

1. Berechnungsoptionen

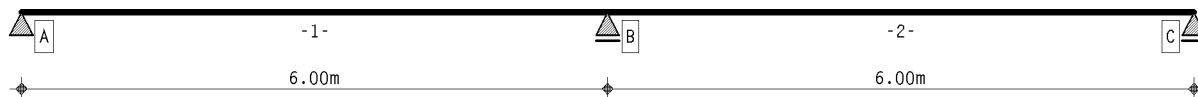
Berechnung DIN EN 1995:2010, Deutschland

Nutzungsstufe 1

Wärmeausdehnungskoeffizient Holz $\alpha_t = 0.500 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{K}$

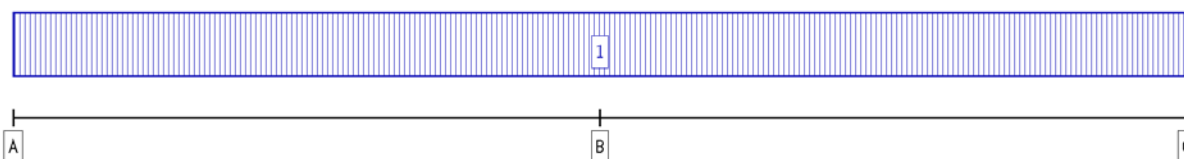
$\psi_2 = 0.60$ (Beiwert gemäß DIN EN 1995-1-1 2.3.2.2 (2))

2. Statisches System

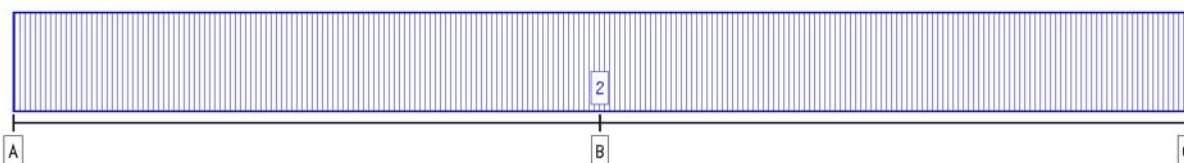


Hauptträger

3. Belastung



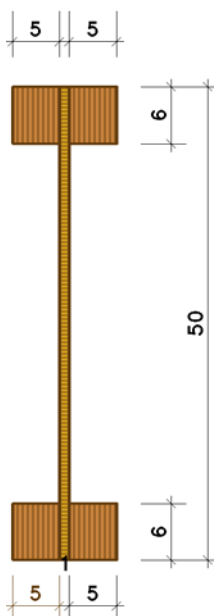
EINWIRKUNG 1: ständige Lasten (ständig, 1 Lastfälle)



EINWIRKUNG 2: Nutzlasten (1) (veränderlich, 1 Lastfälle)

4. Hauptträger

Schnitt Maßstab 1: 8



Holzgüte Obergurt

char. Biegefestigkeit $f_{m,k}$	: 28.0 N/mm ²
char. Schubfestigkeit $f_{v,k}$	: 3.5 N/mm ²
char. Zugfestigkeit $f_{t,k}$	: 19.5 N/mm ²
char. Druckfestigkeit $f_{c,0,k}$	: 26.5 N/mm ²
char. Druckfestigkeit $f_{c,90,k}$	: 3.0 N/mm ²
E-Modul $E_{0,mean}$	: 12600 N/mm ²
Dichte ρ_k/ρ_m	: 410 / 492 kg/m ³
Verformungsbeiwert k_{def}	: 0.60 -
Fläche A_{Gurt}	: 60.000 cm ²
Trägheitsmoment I_{Gurt}	: 180.000 cm ⁴

Holzgüte Steg

d = 10.0 mm (hochkant)	
char. Biegefestigkeit $f_{m,k}$	: 9.0 N/mm ²
char. Schubfestigkeit $f_{v,k}$	: 5.5 N/mm ²
char. Zugfestigkeit $f_{t,k}$	: 9.0 N/mm ²
char. Druckfestigkeit $f_{c,0,k}$	: 9.0 N/mm ²
char. Druckfestigkeit $f_{c,90,k}$	: 8.0 N/mm ²
k_{cr}	: 1.00 mm ² /N
E-Modul $E_{0,mean}$ (Scheibe)	: 3100 N/mm ²
E-Modul $E_{0,mean}$ (Platte)	: 3100 N/mm ²
Dichte ρ_k/ρ_m	: 600 / 720 kg/m ³
Verformungsbeiwert k_{def}	: 3.00 -
Fläche A_{Gurt}	: 50.000 cm ²
Trägheitsmoment I_{Gurt}	: 10416.667 cm ⁴

