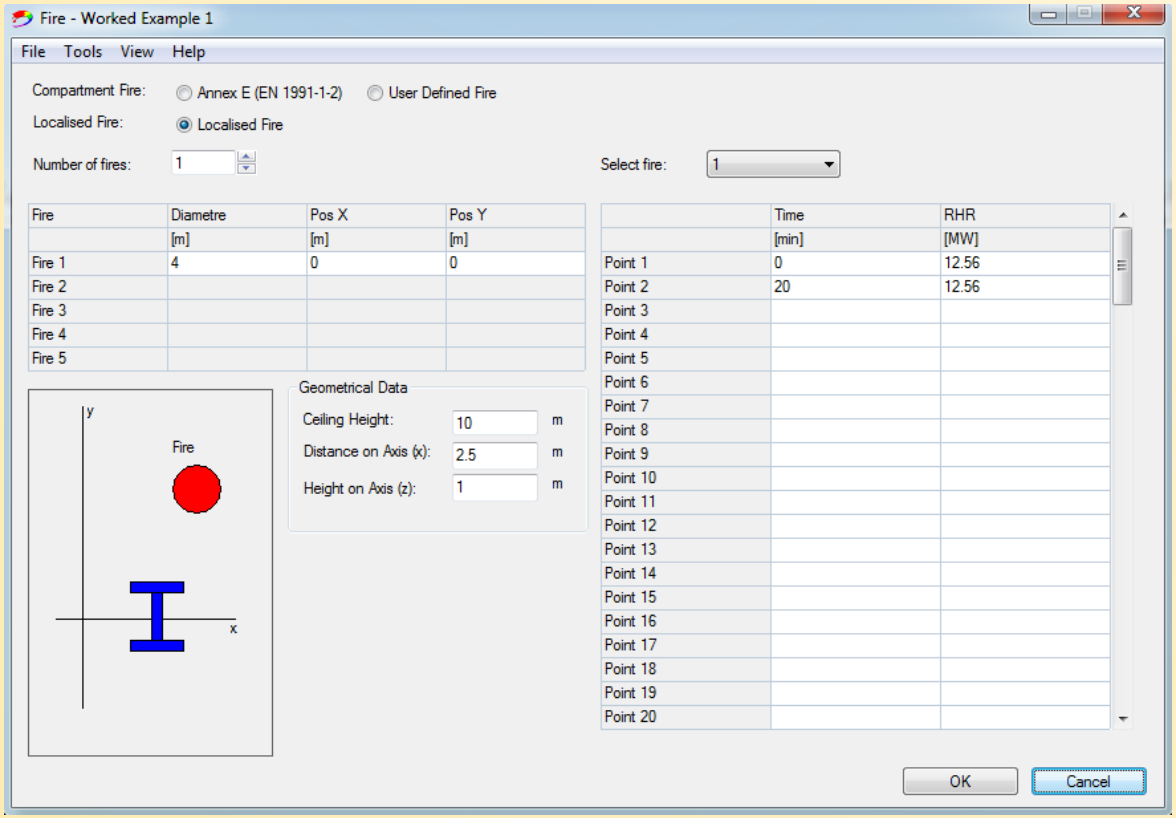
7. Berechnungsbeispiele

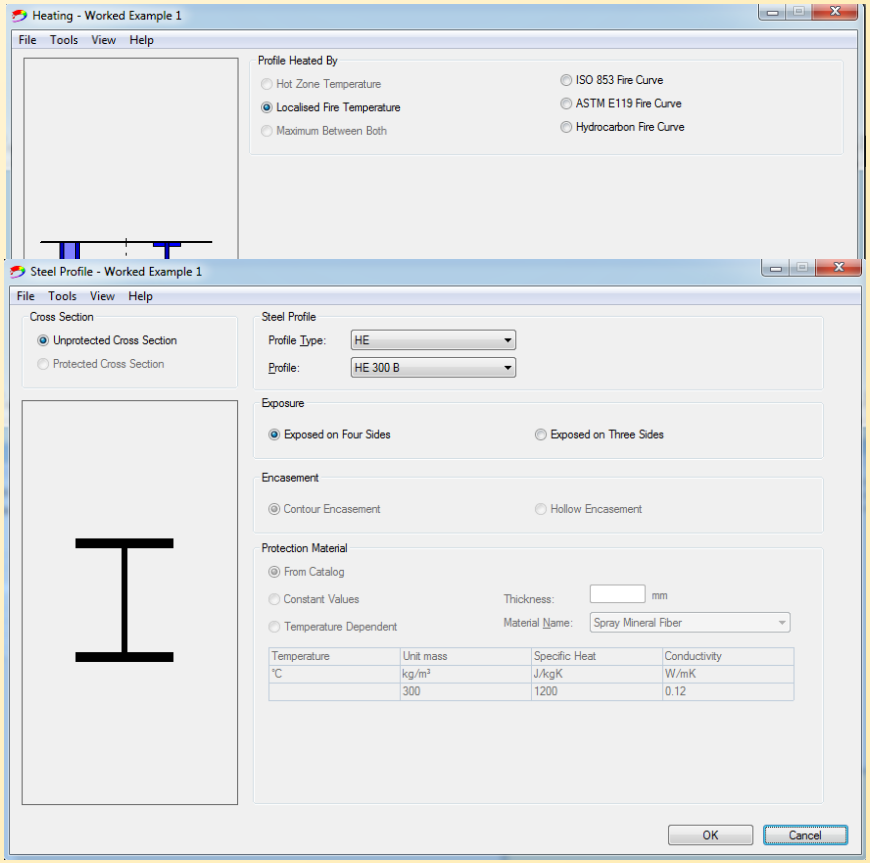
7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



7. Berechnungsbeispiele

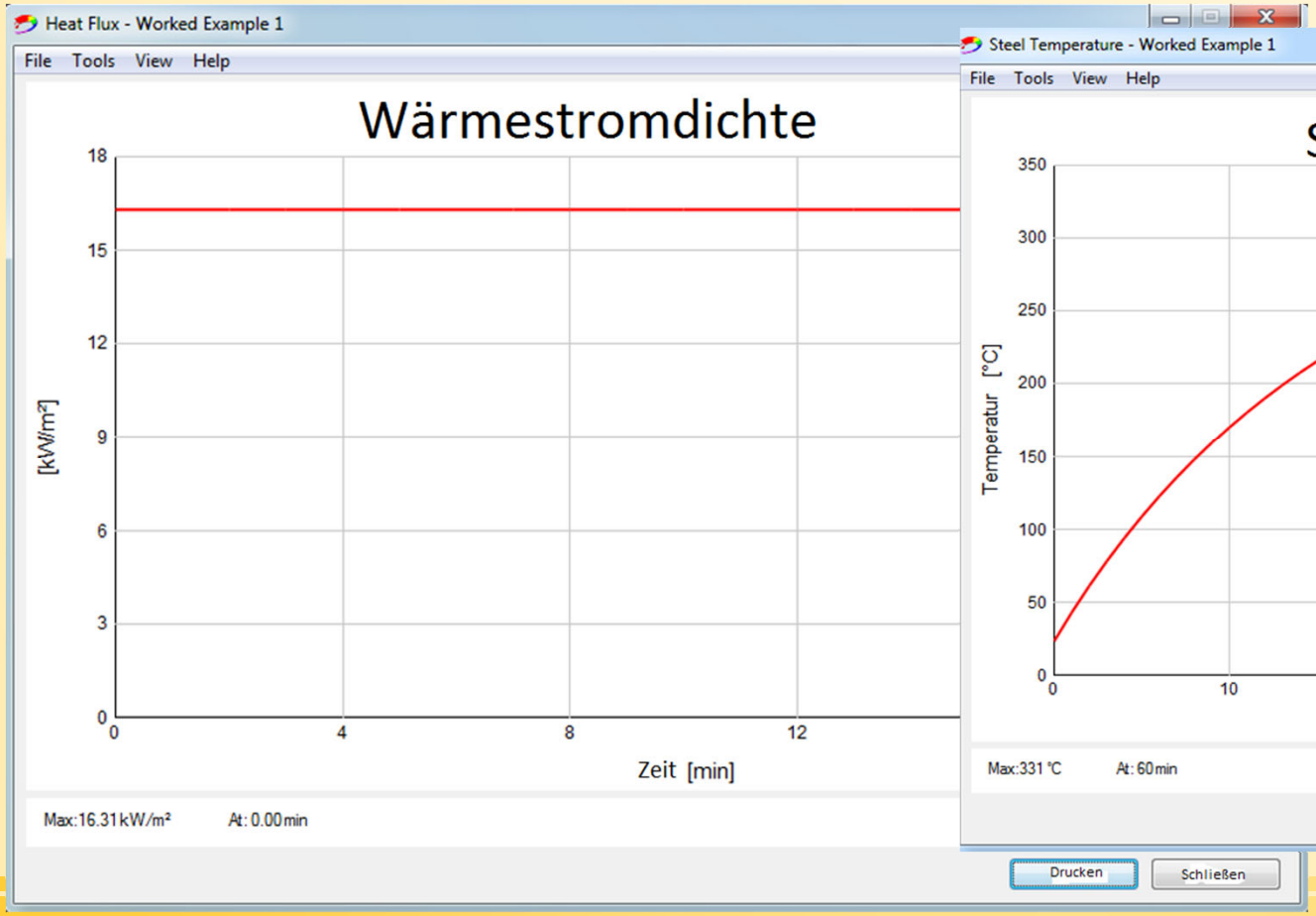
7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

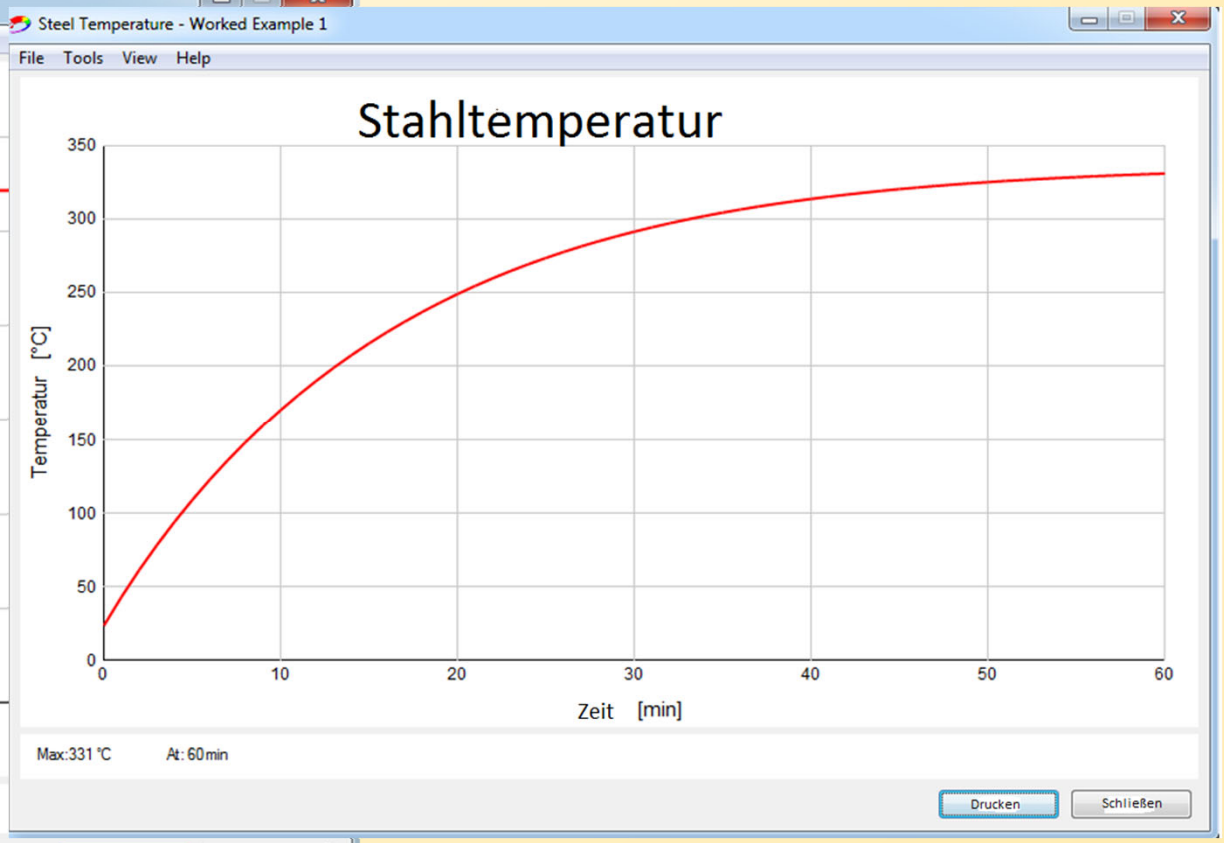




7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



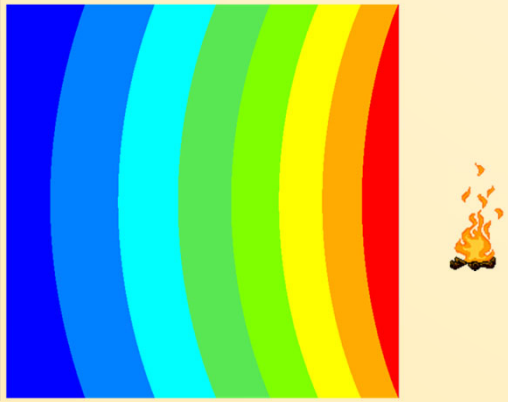


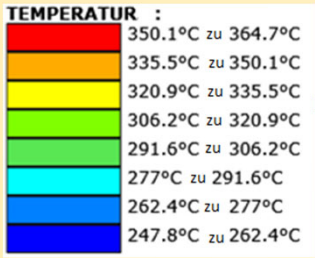
7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

Temperaturverteilung im Gleichgewicht (LOCAFI)

