
LIGNATUR-Elementstatik**Pos.110.0. 001**

Massgebende Baubestimmungen

SIA 261, SIA 265

Objekt: Beispiel Mehrfamilienhaus
Bauteil: Decke über EG
Beschreibung: -
Projekt-Nr.: 2021'0017

Inhalt:

Seite	Bezeichnung
02	Lastannahme
03-04	Gewählter Querschnitt, Kennwerte
05-06	Stabstatik, Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit
07-08	Gewählter Querschnitt, Kennwerte im Brandfall
09-10	Stabstatik, Tragfähigkeit im Brandfall

Ersteller der statischen Berechnungen:

Lignatur AG
Herisauerstrasse 30
CH-9104 Waldstatt

Sachbearbeiter: Dipl. Bauingenieur ETH/SIA Ralph Schläpfer

Datum: 2021-06-29

Objekt: Beispiel Mehrfamilienhaus
Bauteil: Decke über EG
Projekt-Nr.: 2021'0017
Sachbearbeiter: Dipl. Bauingenieur ETH/SIA Ralph Schläpfer
Datum: 2021-06-29

Lastannahme

Pos.110.0. 001

Massgebende Baubestimmungen SIA 261, SIA 265

ständige Einwirkungen

		0.00 kN/m ²
Bodenaufbau	Anhydrit 50mm (25kN/m ³ * 0.050m)	1.25 kN/m ²
Trittschalldämmung	Trittschalldämmung Mineralfaser 30mm (s' ≤ 6 MN/m ³)	0.03 kN/m ²
Beschwerung	Elastisch gebundene Schüttung 80mm (15kN/m ³ * 0.080m)	1.20 kN/m ²
	-	0.00 kN/m ²
LIGNATUR-Flächenelement t=31 befüllt	g + 0.25	0.76 kN/m ²
	-	0.00 kN/m ²
	g_k=	3.24 kN/m²

veränderliche Einwirkungen

A1 - Wohnflächen		2.00 kN/m ²
		0.00 kN/m ²
	q_k=	2.00 kN/m²

Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bei verschiedenen Bemessungssituationen

Teilsicherheitsbeiwert		
- ständige Einwirkungen	Y _g =	1.35 ()
- veränderliche Einwirkungen	Y _q =	1.50 ()
Kombinationsbeiwert		
- selten	Ψ ₀ =	0.70 ()
- häufig	Ψ ₁ =	0.50 ()
- quasi ständig	Ψ ₂ =	0.30 ()
Verformungsbeiwert	0.6*(g _k +Ψ ₂ *q _k)/(g _k +Ψ ₁ *q _k)	k _{def} = 0.54 ()

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Ständige Einwirkung	Y _g *g _k	=	4.37 kN/m²
Ständige + veränderliche Einwirkung	Y _g *g _k +Y _q *q _k	=	7.37 kN/m²

Grenzzustand der Tragfähigkeit im Brandfall

Ständige + veränderliche Einwirkung	g _k +Ψ ₂ *q _k	=	3.84 kN/m²
-------------------------------------	------------------------------------------------	---	------------------------------

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Ständige Einwirkung, häufig	(1+k _{def})*g _k	=	5.00 kN/m²
Ständige + veränderliche Einwirkung, häufig	(1+k _{def})*(g _k +Ψ ₁ *q _k)	=	6.54 kN/m²

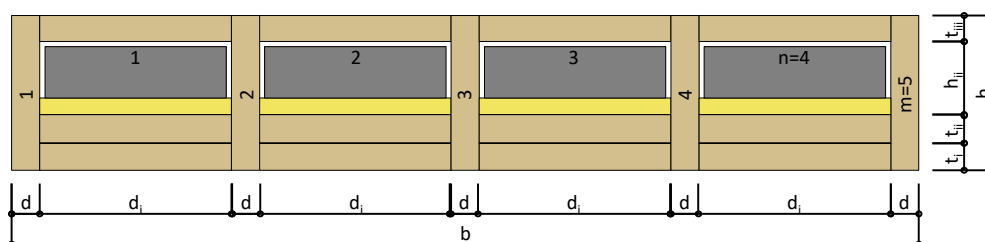
Objekt: Beispiel Mehrfamilienhaus
Bauteil: Decke über EG
Projekt-Nr.: 2021'0017
Sachbearbeiter: Dipl. Bauingenieur ETH/SIA Ralph Schläpfer
Datum: 2021-06-29