Holzgüte Untergurt

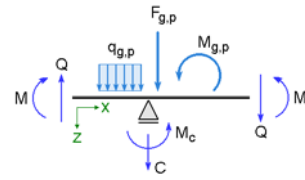
char. Biegefestigkeit $f_{m,k}$	: 28.0 N/mm ²
char. Schubfestigkeit $f_{v,k}$	: 3.5 N/mm ²
char. Zugfestigkeit $f_{t,k}$	: 19.5 N/mm ²
char. Druckfestigkeit $f_{c,0,k}$	: 26.5 N/mm ²
char. Druckfestigkeit $f_{c,90,k}$	: 3.0 N/mm ²
E-Modul $E_{0,mean}$	: 12600 N/mm ²
Dichte ρ_k/ρ_m	: 410 / 492 kg/m ³
Verformungsbeiwert k_{def}	: 0.60 -
Fläche A_{Gurt}	: 60.000 cm ²
Trägheitsmoment I_{Gurt}	: 180.000 cm ⁴

Schnittgrößendefinition:

Brettschichtholz DIN, GL28h (BS14)

Faserplatte Mittelhart

Brettschichtholz DIN, GL28h (BS14)



5. Stababschnitte

Trägerabschnitte

Abschn.	x _A m	x _E m	l m	l _{ef} m	i _z mm	k -	λ -	λ _{rel,c} -	k _C -	l _v m	Kragarm	s _{ef} mm
1	0.00	6.00	6.00	2.00	28.9000	1.1527	69.2042	1.1067	0.6779	0.00	-	n.e.
2	6.00	12.00	6.00	0.10	28.9000	0.4893	3.4602	0.0553	1.0000	6.00	-	n.e.

Steifigkeitswerte Gebrauchsfähigkeit Anfangszustand

Abschn.	γ ₂ -	a ₂ mm	K ₁ N/mm	γ _{1r} -	a ₁ mm	K ₃ N/mm	γ _{3r} -	a ₃ mm	E I _{ef,inst} Nmm ²	ø k _{def} -
1	1.0000	-0.0	1	1.0000	-220.0	1	1.0000	220.0	7.6864E12	0.3900
2	1.0000	-0.0	1	1.0000	-220.0	1	1.0000	220.0	7.6864E12	0.3900

Steifigkeitswerte Tragfähigkeit Anfangszustand

Abschn.	γ ₂ -	a ₂ mm	K ₁ N/mm	γ ₁ -	a ₁ mm	K ₃ N/mm	γ ₃ -	a ₃ mm	E I _{ef,inst} Nmm ²	I _{ef,inst} mm ²	h _{q,inst} mm	A _{q,inst} mm
1	1.0000	-0.0	1	1.0000	-220.0	1	1.0000	220.0	7.6864E12	610028288.0	25.00	33.33
2	1.0000	-0.0	1	1.0000	-220.0	1	1.0000	220.0	7.6864E12	610028288.0	25.00	33.33

Steifigkeitswerte Tragfähigkeit Endzustand

Abschn.	γ ₂ -	a ₂ mm	K ₁ N/mm	γ ₁ -	a ₁ mm	K ₃ N/mm	γ ₃ -	a ₃ mm	E I _{ef,inf} Nmm ²	I _{ef,inf} mm ²	h _{q,inf} mm	A _{q,inf} mm
1	1.0000	0.0	1	1.0000	-220.0	1	1.0000	220.0	5.5296E12	596848064.0	25.00	33.33
2	1.0000	0.0	1	1.0000	-220.0	1	1.0000	220.0	5.5296E12	596848064.0	25.00	33.33

Nettoquerschnittswerte

Abschn.	A _{n,2} cm ²	W _{n,2} cm ³	I _{n,2} cm ⁴	A _{n,1} cm ²	W _{n,1} cm ³	I _{n,1} cm ⁴	A _{n,3} cm ²	W _{n,3} cm ³	I _{n,3} cm ⁴
1	50.00	416.67	10416.67	60.00	60.00	180.00	60.00	60.00	180.00
2	50.00	416.67	10416.67	60.00	60.00	180.00	60.00	60.00	180.00

6. Verbindungsmittel

Abschnitt 1 von x_A = 0.00 m bis x_E = 6.00, Klebeverbindung

Abschnitt 2 von x_A = 6.00 m bis x_E = 12.00, Klebeverbindung

7. Lager

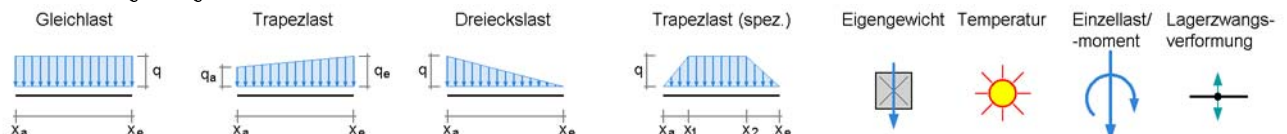
Lagerkoordinaten

Lager-Bez.	x m	Breite mm	Tiefe mm	c _F kN/m	c _M kNm/-	Festhaltung (F) (M)
A	0.00	150	10	fest	----	X -
B	6.00	150	10	fest	----	X -
C	12.00	150	10	fest	----	X -