Quadrat 300 x 300

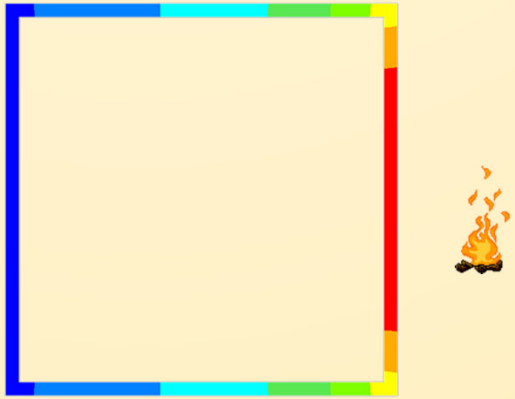


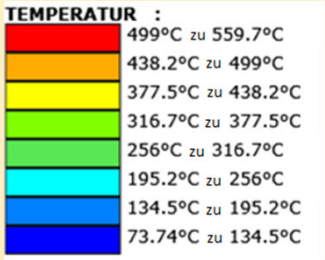


$_{max} + T_{min})/2$

$= 306$ °C

Rechteckrohr 300 x 300 x 10



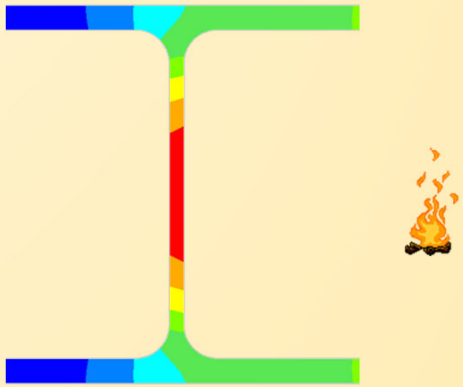


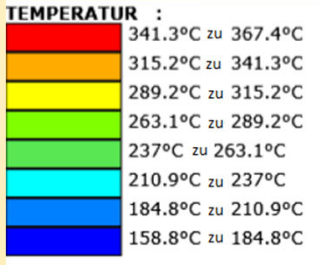
$(T_{max} + T_{min})/2 =$

317 °C

Große Variation über den Querschnitt

HEB 300





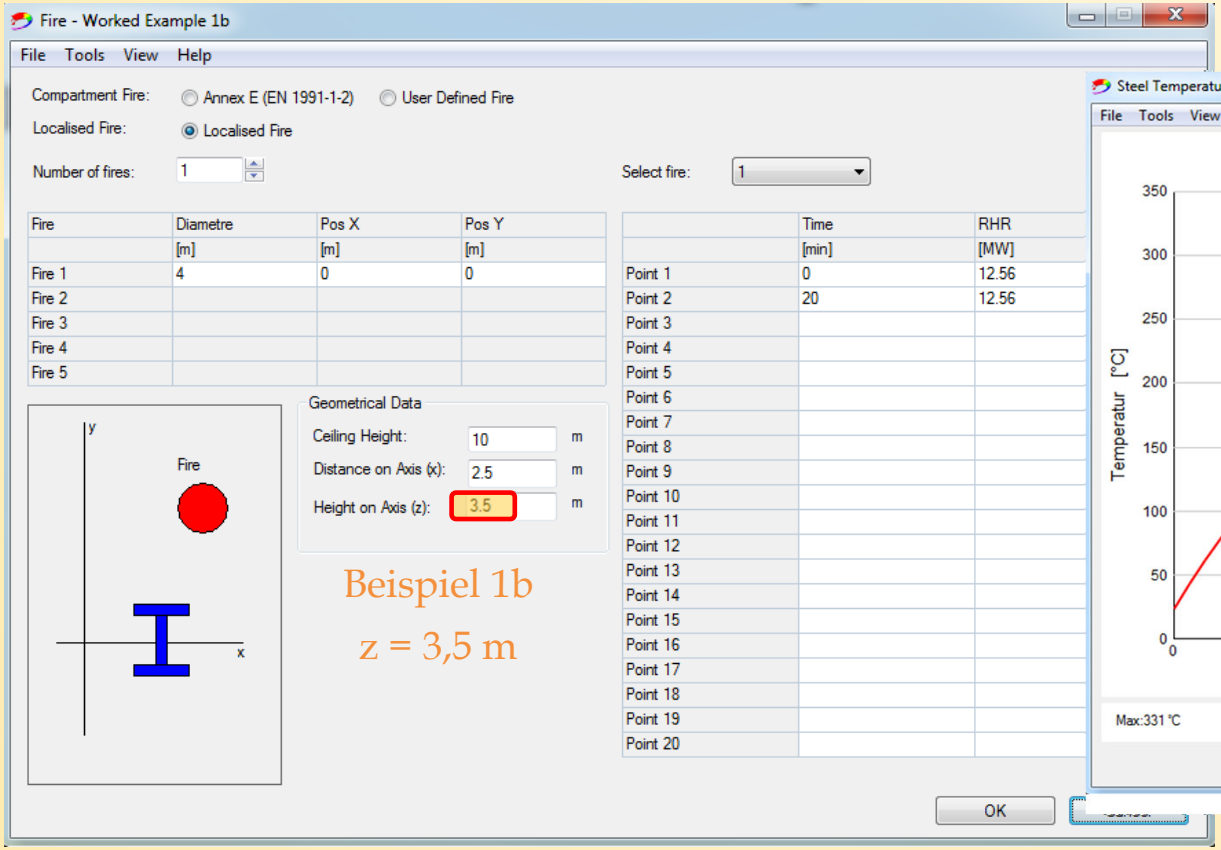
$(T_{max} + T_{min})/2 =$

262 °C

Das Modell verursacht Abschattungsfaktoren

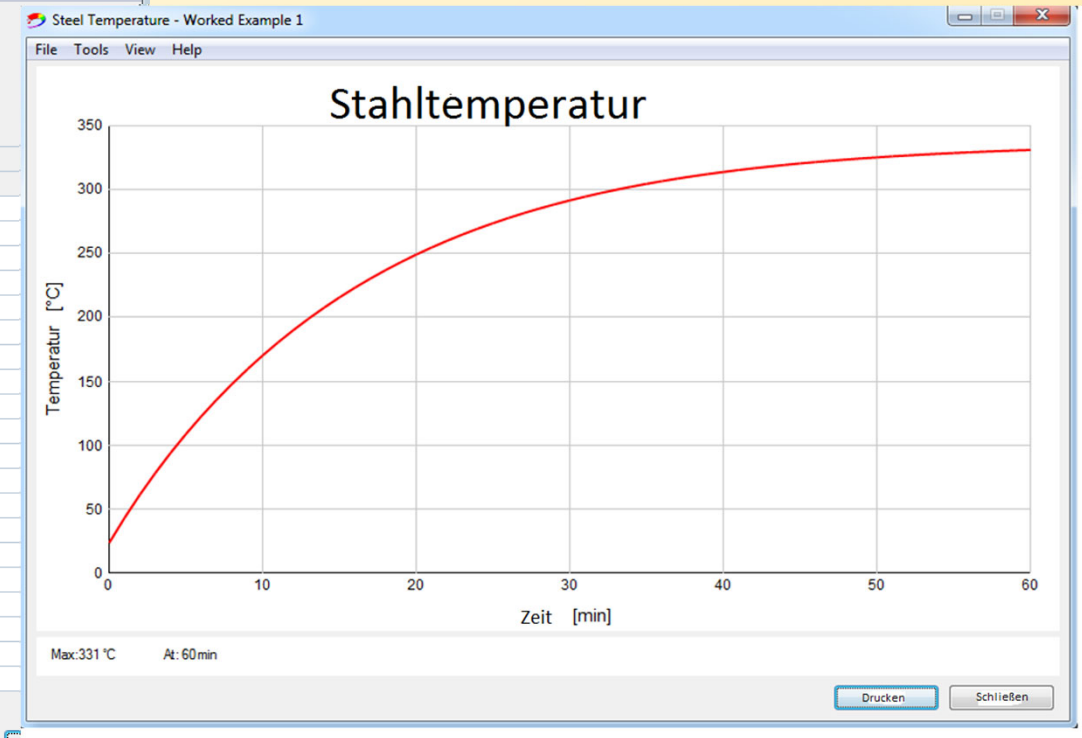
7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



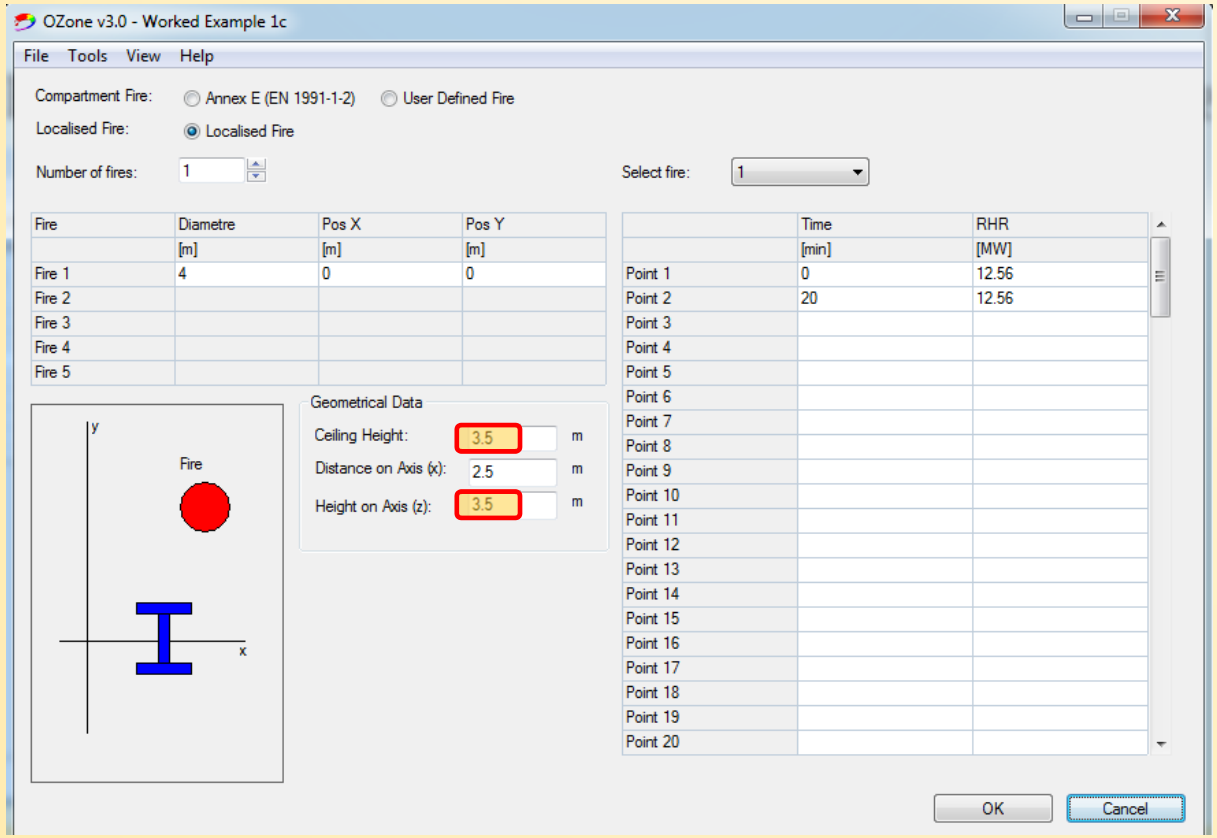
Beispiel 1b

z = 3,5 m



7. Berechnungsbeispiele

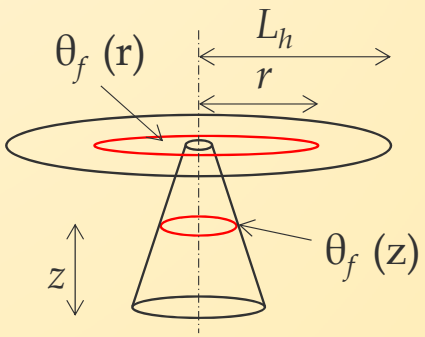
7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



Beispiel 1c

$z = 3{,}5$ m

$z_{ceiling} = 3{,}5$ m



$$L_h = H\left(2.9 Q_H^{0.33} - 1\right) = \mathbf{4{,}54\ m}$$

7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

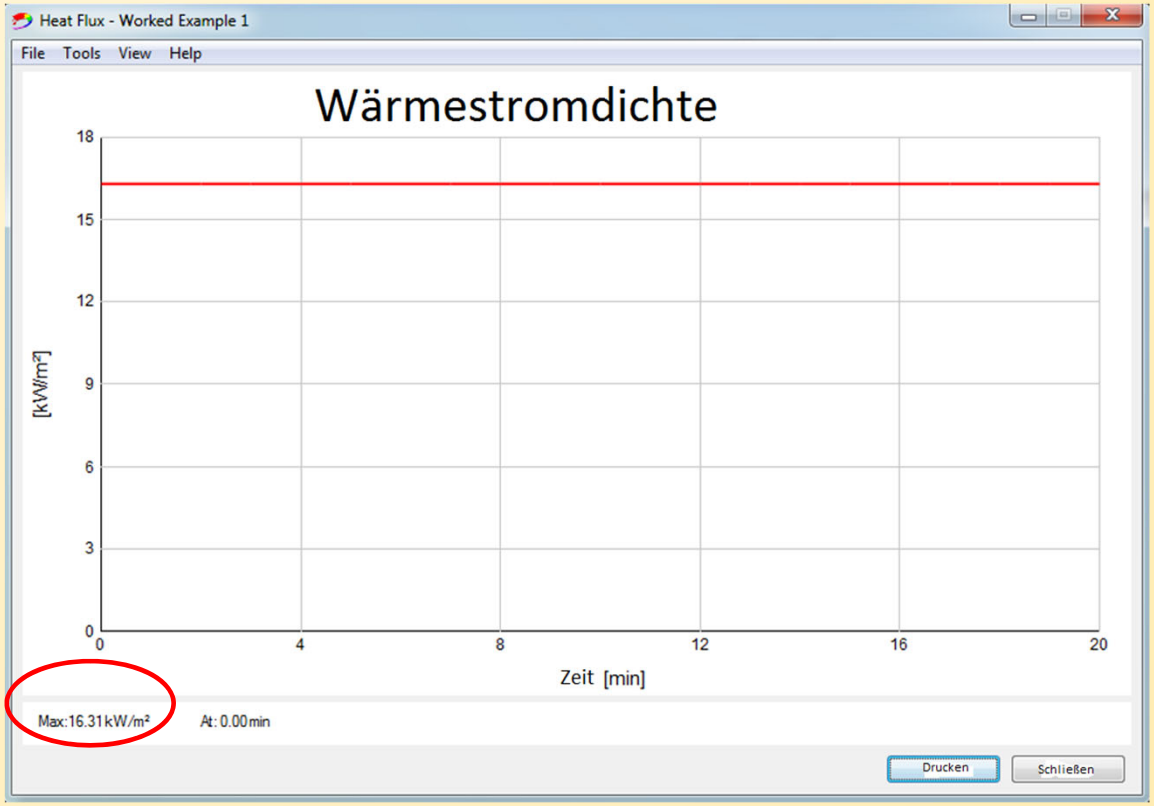
<u>HASEMI (EN 1991-1-2 – Anhang C)</u>

$$Q_D^* = \frac{Q}{1.11*10^6*D^{2.5}} = 0{,}3536$$

$$z' = 2{,}4*D*\left(Q_D^{*\,2/5} - Q_D^{*\,2/3}\right) = 1{,}535$$

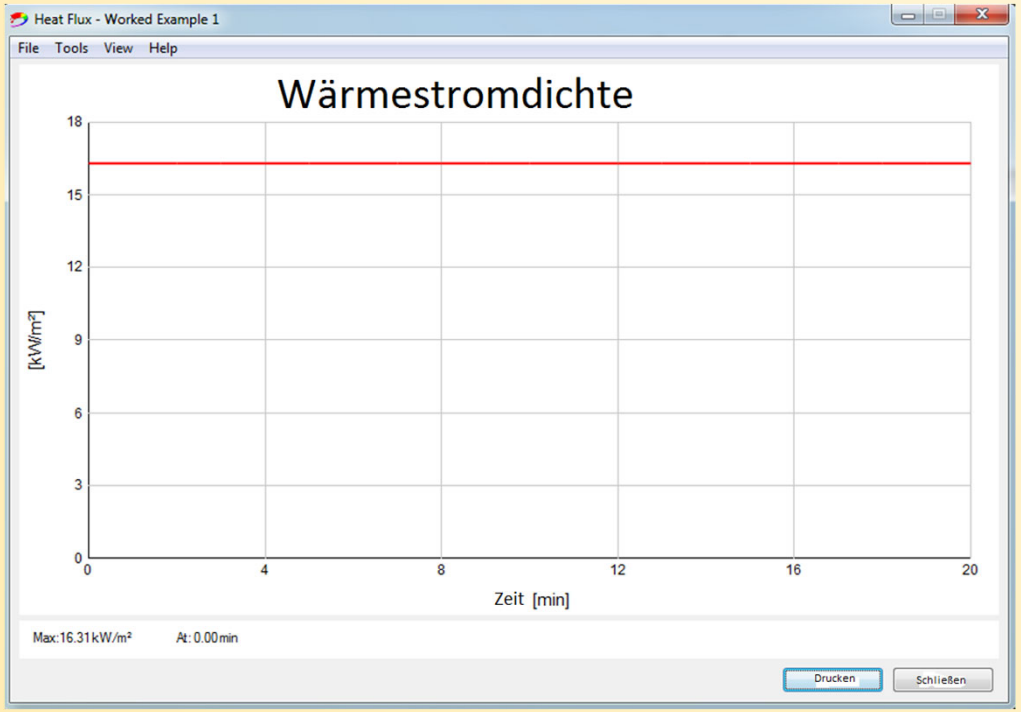
$$y = \frac{r + H + z'}{L_h + H + z'} = 0{,}787$$

