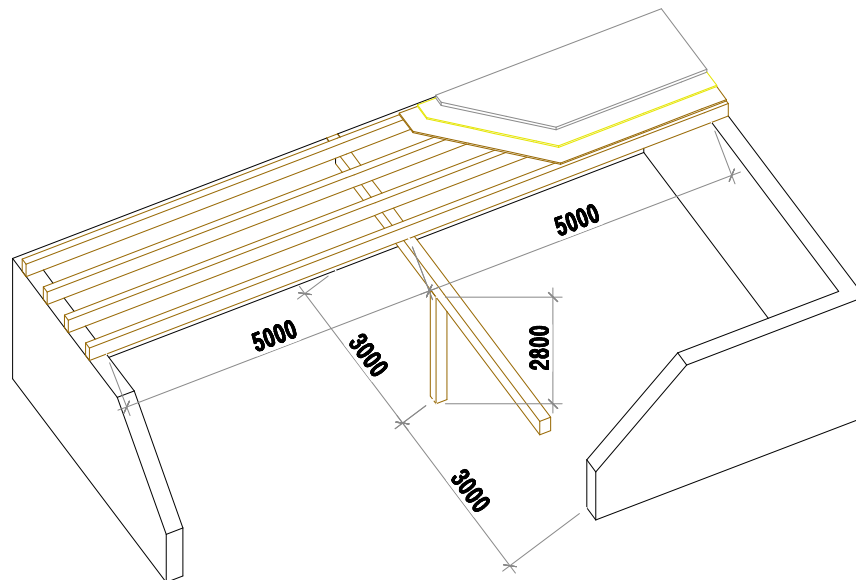


Musterbeispiel 4: Brandwiderstandsnachweis

- Thema:
- Bemessung Unterzug
 - Knickbemessung Holzstütze
 - Auflagerlasten auf Unterzug mittels Einflussbreite ermitteln
 - Brandwiderstandsnachweis Unterzug
 - Brandwiderstandsnachweis Stütze

- Aufgabe:
- statisches System gemäss Systemskizze unten (Balkenlage als Zweifeldträger, Mittelaufleger = Unterzug aus BSH)
 - Bodenaufbau: Zement UB 6 cm, Trittschalldämmung 3 cm, 3-Schichtplatte 27 mm und Balken C24, 120/260 (alle 60 cm)
 - Nutzlast = 2 kN/m^2 (Kat. A1 Wohnraum)
 - Unterzug aus BSH GL 28 h, Breite = 180 mm, Höhe = ?
 - Stütze aus BSH GL 24 h 180/180 mm ausreichend?
 - der Unterzug und die Stütze müssen für 30 Minuten Brandwiderstand dimensioniert werden (R30)



Kaltnachweis Unterzug:

- Schritt 1: -auf dem Tabellenblatt „Statik“ die zwei Feldlängen vom Unterzug eintragen
- Schritt 2: -auf dem Tabellenblatt „Lastannahmen“ wird unter Einflussbreite (Zelle E5) $5 \text{ m} \times 1.25 = 6.25 \text{ m}$ eingegeben (der Unterzug ist das Mittelaufleger eines gleichmässigen Zweifeldträgers, da $1.25 \times$ die Spannweite)
-auf dem Tabellenblatt „Lastannahmen“ unter „Eigen- und Auflasten G_k “ die Schichten des Bodenaufbaus eingeben (die Balkenlage wird als Flächenlast mit 5 cm Holz Fi/Ta eingegeben)
-unter „Nutzlasten $Q_{k,N}$ “ Kategorie A1 auswählen für Räume in Wohngebäuden
- Schritt 3: -unter „Lastkombination Tragsicherheit Typ 2“ „Leiteinwirkung Nutzlast verteilt“ auswählen (als Voreinstellung wird diese Lastkombination vorgeschlagen)
-unter „Lastkombination Gebrauchstauglichkeit“ „Fall 1, Leiteinwirkung Nutzlast verteilt, $w=l/500$ “ auswählen
-da beide Felder die gleiche Lastkombination haben, muss nur Feld 1 definiert werden
-Die genaue Definition für die 4 Fälle der Lastkombinationen Gebrauchstauglichkeit sind in den Feldern A76 bis H76 als Kommentare hinterlegt.