8. Einwirkungen

Achtung! Gemäß DIN EN 1995-1-1, Anhang B.1

dürfen nachgiebig verbundene Querschnitte nur mit Streckenlasten belastet werden



1. Ständige Einwirkung: ständige Lasten

1. Additiver Lastfall: Eigengewicht (1)

→ Gleichlast: q = 0.50 kN/m von x_A = 0.00 m bis x_E = 12.00 m

2. Veränderliche Einwirkung: Nutzlasten (1)

2. Additiver Lastfall: Nutzlasten (1/1)

→ Gleichlast: q = 0.60 kN/m von x_A = 0.00 m bis x_E = 12.00 m

9. Nachweise

1: EC 5 Tragfähigkeit

Beulnachweis nach DIN EN 1995, 9.1.1(7) wird geführt

Knicknachweis des Druckgurtes nach DIN EN 1995, 6.3.2 wird geführt

Nachweis der Auflagerpressung DIN EN 1995, 6.1.5 wird geführt

Extremierung 1

2: EC 5 Verformungen

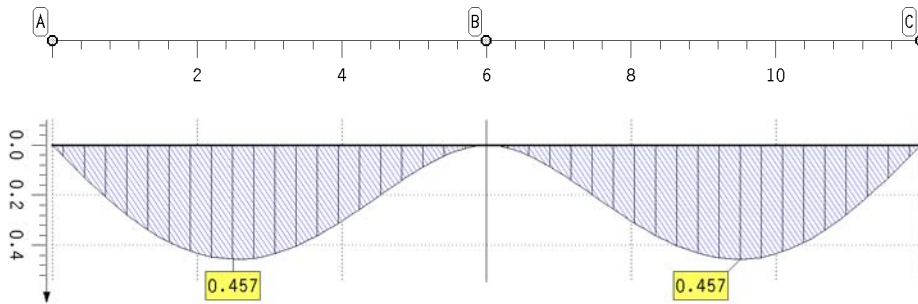
Grenzwerte für Verformungen entsprechend DIN EN 1995-1-1, Tab. 7.2!

Extremierung 1

10. Einwirkungsergebnisse

10.1. Einwirkung 1: ständige Lasten

extremale Durchbiegungen des Hauptträgers (charakteristisch)

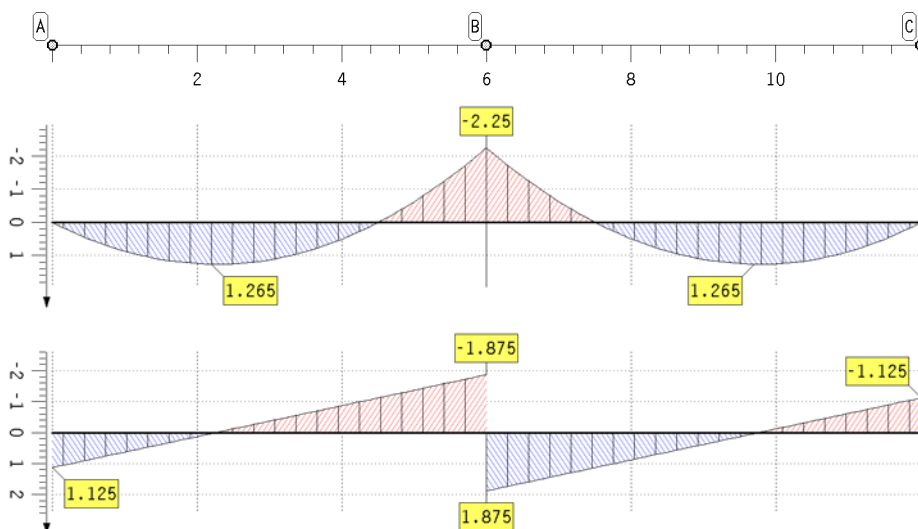


Durchbiegung
Hauptträger
charakteristisch
w in mm
Min: -0.00
Max: 0.46

extremale Durchbiegungen des Hauptträgers (charakteristisch)

Punkt	x m	min w mm	max w mm	Punkt	x m	min w mm	max w mm	Punkt	x m	min w mm	max w mm
A	0.000	0.00	0.00	B	6.000	-0.00	-0.00				
	1.400	0.35	0.35	B	6.000	0.00	0.00		10.600	0.35	0.35
	2.500	0.46	0.46		6.700	0.06	0.06	C	12.000	0.00	0.00
	3.400	0.40	0.40		8.600	0.40	0.40	Minimum		-0.00	-0.00
	5.300	0.06	0.06		9.500	0.46	0.46	Maximum		0.46	0.46