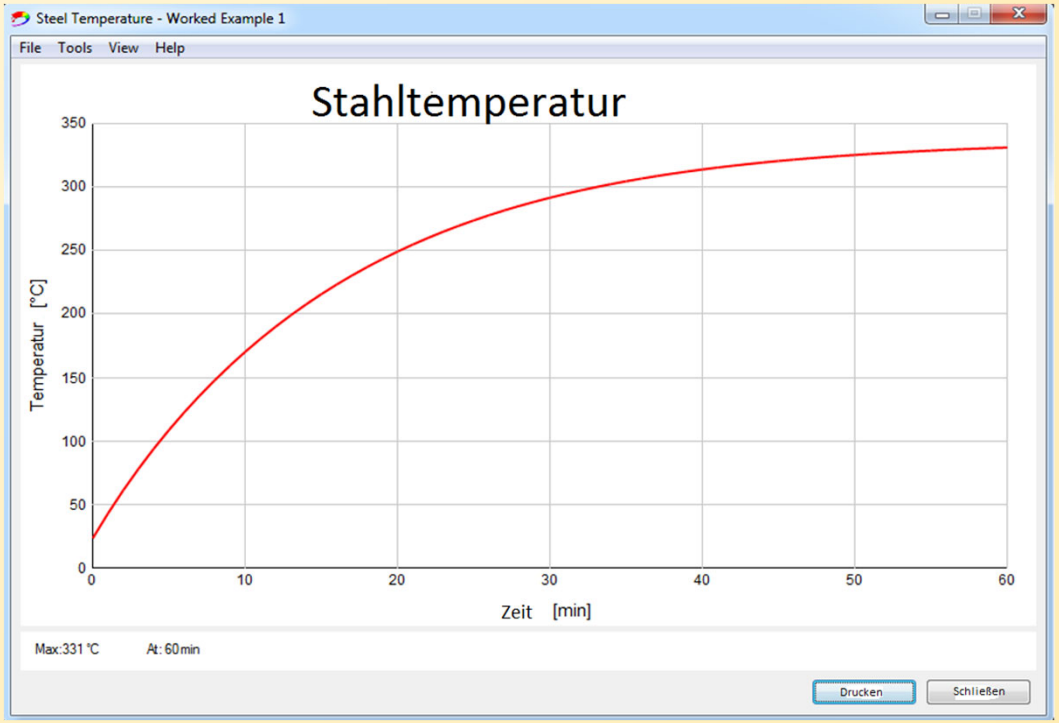
$$0{,}3 < y < 1 \rightarrow \dot{h} = 136300 - 121000\,y$$
$$\rightarrow \dot{h} = 41073\ W/m^2$$



7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand



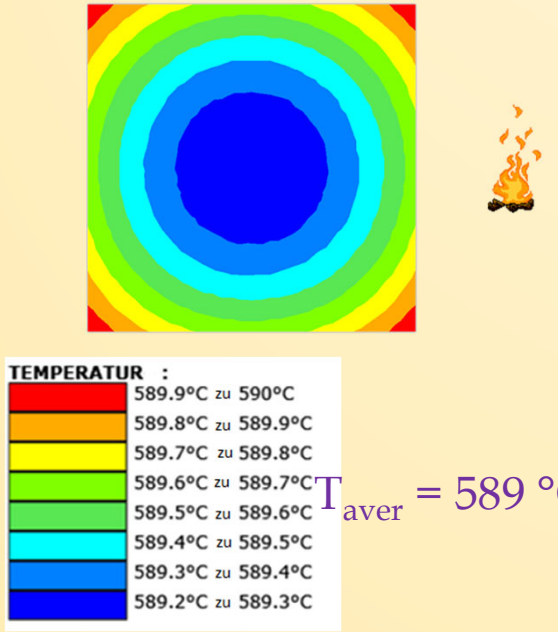


7. Berechnungsbeispiele

7.1. Beispiel 1: Wärmeströme bei einem lokalen Brand

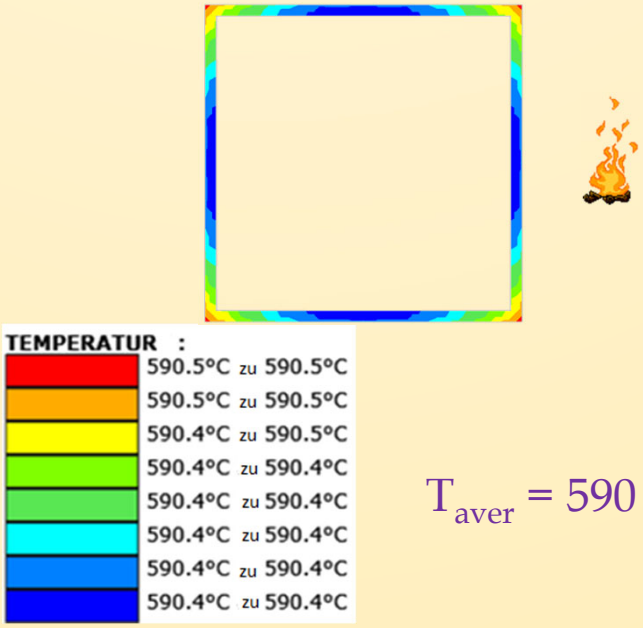
Temperaturverteilung im Gleichgewicht (HASEMI)

Quadrat 300 x 300



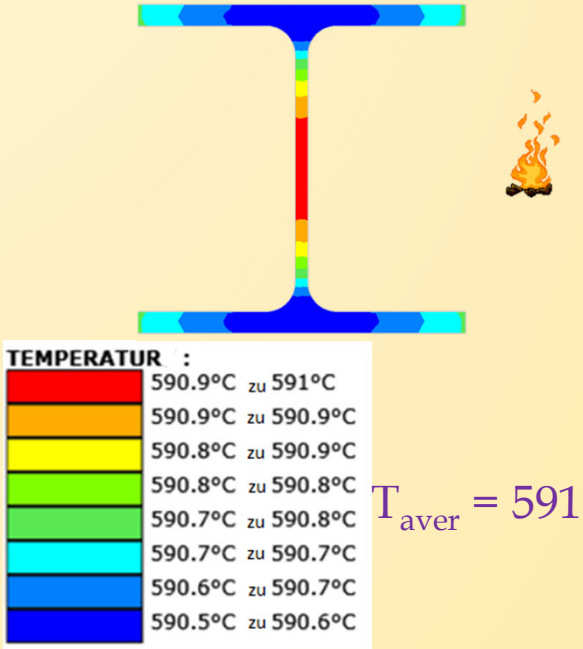
T_{aver} = 589 °C

Rechteckrohr 300 x 300 x 10



T_{aver} = 590 °C

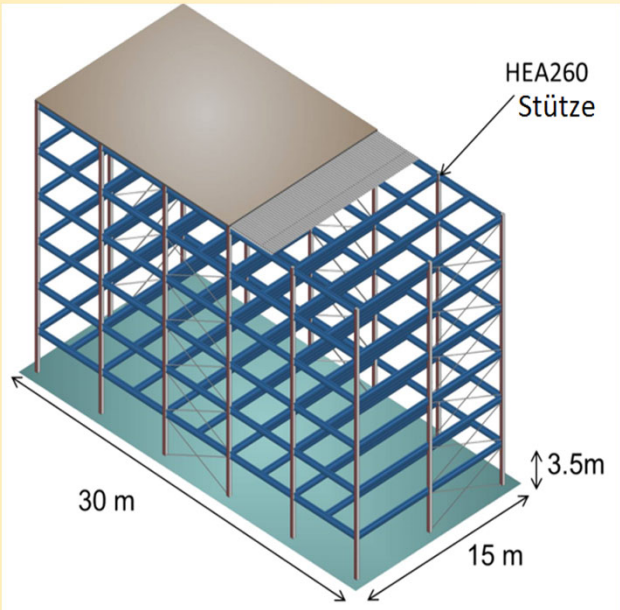
HEB 300



T_{aver} = 591 °C

7. Berechnungsbeispiele

7.2. Beispiel 2: Stütze eines Bürogebäudes

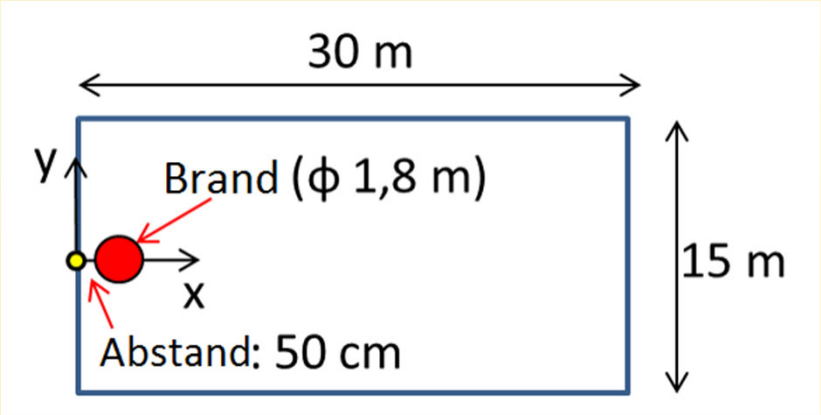


Die Brandquelle ist 0,5 m von der Stütze entfernt

Deckenebene: 3,5 m

Brandquelle: 500 kg Papier (17,5 MJ/kg), Fläche von 2,5 m²

RHR_{max} = 1000 kW/m²



7. Berechnungsbeispiele

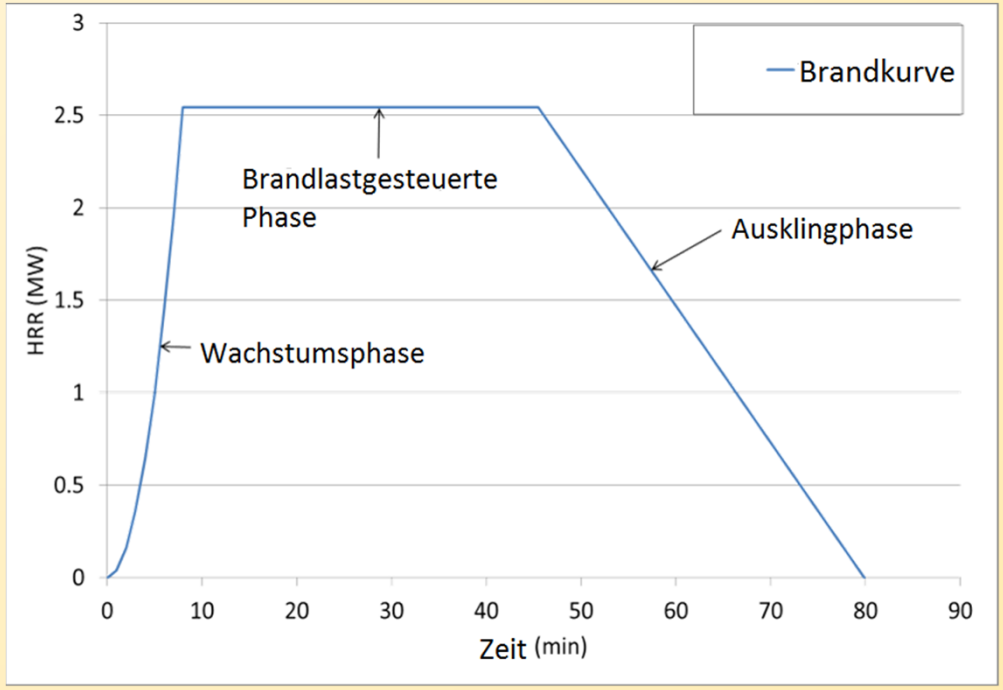
7.2. Beispiel 2: Stütze eines Bürogebäudes

Ausbreitung eines Brandes nach EN 1991-1-2 Anhang E

- *Wachstumsphase: $Q(t) = 10^6 * (t/t_\alpha)^2$*
- *Ausbreitungsgeschwindigkeit: mittel*

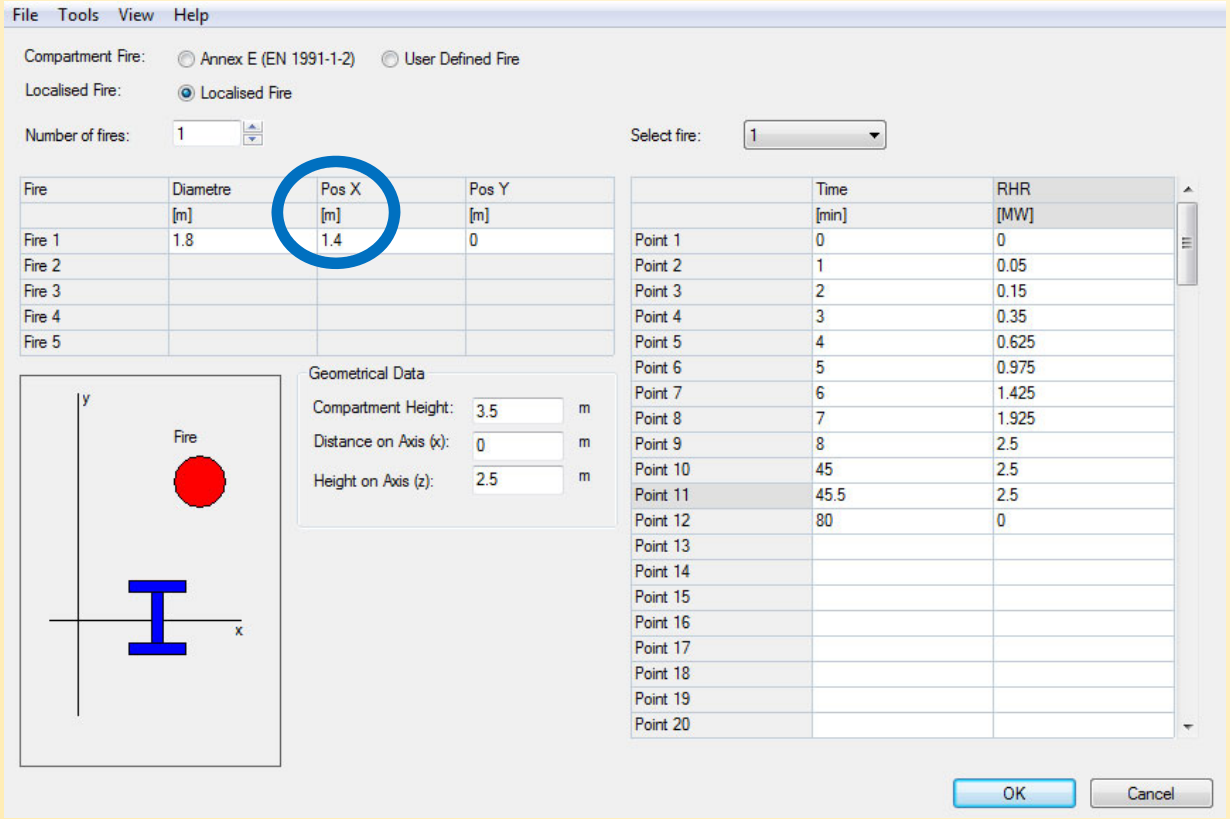
→ *RHR = 1 MW nach t_α = 300 Sekunden*

- *RHR_{max} = 2,5 m^2 * 1000kW/m^2 = 2,5 MW*
- *Die Ausklingphase beginnt nachdem 70 % des Brennstoffs verbrannt ist.*

