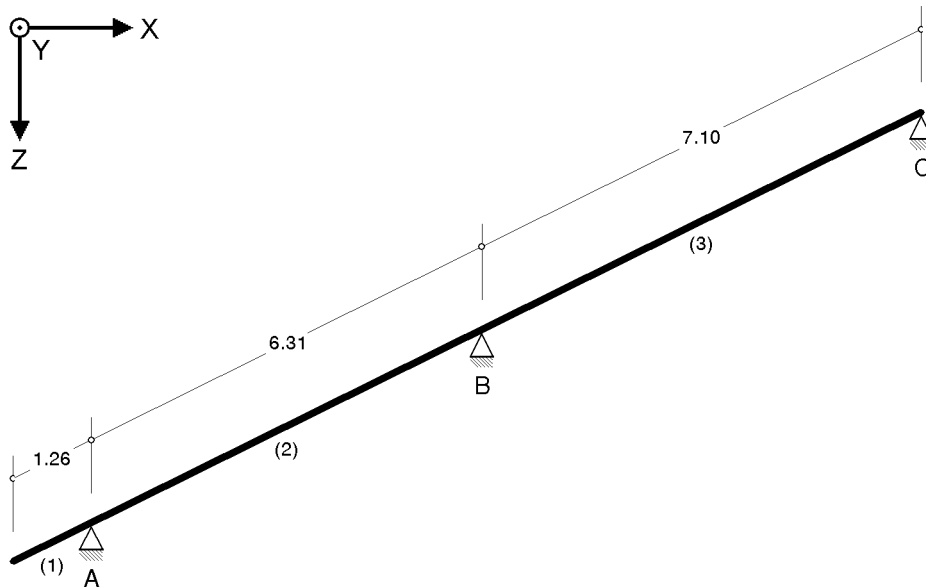


# POSITION 1: GRATSPARREN

## System: Gratsparren



## Systemkennwerte

<b>Gesamtlänge:</b>	14.68 m
<b>Neigungswinkel:</b>	26.34°
<b>Material:</b>	Nadelholz: C24 mit $E = 11000 \text{ N/mm}^2$
<b>Querschnitt:</b>	$b=12.0 \text{ cm}$ , $h=28.0 \text{ cm}$
<b>Normen:</b>	Eurocode: EN 1990 (Lastfaktoren), EN 1991 (Wind- und Schneelasten), EN 1995 (Holzbau)
<b>nat. Anhang:</b>	NA-DE (Deutschland)

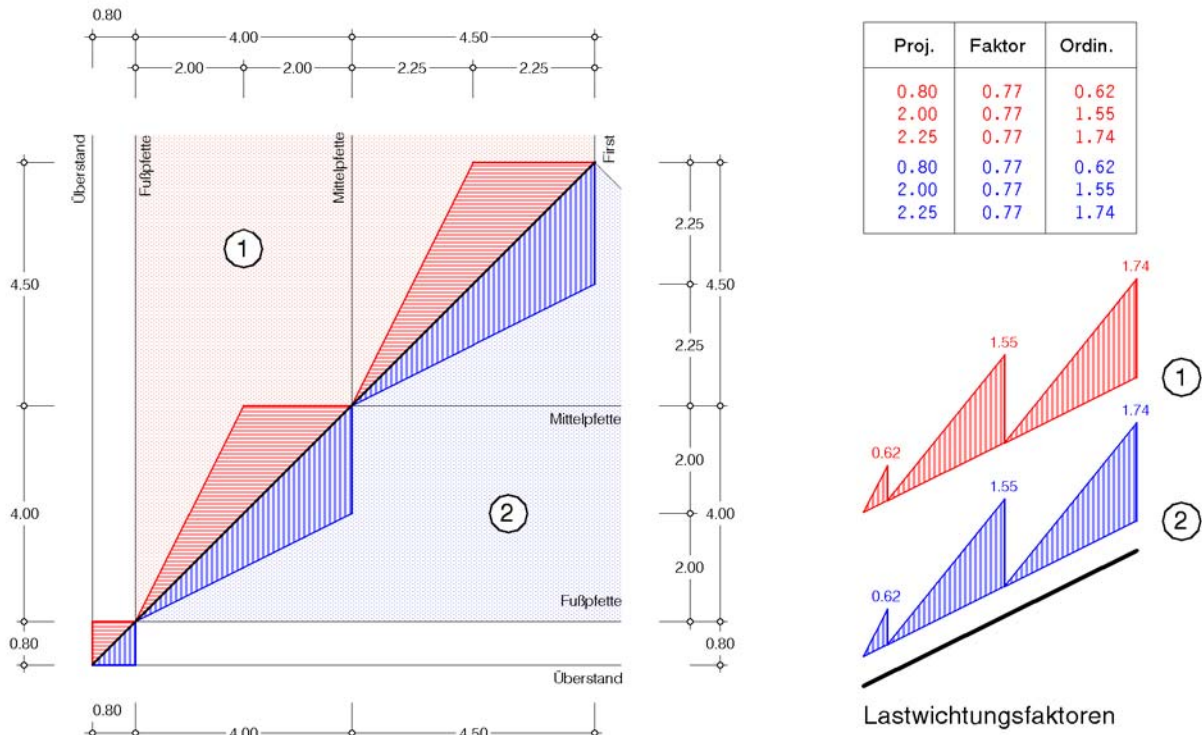
## Lager, Gelenke, Einkerbungen

$\xi$  läuft vom unteren Balkenende in Stabrichtung nach oben.  
Spalte c weist die Tiefe der Einkerbung senkrecht zur Stabachse aus.

Knoten	bei $\xi$ m	Lager in Richtung			Gelenk	c cm
		X	Y	Z		
-	-	-	-	-	-	cm
A	1.26	starr	starr	starr	-	0.0
B	7.57	starr	starr	starr	-	0.0
C	14.68	starr	starr	starr	-	0.0

## Lastwichtungsfaktoren

Die den angrenzenden Dachflächen zugeordneten Flächenlasten werden mit den Lastwichtungsfaktoren multipliziert als Linienlast auf dem Sparren angeordnet.