Diese Definitionen beziehen sich auf die Angaben in den Holzbautabellen.

- Schritt 4:
- in Feld Q 67 muss Feuchteklasse 1 eingestellt sein (Kriechfaktor $\Phi = 0.6$)
 - auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ den Querschnitt des Unterzugs in Schicht 1 mit Höhe (Feld C19), Breite (Feld D19) und Material BSH GL 28 h parallel (Feld G19) eingeben.
 - Nun wird der Querschnitt so weit optimiert, bis der Tragsicherheitsnachweis auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ für Biegung und Schub erfüllt ist und auf dem Tabellenblatt „Statik“ in Zeile 36 eine annehmbare Durchbiegung erreicht wird.
 - Mit einem Querschnitt von 180/260 mm ist der Tragsicherheitsnachweis Biegung erfüllt ($0.91 = 91\%$), beim Schub haben wir gerade auf den Grenzwert von 2.0 N/mm^2 und die maximale Deformation im Feld beträgt $4.4 \text{ mm} = \text{Spannweite} / 685$, ein guter Wert auch hinsichtlich allfälliger Schwingungsprobleme.

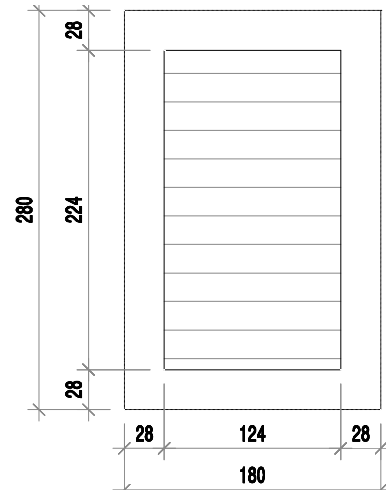
Kaltnachweis Stütze:

- Schritt 1: -auf dem Tabellenblatt „Knicken“ den bevorzugten Querschnitt der Stütze in Schicht 1 mit Höhe 180 mm (Feld C13), Breite 180 mm (Feld D13) und Material BSH GL 24 h parallel (Feld G13) eingeben.
- Schritt 2: -Auf die Stütze wirkt ja die Auflagerkraft B, in Zelle K 39 auf dem Tabellenblatt „Knicken“ kann also der Wert von Zeile 31 aus dem Tabellenblatt „Statik“ eingetragen werden: 123.8 kN
- Nun muss noch in Zelle K37 die Knicklänge von 2.80 m eingetragen werden.

Die 180/180 mm Stütze erfüllt den Nachweis der Tragsicherheit, sie ist nur zu 31% ausgenützt. Es bleibt anzumerken, dass nun der Querdruck auf den Unterzug noch untersucht werden muss.

Brandwiderstandsnachweis Unterzug:

- Schritt 1: -unter „Lastkombination Tragsicherheit Typ 2“ „Brand“ auswählen, der Lastfaktor für Eigen- und Auflasten wird auf 1.0 gesetzt, für Nutzlasten auf 0.3
- Schritt 2: -Nun muss der Restquerschnitt nach 30 Minuten Abbrand vom Unterzug ermittelt werden: Bei BSH muss mit 0.7 mm Abbrand pro Minute gerechnet werden, dazu kommen 7 mm d_{red} für die verkohlte Schicht, total also 28 mm. Es bleibt also der folgende Restquerschnitt:



- Schritt 3: -auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ in Zelle C6 umstellen auf „Brandwiderstandsnachweis“
- auf dem Tabellenblatt „Bemessung“ den Restquerschnitt des Unterzugs in Schicht 1 mit Höhe 224 mm (Feld C19), Breite 124 mm (Feld D19) und Material BSH GL 28 h parallel (Feld G19) eingeben.

Es zeigt sich, dass der Querschnitt den Brandwiderstandsnachweis sowohl auf Biegung wie auch auf Schub mit grossen Reserven erfüllt.

Brandwiderstandsnachweis Stütze:

Schritt 1: -Nun muss der Restquerschnitt der Stütze nach 30 Minuten Abbrand ermittelt werden: Bei BSH muss mit 0.7 mm Abbrand pro Minute gerechnet werden, dazu kommen 7 mm d_{red} für die verkohlte Schicht, total also 28 mm. Es bleibt also als Restquerschnitt 152/152 mm.