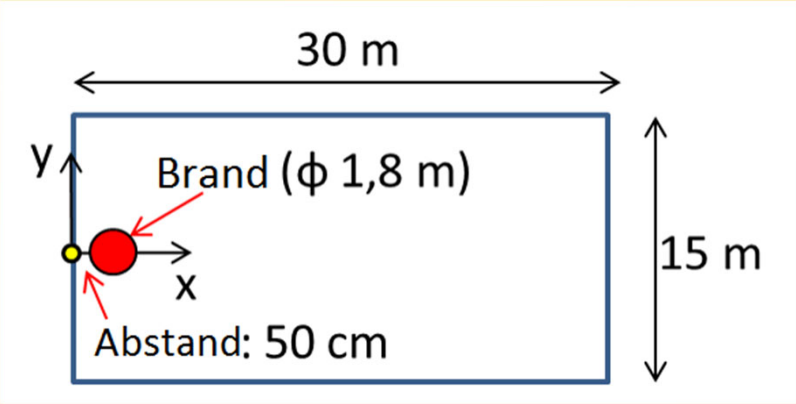


7. Berechnungsbeispiele

7.2. Beispiel 2: Stütze eines Bürogebäudes

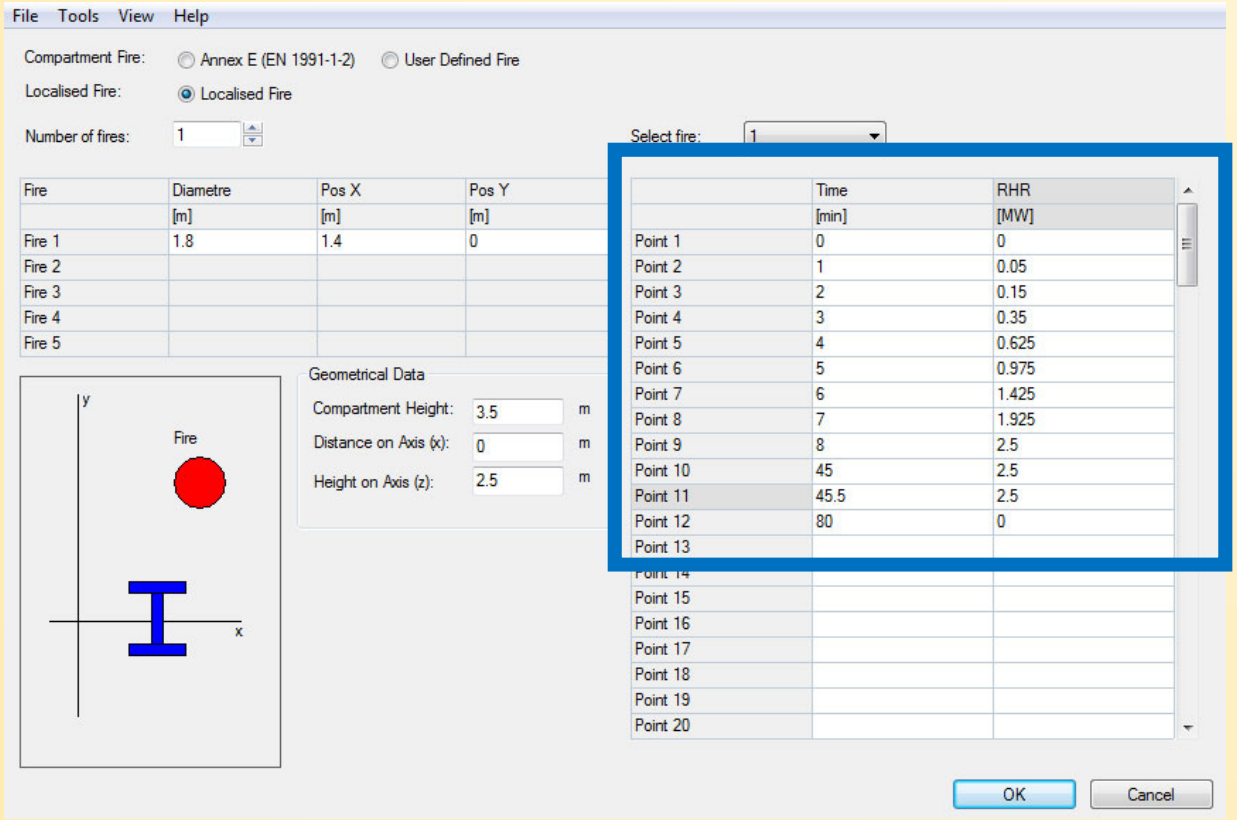


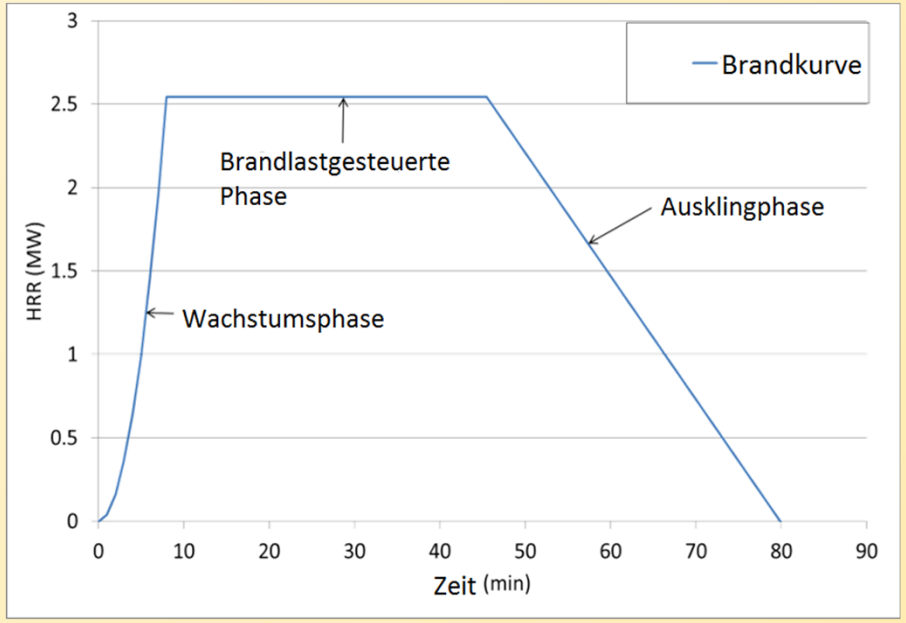
Pos. x: 0,5 m + 1,8 m/2 = 1,4 m



7. Berechnungsbeispiele

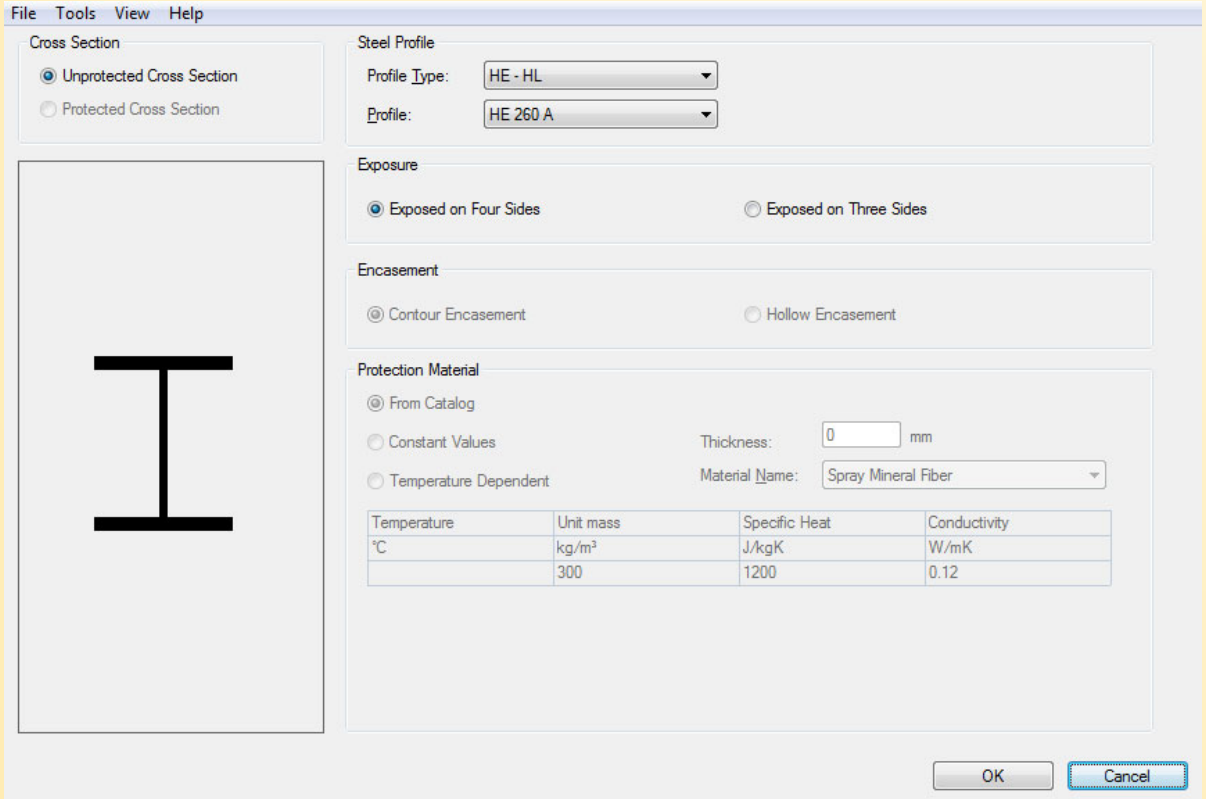
7.2. Beispiel 2: Stütze eines Bürogebäudes





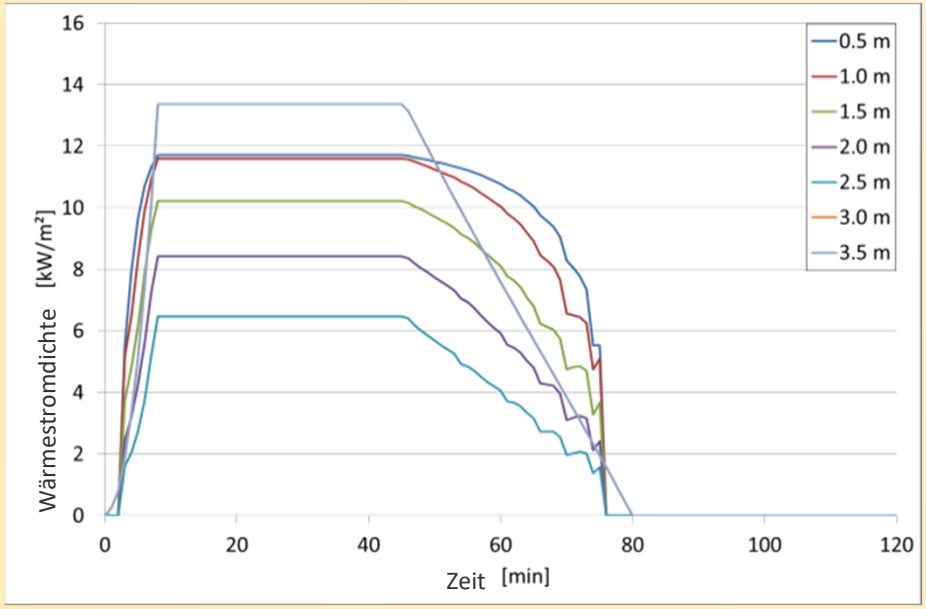
7. Berechnungsbeispiele

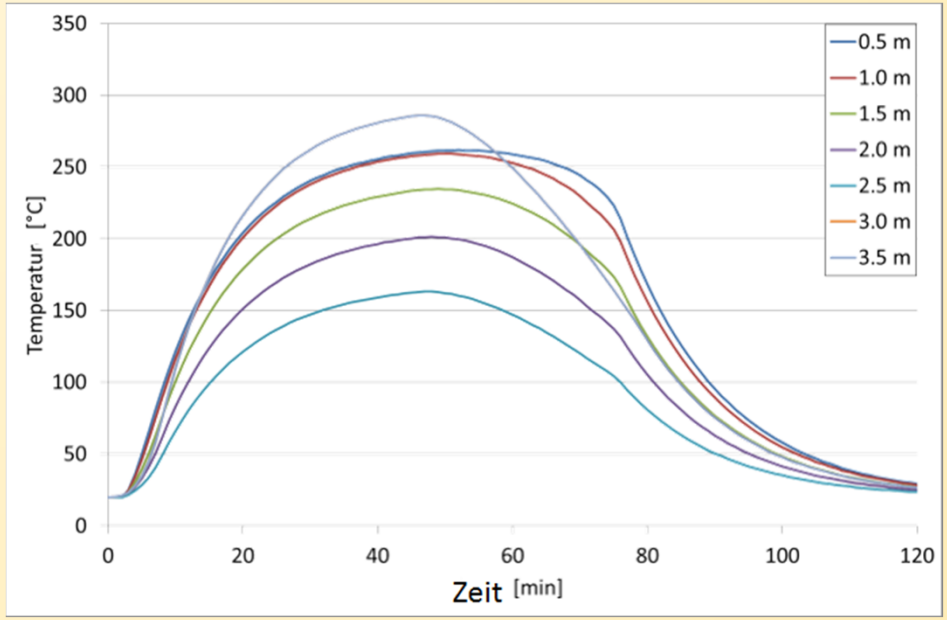
7.2. Beispiel 2: Stütze eines Bürogebäudes



7. Berechnungsbeispiele

7.2. Beispiel 2: Stütze eines Bürogebäudes

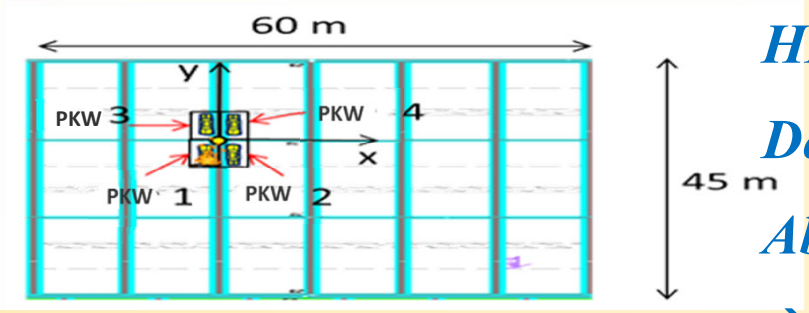




- Die maximale durch Strahlung empfangene Wärmestromdichte ist in der heißen Rauchschicht
- Heiße Rauchschicht (z = 3,5 m): die Temperatur erreicht 290 °C
- Äußere Rauchschicht (z = 0,5 m bzw. z = 1 m): ~250 °C