## Belastungsstruktur

Auf der linken Seite sind die Beziehungen der Einwirkungen und Lastfälle zueinander in einer Baumstruktur dargestellt. Auf der rechten Seite sind die überlagerungsspezifischen Eigenschaften den links stehenden Objekten zugeordnet angegeben.

verwendete Symbole: Einwirkung Lastfall

### ständige Lasten

- 1: Eigengewicht
- 2: Außenhaut
- 3: Innenausbau

### Immer wirkend

- additiv (Eigengewicht der tragenden Konstruktion)
- additiv (Eigengewicht der Außenhaut)
- additiv (Eigengewicht des Innenausbaus)

### Mannlasten

- 4: Mannlast(1)
- 5: Mannlast(2)
- 6: Mannlast(3)

### Kategorie H: Dächer

- alternativ (auf Dachüberstand (unten, links))
- alternativ (in Feldmitte (Feld 1))
- alternativ (in Feldmitte (Feld 2))

### Windlasten

- 7: Wind von links
- 8: Wind von rechts
- 9: Wind von vorne

### Windlasten

- alternativ
- alternativ
- alternativ

### Schneelasten

- 10: Schnee voll

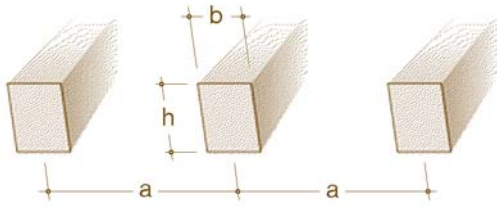
### Schneelasten (Orte bis NN+1000m)

- alternativ

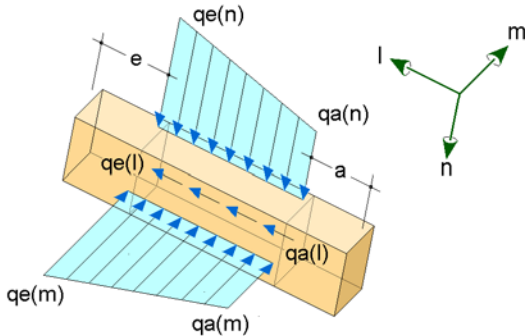
## Lastfall 1: Eigengewicht

Eigengewicht der tragenden Konstruktion

Gratsparren: Wichte  $\gamma = 5.00 \text{ kN/m}^3$   $\Rightarrow$  Gleichstreckenlast:  $0.28 * 0.12 * 5.00 =$  **0.17 kN/m**  
 Schiftersparren: Wichte  $\gamma = 5.00 \text{ kN/m}^3$   $\Rightarrow$  Flächenlast:  $0.20 * 0.14 * 5.00 / 0.80 =$  **0.17 kN/m<sup>2</sup>**



$h = 20.00 \text{ cm}$   
 $b = 14.00 \text{ cm}$   
 $a = 0.80 \text{ m}$



Richtung:	
totrecht	senkrecht von oben nach unten
Wind1	senkrecht auf Dachfläche 1 ) <sup>1</sup>
Wind2	senkrecht auf Dachfläche 2 ) <sup>1</sup>
	) <sup>1</sup> positiv = Druck

Abschnittseinteilung siehe Systemskizze

### Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 1: Eigengewicht

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(l)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(l)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	totrecht	0.00	<b>0.168</b>	-0.075	0.000	0.151	0.00	<b>0.168</b>	-0.075	0.000	0.151	Eigengewicht
1	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.108</b>	-0.048	0.000	0.097	Dachfläche 1
1	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.108</b>	-0.048	0.000	0.097	Dachfläche 2
2	totrecht	0.00	<b>0.168</b>	-0.075	0.000	0.151	0.00	<b>0.168</b>	-0.075	0.000	0.151	Eigengewicht
2	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.271</b>	-0.120	0.000	0.243	Dachfläche 1
2	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.271</b>	-0.120	0.000	0.243	Dachfläche 2
3	totrecht	0.00	<b>0.168</b>	-0.075	0.000	0.151	0.00	<b>0.168</b>	-0.075	0.000	0.151	Eigengewicht
3	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.305</b>	-0.135	0.000	0.273	Dachfläche 1
3	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.305</b>	-0.135	0.000	0.273	Dachfläche 2

## Lastfall 2: Außenhaut

Eigengewicht der Außenhaut

Beschreibung	Ordinate
Falzziegel nach DIN 456 einschl. Lattung	0.550 kN/m <sup>2</sup>
Dampfsperre aus Kunststoffbahn	0.020 kN/m <sup>2</sup>
6 cm Faserdämmstoffe nach DIN 18 165	0.060 kN/m <sup>2</sup>
<b>Lastsumme:</b>	<b>0.630 kN/m<sup>2</sup></b>

### Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 2: Außenhaut

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(l)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(l)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.390</b>	-0.173	0.000	0.349	Dachfläche 1
1	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.390</b>	-0.173	0.000	0.349	Dachfläche 2
2	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.975</b>	-0.432	0.000	0.874	Dachfläche 1
2	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>0.975</b>	-0.432	0.000	0.874	Dachfläche 2
3	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>1.097</b>	-0.487	0.000	0.983	Dachfläche 1
3	totrecht	0.00	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.00	<b>1.097</b>	-0.487	0.000	0.983	Dachfläche 2

## Lastfall 3: Innenausbau

Eigengewicht des Innenausbaus

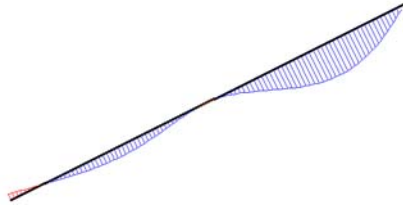
Beschreibung	Ordinate
3/5 Lattung	0.030 kN/m <sup>2</sup>
1,3 cm Spanplatte DIN 68 763	0.100 kN/m <sup>2</sup>
<b>Lastsumme:</b>	<b>0.130 kN/m<sup>2</sup></b>

## Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 3: Innenausbau

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(l)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(l)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.080	-0.036	0.000	0.072	Dachfläche 1
1	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.080	-0.036	0.000	0.072	Dachfläche 2
2	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.201	-0.089	0.000	0.180	Dachfläche 1
2	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.201	-0.089	0.000	0.180	Dachfläche 2
3	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.226	-0.100	0.000	0.203	Dachfläche 1
3	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.226	-0.100	0.000	0.203	Dachfläche 2

## extremale Durchbiegungen

Verformungen senkrecht zur Stabachse  
Summe aus allen ständigen Lasten



(max w = 11.4 mm, min w = -2.3 mm)

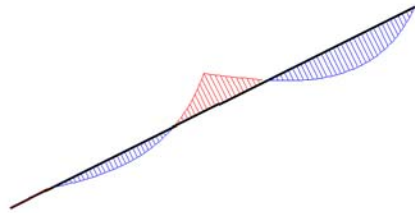
## extremale Auflagerreaktionen

Summe aus allen ständigen Lasten in kN

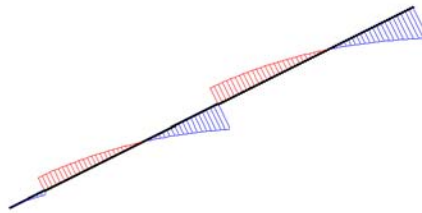
Lager	H	V
A	-0.57	3.36
B	1.11	13.30
C	-0.53	7.22