Schritt 2: -auf dem Tabellenblatt „Knicken“ in Zelle C6 umstellen auf „Druck und Biegung bei Brand, ohne Kippen“
-auf dem Tabellenblatt „Knicken“ den Restquerschnitt der Stütze in Schicht 1 mit Höhe 152 mm (Feld C13), Breite 152 mm (Feld D13) und Material BSH GL 24 h parallel (Feld G13) eingeben.

Lastannahmen nach SIA 261

Objekt: Musterbeispiel 4 Bauteil: Unterzug
Einflussbreite: 6.25 m Bauteilneigung: 0.0 °

Eigen- & Auflasten G_k			Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1	
			im Grund	in Neigung	im Grund	in Neigung
Auflast Schicht 1	Zement UB	6 cm	1.26	1.26	0.23	0.23
Auflast Schicht 2	Dämmung 30 kg / m ³	3 cm	0.01	0.01	7.88	7.88
Auflast Schicht 3	Holz Fi / Ta	77 mm	0.39	0.39	0.06	0.06
Auflast Schicht 4	-	0	-	-	2.41	2.41
Auflast Schicht 5	-	0	-	-	-	-
Auflast Schicht 6	-	0	-	-	-	-
Total			1.65	1.65	10.57	10.57

Lastfaktoren:		Feld 1		Feld 2	
		TS	GT	TS	GT
		$\gamma_{G,sup}$	1.35	$\gamma_{G,sup}$	1.60
			1.60		1.35

Nutzlasten $Q_{k,N}$			Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
Kategorie	Räume in Wohngebäuden, Krankenhäuser, Hotelzimmer, Küchen und Toiletten		2.00	12.50	2.00			
A1								

		Feld 1		Feld 2	
		TS	GT	TS	GT
		γ_{Q1}	1.50	γ_{Q1}	1.18
			1.18		1.50

Schneelasten $Q_{k,S}$			Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1	
Meereshöhe	0	M.ü.M.	im Grund	in Neigung	im Grund	in Neigung
Höhenzuschlag	0	M	0.00	0.00	0.00	0.00
			Punktlast Schneeüberhang		0.00 kN	

Windkräfte $Q_{k,W}$				Punktlast kN	
$Q_{k,W} = c_{red} \cdot c_d \cdot c_f \cdot c_h \cdot q_{p0}$	c_{red}	c_d	c_f	q_{p0}	
	1.00	1.00	0.00	0.00	kN/m^2
Bauwerkshöhe:	0.0	m	Geländekat. IIa: grosse Ebene	$c_f = 0.23$	kN/m^1
					0.00
					0.00

Lastkombination Tragsicherheit Typ 2		Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
falls alle Felder gleich, nur Feld 1 definieren		⊥ z. Bauteil	II z. Bauteil	⊥ z. Bauteil	II z. Bauteil
Feld 1:	Leiteinwirkung Nutzlast verteilt	33.02	0.00	0.00	0.00
Feld 2:	Leiteinwirkung Nutzlast verteilt	33.02	0.00	0.00	0.00

Lastkombination Gebrauchstauglichkeit		Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
falls alle Felder gleich, nur Feld 1 definieren		⊥ z. Bauteil	II z. Bauteil	⊥ z. Bauteil	II z. Bauteil
Feld 1:	Fall 1, Leiteinwirkung Nutzlast verteilt, $w < l/500$	31.66	0.00	0.00	0.00
Feld 2:	Fall 1, Leiteinwirkung Nutzlast verteilt, $w < l/500$	31.66	0.00	0.00	0.00

BEMefix 10.1

Stefan Heinzer

24.02.2010 20:35

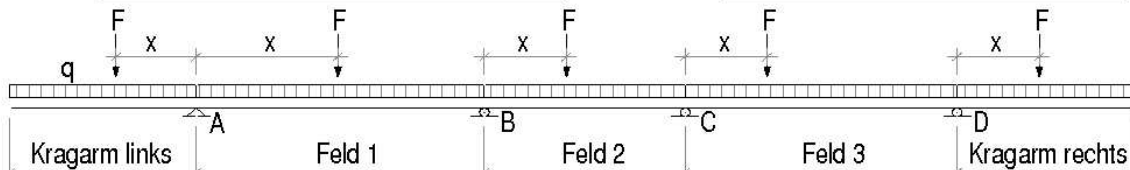
Schritt 3: -Auf die Stütze wirkt ja die Auflagerkraft B, in Zelle K 39 auf dem Tabellenblatt „Knicken“ kann also der Wert von Zeile 31 aus dem Tabellenblatt „Statik“ eingetragen werden: 53.3 kN
-Nun muss noch in Zelle K37 die Knicklänge von 2.80 m eingetragen werden.