7. Berechnungsbeispiele

7.3. Beispiel 3: Stütze eines Parkhauses



HEA 300 Stütze

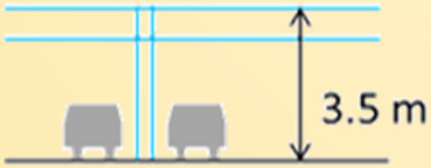
Deckenhöhe: 3,5 m

*Abmessungen des Abstellplatzes: 2,5 m*5 m*

→ Äquivalenter Durchmesser des Brandes: 4 m

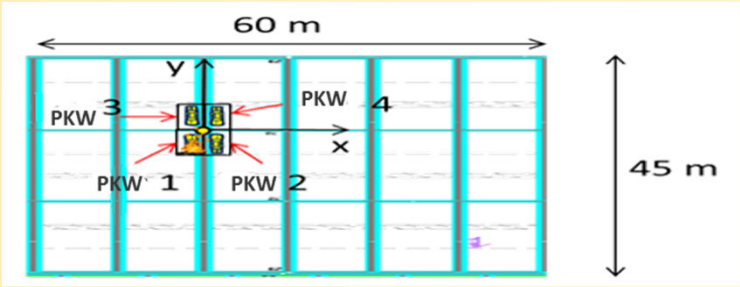
Brandszenario: 3 Pkws + 1 Lieferwagen
(Risikoanalyse: Annahme mit hoher Wahrscheinlichkeit)

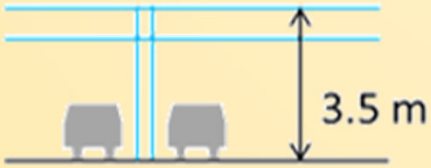
Zeit zum Anzünden von 2 Autos nacheinander: 12 Minuten

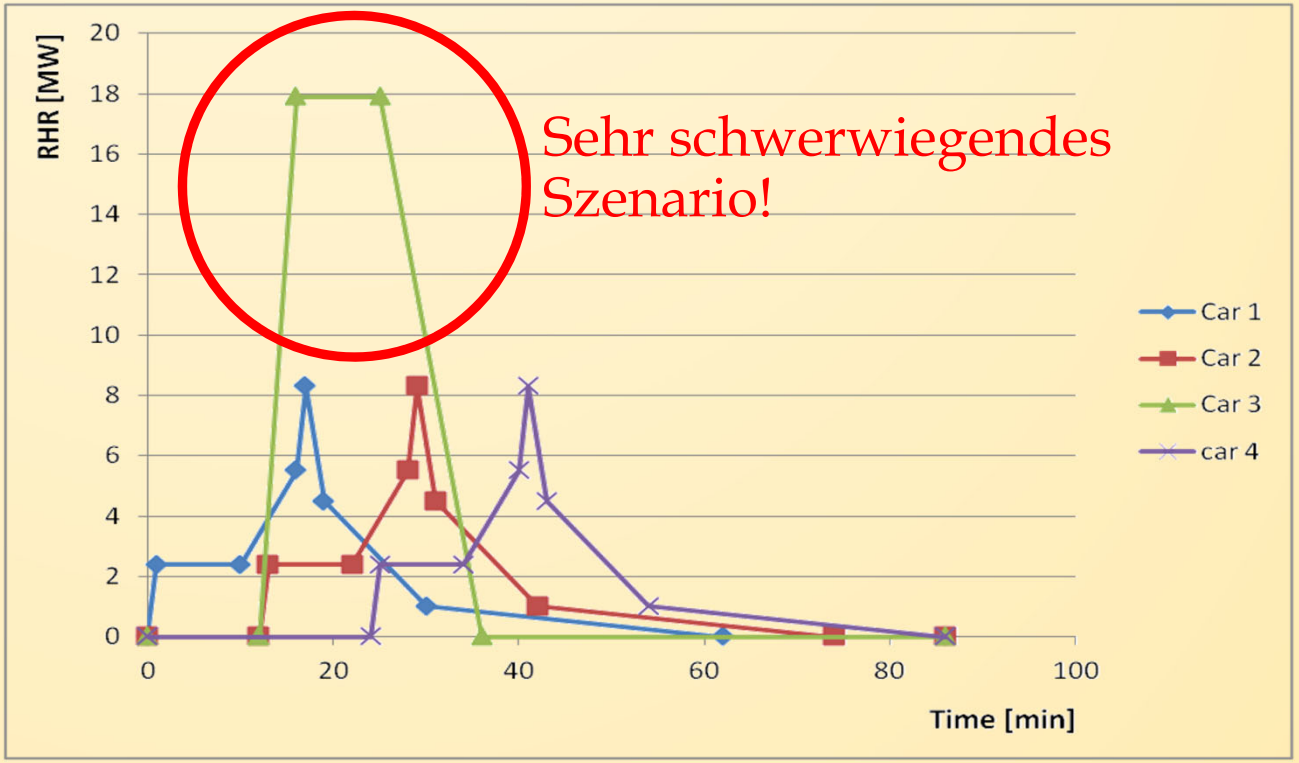


7. Berechnungsbeispiele

7.3. Beispiel 3: Stütze eines Parkhauses

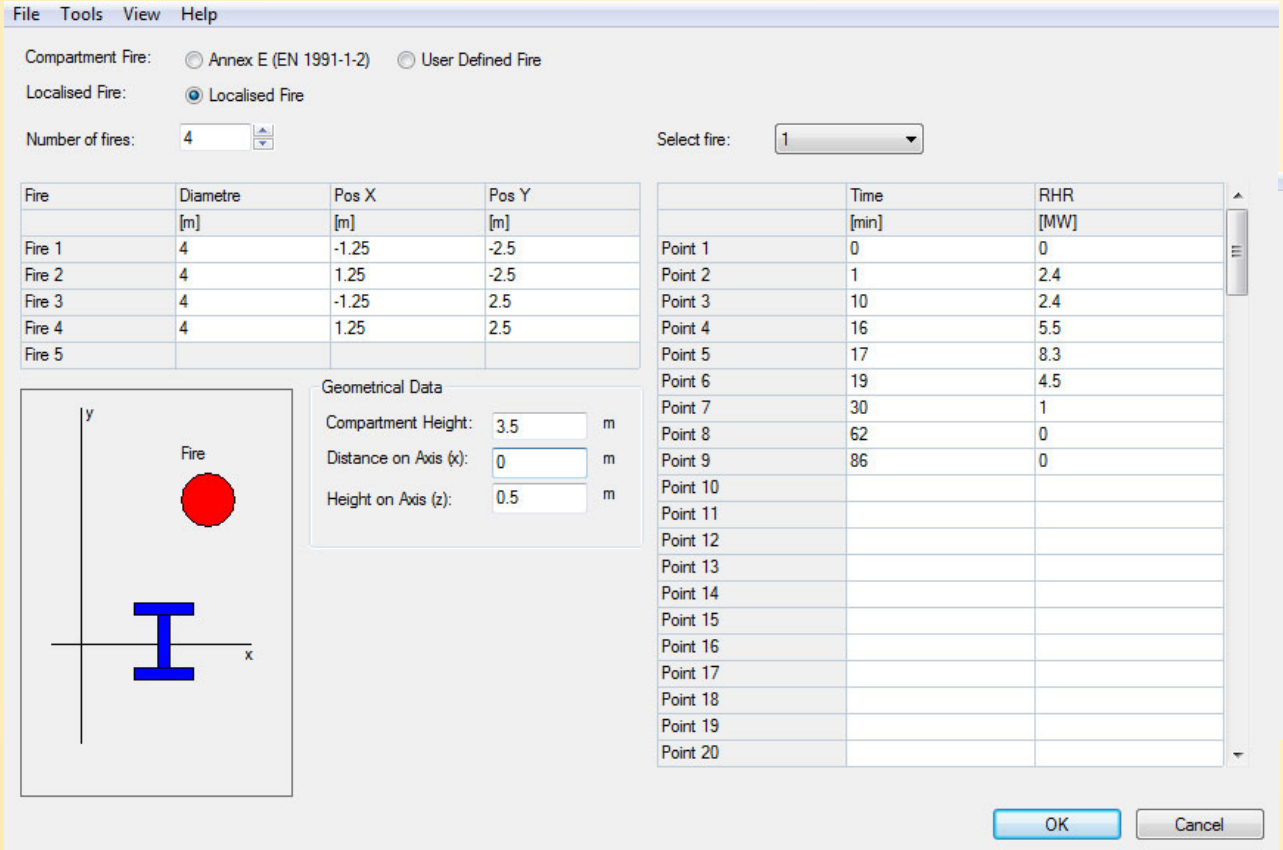


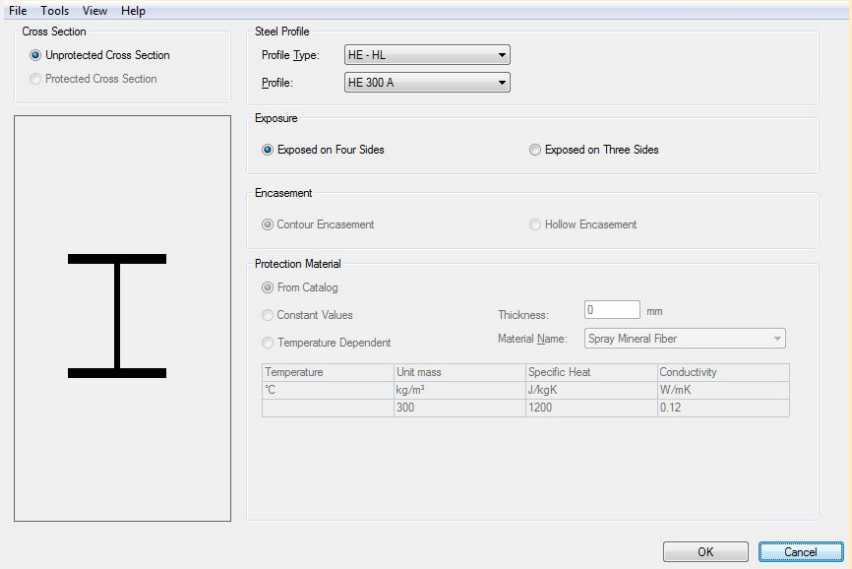




7. Berechnungsbeispiele

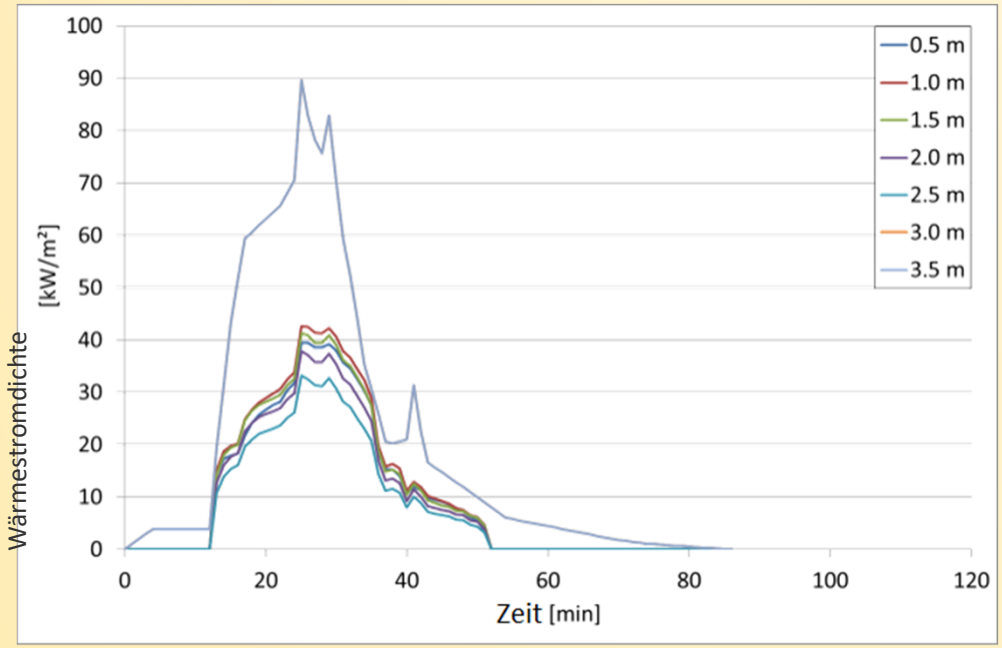
7.3. Beispiel 3: Stütze eines Parkhauses

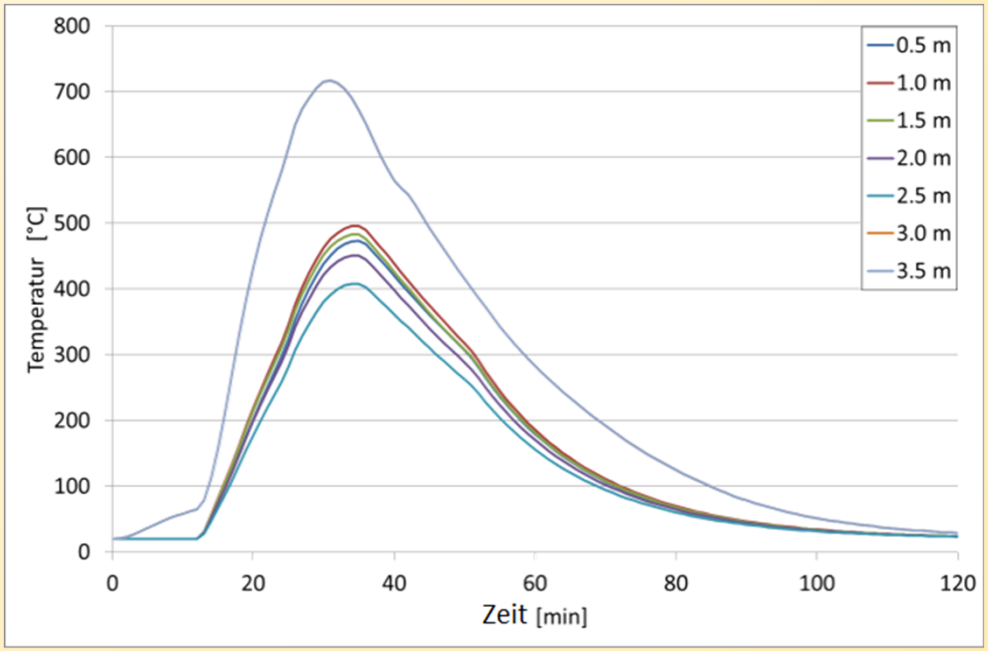




7. Berechnungsbeispiele

7.3. Beispiel 3: Stütze eines Parkhauses

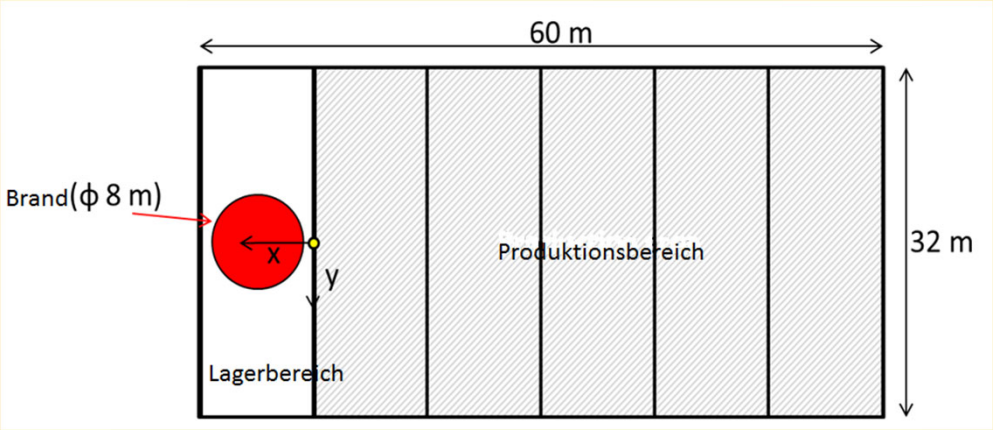




- Äußere Rauchschicht (z = 1 m): t_{max} = 500 °C
- In der heißen Rauchschicht (z = 3,5 m): t_{max} = 700 °C