## extremale Schnittgrößen

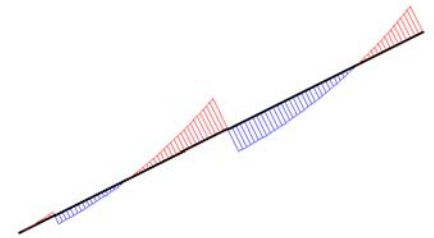
Summe aus allen ständigen Lasten



max Mm = 7.07 kNm, min Mm = -8.55 kNm



max N = 3.68 kN, min N = -1.97 kN

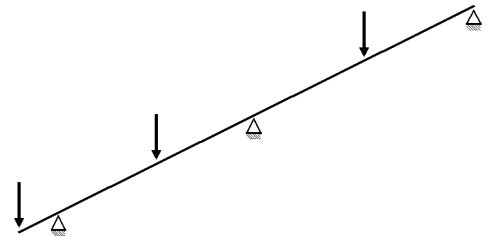


max Vn = 5.19 kN, min Vn = -7.22 kN

## Einwirkung der Mannlasten

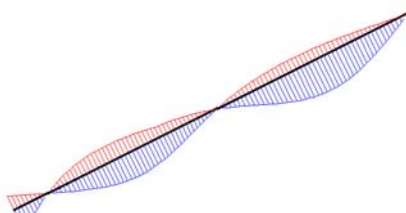
Die Mannlasten werden jeweils in der Feldmitte bzw. am Kragarmende angeordnet. Lastordinate: P = 1.00 kN. Es werden folgende alternative Lastfälle untersucht.

LF	Bezeichnung	Erläuterung
4	Mannlast(1)	auf Dachüberstand (unten, links)
5	Mannlast(2)	in Feldmitte (Feld 1)
6	Mannlast(3)	in Feldmitte (Feld 2)



## extremale Durchbiegungen

Verformungen senkrecht zur Stabachse  
Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Mannlasten



(max w = 2.0 mm, min w = -0.9 mm)

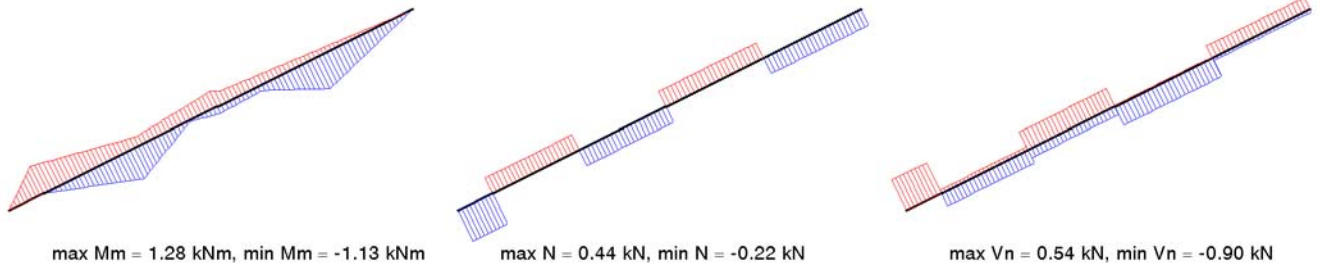
## extremale Auflagerreaktionen

Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Mannlasten in kN

Lager	H		V	
	min	max	min	max
A	-0.04	0.10	-0.09	1.20
B	-0.11	0.08	-0.23	0.67
C	-0.04	0.02	-0.06	0.42

# extremale Schnittgrößen

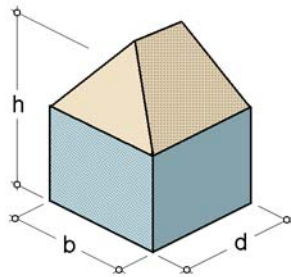
Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Mannlasten



# Einwirkung der Windlasten

Bodenrauigkeitsprofil nach DIN 1055-4 bzw. DIN EN 1991-1-4/NA: Binnenland

- Windzone: 2
- h + NN: 60 m
- Faktor: 1.0000
- q<sub>ref</sub>: 0.39 kN/m<sup>2</sup>
- h: 10.25 m
- b: 8.50 m
- d: 12.00 m
- ⇒ q(h): 0.67 kN/m<sup>2</sup>



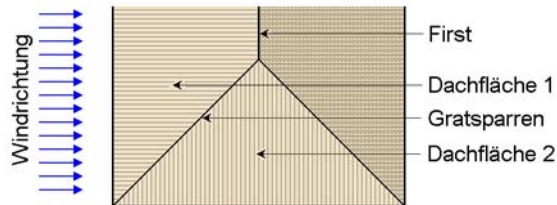
Es werden folgende alternative Lastfälle untersucht.

LF	Bezeichnung	Erklärung
7	Wind von links	
8	Wind von rechts	
9	Wind von vorne	

## Lastfall 7: Wind von links

Außendruckbeiwerte  $c_{pe,10}$  im Bereich des Gratsparrens gemäß DIN 1055-4:2005-03 - Tab.7 bzw. EN 1991-1-4 Tab.7.5  
(+) = Druck (-) = Sog Tabelleneingangswert:  $\alpha_0 = 35^\circ$

Dachfläche	Bereich	$c_{pe,10}$	$q = c_{pe,10} * q(h)$
1	F	0.57	0.38 kN/m <sup>2</sup>
2	L	-1.37	-0.91 kN/m <sup>2</sup>



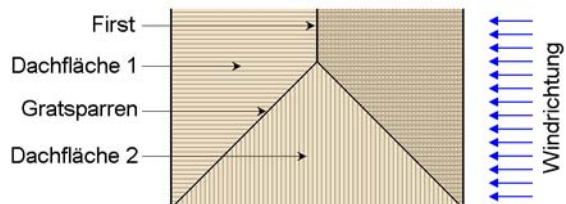
Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 7: Wind von links

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(1)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(1)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.235	0.000	0.095	0.214	Dachfläche 1
1	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.566	0.000	0.230	-0.517	Dachfläche 2
2	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.587	0.000	0.238	0.536	Dachfläche 1
2	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-1.415	0.000	0.574	-1.293	Dachfläche 2
3	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.660	0.000	0.268	0.603	Dachfläche 1
3	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-1.592	0.000	0.646	-1.455	Dachfläche 2