Der Restquerschnitt der Stütze erreicht den Brandwiderstand R30 mit grosser Reserve, er ist nur zu 12% ausgenutzt.

statisches System, Lasten, Schnittkräfte, Verformungen

Objekt: Musterbeispiel 4

Bauteil: Unterzug



Kragarm links:	Feld 1:	Feld 2:	Feld 3:	Kragarm rechts:
Feld = 0 mm	Feld = 3000 mm	Feld = 3000 mm	Feld = 0 mm	Feld = 0 mm
x = 0 mm	x = 0 mm	x = 0 mm	x = 0 mm	x = 0 mm
q _{TS} = kN/m ¹	q _{TS} = 33.02 kN/m ¹	q _{TS} = 33.02 kN/m ¹	q _{TS} = kN/m ¹	q _{TS} = kN/m ¹
q _{GT} = kN/m ¹	q _{GT} = 31.66 kN/m ¹	q _{GT} = 31.66 kN/m ¹	q _{GT} = kN/m ¹	q _{GT} = kN/m ¹
F _{TS} = kN	F _{TS} = 0.00 kN	F _{TS} = 0.00 kN	F _{TS} = kN	F _{TS} = kN
F _{GT} = kN	F _{GT} = 0.00 kN	F _{GT} = 0.00 kN	F _{GT} = kN	F _{GT} = kN
EI = kN*m ²	EI = 3163.7 kN*m ²	EI = 3163.7 kN*m ²	EI = kN*m ²	EI = kN*m ²
El einfrieren <input type="checkbox"/>	El einfrieren <input type="checkbox"/>	El einfrieren <input type="checkbox"/>	El einfrieren <input type="checkbox"/>	El einfrieren <input type="checkbox"/>
h _{Bauteil} mm	h _{Bauteil} 260 mm	h _{Bauteil} 260 mm	h _{Bauteil} mm	h _{Bauteil} mm

Lastkombination Tragsicherheit: Leiteinwirkung Nutzlast verteilt

Eigen- & Auflasten Gk x 1.35 +	Nutzlasten Qk,N x 1.50
10.57 kN/m1 x 1.35 +	12.50 kN/m1 x 1.50
Σ Linienlast TS: 33.02 kN/m1	

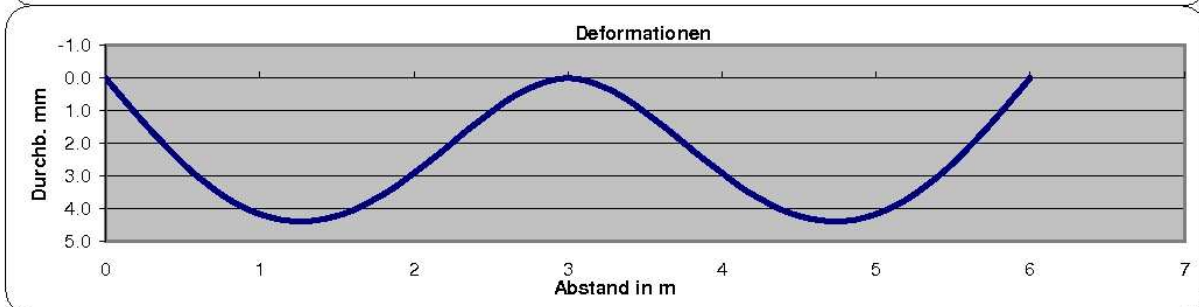
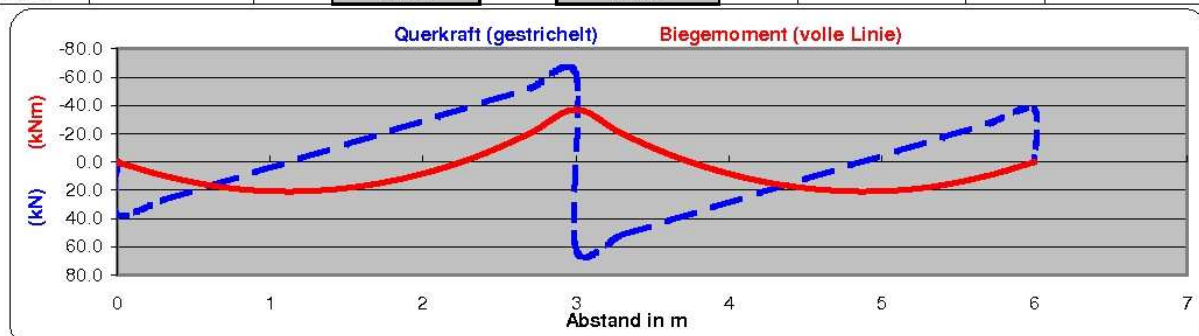
Lastkombination Gebrauchstauglichkeit:

Leiteinwirkung Nutzlast verteilt, Funktionstüchtigkeit bei Tragwerken mit verformungsempfindlichen Einbauten. Irreversible Folgen einer Auswirkung infolge eines seltenen Lastfalls: Kriechen bei Lastfaktoren berücksichtigt.

Eigen- & Auflasten Gk x 1.60 +	Nutzlasten Qk,N x 1.18
10.57 kN/m1 x 1.60 +	12.50 kN/m1 x 1.18
Σ Linienlast GT: 31.66 kN/m1	

Anmerkungen: - Einflussbreite auf Bauteil = 6.25 m

	Kragarm links	A	Feld 1	B	Feld 2	C	Feld 3	D	Kragarm rechts
R _{TS} (kN)		37.1		123.8		37.1			
R _{GT} (kN)		35.6		118.7		35.6			
M (kNm)		0.0	20.8	-37.1	20.8	0.0			
V (kN)			-61.9		61.9				
δ (mm)			4.4		4.4				
Feld/			685.3		685.3				



Bemessung nach SIA 265 & SIA 265/1

kursive Schrift = Holzwerkstoffe SIA 265/1 (2009)

Objekt: Musterbeispiel 4

Bauteil: Unterzug

Nachweis: alle Baustoffe, Biegung und Zug, ohne Kippen, elastisch

Einwirkungsdauer: Einwirkung allgemein

Feuchteklasse: Feuchteklasse 1

Kippbeiwert k_m : 1.00 Systembeiwert k_{sys} : 1.0

Querschnittswerte

	Höhe (mm)	Breite (mm)	Material	η_w E	η_w f	η_t	k_h	$f_{m,d}$	$f_{t,d}$	$f_{e,d}$	$f_{v,d}$	E	G
Schicht 1	260	180	BSH GL 28 h parallel	1.00	1.00	1.00	1.09	20.1	15.2	18.5	2.0	12000	500
Schicht 2	0	0											
Schicht 3	0	0											
Schicht 4	0	0											
Schicht 5	0	0											
Schicht 6	0	0											
Schicht 7	0	0											
Schicht 8	0	0											

Totalhöhe mm	260	Querschnittsfläche mm ²	46800	EI kN*m ² = N*mm ² *10 ⁹	3'163.68
z _u mm	130	W _{oben} mm ³	2'028'000	W _{unten} mm ³	2'028'000
I mm ⁴ *10 ⁶	263.64	Eigengewicht kN/m ¹	0.2		

Nachweis Biegung, Schub

$N_{E,d}$ (kN) 0.0

$M_{E,d}$ (kNm) -37.1

$V_{E,d}$ (kN) 61.9

	$\sigma_{t,d}$:	$f_{t,d}$	+	$\sigma_{m,d}$:	$f_{m,d}$	<	1
Schicht 1 oben	0.0	:	15.2	+	18.3	:	20.1	=	0.91
Schicht 1 unten	0.0	:	0.0	+	-18.3	:	20.1	=	0.91

Randzone		Schichtmitte	
$\tau_d < f_{v,d}$		$\tau_d < f_{v,d}$	
-	2.0	2.0	2.0
-	2.0		