extremale Schnittgrößen



Biegemoment
Hauptträger
M in kNm
Min: -2.25
Max: 1.26

Querkraft
Hauptträger
V in kN
Min: -1.88
Max: 1.88

extremale Schnittgrößen

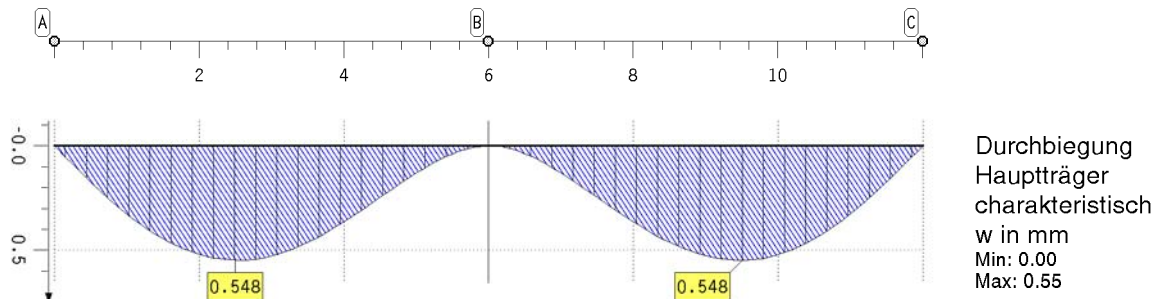
Punkt	x m	min M kNm	max M kNm	min V kN	max V kN	Punkt	x m	min M kNm	max M kNm	min V kN	max V kN
A	0.000	0.00	0.00	1.12	1.12		7.900	0.41	0.41	0.93	0.93
	2.200	1.26	1.26	0.03	0.03		9.700	1.26	1.26	0.03	0.03
	4.100	0.41	0.41	-0.93	-0.93	C	12.000	0.00	0.00	-1.12	-1.12
B	6.000	-2.25	-2.25	-1.88	-1.88	Minimum		-2.25	-2.25	-1.88	-1.88
B	6.000	-2.25	-2.25	1.88	1.88	Maximum		1.26	1.26	1.88	1.88

extremale Lagerkräfte

Punkt	x	min AP	max AP
-	m	kN	kN
A	0.000	-1.12	-1.12
B	6.000	-3.75	-3.75
C	12.000	-1.12	-1.12

10.2. Einwirkung 2: Nutzlasten (1)

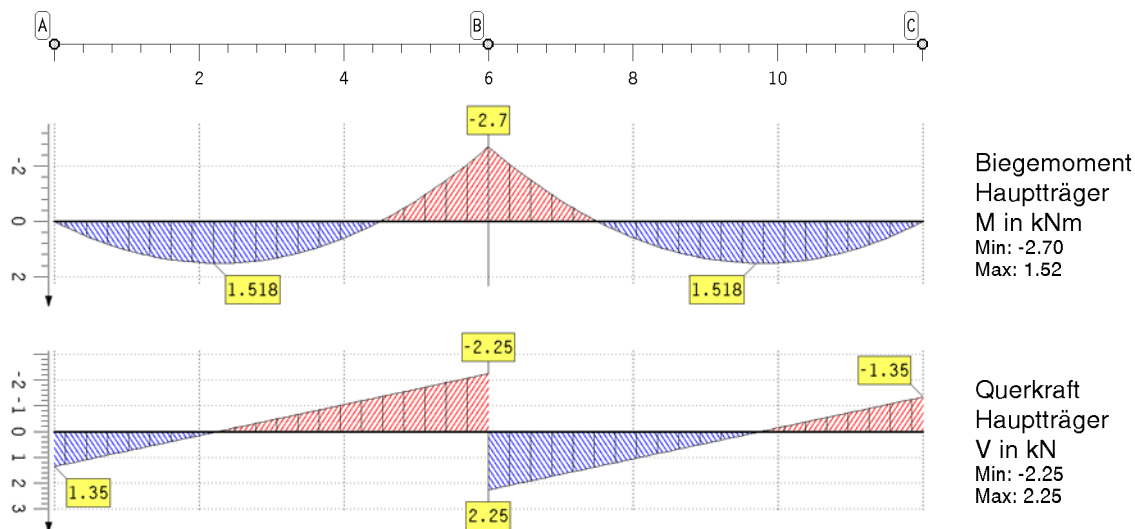
extremale Durchbiegungen des Hauptträgers (charakteristisch)



extremale Durchbiegungen des Hauptträgers (charakteristisch)

Punkt	x	min w	max w	Punkt	x	min w	max w	Punkt	x	min w	max w
-	m	mm	mm	-	m	mm	mm	-	m	mm	mm
A	0.000	0.00	0.00	B	6.000	0.00	0.00		10.600	0.00	0.42
	1.400	0.00	0.42	B	6.000	0.00	0.00	C	12.000	0.00	0.00
	2.500	0.00	0.55		6.700	0.00	0.07	Minimum		0.00	0.00
	3.400	0.00	0.48		8.600	0.00	0.48	Maximum		0.00	0.55
	5.300	0.00	0.07		9.500	0.00	0.55				

extremale Schnittgrößen



extremale Schnittgrößen

Punkt	x	min M	max M	min V	max V	Punkt	x	min M	max M	min V	max V
-	m	kNm	kNm	kN	kN	-	m	kNm	kNm	kN	kN
A	0.000	-0.00	-0.00	0.00	1.35		7.500	0.00	0.00	0.00	1.35
	1.100	0.00	1.12	0.00	0.69		8.600	0.00	1.12	0.00	0.69
	2.200	0.00	1.52	0.00	0.03		9.700	0.00	1.52	0.00	0.03
	3.400	0.00	1.12	-0.69	-0.00		10.800	0.00	1.19	-0.63	-0.00
	4.500	-0.00	-0.00	-1.35	-0.00	C	12.000	0.00	0.00	-1.35	-0.00
B	6.000	-2.70	-0.00	-2.25	-0.00	Minimum		-2.70	-0.00	-2.25	-0.00
B	6.000	-2.70	-0.00	0.00	2.25	Maximum		0.00	1.52	0.00	2.25