## Lastfall 8: Wind von rechts

Außendruckbeiwerte  $c_{pe,10}$  im Bereich des Gratsparrens gemäß DIN 1055-4:2005-03 - Tab.7 bzw. EN 1991-1-4 Tab.7.5  
(+) = Druck (-) = Sog Tabelleneingangswert:  $\alpha_0 = 35^\circ$

Dachfläche	Bereich	$c_{pe,10}$	$q = c_{pe,10} * q(h)$
1	J	-0.67	-0.45 kN/m <sup>2</sup>
2	M	-0.80	-0.54 kN/m <sup>2</sup>



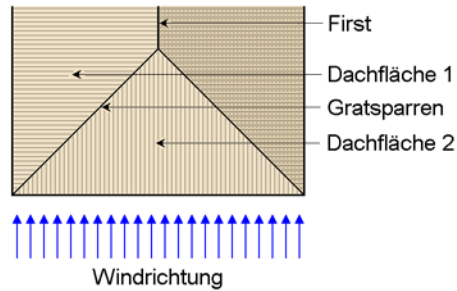
### Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 8: Wind von rechts

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(1)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(1)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.276	0.000	-0.112	-0.252	Dachfläche 1
1	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.331	0.000	0.134	-0.303	Dachfläche 2
2	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.690	0.000	-0.280	-0.631	Dachfläche 1
2	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.828	0.000	0.336	-0.757	Dachfläche 2
3	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.776	0.000	-0.315	-0.710	Dachfläche 1
3	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.932	0.000	0.378	-0.852	Dachfläche 2

### Lastfall 9: Wind von vorne

Außendruckbeiwerte  $c_{pe,10}$  im Bereich des Gratsparrens gemäß DIN 1055-4:2005-03 - Tab.7 bzw. EN 1991-1-4 Tab.7.5  
 (+) = Druck (-) = Sog Tabelleneingangswert:  $\alpha_{90} = 35^\circ$

Dachfläche	Bereich	$c_{pe,10}$	$q = c_{pe,10} * q(h)$
1	L	-1.37	-0.91 kN/m <sup>2</sup>
2	F	0.57	0.38 kN/m <sup>2</sup>

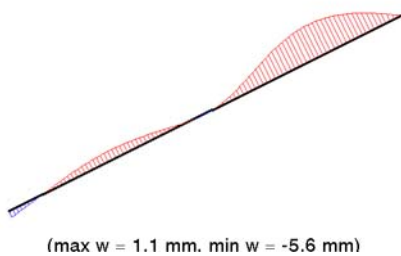


### Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 9: Wind von vorne

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(1)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(1)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-0.566	0.000	-0.230	-0.517	Dachfläche 1
1	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.235	0.000	-0.095	0.214	Dachfläche 2
2	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-1.415	0.000	-0.574	-1.293	Dachfläche 1
2	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.587	0.000	-0.238	0.536	Dachfläche 2
3	W1nd1	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	-1.592	0.000	-0.646	-1.455	Dachfläche 1
3	W1nd2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.660	0.000	-0.268	0.603	Dachfläche 2

### extremale Durchbiegungen

Verformungen senkrecht zur Stabachse  
 Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Windlasten



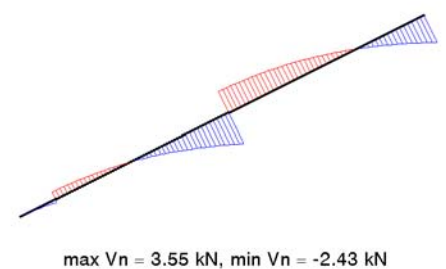
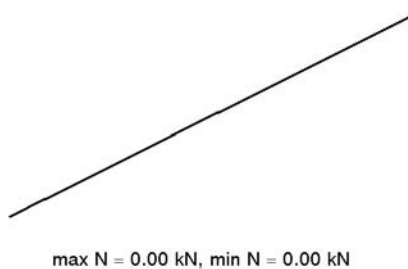
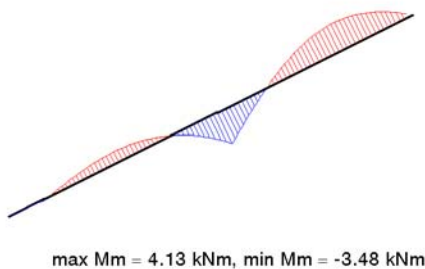
### extremale Auflagerreaktionen

Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Windlasten in kN

Lager	Hx		V		Hy	
	min	max	min	max	min	max
A	-0.52	0.00	-1.06	0.00	-0.69	0.69
B	-2.65	0.00	-5.36	0.00	-3.50	3.50
C	-1.38	0.00	-2.79	0.00	-1.82	1.82

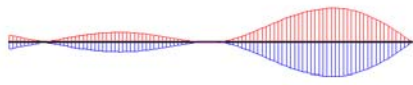
### extremale Schnittgrößen

Extremale aus vertikalen Lastanteilen aller Lastfälle der Einwirkung Windlasten

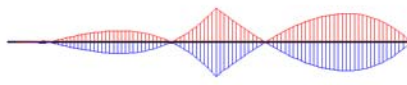


## extremale Schnittgrößen

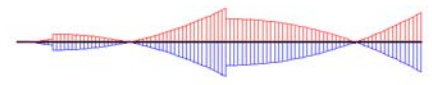
Extremale aus horizontalen Lastanteilen aller Lastfälle der Einwirkung Windlasten



(max  $w = 17.7$  mm, min  $w = -17.7$  mm)



max  $M_n = 2.42$  kNm, min  $M_n = -2.42$  kNm



max  $V_m = 2.08$  kN, min  $V_m = -2.08$  kN

## Einwirkung der Schneelasten

Schneelastzone: 1

$h + NN$ : 60 m

$\Rightarrow s_k$ : 0.65 kN/m<sup>2</sup>

Es wird folgender Lastfall untersucht.

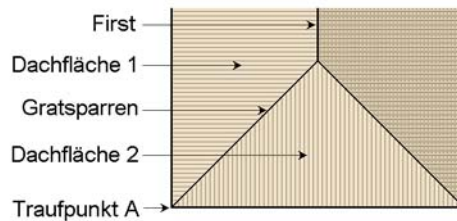
LF	Bezeichnung
10	Schnee voll

## Lastfall 10: Schnee voll

Lastermittlung nach EN 1991-1-3

Wird das Abrutschen des Schnees durch Schneefanggitter o. ä. behindert, so wird der Formbeiwert  $\mu_1$  unabhängig von der Dachneigung mit 0.8 festgelegt.