Lastannahmen nach SIA 261

Objekt: Musterbeispiel 4

Bauteil: Brandwiderstandsnachweis Unterzug

Einflussbreite: 6.25 m

Bauteilneigung: 0.0 °

Eigen- & Auflasten G_k

	Eigenlast Bauteil	Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1	
		im Grund	in Neigung	im Grund	in Neigung
Auflast Schicht 1	Zement UB 6 cm	1.26	1.26	0.14	0.14
Auflast Schicht 2	Dämmung 30 kg / m ³ 3 cm	0.01	0.01	0.06	0.06
Auflast Schicht 3	Holz Fi / Ta 77 mm	0.39	0.39	2.41	2.41
Auflast Schicht 4	- 0 -				
Auflast Schicht 5	- 0 -				
Auflast Schicht 6			0.00		
Total		1.65	1.65	10.48	10.48

Lastfaktoren:

	Feld 1		Feld 2	
	TS	GT	TS	GT
	1.00	1.60	1.00	1.60

Nutzlasten $Q_{k,N}$

Kategorie	Räume in Wohngebäuden, Krankenhäuser, Hotelzimmer, Küchen und Toiletten	Flächenlast kN/m^2	Linienlast kN/m^1	Punktlast kN
A1		2.00	12.50	2.00

	Feld 1		Feld 2	
	TS	GT	TS	GT
ψ_2	0.30	1.18	0.30	1.18

Schneelasten $Q_{k,S}$

	Meereshöhe	M.ü.M.	Flächenlast kN/m^2		Linienlast kN/m^1	
			im Grund	in Neigung	im Grund	in Neigung
Höhenzuschlag	0	M	0.00	0.00	0.00	0.00

Punktlast Schneeüberhang **0.00** kN

Windkräfte $Q_{k,W}$

$$Q_{k,W} = c_{red} \cdot c_d \cdot c_f \cdot c_h \cdot q_{p0}$$

c_{red}	1.00	c_d	1.00	c_f	0.00	q_{p0}	0.00	kN/m^2
Bauwerkshöhe:	0.0	m	Geländekat. Ila: grosse Ebene	$c_h =$	0.23	kN/m^2	0.00	kN/m^1
							0.00	0.00

Lastkombination Tragsicherheit Typ 2

falls alle Felder gleich, nur Feld 1 definieren

Haken setzen = Werte eintragen

Feld 1: Brand
Feld 2: Brand

	Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil
	14.23	0.00	0.00	0.00
	14.23	0.00	0.00	0.00

Lastkombination Gebrauchstauglichkeit

falls alle Felder gleich, nur Feld 1 definieren

Kriechen: Feuchtklasse 1

$\phi = 0.60$

Haken setzen = Werte eintragen

Feld 1: Fall 1, Leiteinwirkung Nutzlast verteilt, $w < l/500$
Feld 2: Fall 1, Leiteinwirkung Nutzlast verteilt, $w < l/500$

	Linienlast kN/m^1		Punktlast kN	
	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil	⊥ z. Bauteil	z. Bauteil
	31.51	0.00	0.00	0.00
	31.51	0.00	0.00	0.00

Bemessung nach SIA 265 & SIA 265/1

kursive Schrift = Holzwerkstoffe SIA 265/1 (2009)

Objekt: Musterbeispiel 4

Bauteil: Brandwiderstandsnachweis Unterzug

Nachweis: Brandwiderstandsnachweis

Einwirkungsdauer: Einwirkung allgemein

Feuchteklasse: Feuchteklasse 1

Kippbeiwert k_m : 1.00 Systembeiwert k_{sys} : 1.0

Querschnittswerte

	Höhe (mm)	Breite (mm)	Material	η_w	η_w	η_t	k_h	$f_{m,d}$	$f_{t,d}$	$f_{c,d}$	$f_{v,d}$	E	G
				E	f								
Schicht 1	224	124	BSH GL 28 h parallel	1.00	1.00	1.00	1.10	35.4	26.6	32.3	3.4	11730	489
Schicht 2	0	0											
Schicht 3	0	0											
Schicht 4	0	0											
Schicht 5	0	0											
Schicht 6	0	0											
Schicht 7	0	0											
Schicht 8	0	0											