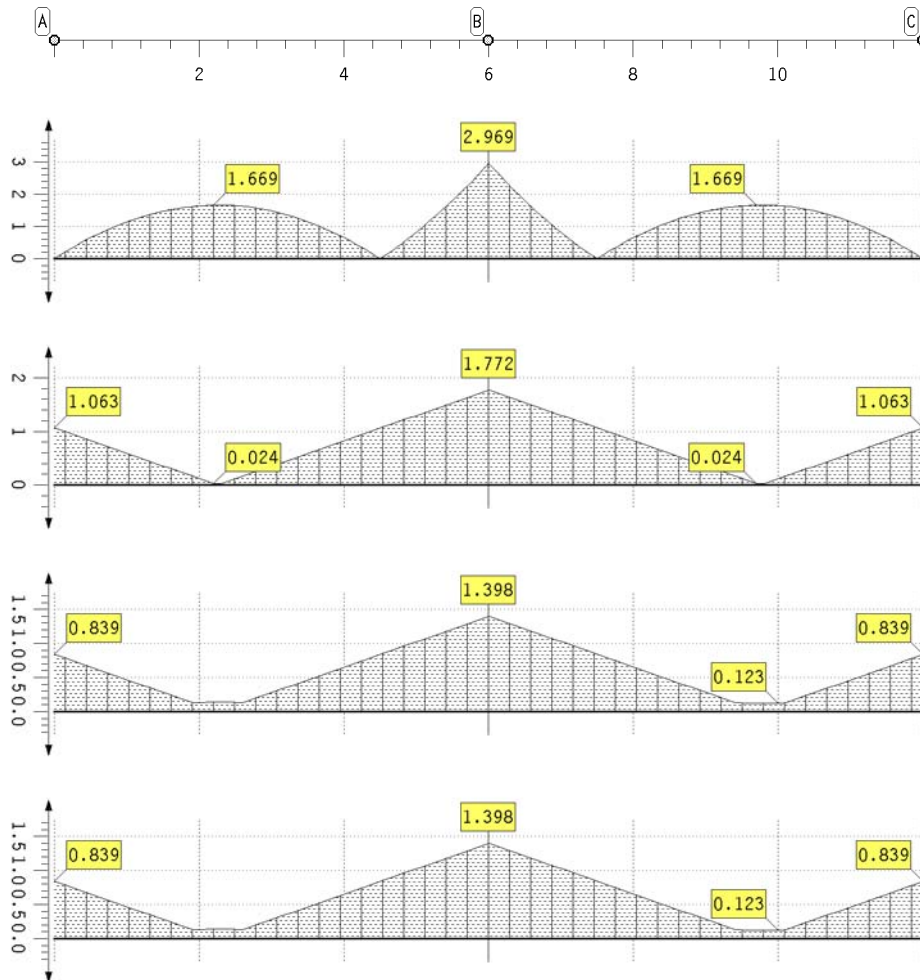
extremale Lagerkräfte

Punkt	x	min AP	max AP
-	m	kN	kN
A	0.000	-1.35	-0.00
B	6.000	-4.50	-0.00
C	12.000	-1.35	-0.00

11. Tragfähigkeitsnachweisergebnisse

11.1. Tragfähigkeitsnachweis

Ergebnisse des Tragfähigkeitsnachweises



Biegespannung
Hauptträger
 σ_h in MN/m²
Max: 2.97

Schubspannung
Hauptträger
 τ_h in MN/m²
Max: 1.77

Ausnutzung
Hauptträger
Max: 1.40

maximale
Ausnutzung
Max: 1.40

maximale Ausnutzung

Punkt	x	U	Punkt	x	U	Punkt	x	U
-	m	-	-	m	-	-	m	-
A	0.000	0.839	B	6.000	1.398	Minimum		0.123
	1.900	0.134		9.500	0.123	Maximum		1.398
	2.600	0.134		10.100	0.130			
B	6.000	1.398	C	12.000	0.839			

extremale Lagerkräfte

Punkt	x	min AP	max AP
-	m	kN	kN
A	0.000	-3.54	-1.12
B	6.000	-11.81	-3.75
C	12.000	-3.54	-1.12