7. Berechnungsbeispiele

7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes



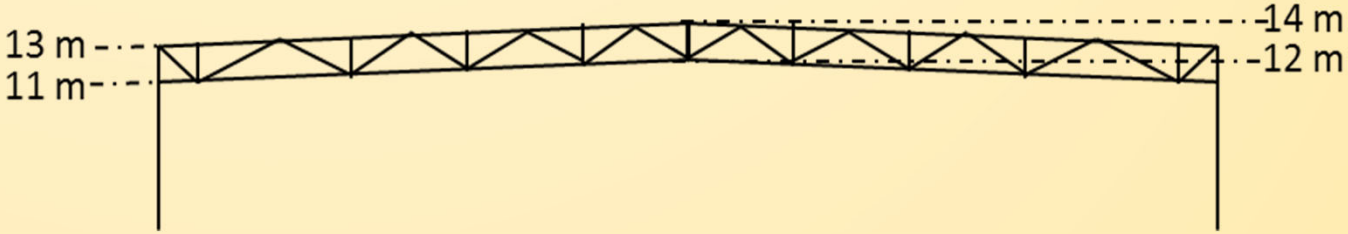
Beschreibung der Konstruktion:

Profil des Riegelflansches: HEA 220

Profil der Riegeldiagonalen: 2 L60*60*6

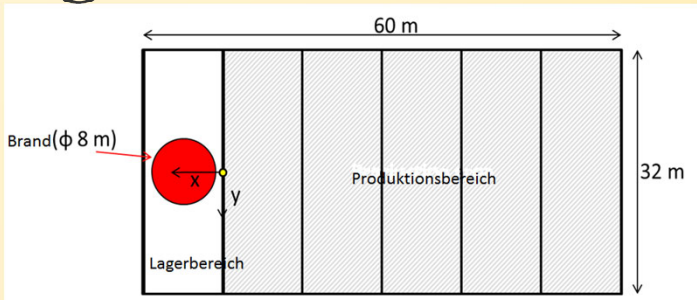
Abstand zwischen zwei Stahlrahmen: 10 m

Firsthöhe: 14 m



7. Berechnungsbeispiele

7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes



Brandszenario:

Brandfläche: 50 m² (in der Mitte des Lagerbereichs)

→ Äquivalenter Durchmesser: 8 m

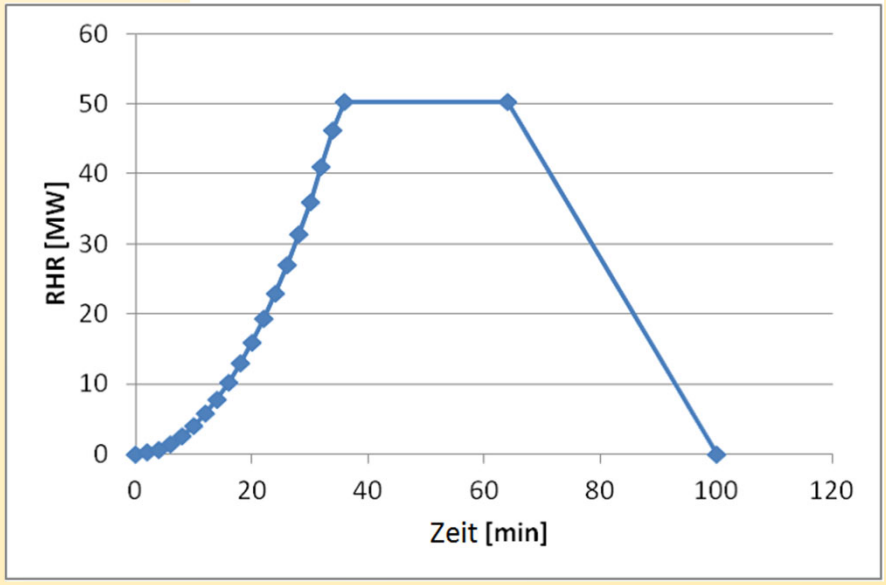
Brandausbreitung: mittlere Geschwindigkeit

→ RHR = 1 MW nach t_α = 300 sec

RHR_{max} = 1000 kW/m²*50 m² = 50 MW

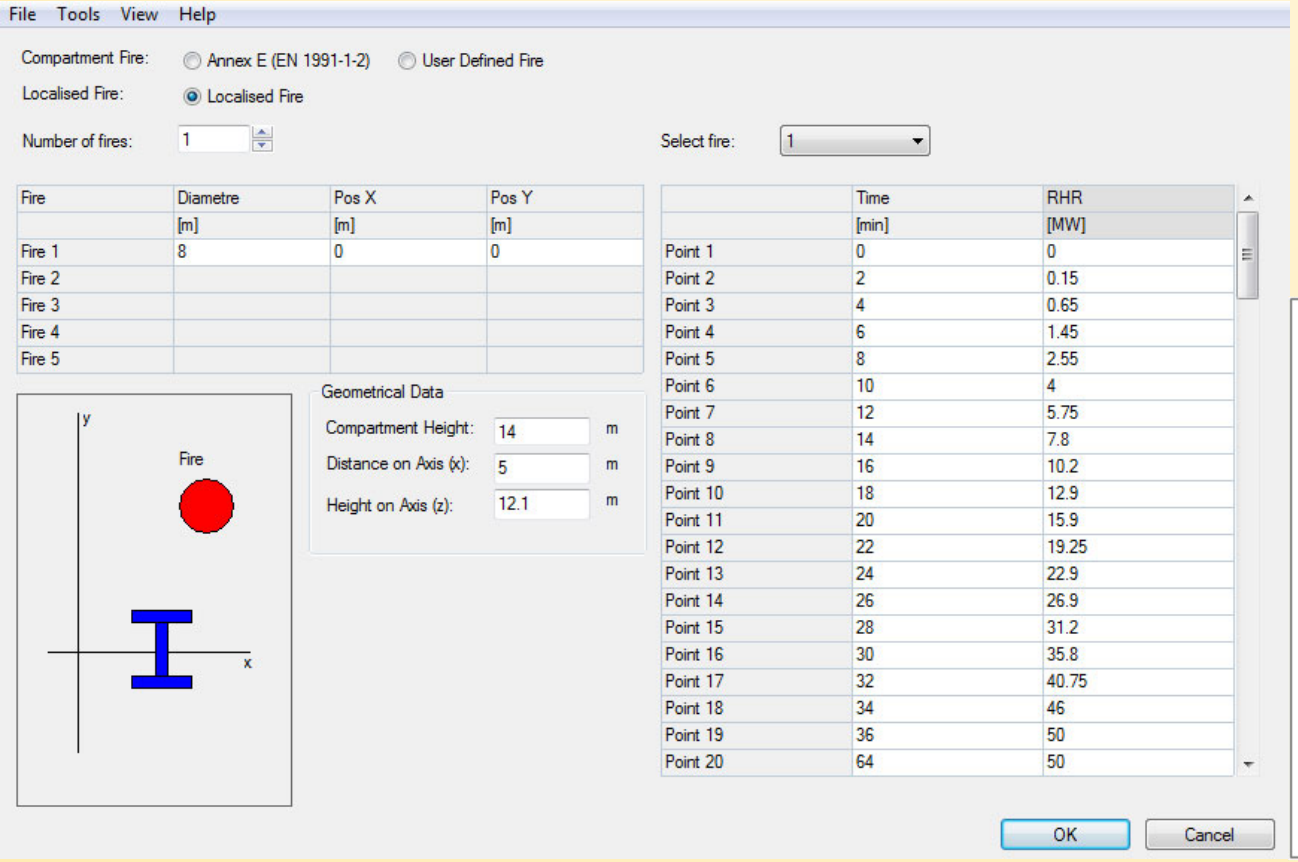
Brandlast: 10 Tonnen (zellulosische Stoffe)

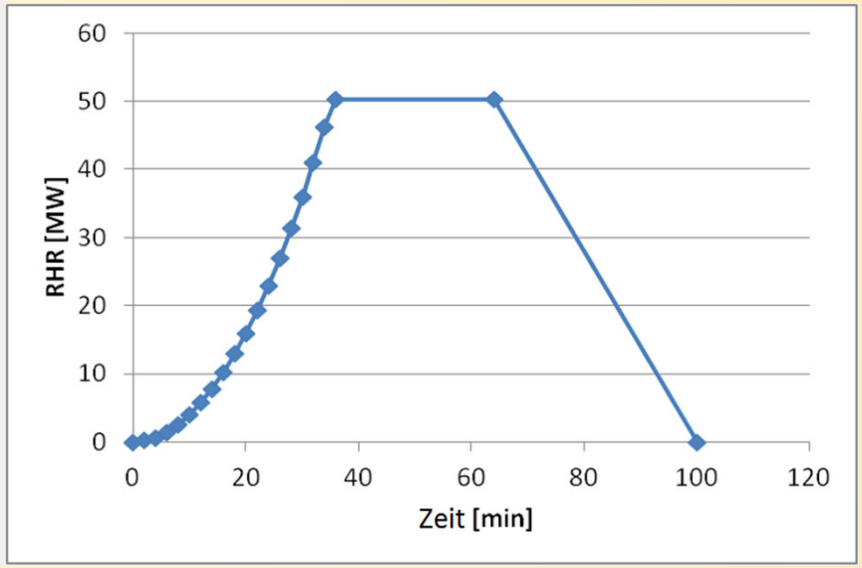
→ Q = 17,5 MJ/kg*10 000 kg = 175 000 MJ



7. Berechnungsbeispiele

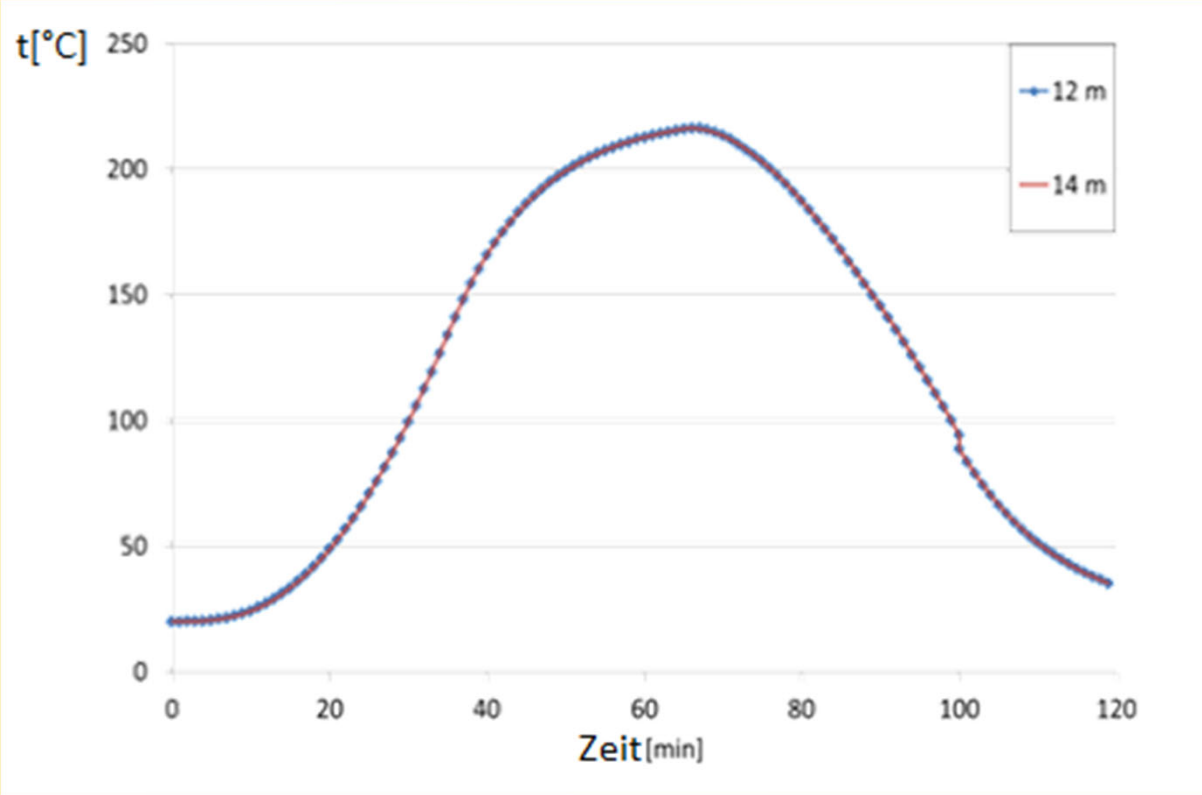
7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes





7. Berechnungsbeispiele

7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes



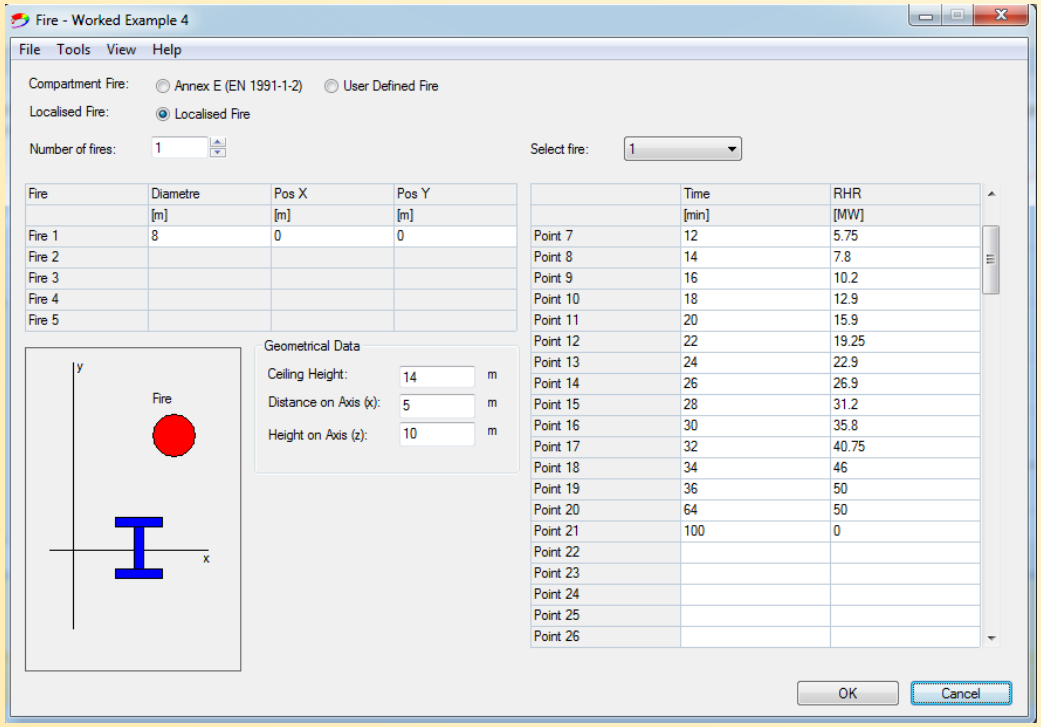
Flammenhöhe = 9,7 m

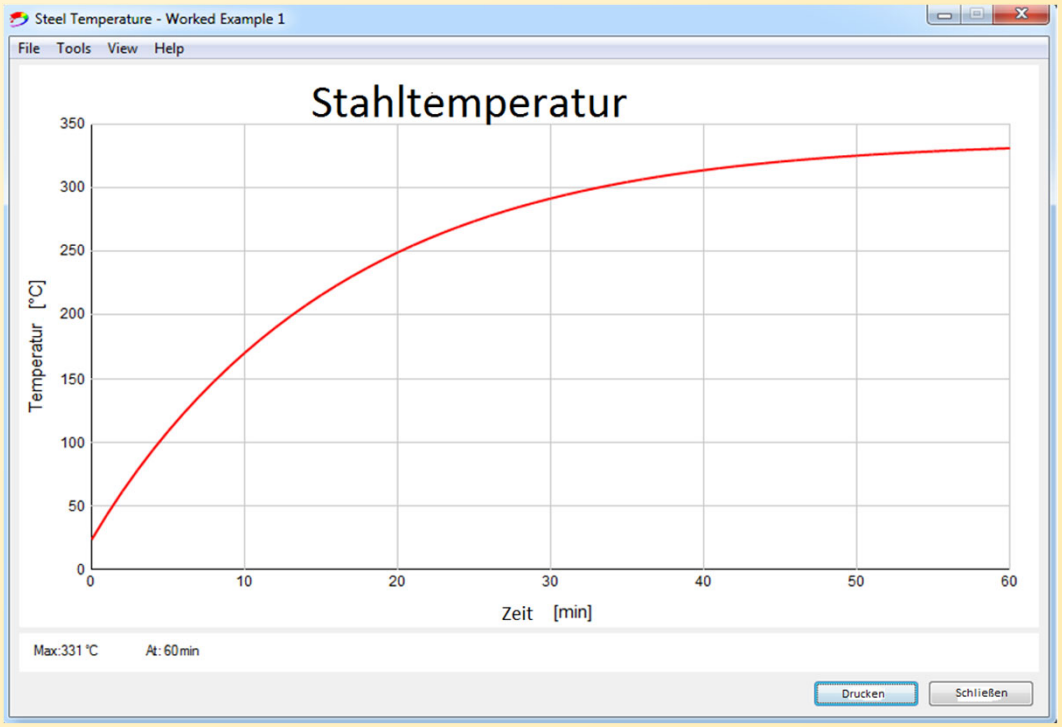
→ Die Unterkonstruktion befinden sich oberhalb der soliden Flamme

Max. Temperatur der Träger = 210 °C

7. Berechnungsbeispiele

7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes

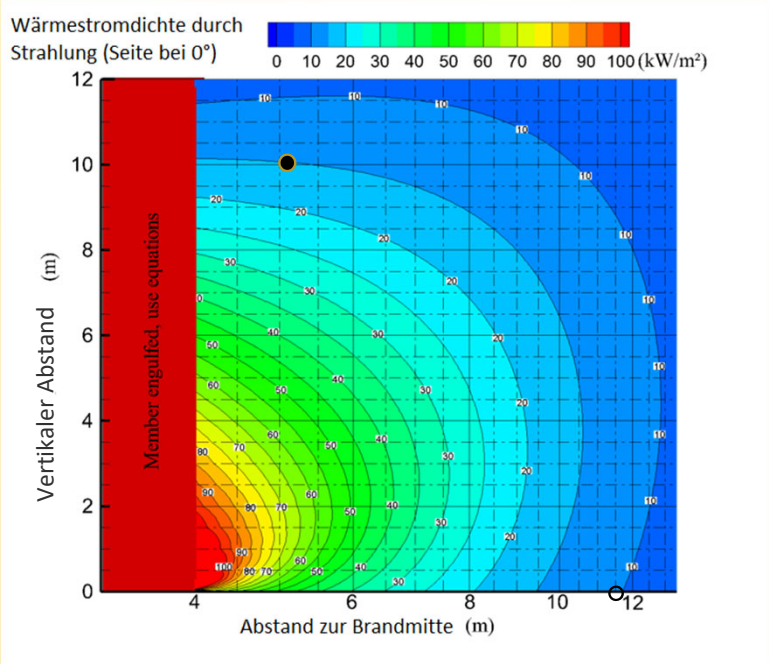




7. Berechnungsbeispiele

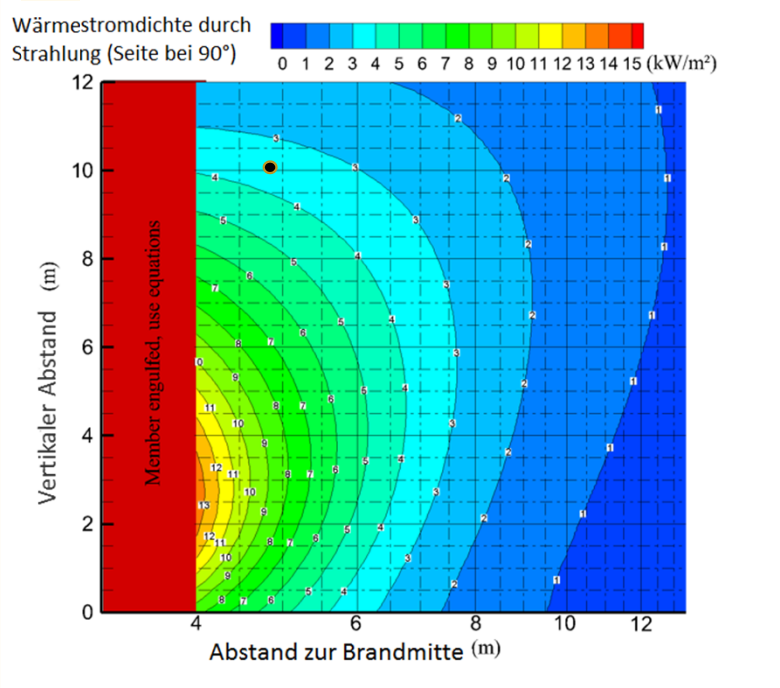
7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes

Seite 1



$\varepsilon * \varphi_{tot} = 0{,}7*15\ \mathrm{kW/m^2} = 10{,}5\ \mathrm{kW/m^2}$

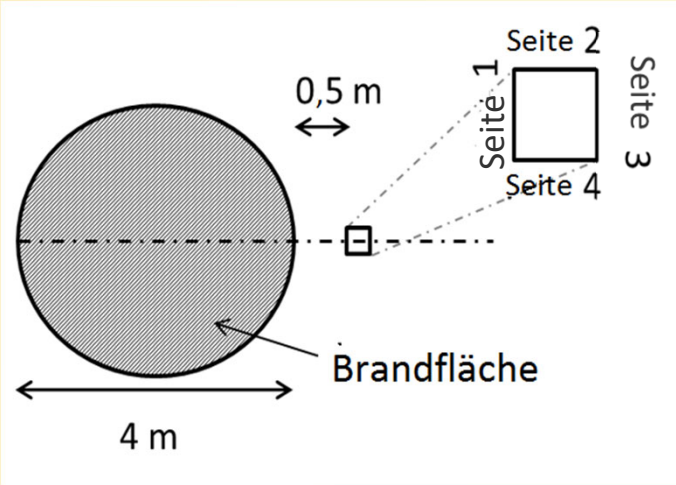
Seite 2



$\varepsilon * \varphi_{tot} = 0{,}7*3{,}5\ \mathrm{kW/m^2} = 2{,}45\ \mathrm{kW/m^2}$

7. Berechnungsbeispiele

7.4. Beispiel 4: Träger eines Industriegebäudes



Wärmestromdichten der vier Seiten (Annahme: $\varepsilon = 0{,}7$)

Seite 1: 10,5 kW/m²

Seite 2: 2,45 kW/m²

Seite 3: 0,00 kW/m²

Seite 4: 2,45 kW/m²

→ Mittlere Wärmestromdichte = 3,85 kW/m²

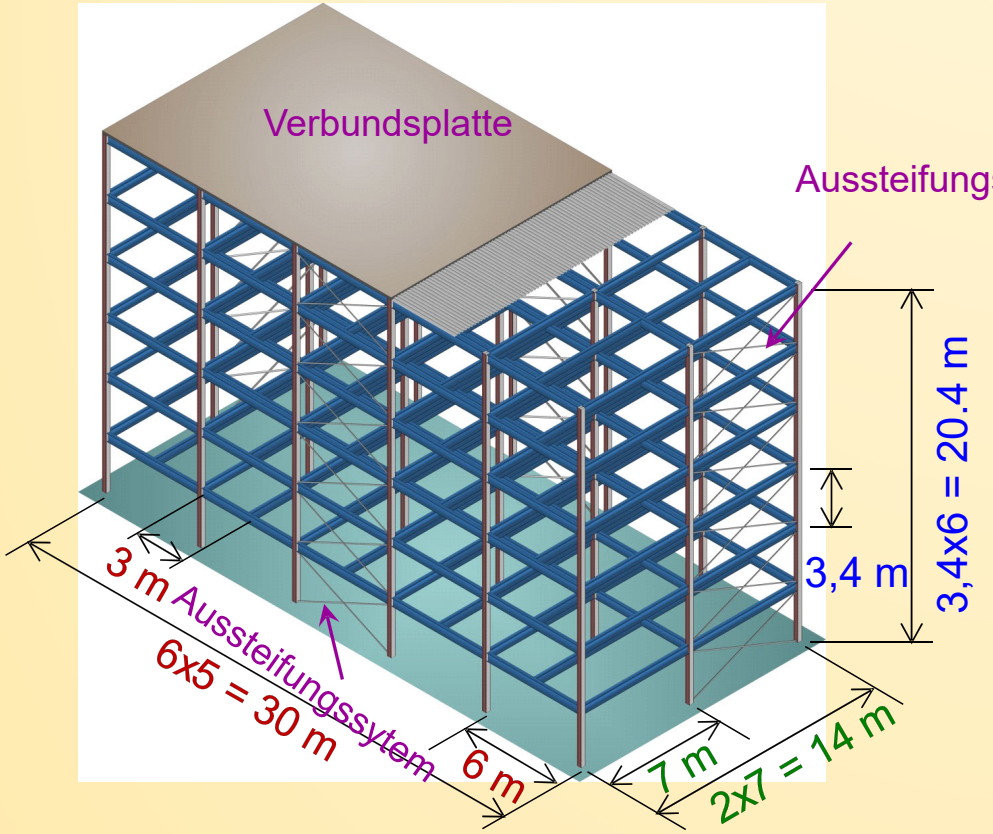
$$0 = \underbrace{h(T-20)}_{\text{Durch Konvektion abgegebene Wärmestromdichte}} + \underbrace{\sigma\varepsilon[(T+273)^4 - (20+273)^4]}_{\text{Durch Strahlung abgegebene Wärmestromdichte}} - \underbrace{\varepsilon * \varphi_{tot}}_{\text{Empfangene Wärmestromdichte}}$$

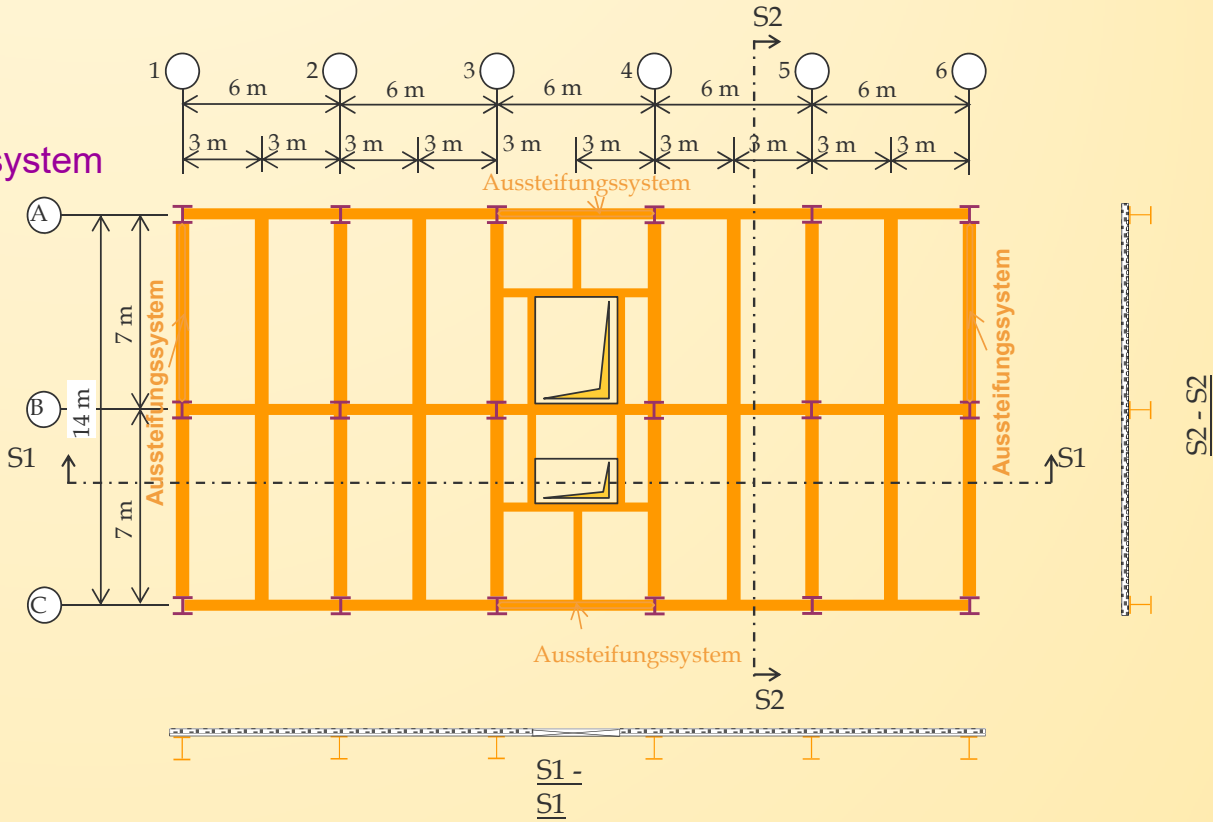
$$h = 35\, W.m^{-2}.K^{-1};\ \sigma = 5{,}67 * 10^{-8}\, W.m^{-2}.K^{-4}$$

T	Abgegebene Wärmestromdichte
(°C)	W/m²
20	0
30	392,03
40	788,42
50	1189,49
60	1595,53
70	2006,84
80	2423,77
90	2846,62
100	3275,76
110	3711,52
120	4154,27
130	4604,37
140	5062,21
150	5528,18