Totalhöhe mm	224	Querschnittsfläche mm ²	27776	EI kN*m ² = N*mm ² *10 ⁹	1'362.33
z _u mm	112	W _{oben} mm ³	1'036'971	W _{unten} mm ³	1'036'971
I mm ⁴ *10 ⁶	116.14	Eigengewicht kN/m ¹	0.1		

Nachweis Biegung, Schub

$N_{E,d}$ (kN) 0.0

$M_{E,d}$ (kNm) -16.0

$V_{E,d}$ (kN) 26.7

	$\sigma_{t,d}$:	$f_{t,d}$	+	$\sigma_{m,d}$:	$f_{m,d}$	<	1
Schicht 1 oben	0.0	:	26.6	+	15.4	:	35.4	=	0.44
Schicht 1 unten	0.0	:	0.0	+	-15.4	:	35.4	=	0.44

Randzone	Schichtmitte
$\tau_d < f_{v,d}$	$\tau_d < f_{v,d}$
- 3.4	1.4 3.4
- 3.4	

Stäbe mit Druck und Biegung nach SIA 265

Objekt: Musterbeispiel 4

Bauteil: Stütze

Nachweis: Druck und Biegung, ohne Kippen

Kippbeiwert k_m : 1.00

Einwirkungsdauer: Einwirkung allgemein

Feuchteklasse: Feuchteklasse 1

Querschnittswerte (Knickachse = Höhe)

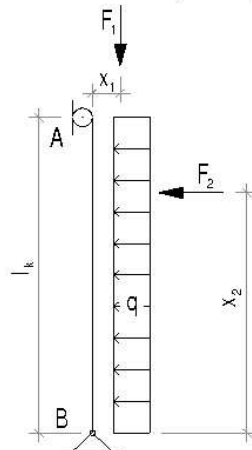
	Höhe mm	Breite mm	Material	η_w f	η_w E	η_t	k_h	$f_{m,d}$	$f_{c,d}$	$f_{c,k}$	E	$E_{0,05}$	λ_{rel}	β_c	k_c
Schicht 1	180	180	BSH GL 24 h parallel	1.0	1.0	1.0	1.1	17.6	14.5	24.0	11000	9350	0.9	0.1	0.86
Schicht 2	0	0													
Schicht 3	0	0													
Schicht 4	0	0													
Schicht 5	0	0													
Schicht 6	0	0													
Schicht 7	0	0													
Schicht 8	0	0													

Totalhöhe mm	180
z_u mm	90
I mm ⁴ ·10 ⁶	87.48

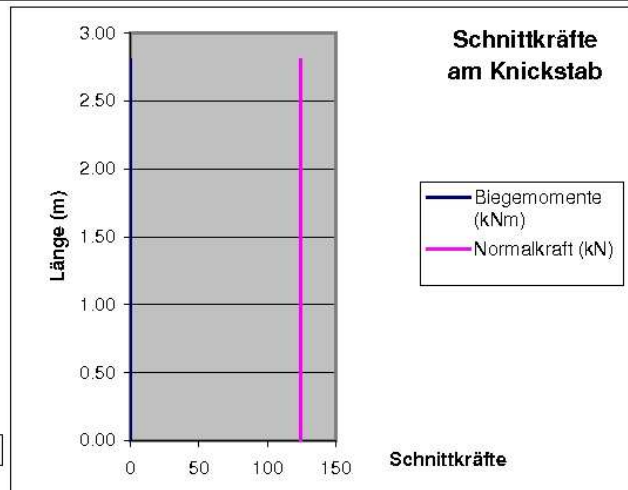
Querschnittsfläche mm ²	32400
W_{oben} mm ³	972'000
Eigengewicht kN/m ¹	0.2

EI kN*m ² = N*mm ² ·10 ⁹	962.28
W_{unten} mm ³	972'000

statisches System, Schnittkräfte



Knicklänge l_k : 2800 mm
Normalkraft $F_{1,d}$: 123.80 kN
Exzentrizität x_1 : 0 mm
Linienlast q_d : 0.00 kN/m¹
Punktlast $F_{2,d}$: 0.00 kN
Abstand x_2 : 0 mm
 R_A : 0.0 kN **R_B :** 0.0 kN