Nachweis der Lagerpressung

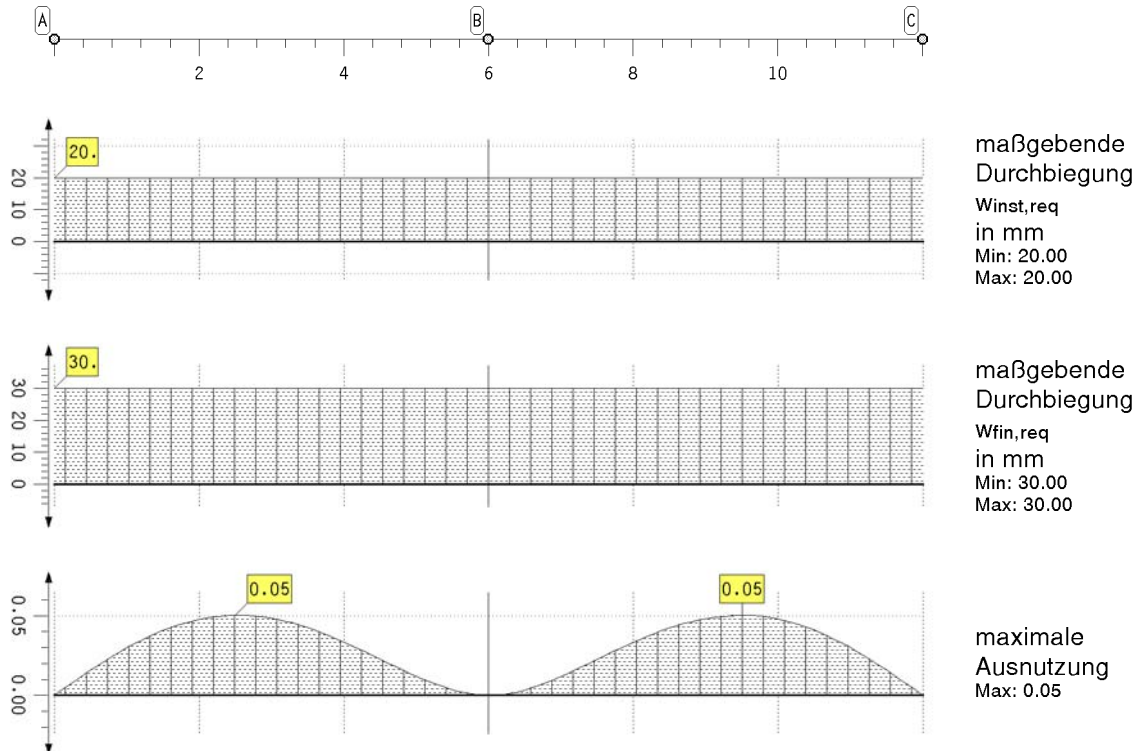
Lager	I_{ef} mm	A_{ef} mm ²	A_p N	k_{c90}	k_{mod} -	f_{c90d} N/mm ²	σ_{c90d} N/mm ²	u -
A	180	1800	1519	1.00	0.20	1.23	0.84	0.69
B	210	2100	5063	1.00	0.20	1.23	2.41	1.96
C	180	1800	1519	1.00	0.20	1.23	0.84	0.69

Nachweis der Lagerpressungen für den Hauptträger($u = 1.959$) nicht erfüllt!

12. Durchbiegungsnachweisergebnisse

12.1. Durchbiegungsnachweis

Ergebnisse des Durchbiegungsnachweises



maximale Ausnutzung

Punkt	x m	U	Punkt	x m	U	Punkt	x m	U	Punkt	x m	U
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0.000	0.000	5.300	0.006	0.044	8.600	0.044	Minimum	0.000		
	1.400	0.039	B	6.000	0.000	9.500	0.050	Maximum	0.050		
	2.500	0.050	B	6.000	0.000	10.600	0.039				
	3.400	0.044	6.700	0.006	0.000	12.000	0.000				

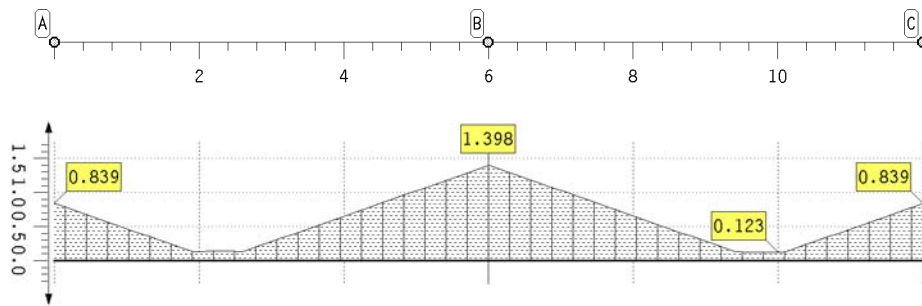
extremale Lagerkräfte

Punkt	x m	min AP kN	max AP kN
-	-	-	-
A	0.000	-3.07	-1.12
B	6.000	-10.24	-3.75
C	12.000	-3.07	-1.12

13. Zusammenfassung

13.1. Zusammenfassung aller Nachweise

maximale Ausnutzung



Ausnutzung
Max: 1.40

maximale Ausnutzung

Punkt	x	U	Punkt	x	U	Punkt	x	U
-	m	-	-	m	-	-	m	-
A	0.000	0.839	B	6.000	1.398	Minimum		0.123
	1.900	0.134		9.500	0.123	Maximum		1.398
	2.600	0.134		10.100	0.130			
B	6.000	1.398	C	12.000	0.839			

Nachweis der Lagerpressung

Lager	l _{ef}	A _{ef}	A _p	k _{c90}	k _{mod}	f _{c90d}	σ _{c90d}	u
	mm	mm ²	N		-	N/mm ²	N/mm ²	-
A	180	1800	1519	1.00	0.20	1.23	0.84	0.69
B	210	2100	5063	1.00	0.20	1.23	2.41	1.96
C	180	1800	1519	1.00	0.20	1.23	0.84	0.69

Nachweis der Lagerpressungen für den Hauptträger(u = 1.959) nicht erfüllt!