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze

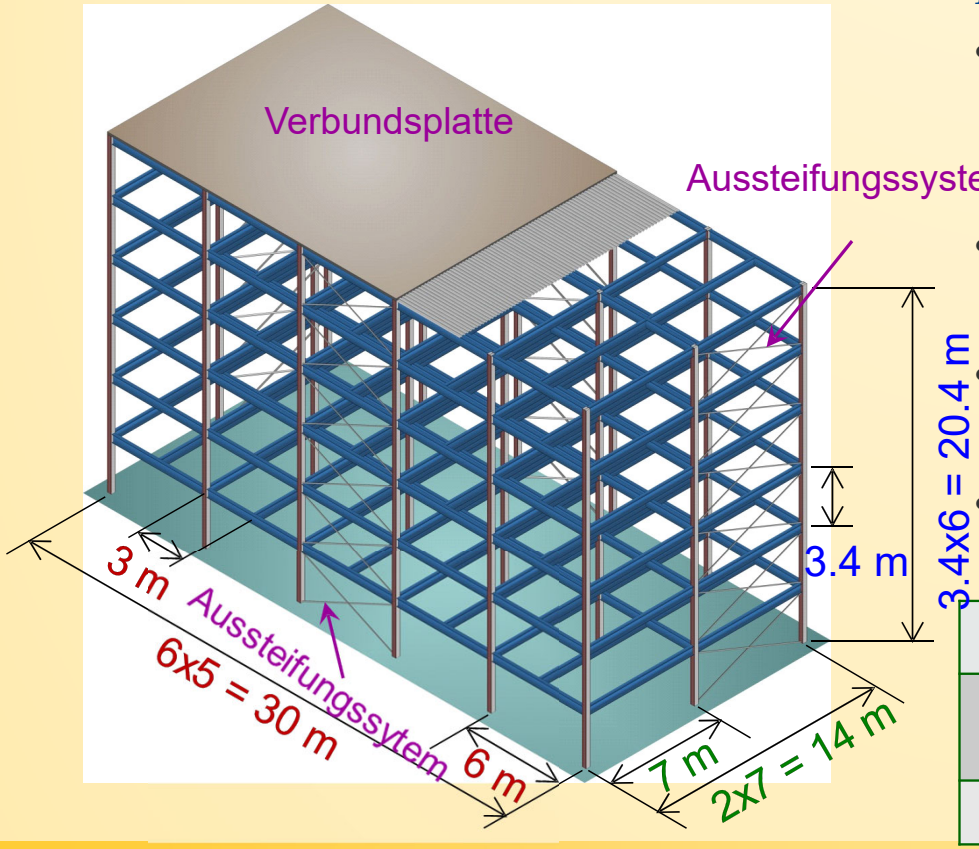




38

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze



Einwirkungen (für alle Geschosse)

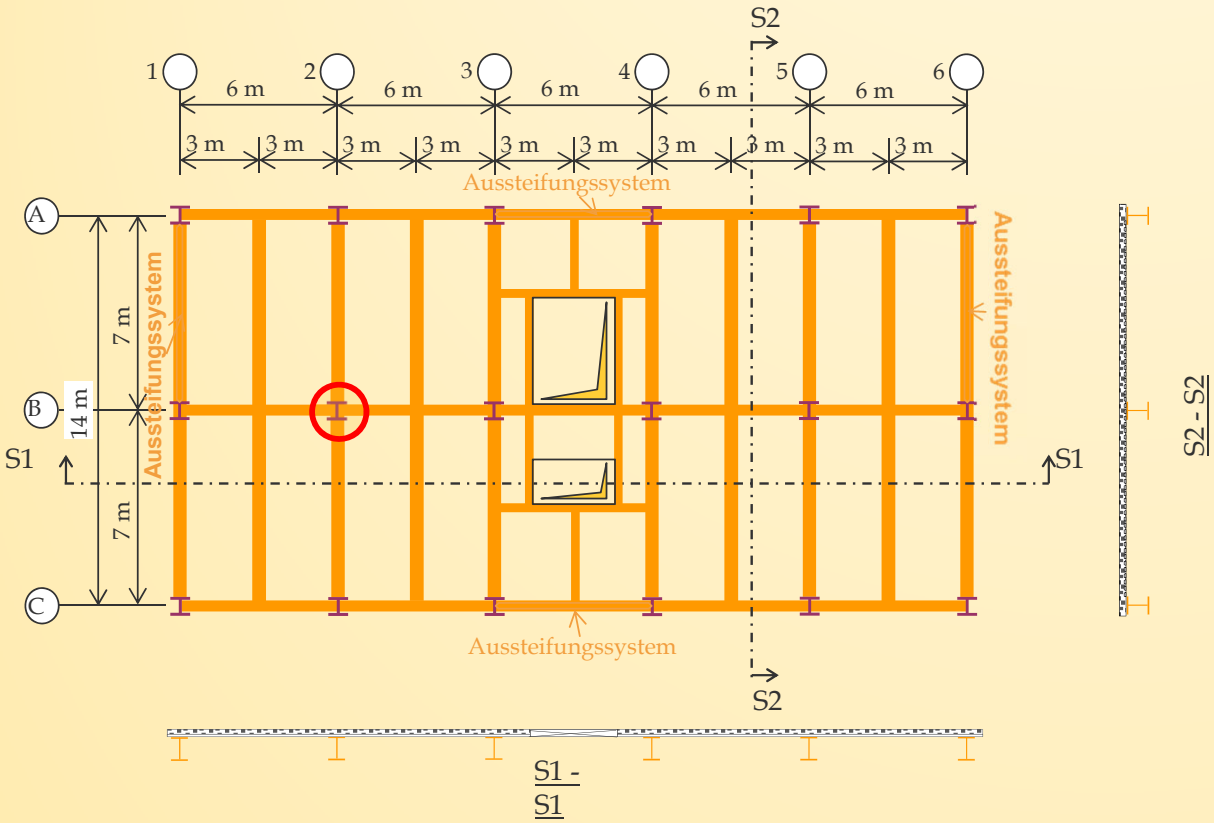
- Eigengewicht G1:
  - ✓Raumgewicht der Verbundplatte: 2,12 kN/m²
  - ✓Stahlbauteile: gemäß ihrer Größen
- Ständige Last G2:
  - ✓Gebäudeveredelung bzw. -technik, Trennwände: 1,50 kN/m²
- Ständige Last G3:
  - ✓Last der Fassadenverkleidung: 2,00 kN/m
- Charakteristische Werte veränderlicher Lasten und ψ-Faktoren

Typ	q_k	ψ_1	ψ_2
Betriebsgewicht der Geschosse	4,0 kN/m²	0,7	0,6
Schnee aufs Dach	1,7 kN/m²	0,2	0,0

39

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze



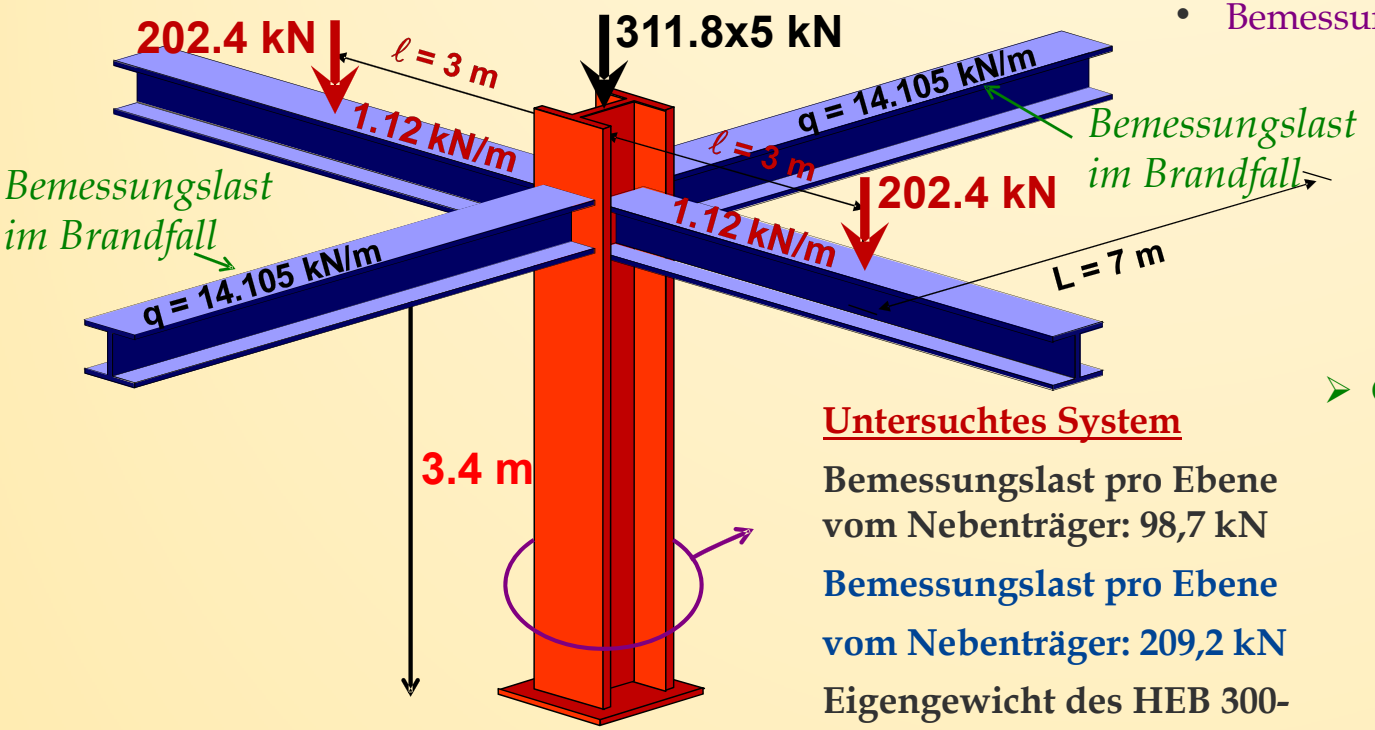
Bauteile

- Verbundplatte:
  - ✓ Gesamtdicke: 12 cm
  - ✓ Stahldeck: COFRAPLUS60
  - ✓ Dicke des Stahldecks: 0,75 mm
  - ✓ Durchlaufende Platte über 2 Felder
- Gebräuchliche Nebenträger:
  - ✓ IPE 360 - S275
- Innere Hauptträger:
  - ✓ HEA 360 - S275
- Stützen für den Erdgeschoss:
  - ✓ Randstützen (Erdgeschoss): HEA 300 - S275
  - ✓ **Zentrale Stützen (Erdgeschoss): HEB 300 - S275**

40

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze



Untersuchtes System

Bemessungslast pro Ebene vom Nebenträger: 98,7 kN

Bemessungslast pro Ebene vom Nebenträger: 209,2 kN

Eigengewicht des HEB 300-Profils = 1,15 kN/m

Schritt 1: Mechanische Einwirkung beim Brand bemessen

- Bemessungslast im Brandfall

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

➢ Eigengewicht der Stütze

$$q_{fi,d,t} = 1.15\, kN/m$$

➢ Gesamt konzentrierte axiale Last von Stahlträgern

$$P_{fi,d,t} = \sum \left(G_{k,1} + \psi_{2,1} Q_{k,1} \right)$$

$$= \underbrace{14.105 \times 7}_{\text{Nebenträger}} + \underbrace{202.4 + 1.12 \times 6}_{\text{Hauptträger}}$$

$$\approx 307.9\, kN$$

41

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze

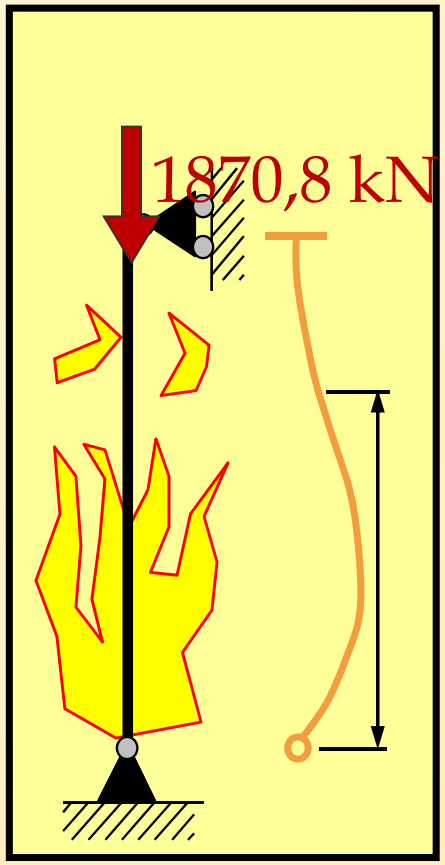
Schritt 1: Bemessung der mechanischen Einwirkung im Brandfall

- Gesamt-Bemessungslastfall im Brandfall

$$N_{fi,d,t} = (307.9 + 3.9) \times 6 = 1870.8\,kN$$

- Knicklänge im Brandfall
  - gelenkig gelagerter Stützenfuß

$$L_{fi} = 0.7L = 0.7 \times 3.4 = 2.38\ m$$



42

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze

Schritt 2: Das Bauteil klassifizieren

- Biegebauteil

Gleichung 4.2 des Eurocode 3 Teil 1-2

$$\varepsilon = 0.85\sqrt{235/f_y} = 0.786$$

S275

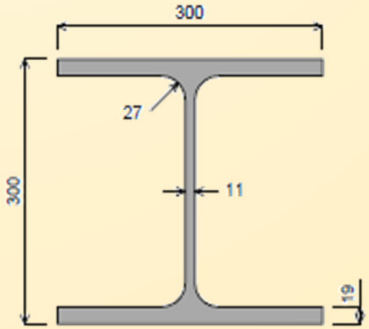
Tabelle 5.2 des Eurocode 3 Teil 1-1

$c/t_w \leq 33\varepsilon$ → *Stegklasse 1*

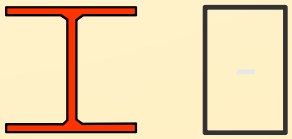
= 18,9 *= 25,9*

$c/t_f \leq 9\varepsilon$ → *Flanschklasse 1*

= 6,2 *= 7,07*



HEB300



Druckbeanspruchung

Querschnitts-klasse 1

43

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze

Schritt 3: Bemessungswert des Widerstands zum Zeitpunkt 0 (umgebende Temperatur)

Bemessungswert des Widerstands zum Zeitpunkt 0 (umgebende Temperatur) nach Eurocode 3 Teil 1-2

- Plastische axiale Tragfähigkeit

$$N_{pl,fi,0} = A \times f_y / \gamma_{M,fi} = 4099{,}7 \;\; kNm$$

- Dimensionslose Schlankheit

$$\bar{\lambda}_{fi,0} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{fi}}{i_z} \frac{1}{93{,}9\varepsilon} = 0{,}362$$

HEB300	
A (cm²)	149,08
I_z (cm)	7,58

7. Berechnungsbeispiele

7.5. Beispiel 5: Knickbeanspruchbarkeit einer Stütze

Schritt 4: Ausnutzungsgrad der tabellarischen Daten

$$\mu_0 = \frac{N_{fi,d,t}}{N_{pl,fi,0}} = 0{,}456$$

Schritt 5: Kritische Temperatur

Lineare Interpolation der tabellarische Daten $\bar{\lambda}_{fi,0} = 0{,}362$

$\bar{\lambda}_{fi,0}$	0.0	0,2	0,4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
μ_0											
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
0.40	629	603	578	544	499						
0.42	621	595	569	535	477						
0,44	613	588	561	525	455						
0,46	604	581	553	516	433						
0.48	597	573	545	506	411						
0.50	590	566	536	494	367						
0.52	584	559	528	477							

$$\theta_{cr} \approx 560 \ °C$$