Knicknachweis

$N_{E,d}$ (kN)	-	124.3	$M_{E,d}$ (kNm)	0.0
$\sigma_{c,d} : (k_c \cdot f_{c,d}) + \sigma_{m,d} : (k_m \cdot f_{m,d}) < 1$				
Schicht 1 oben	-3.8	: 0.86 · 14.5	+	0.0 : 1.00 · 17.6 = 0.31
Schicht 1 unten	-3.8	: 0.86 · 14.5	+	0.0 : 1.00 · 17.6 = 0.31

Stäbe mit Druck und Biegung nach SIA 265

Objekt: Musterbeispiel 4

Bauteil: Brandwiderstandsnachweis Stütze

Nachweis: Druck und Biegung bei Brand, ohne Kippen

Kippbeiwert k_m : 1.00

Einwirkungsdauer: Einwirkung allgemein

Feuchteklasse: Feuchteklasse 1

Querschnittswerte (Knickachse = Höhe)

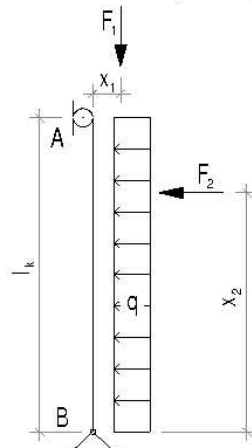
	Höhe mm	Breite mm	Material	$\eta_{w,f}$	$\eta_{w,E}$	η_t	k_h	$f_{m,d}$	$f_{c,d}$	$f_{c,k}$	E	$E_{0.05}$	λ_{rel}	β_c	k_c
Schicht 1	152	152	BSH GL 24 h parallel	1.0	1.0	1.0	1.1	30.4	25.0	24.0	10753	9350	1.0	0.1	0.74
Schicht 2	0	0													
Schicht 3	0	0													
Schicht 4	0	0													
Schicht 5	0	0													
Schicht 6	0	0													
Schicht 7	0	0													
Schicht 8	0	0													

Totalhöhe mm	152
z_u mm	76
I mm ⁴ ·10 ⁶	44.48

Querschnittsfläche mm ²	23104
W_{oben} mm ³	585'301
Eigengewicht kN/m ¹	0.1

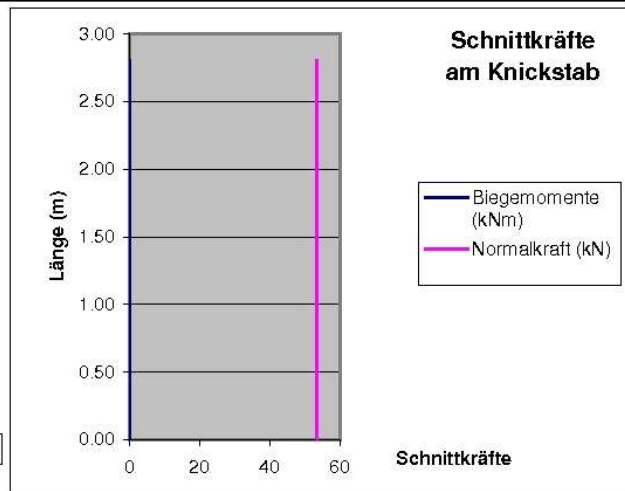
EI kN*m ² = N*mm ² *10 ⁹	478.30
W_{unten} mm ³	585'301

statisches System, Schnittkräfte



- Knicklänge l_k : 2800 mm
- Normalkraft $F_{1,d}$: 53.30 kN
- Exzentrizität x_1 : 0 mm
- Linienlast q_d : 0.00 kN/m¹
- Punktlast $F_{2,d}$: 0.00 kN
- Abstand x_2 : 0 mm

R_A : 0.0 kN R_B : 0.0 kN



Schnittkräfte am Knickstab

Schnittkräfte

Knicknachweis

$N_{E,d}$ (kN)	-	53.6	$M_{E,d}$ (kNm)	0.0
$\sigma_{c,d} : (k_c \cdot f_{c,d}) + \sigma_{m,d} : (k_m \cdot f_{m,d}) < 1$				
Schicht 1 oben	-2.3	: 0.74 · 25.0	+	0.0 : 1.00 · 30.4 = 0.12
Schicht 1 unten	-2.3	: 0.74 · 25.0	+	0.0 : 1.00 · 30.4 = 0.12