Dachfläche	Neigung	$\mu_1$	$q = \mu_1 s_k \cos \alpha$
1	35	0.67	0.35 kN/m <sup>2</sup>
2	35	0.80	0.43 kN/m <sup>2</sup>



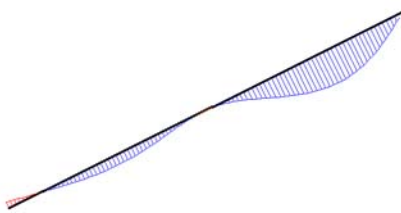
Trapezlasten (abschnittsweise) zu Lastfall 10: Schnee voll

Abschn.	Richtung	a	qa	qa(1)	qa(m)	qa(n)	e	qe	qe(1)	qe(m)	qe(n)	aus
-	-	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	
1	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.220	-0.097	0.000	0.197	Dachfläche 1
1	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.264	-0.117	0.000	0.236	Dachfläche 2
2	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.549	-0.244	0.000	0.492	Dachfläche 1
2	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.659	-0.292	0.000	0.591	Dachfläche 2
3	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.618	-0.274	0.000	0.554	Dachfläche 1
3	lotrecht	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.741	-0.329	0.000	0.664	Dachfläche 2

## extremale Durchbiegungen

Verformungen senkrecht zur Stabachse

Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Schneelasten



(max  $w = 4.3$  mm, min  $w = -0.9$  mm)

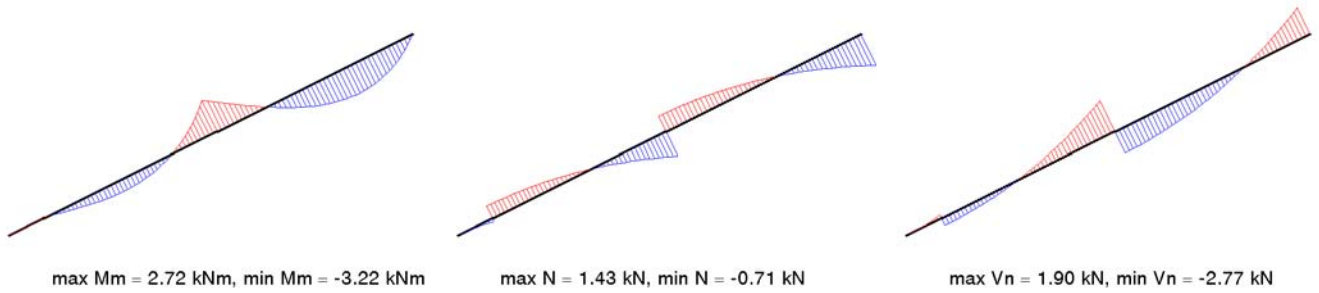
## extremale Auflagerreaktionen

Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Schneelasten in kN

Lager	H		V	
	min	max	min	max
A	-0.22	0.00	0.00	1.13
B	0.00	0.42	0.00	5.00
C	-0.20	0.00	0.00	2.81

## extremale Schnittgrößen

Extremale aus allen Lastfällen der Einwirkung Schneelasten



## Hauptnachweis

### Nachweis der Tragfähigkeit für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen

Nutzungsklasse des Bauwerks	1
Materialsicherheitsbeiwert	1.30
Schnittgrößenkombination	nach EN 1990

Die Stabilität wird mit Hilfe der nachfolgend aufgeführten Knick- und Kippbeiwerte untersucht

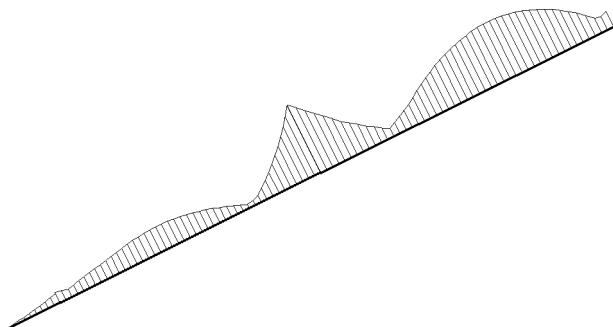
Abschnitt	Knicken (vertikal)		Knicken (horizontal)		Kippen	
	lef m	kc,y -	lef m	kc,z -	lef m	km -
1	1.26	1.0000	1.26	0.9101	1.26	1.0000
2	6.31	0.4642	6.31	0.0975	6.31	1.0000
3	7.10	0.3808	7.10	0.0776	7.10	0.9916

### Sicherheits- und Kombinationsbeiwerte, Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Einwirkung	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\Psi_{dom}$	$\Psi_{sub}$	KLED	$k_{mod}$
ständige Lasten	1.35	1.00	1.00	1.00	ständig	0.60
Mannlasten	1.50	0.00	1.00	0.00	kurz	0.90
Windlasten	1.50	0.00	1.00	0.60	k. - s.k.	1.00
Schneelasten	1.50	0.00	1.00	0.50	kurz	0.90

maximaler Ausnutzungsgrad

max U = 0.69





### formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung

maßgebende Stelle bei  $\xi = 7.57 \text{ m}$  ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)

maßgebende Schnittgrößen: min  $N$ , zug  $M_y$ , zug  $V_z$ , zug  $M_z$ , zug  $V_y$

maßgebender Spannungszustand: Normalspannung

führende Verkehrseinwirkung: keine

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	Faktor	$N_k$	$M_{y,k}$	$V_{z,k}$	$M_{z,k}$	$V_{y,k}$	$N_d$	$M_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$
ständige Lasten	1.35	1.00	1.35	-1.97	-8.55	5.19	0.00	0.00	-2.66	-11.54	7.01	0.00	0.00
Mannlasten	0.00	1.00	0.00	-0.22	-0.63	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Windlasten	0.00	0.60	0.00	0.00	2.25	-1.33	2.42	-1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Schneelasten	0.00	0.50	0.00	-0.71	-3.22	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Summe (= Bemessungsschnittgrößen in kN, kNm)									-2.66	-11.54	7.01	0.00	0.00

Querschnittswerte:  $h = 28.0 \text{ cm}$ ,  $b = 12.0 \text{ cm}$

$A = 0.0336000 \text{ m}^2$

$W_y = 0.0015680 \text{ m}^3$

$W_z = 0.0006720 \text{ m}^3$

Spannungen:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 0.0010 * -2.66 / 0.033600 = -0.08 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y = 0.0010 * -11.54 / 0.001568 = -7.36 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,d} / W_z = 0.0010 * 0.00 / 0.000672 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{z,d} = 1.5 V_{z,d} / A = 0.0015 * 7.01 / 0.033600 = 0.31 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1.5 V_{y,d} / A = 0.0015 * 0.00 / 0.033600 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Charakteristische Festigkeiten nach Eurocode