14. Ausnutzungen aller Nachweise

Nachweis der Tragfähigkeit (u = 1.959) nicht erfüllt!

15. Detailnachweispunkte

15.1. Nachweis der Tragfähigkeit bei x = 0.00 m

Schnittgrößen

Zustand	M	V	M ₁	N ₁	M ₂	N ₂	M ₃	N ₃
	kNm	kN	Nmm	N	Nmm	N	Nmm	N
Anfang,min	0.00	1.13	0	-0	0	0	0	0
Anfang,max	0.00	1.52	0	-0	0	0	0	0
End,min	0.00	1.13	0	-0	0	0	0	0
End,max	0.00	1.52	0	-0	0	0	0	0

Spannungen und Ausnutzung Steg

Zustand	k _{mod,2}	σ _{m,2}	σ _{c,2}	u _{σ,2}	τ ₂	u _τ	u ₂
	-	N/mm ²	N/mm ²	-	N/mm ²	-	-
Anfang	0.2	0.00	0.00	0.00	0.46	0.54	0.54
End	0.2	0.00	0.00	0.00	0.46	0.54	0.54

Spannungen und Ausnutzung Gurte

Zustand	k _{mod,1}	σ _{m,1}	σ _{c,1}	u ₁	k _{mod,3}	σ _{m,3}	σ _{c,3}	u ₃
	-	N/mm ²	N/mm ²	-	-	N/mm ²	N/mm ²	-
Anfang	0.6	0.00	-0.00	0.00	0.6	0.00	0.00	0.00
End	0.6	0.00	-0.00	0.00	0.6	0.00	0.00	0.00

Klebefuge mit f_{v1,d} = 0.046 N/mm²

Zustand	S _{1,d}	τ _{1,d}	u _{1,d}	S _{2,d}	τ _{2,d}	u _{2,d}
	cm ²	N/mm ²	-	cm ²	N/mm ²	-
Anfang	1320	0.0280	0.84	1320	0.0280	0.84
End	1320	0.0280	0.84	1320	0.0280	0.84

15.1.1. Nachweis des Stegbeulens nach DIN EN 1995, 9.1.1(7) mit $b_w/h_w = 10/380$ mm

Gl. (9.8) $h_w = 38 \leq 70$ $b_w = 70$

Gl. (9.9) $V_d = 1.52$ kN ≤ 102.87 kN

Resultierende Ausnutzung am Nachweispunkt $u_{res} = 0.543$

15.2. Nachweis der Tragfähigkeit bei $x = 1.20$ m

Schnittgrößen

Zustand	M kNm	V kN	M ₁ Nmm	N ₁ N	M ₂ Nmm	N ₂ N	M ₃ Nmm	N ₃ N
Anfang,min	0.99	0.52	2921	-2142	41592	0	2921	2142
Anfang,max	1.34	0.71	3944	-2892	56149	0	3944	2892
End,min	0.99	0.52	2986	-2190	20648	0	2986	2190
End,max	1.34	0.71	4031	-2956	27874	0	4031	2956

Spannungen und Ausnutzung Steg

Zustand	k _{mod,2} -	σ _{m,2} N/mm ²	σ _{c,2} N/mm ²	u _{σ,2} -	τ ₂ N/mm ²	u _τ -	u ₂ -
Anfang	0.2	0.13	0.00	0.10	0.21	0.25	0.25
End	0.2	0.07	0.00	0.05	0.21	0.25	0.25

Spannungen und Ausnutzung Gurte

Zustand	k _{mod,1} -	σ _{m,1} N/mm ²	σ _{c,1} N/mm ²	u ₁ -	k _{mod,3} -	σ _{m,3} N/mm ²	σ _{c,3} N/mm ²	u ₃ -
Anfang	0.6	0.07	-0.48	0.06	0.6	0.07	0.48	0.05
End	0.6	0.07	-0.49	0.06	0.6	0.07	0.49	0.05

Klebefuge mit $fv_{1,d} = 0.046$ N/mm²

Zustand	S _{1,d} cm ²	τ _{1,d} N/mm ²	u _{1,d} -	S _{2,d} cm ²	τ _{2,d} N/mm ²	u _{2,d} -
Anfang	1320	0.0131	0.39	1320	0.0131	0.39
End	1320	0.0131	0.39	1320	0.0131	0.39