Querschnitt, Kennwerte

Pos.110.0. 001

Massgebende Baubestimmungen

SIA 261, SIA 265



Querschnitt

Elementtyp	LIGNATUR-Flächenelement t=31	LFE
Feuerwiderstand	REI60	REI60
Schallschutz	silence12	25
Wärmeschutz	-	-
Absorption	-	-

Parameter

Höhe		h=	180 mm
Breite		b=	1000 mm
Anzahl Stege		m=	5 ()
Stegdicke		d=	31 mm
Anzahl Kammern	m-1	n=	4 ()
Kammerbreite	(b-m*d)/n	d_i=	211 mm
obere Lamellenstärke		t_iii=	31 mm
mittlere Lamellenstärke		t_ii=	33 mm
untere Lamellenstärke		t_i=	31 mm
Befüllungsöffnung		b_o=	0 mm
Ø Befüllungsöffnung		b_o,w=	0 mm
Perforation in unterer Lamelle		b_u=	0 mm
Ø Perforation in unterer Lamelle		b_u,w=	0 mm
Kammerhöhe	h-t_iii-t_ii-t_i	h_ii=	85 mm
Akustikdämmdicke		h_i=	0 mm

Rohdichten

Fichtenholz		$\rho_{\text{Holz}}=$	4.70 kN/m ³
Isolation in Kammer	Luft=0kg/m ³	$\rho_{\text{Isolation}}=$	0.00 kN/m ³
Holzfaserabsorber	Luft=0kg/m ³	$\rho_{\text{Absorber}}=$	0.00 kN/m ³

Querschnittsflächen

Holz brutto (Eigengewicht)	$b \cdot h - (n \cdot d_i) \cdot (h_{ii} + h_i)$	$A_b =$	108'175 mm ²
Holz netto (Tragfähigkeit)	$b \cdot h - (n \cdot d_i) \cdot (h_{ii} + h_i) - b_o \cdot t_{iii} - b_u \cdot t_i$	$A_n =$	108'175 mm ²
Holz Ø (Gebrauchstauglichkeit)	$b \cdot h - (n \cdot d_i) \cdot (h_{ii} + h_i) - b_{o,w} \cdot t_{iii} - b_{u,w} \cdot t_i$	$A_{\emptyset} =$	108'175 mm ²
Kammer	$(b - m \cdot d) \cdot h_{ii}$	$A_K =$	71'825 mm ²
Akustikdämmung	$(b - m \cdot d) \cdot h_i$	$A_A =$	0 mm ²

Eigengewicht

LIGNATUR-Element	$(A_b \cdot \rho_{\text{Holz}} + A_K \cdot \rho_{\text{Isolation}} + A_A \cdot \rho_{\text{Absorber}}) / 1000^2 / b \cdot 1000$	$g =$	0.51 kN/m ²
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------	------------------------

Schwerpunktkoordinaten in y-Richtung

Holz netto	$(m \cdot d \cdot h^2 / 2 + (n \cdot d_i - b_u) \cdot t_i^2 / 2 + n \cdot d_i \cdot t_{ii} \cdot (t_i + h_i + t_{ii} / 2) + (n \cdot d_i - b_o) \cdot t_{iii} \cdot (h - t_{iii} / 2)) / A_n$	$S_y =$	79 mm
Holz Ø	$(m \cdot d \cdot h^2 / 2 + (n \cdot d_i - b_{u,w}) \cdot t_i^2 / 2 + n \cdot d_i \cdot t_{ii} \cdot (t_i + h_i + t_{ii} / 2) + (n \cdot d_i - b_{o,w}) \cdot t_{iii} \cdot (h - t_{iii} / 2)) / A_{\emptyset}$	$S_{y,\emptyset} =$	79 mm