$f_{c,0,k} = 21.00$ ,  $f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$

Bemessungswerte mit  $\gamma_M = 1.30$  und  $k_{mod} = 0.60$ :

$f_{c,0,d} = 9.69$ ,  $f_{m,d} = 11.08 \text{ N/mm}^2$  ( $k_{red} = 0.7$ )

$$\max \text{ Ausnutzung } U = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_m f_{m,d}} + k_{red} \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,d}} = \frac{0.08}{0.3808 \cdot 9.69} + \frac{7.36}{0.9916 \cdot 11.08} + 0.7 \frac{0.00}{11.08} = 0.69 \leq 1.00$$

### Sondernachweis "Norddeutsche Tiefebene"

#### Nachweis der Tragfähigkeit für außergewöhnliche Bemessungssituationen

Nutzungsklasse des Bauwerks

1

Materialsicherheitsbeiwert

1.00

Schnittgrößenkombination

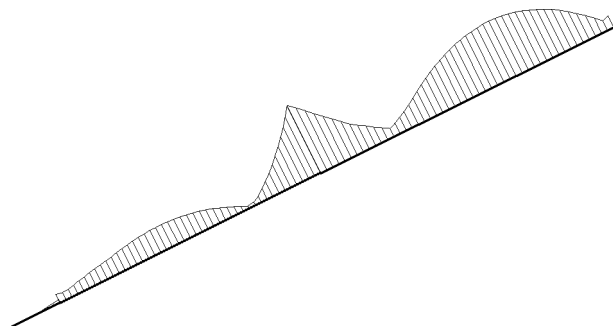
nach DIN 1055-100

Sicherheits- und Kombinationsbeiwerte, Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Einwirkung	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\Psi_{dom}$	$\Psi_{sub}$	KLED	$k_{mod}$
ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	1.00	ständig	0.60
Mannlasten	1.00	0.00	0.00	0.00	kurz	0.90
Windlasten	1.00	0.00	0.20	0.00	1.00	
Schneelasten	2.30	2.30	1.00	1.00	kurz	0.90

maximaler Ausnutzungsgrad

max  $U = 0.49$



### formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung

maßgebende Stelle bei  $\xi = 7.57 \text{ m}$  ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)

maßgebende Schnittgrößen: min  $N$ , zug  $M_y$ , zug  $V_z$ , zug  $M_z$ , zug  $V_y$

maßgebender Spannungszustand: Normalspannung

führende Verkehrseinwirkung: Mannlasten

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	Faktor	$N_k$	$M_{y,k}$	$V_{z,k}$	$M_{z,k}$	$V_{y,k}$	$N_d$	$M_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$
ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	-1.97	-8.55	5.19	0.00	0.00	-1.97	-8.55	5.19	0.00	0.00
Mannlasten	0.00	0.00	0.00	-0.22	-0.63	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Windlasten	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	-1.33	2.42	-1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Schneelasten	2.30	1.00	2.30	-0.71	-3.22	1.90	0.00	0.00	-1.64	-7.41	4.36	0.00	0.00
Summe (= Bemessungsschnittgrößen in kN, kNm)									-3.62	-15.96	9.55	0.00	0.00

Querschnittswerte:  $h = 28.0 \text{ cm}$ ,  $b = 12.0 \text{ cm}$

$$A = 0.0336000 \text{ m}^2$$

$$W_y = 0.0015680 \text{ m}^3$$

$$W_z = 0.0006720 \text{ m}^3$$

Spannungen:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 0.0010 * -3.62 / 0.033600 = -0.11 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y = 0.0010 * -15.96 / 0.001568 = -10.18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,d} / W_z = 0.0010 * 0.00 / 0.000672 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{z,d} = 1.5 V_{z,d} / A = 0.0015 * 9.55 / 0.033600 = 0.43 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1.5 V_{y,d} / A = 0.0015 * 0.00 / 0.033600 = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

Charakteristische Festigkeiten nach Eurocode

$$f_{c,0,k} = 21.00, \quad f_{m,k} = 24.00 \text{ N/mm}^2$$

Bemessungswerte mit  $\gamma_M = 1.00$  und  $k_{mod} = 0.90$ :

$$f_{c,0,d} = 18.90, \quad f_{m,d} = 21.60 \text{ N/mm}^2 \quad (k_{red} = 0.7)$$

$$\max \text{ Ausnutzung } U = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_m f_{m,d}} + k_{red} \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,d}} = \frac{0.11}{0.3808 \cdot 18.90} + \frac{10.18}{0.9916 \cdot 21.60} + 0.7 \frac{0.00}{21.60} = 0.49 \leq 1.00$$

### Brandschutznachweis

Brandbeanspruchung	vierseitig
geforderte Widerstandsdauer	30 Minuten
Abbrandtiefe	2.40 cm
Nachweisverfahren	Verfahren mit reduzierten Eigenschaften (EN 1995-1-2))
Materialsicherheitsbeiwert	1.00
Schnittgrößenkombination	nach EN 1990

### reduzierte Querschnitte und Festigkeitswerte

$h_r$	$b_r$	$u_r$	$A_r$	$f_{m,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{t,d}$
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
23.20	7.20	60.80	167.04	24.54	18.61	15.57

### Reduzierte Knick- und Kippbeiwerte

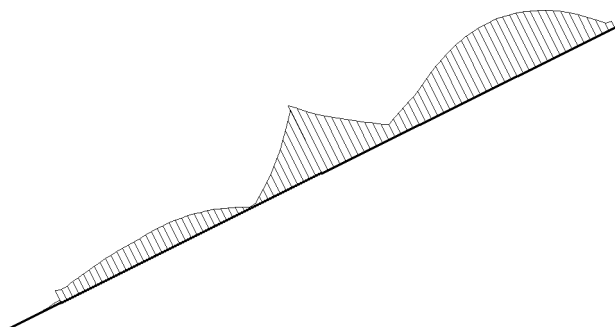
Abschnitt	Knicken (vertikal)		Knicken (horizontal)		Kippen	
	l <sub>ef</sub>	k <sub>c,y</sub>	l <sub>ef</sub>	k <sub>c,z</sub>	l <sub>ef</sub>	k <sub>m</sub>
-	m	-	m	-	m	-
1	1.26	1.0000	1.26	0.7455	1.26	1.0000
2	6.31	0.4106	6.31	0.0450	6.31	0.7713
3	7.10	0.3344	7.10	0.0358	7.10	0.7235

### Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte

Einwirkung	$\gamma_{sup}$	$\gamma_{inf}$	$\Psi_{dom}$	$\Psi_{sub}$
ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	1.00
Mannlasten	1.00	0.00	0.00	0.00
Windlasten	1.00	0.00	0.00	0.00
Schneelasten	1.00	0.00	0.00	0.00



maximaler Ausnutzungsgrad  
 max U = 0.76



**formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung**

maßgebende Stelle bei  $\xi = 7.57$  m ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)  
 maßgebende Schnittgrößen: max N, zug My, zug Vz, zug Mz, zug Vy  
 maßgebender Spannungszustand: Normalspannung  
 führende Verkehrseinwirkung: keine

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	Faktor	$N_k$	$M_{y,k}$	$V_{z,k}$	$M_{z,k}$	$V_{y,k}$	$N_d$	$M_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$
ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	-1.97	-8.55	5.19	0.00	0.00	-1.97	-8.55	5.19	0.00	0.00
Mannlasten	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.50	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Windlasten	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	-1.33	2.42	-1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Schneelasten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Summe (= Bemessungsschnittgrößen in kN, kNm)									-1.97	-8.55	5.19	0.00	0.00

Querschnittswerte:  $h = 23.2$  cm,  $b = 7.2$  cm  
 $A = 0.0167040$  m<sup>2</sup>  
 $W_y = 0.0006459$  m<sup>3</sup>  
 $W_z = 0.0002004$  m<sup>3</sup>

Spannungen:  
 $\sigma_{c,0,d} = N_d / A = 0.0010 * -1.97 / 0.016704 = -0.12$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y = 0.0010 * -8.55 / 0.000646 = -13.23$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{m,z,d} = M_{z,d} / W_z = 0.0010 * 0.00 / 0.000200 = 0.00$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{z,d} = 1.5 V_{z,d} / A = 0.0015 * 5.19 / 0.016704 = 0.47$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{y,d} = 1.5 V_{y,d} / A = 0.0015 * 0.00 / 0.016704 = 0.00$  N/mm<sup>2</sup>

$$\text{max Ausnutzung } U = \frac{|\sigma_{c,0,d}|}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{k_m f_{m,d}} + k_{red} \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,d}} = \frac{0.12}{0.3344 \cdot 18.61} + \frac{13.23}{0.7235 \cdot 24.54} + 0.7 \frac{0.00}{24.54} = \underline{\underline{0.76 \leq 1.00}}$$

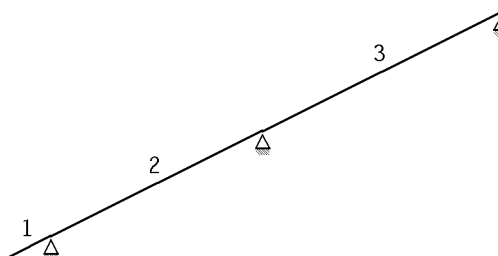
**Gebrauchstauglichkeitsnachweise**

**Vergleichslängen**

zur Ermittlung des Ausnutzungsgrades

Abschnitt	wahre Länge m	$l_v$ totr. m	$l_v$ hor. m
1	1.26	1.26	1.26
2	6.31	6.31	6.31
3	7.10	7.10	7.10

Abschnitte



## Grenzwerte

Verformung	im Feld	am Kragarm
$w_{inst}$	$l_v/300$	$l_v/150$
$w_{fin}$	$l_v/200$	$l_v/100$

## Gebrauchstauglichkeitsnachweis $w_{inst}$

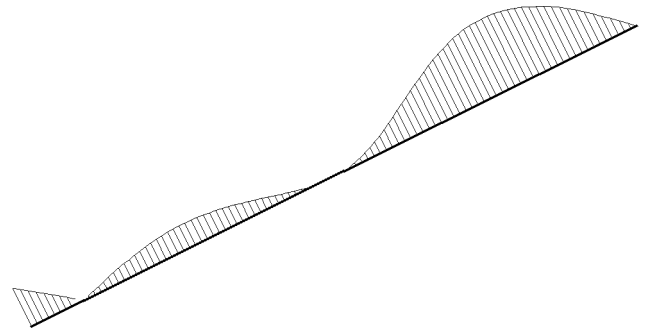
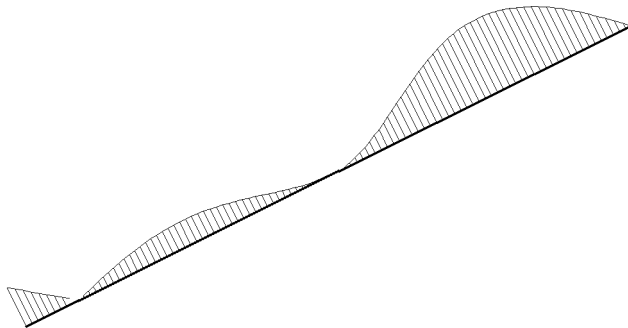
Kombinationsbeiwerte

Einwirkung	$\Psi_0$
Mannlasten	0.00
Windlasten	0.60
Schneelasten	0.50

Nutzungsstufe 1  
 $\Rightarrow k_{def} = 0.60$

maximaler Ausnutzungsgrad  
 aus lotrechten Lastanteilen  
 max U = 0.66

maximaler Ausnutzungsgrad  
 aus horizontalen Lastanteilen  
 max U = 0.75



### formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung aus lotrechten Lastanteilen

maßgebende Stelle bei  $\xi = 11.72$  m ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)

führende Verkehrseinwirkung: Schneelasten

maßgebende Verformung: max w

maßgebende Vergleichslänge: 7.10 m (alle Durchbiegungen in mm)

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	F	$w_k$	$w_{inst}$
ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	11.39	11.39
Mannlasten	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00
Windlasten	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00
Schneelasten	1.00	1.00	1.00	4.34	4.34

Summe (in mm) 15.72

$$\text{maßgebende max Ausnutzung } U = \frac{w_{inst}}{l_v / 300} = \underline{\underline{0.66}} \leq 1.00$$

### formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung aus horizontalen Lastanteilen

maßgebende Stelle bei  $\xi = 11.72$  m ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)

führende Verkehrseinwirkung: Windlasten

maßgebende Verformung: max w

maßgebende Vergleichslänge: 7.10 m (alle Durchbiegungen in mm)