15.2.1. Nachweis des Stegbeulens nach DIN EN 1995, 9.1.1(7) mit $b_w/h_w = 10/380$ mm

Gl. (9.8) $h_w = 38 \leq 70$ $b_w = 70$

Gl. (9.9) $V_d = 0.71$ kN ≤ 102.87 kN

Resultierende Ausnutzung am Nachweispunkt $u_{res} = 0.391$

15.3. Nachweis der Tragfähigkeit bei $x = 6.00$ m

Schnittgrößen

Zustand	M kNm	V kN	M ₁ Nmm	N ₁ N	M ₂ Nmm	N ₂ N	M ₃ Nmm	N ₃ N
Anfang,min	-3.04	1.88	-8963	6573	-127610	-0	-8963	-6573
Anfang,max	-2.25	2.53	-6639	4869	-94526	-0	-6639	-4869
End,min	-3.04	1.88	-9161	6718	-63351	-0	-9161	-6718
End,max	-2.25	2.53	-6786	4976	-46927	-0	-6786	-4976

Spannungen und Ausnutzung Steg

Zustand	k _{mod,2} -	σ _{m,2} N/mm ²	σ _{c,2} N/mm ²	u _{σ,2} -	τ ₂ N/mm ²	u _τ -	u ₂ -
Anfang	0.2	0.23	0.00	0.16	0.76	0.90	0.90
End	0.2	0.11	0.00	0.08	0.76	0.90	0.90

Spannungen und Ausnutzung Gurte

Zustand	k _{mod,1} -	σ _{m,1} N/mm ²	σ _{c,1} N/mm ²	u ₁ -	k _{mod,3} -	σ _{m,3} N/mm ²	σ _{c,3} N/mm ²	u ₃ -
Anfang	0.6	0.11	0.81	0.09	0.6	0.11	-0.81	0.07
End	0.6	0.11	0.83	0.09	0.6	0.11	-0.83	0.07

Klebefuge mit $fv_{1,d} = 0.046$ N/mm²

Zustand	S _{1,d} cm ²	τ _{1,d} N/mm ²	u _{1,d} -	S _{2,d} cm ²	τ _{2,d} N/mm ²	u _{2,d} -
Anfang	1320	0.0467	1.40	1320	0.0467	1.40
End	1320	0.0467	1.40	1320	0.0467	1.40

15.3.1. Nachweis des Stegbeulens nach DIN EN 1995, 9.1.1(7) mit $b_w/h_w = 10/380$ mmGl. (9.8) $h_w = 38 \leq 70$ $b_w = 70$ Gl. (9.9) $V_d = 2.53 \text{ kN} \leq 102.87 \text{ kN}$ **Resultierende Ausnutzung am Nachweispunkt $u_{res} = 1.398$** **15.4. Nachweis der Tragfähigkeit bei $x = 8.00$ m**

Schnittgrößen

Zustand	M kNm	V kN	M ₁ Nmm	N ₁ N	M ₂ Nmm	N ₂ N	M ₃ Nmm	N ₃ N
Anfang,min	0.50	0.88	1475	-1082	21006	0	1475	1082
Anfang,max	0.68	1.18	1992	-1461	28358	0	1992	1461
End,min	0.50	0.88	1508	-1106	10428	0	1508	1106
End,max	0.68	1.18	2036	-1493	14078	0	2036	1493

Spannungen und Ausnutzung Steg

Zustand	k _{mod,2} -	σ _{m,2} N/mm ²	σ _{c,2} N/mm ²	u _{σ,2} -	τ ₂ N/mm ²	u _τ -	u ₂ -
Anfang	0.2	0.07	0.00	0.05	0.35	0.42	0.42
End	0.2	0.03	0.00	0.02	0.35	0.42	0.42

Spannungen und Ausnutzung Gurte

Zustand	k _{mod,1} -	σ _{m,1} N/mm ²	σ _{c,1} N/mm ²	u ₁ -	k _{mod,3} -	σ _{m,3} N/mm ²	σ _{c,3} N/mm ²	u ₃ -
Anfang	0.6	0.03	-0.24	0.02	0.6	0.03	0.24	0.03
End	0.6	0.03	-0.25	0.02	0.6	0.03	0.25	0.03

Klebefuge mit $f_{v1,d} = 0.046 \text{ N/mm}^2$

Zustand	S _{1,d} cm ²	τ _{1,d} N/mm ²	u _{1,d} -	S _{2,d} cm ²	τ _{2,d} N/mm ²	u _{2,d} -
Anfang	1320	0.0218	0.65	1320	0.0218	0.65
End	1320	0.0218	0.65	1320	0.0218	0.65

15.4.1. Nachweis des Stegbeulens nach DIN EN 1995, 9.1.1(7) mit $b_w/h_w = 10/380$ mmGl. (9.8) $h_w = 38 \leq 70$ $b_w = 70$ Gl. (9.9) $V_d = 1.18 \text{ kN} \leq 102.87 \text{ kN}$ **Resultierende Ausnutzung am Nachweispunkt $u_{res} = 0.652$**