Trägheitsmomente

Holz netto	$m \cdot d \cdot h^3 / 12 + m \cdot d \cdot h \cdot (h/2 - s_y)^2 + (n \cdot d_i - b_u) \cdot t_i^3 / 12 + (n \cdot d_i - b_u) \cdot t_i \cdot (s_y - t_i / 2)^2 + n \cdot d_i \cdot t_{ii}^3 / 12 + n \cdot d_i \cdot t_{ii} \cdot (s_y - t_i - h_i - t_{ii} / 2)^2 + (n \cdot d_i - b_o) \cdot t_{iii}^3 / 12 + (n \cdot d_i - b_o) \cdot t_{iii} \cdot (h - s_y - t_{iii} / 2)^2$	$I_y =$	410'217'494 mm ⁴
Holz Ø	$m \cdot d \cdot h^3 / 12 + m \cdot d \cdot h \cdot (h/2 - s_y)^2 + (n \cdot d_i - b_{u,w}) \cdot t_i^3 / 12 + (n \cdot d_i - b_{u,w}) \cdot t_i \cdot (s_y - t_i / 2)^2 + n \cdot d_i \cdot t_{ii}^3 / 12 + n \cdot d_i \cdot t_{ii} \cdot (s_y - t_i - h_i - t_{ii} / 2)^2 + (n \cdot d_i - b_{o,w}) \cdot t_{iii}^3 / 12 + (n \cdot d_i - b_{o,w}) \cdot t_{iii} \cdot (h - s_y - t_{iii} / 2)^2$	$I_{y,\emptyset} =$	410'217'494 mm ⁴

Widerstandsmoment

Holz netto	$I_y / (h - s_y)$	$W_y =$	4'063'349 mm ³
------------	-------------------	---------	---------------------------

Biegesteifigkeit

Holz Ø	$E_{0,mean} \cdot I_{y,\emptyset}$	$EI_{\emptyset} =$	4.512 * 10 ¹² Nmm ²
--------	------------------------------------	--------------------	-------------------------------------------

Statisches Flächenmoment

Holz netto	$t_i + h_i + t_{ii} < s_y \leq h - t_{iii}$	$S_y =$	3'028'388 mm ³
------------	---------------------------------------------	---------	---------------------------

Schubfläche

Holz netto	$m \cdot d \cdot I_y / S_y$	$A_w =$	20'996 mm ²
------------	-----------------------------	---------	------------------------

Charakteristische Eigenschaften

Festigkeitsklasse			C24
Biegung		$f_{m,d} =$	14.0 N/mm ²
Zug parallel zur Faser		$f_{t,0,d} =$	8.0 N/mm ²
Zug senkrecht zur Faser		$f_{t,90,d} =$	0.1 N/mm ²
Druck parallel zur Faser		$f_{c,0,d} =$	12.0 N/mm ²
Druck senkrecht zur Faser		$f_{c,90,d} =$	1.8 N/mm ²
Schub		$f_{v,d} =$	1.5 N/mm ²
Elastizitätsmodul parallel		$E_{0,mean} =$	11'000 N/mm ²
Modifikationsbeiwert		$k_{mod} =$	0.8 ()
Teilsicherheitsbeiwert		$\gamma_m =$	1.3 ()

Objekt: Beispiel Mehrfamilienhaus
 Bauteil: Decke über EG
 Projekt-Nr.: 2021'0017
 Sachbearbeiter: Dipl. Bauingenieur ETH/SIA Ralph Schläpfer
 Datum: 2021-06-29

Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit

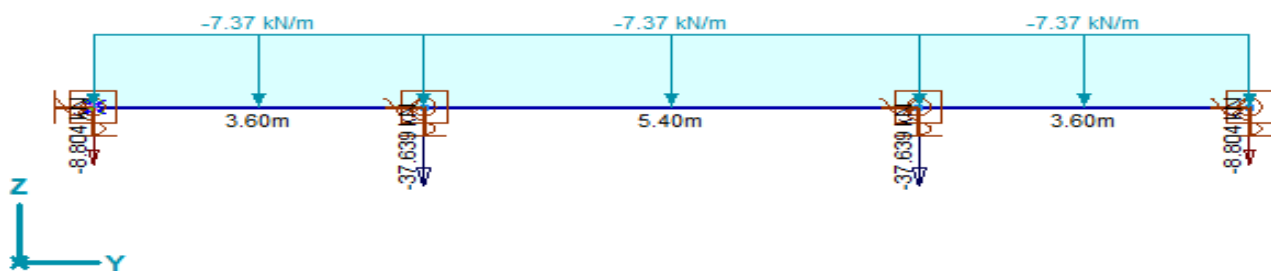
Pos.110.0. 001

Massgebende Baubestimmungen SIA 261, SIA 265

Berechnung mit AxisVM

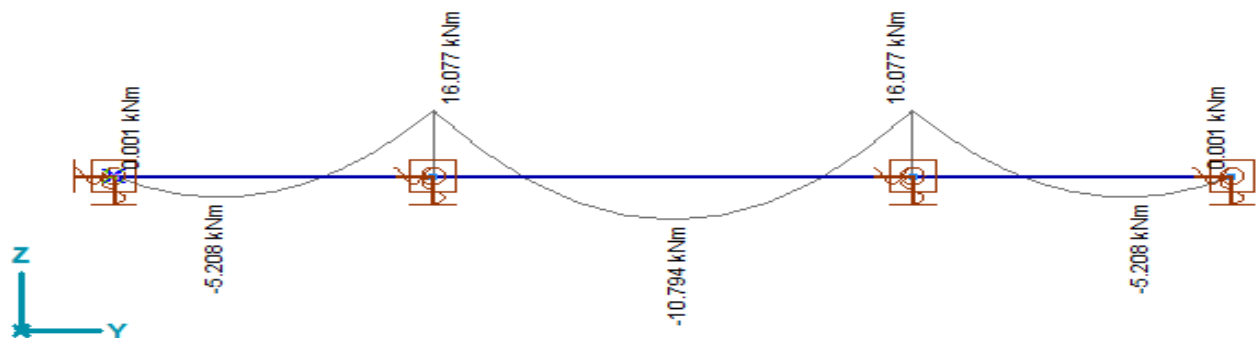
Statisches System zur Ermittlung der Tragfähigkeit

3-Feldträger



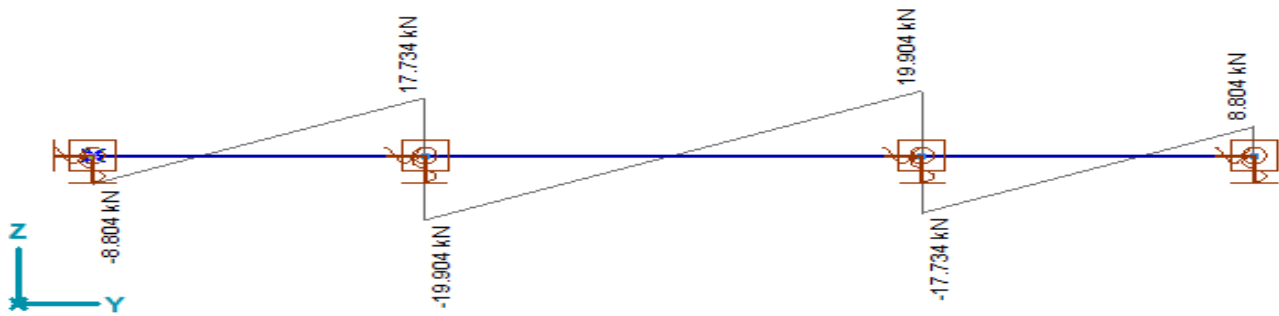
Stablänge S1	$I_{s1} =$	3'600 mm
Stablänge S2	$I_{s2} =$	5'400 mm
Stablänge S3	$I_{s3} =$	3'600 mm

Momentenlinie



Maximales Moment	$M_{y,d} =$	16.1 kNm
Maximale Biegespannung	$M_{y,d} * 1000000 / (I_y / (h - s_y)) / 1000 * b$	$\sigma_{o,d} =$ 4.0 N/mm ²
	$M_{y,d} * 1000000 / (I_y / s_y) / 1000 * b$	$\sigma_{u,d} =$ 3.1 N/mm ²
	$MAX(\sigma_{o,d}; \sigma_{u,d}) / f_{m,d}$	0.28 ≤ 1