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	F	$w_k$	$w_{inst}$
ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
Mannlasten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Windlasten	1.00	1.00	1.00	17.70	17.70
Schneelasten	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00

Summe (in mm) 17.70

$$\text{maßgebende max Ausnutzung } U = \frac{w_{inst}}{l_v / 300} = \underline{\underline{0.75}} \leq 1.00$$

## Gebrauchstauglichkeitsnachweis $w_{fin}$

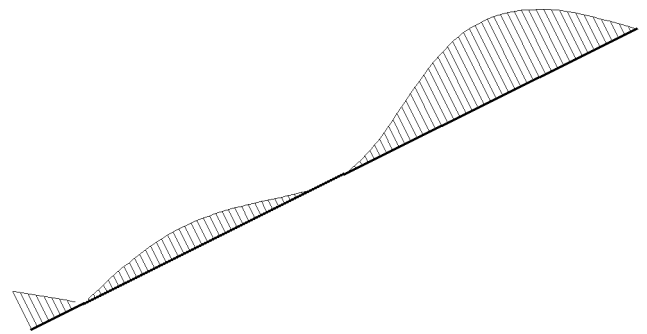
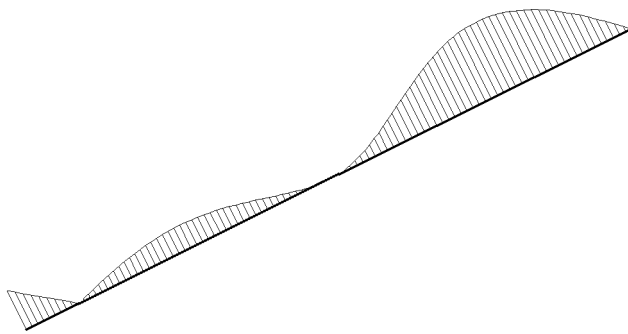
Kombinationsbeiwerte

Einwirkung	$\Psi_0$	$\Psi_2$
Mannlasten	0.00	0.00
Windlasten	0.60	0.00
Schneelasten	0.50	0.00

Nutzungsstufe 1  
 $\Rightarrow k_{def} = 0.60$

maximaler Ausnutzungsgrad  
 aus lotrechten Lastanteilen  
 max U = 0.64

maximaler Ausnutzungsgrad  
 aus horizontalen Lastanteilen  
 max U = 0.50



### formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung aus lotrechten Lastanteilen

maßgebende Stelle bei  $\xi = 11.72$  m ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)  
 führende Verkehrseinwirkung: Schneelasten  
 maßgebende Verformung: max w  
 maßgebende Vergleichslänge: 7.10 m (alle Durchbiegungen in mm)

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	$\Psi_2 k_{def}$	F	$w_k$	$w_{fin}$
ständige Lasten	1.00	1.00	0.60	1.60	11.39	18.22
Mannlasten	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00
Windlasten	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Schneelasten	1.00	1.00	0.00	1.00	4.34	4.34
Summe (in mm)						22.56

$$\text{maßgebende max Ausnutzung } U = \frac{w_{inst}}{l_v / 200} = \underline{\underline{0.64 \leq 1.00}}$$

### formaler Nachweis der maximalen Ausnutzung aus horizontalen Lastanteilen

maßgebende Stelle bei  $\xi = 11.72$  m ( $\xi$  läuft von unten links nach oben rechts)  
 führende Verkehrseinwirkung: Windlasten  
 maßgebende Verformung: max w  
 maßgebende Vergleichslänge: 7.10 m (alle Durchbiegungen in mm)

Einwirkung	$\gamma$	$\Psi$	$\Psi_2 k_{def}$	F	$w_k$	$w_{fin}$
ständige Lasten	1.00	1.00	0.60	1.60	0.00	0.00
Mannlasten	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Windlasten	1.00	1.00	0.00	1.00	17.70	17.70
Schneelasten	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Summe (in mm)						17.70

$$\text{maßgebende max Ausnutzung } U = \frac{w_{inst}}{l_v / 200} = \underline{\underline{0.50 \leq 1.00}}$$

## extremale Lagerreaktionen

auf charakteristischem Lastniveau

Positive vertikale Reaktionskräfte (V) wirken von unten nach oben. Positive horizontale Reaktionskräfte (Hx) wirken von rechts nach links. Mannlasten und Schneelasten wirken niemals gleichzeitig. Ergibt sich aus den berechneten Mannlastfällen  $\max Av < 1.0$ , so wird  $\max Av = 1.0$  gesetzt. Hierdurch wird der Fall berücksichtigt, dass die Mannlast direkt auf dem Lager steht.

	G	Q			G+Q			aus
	kN	Hx	V	Hy	Hx	V	Hy	
		kN	kN	kN	kN	kN	kN	
<b>Lager A</b>								
min AHx	-0.57	-0.74	-1.06	0.05	-1.31	2.30	0.05	G+W+S
max AHx	-0.57	0.10	1.20	0.00	-0.47	4.56	0.00	G+M
min Av	3.36	-0.57	-1.15	0.05	-1.14	2.21	0.05	G+M+W
max Av	3.36	0.10	1.20	0.00	-0.47	4.56	0.00	G+M
min AHy	0.00	-0.29	-0.58	-0.69	-0.86	2.78	-0.69	G+W
max AHy	0.00	-0.29	-0.58	0.69	-0.86	2.78	0.69	G+W
<b>Lager B</b>								
min BHx	1.11	-2.77	-5.59	0.24	-1.66	7.71	0.24	G+M+W
max BHx	1.11	0.42	5.00	0.00	1.53	18.30	0.00	G+S
min By	13.30	-2.77	-5.59	0.24	-1.66	7.71	0.24	G+M+W
max By	13.30	0.42	5.00	0.00	1.53	18.30	0.00	G+S
min BHy	0.00	-1.45	-2.92	-3.50	-0.34	10.38	-3.50	G+W
max BHy	0.00	-1.45	-2.92	3.50	-0.34	10.38	3.50	G+W
<b>Lager C</b>								
min CHx	-0.53	-1.58	-2.79	0.13	-2.12	4.43	0.13	G+W+S
max CHx	-0.53	0.02	0.03	0.00	-0.52	7.26	0.00	G+M
min Cv	7.22	-1.41	-2.85	0.13	-1.95	4.37	0.13	G+M+W
max Cv	7.22	0.00	2.81	0.00	-0.53	10.03	0.00	G+S
min CHy	0.00	-0.75	-1.52	-1.82	-1.29	5.70	-1.82	G+W
max CHy	0.00	-0.75	-1.52	1.82	-1.29	5.70	1.82	G+W