Querkraftlinie



Maximale Querkraft

Maximale Schubspannung

$$V_{z,d} \cdot 1000 / A_w / 1000 \cdot b$$

$$T_d / f_{v,d}$$

$V_{z,d} =$

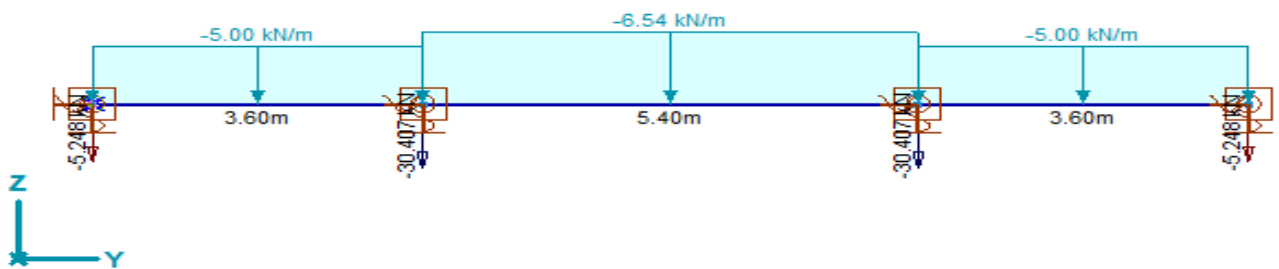
$T_d =$

19.9 kN

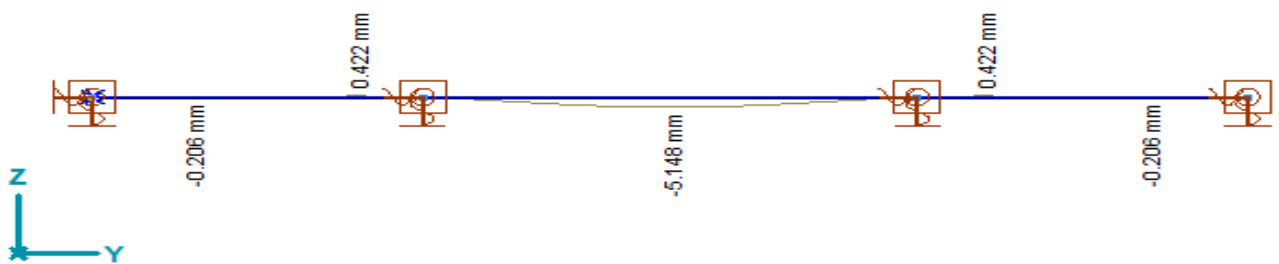
0.9 N/mm²

0.63 ≤ 1

Statisches System zur Ermittlung der Gebrauchstauglichkeit für den häufigen Lastfall



Biegelinie



Maximale Durchbiegungen

$w_{z,häufig,S1} =$

$w_{z,häufig,S2} =$

$w_{z,häufig,S3} =$

$I_{S1} / w_{z,häufig,S1}$

$I_{S2} / w_{z,häufig,S2}$

$I_{S3} / w_{z,häufig,S3}$

0.4 mm

8536 ≥ 350

5.1 mm

1049 ≥ 350

0.4 mm

8536 ≥ 350

Objekt:	Beispiel Mehrfamilienhaus
Bauteil:	Decke über EG
Projekt-Nr.:	2021'0017
Sachbearbeiter:	Dipl. Bauingenieur ETH/SIA Ralph Schläpfer
Datum:	2021-06-29

Querschnitt, Kennwerte im Brandfall

Pos.110.0. 001

Massgebende Baubestimmungen	SIA 261, SIA 265
	Schweizerische Brandschutz-Zulassung No Z 15421 zur Bescheinigung der Anwendbarkeit von LIGNATUR-Elementen und Beurteilung der Feuerwiderstandsklasse

Effektive Abbrandtiefe d_{ef} im Brandfall

Brandeinwirkungszeit		$t=$	60 min.
- Abbrandzeit in Lamelle t_i	$t_i/\beta_1 \leq t$	$t_1=$	39 min.
- Abbrandzeit in Akustikdämmung h_i	$h_i/\beta_2 \leq t - t_1$	$t_2=$	0 min.
- Abbrandzeit in Lamelle t_{ii}	$t_{ii}/\beta_3 \leq t - t_1 - t_2$	$t_3=$	21 min.
- Abbrandzeit in Wärmedämmung h_{ii}	$h_{ii}/\beta_4 \leq t - t_1 - t_2 - t_3$	$t_4=$	0 min.
Abbrandrate in Lamelle t_i	Holz 0.8	$\beta_1=$	0.80 mm/min.
Abbrandrate in Akustikdämmung h_i		$\beta_2=$	0.00 mm/min.
Abbrandrate in Lamelle t_{ii}	Holz 0.8	$\beta_3=$	0.80 mm/min.
Abbrandrate in Wärmedämmung h_{ii}		$\beta_4=$	0.00 mm/min.
Abgebrannte bzw. verkohlte Schicht	$t_1 * \beta_1 + t_2 * \beta_2 + t_3 * \beta_3 + t_4 * \beta_4$	$d_{char}=$	48 mm
Berücksichtigung des Festigkeitsverlustes		$d_{red}=$	7 mm
Effektive Abbrandtiefe	$d_{char} + d_{red}$	$d_{ef}=$	55 mm

Parameter im Brandfall

Höhe	$h - d_{ef}$	$h_{fi}=$	125 mm
Breite	b	$b_{fi}=$	1'000 mm
Anzahl Stege	m	$m_{fi}=$	5 ()
Stegdicke	d	$d_{fi}=$	31 mm
Anzahl Kammern	$n - 1$	$n_{fi}=$	4 ()
Kammerbreite	$(b_{fi} - m_{fi} * d_{fi}) / n_{fi}$	$d_{i,fi}=$	211 mm
obere Lamellenstärke	$t_{iii} \geq t_i + h_i + t_{ii} + h_{ii} + t_{iii} - d_{ef} \geq 0$	$t_{iii,fi}=$	31 mm
mittlere Lamellenstärke	$t_{ii} \geq t_i + h_i + t_{ii} - d_{ef} \geq 0$	$t_{ii,fi}=$	9 mm
untere Lamellenstärke	$t_i - d_{ef} \geq 0$	$t_{i,fi}=$	0 mm
Befüllungsöffnung	b_o	$b_{o,fi}=$	0 mm
Perforation in unterer Lamelle	b_u	$b_{u,fi}=$	0 mm
Kammerhöhe	$h_{ii} \geq t_i + h_i + t_{ii} + h_{ii} - d_{ef} \geq 0$	$h_{ii,fi}=$	85 mm
Akustikdämmdicke	$h_i \geq t_i + h_i - d_{ef} \geq 0$	$h_{i,fi}=$	0 mm

Querschnittsfläche im Brandfall

Holz netto (Tragfähigkeit) $b_{fi} \cdot h_{fi} - (n_{fi} \cdot d_{i,fi}) \cdot (h_{ii,fi} + h_{i,fi}) - b_{o,fi} \cdot t_{iii,fi} - b_{u,fi} \cdot t_{i,fi}$ $A_{n,fi} = 53'175 \text{ mm}^2$

Schwerpunktkoordinaten in y-Richtung im Brandfall

Holz netto $(m_{fi} \cdot d_{fi} \cdot h_{fi}^2 / 2 + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{u,fi}) \cdot t_{i,fi}^2 / 2 + n_{fi} \cdot d_{i,fi} \cdot t_{ii,fi} \cdot (t_{i,fi} + h_{i,fi} + t_{ii,fi} / 2) + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{o,fi}) \cdot t_{iii,fi} \cdot (h_{fi} - t_{iii,fi} / 2)) / A_{n,fi}$ $S_{y,fi} = 77 \text{ mm}$

Trägheitsmoment im Brandfall

Holz netto $m_{fi} \cdot d_{fi} \cdot h_{fi}^3 / 12 + m_{fi} \cdot d_{fi} \cdot h_{fi} \cdot (h_{fi} / 2 - s_{y,fi})^2 + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{u,fi}) \cdot t_{i,fi}^3 / 12 + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{u,fi}) \cdot t_{i,fi} \cdot (s_{y,fi} - t_{i,fi} / 2)^2 + n_{fi} \cdot d_{i,fi} \cdot t_{ii,fi}^3 / 12 + n_{fi} \cdot d_{i,fi} \cdot t_{ii,fi} \cdot (s_{y,fi} - t_{i,fi} - h_{i,fi} - t_{ii,fi} / 2)^2 + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{o,fi}) \cdot t_{iii,fi}^3 / 12 + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{o,fi}) \cdot t_{iii,fi} \cdot (h_{fi} - s_{y,fi} - t_{iii,fi} / 2)^2$ $I_{y,fi} = 99'086'009 \text{ mm}^4$

Statisches Flächenmoment im Brandfall

Holz netto $t_{i,fi} + h_{i,fi} + t_{ii,fi} < s_{y,fi} \leq h_{fi} - t_{iii,fi}$ $m_{fi} \cdot d_{fi} \cdot (h_{fi} - s_{y,fi})^2 / 2 + (n_{fi} \cdot d_{i,fi} - b_{o,fi}) \cdot t_{iii,fi} \cdot (h_{fi} - s_{y,fi} - t_{iii,fi} / 2)$ $S_{y,fi} = 1'017'866 \text{ mm}^3$
 $S_{y,fi} = 1'017'866 \text{ mm}^3$

Schubfläche im Brandfall

Holz netto $m_{fi} \cdot d_{fi} \cdot I_{y,fi} / S_{y,fi}$ $A_{w,fi} = 15'089 \text{ mm}^2$

Charakteristische Eigenschaften im Brandfall

Festigkeitsklasse			C24
Biegung	$1.8 \cdot f_{m,d}$	$f_{m,d,fi} =$	25.2 N/mm ²
Zug parallel zur Faser	$1.8 \cdot f_{t,0,d}$	$f_{t,0,d,fi} =$	14.4 N/mm ²
Druck parallel zur Faser	$1.8 \cdot f_{c,0,d}$	$f_{c,0,d,fi} =$	21.6 N/mm ²
Schub	$1.8 \cdot f_{v,d}$	$f_{v,d,fi} =$	2.7 N/mm ²

Objekt: Beispiel Mehrfamilienhaus
Bauteil: Decke über EG
Projekt-Nr.: 2021'0017
Sachbearbeiter: Dipl. Bauingenieur ETH/SIA Ralph Schläpfer
Datum: 2021-06-29

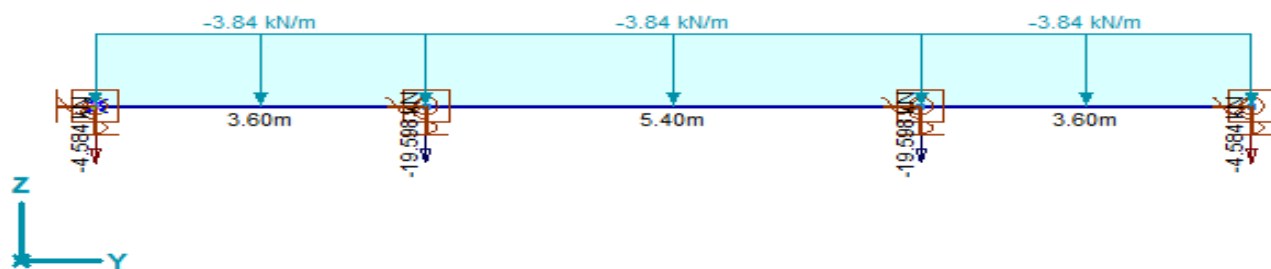
Tragfähigkeit im Brandfall

Pos.110.0. 001

Massgebende Baubestimmungen SIA 261, SIA 265
 Schweizerische Brandschutz-Zulassung No Z 15421 zur Bescheinigung der Anwendbarkeit von LIGNATUR-Elementen und Beurteilung der Feuerwiderstandsklasse

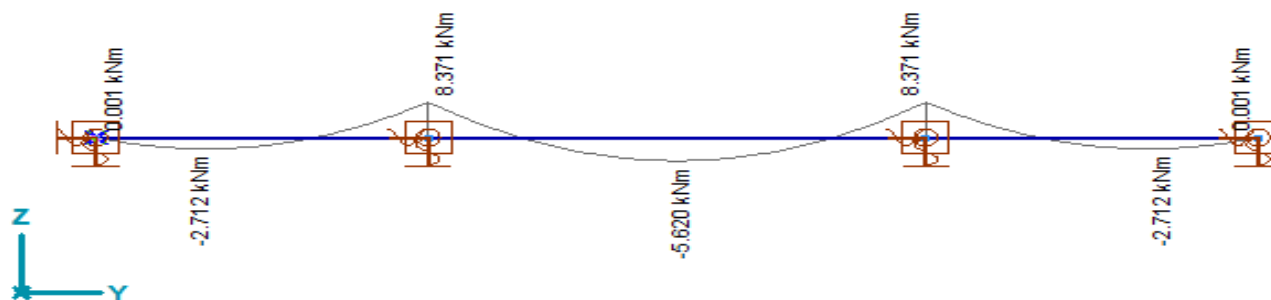
Berechnung mit AxisVM

Statisches System zur Ermittlung der Tragfähigkeit im Brandfall



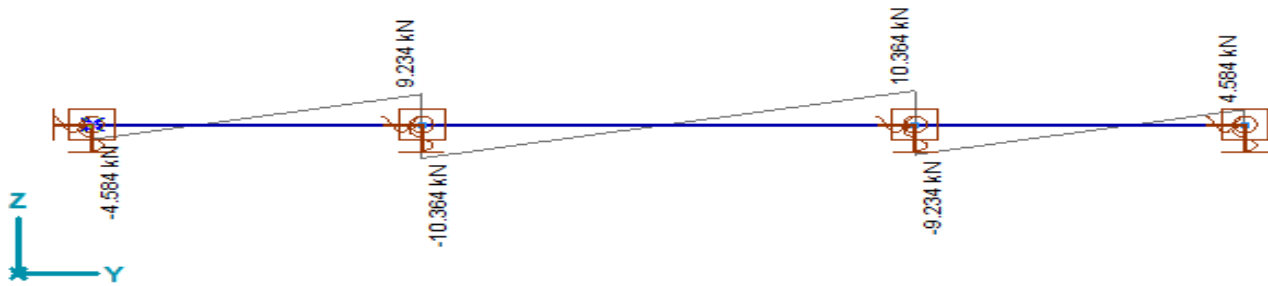
Stablänge S1	$l_{s1} =$	3'600 mm
Stablänge S2	$l_{s2} =$	5'400 mm
Stablänge S3	$l_{s3} =$	3'600 mm

Momentenlinie im Brandfall



Maximales Moment		$M_{y,d,fi} =$	8.4 kNm
Maximale Biegespannung	$M_{y,d,fi} * 1000000 / (I_{y,fi} / (h_{fi} * s_{y,fi})) / 1000 * b_{fi}$	$\sigma_{o,d,fi} =$	4.0 N/mm ²
	$M_{y,d,fi} * 1000000 / (I_{y,fi} / s_{y,fi}) / 1000 * b_{fi}$	$\sigma_{u,d,fi} =$	6.5 N/mm ²
	$MAX(\sigma_{o,d,fi}, \sigma_{u,d,fi}) / f_{m,d,fi}$		0.26 ≤ 1

Querkraftlinie im Brandfall



Maximale Querkraft
 Maximale Schubspannung

$$V_{z,d,fi} \cdot 1000 / A_{w,fi} / 1000 \cdot b_{fi}$$

$$T_{d,fi} / \tau_{v,d,fi}$$

V_{z,d,fi}= 10.4 kN
 T_{d,fi}= 0.7 N/mm²
 0.25 ≤ 1