

Statische Berechnung

Objekt: **Feuerwehrgerätehaus Püchau**
Hauptstraße 2 · 04828 Machern OT Püchau

Bauherr: Gemeinde Machern
Schloßplatz 9 · 04827 Machern

Inhalt: Statische Berechnungen zum bestehenden Dachtragwerk
im Blick auf geplante Lasterhöhung durch PV-Anlage

pdf - Ausfertigung

29.09.2023



Inhaltsverzeichnis

TB	Titelblatt	1
	Inhalt	2
01	Erläuterungsbericht	3
02	Positionsplan (Grundriss)	5
03	Fotos	6
1a	Sparren Hauptdach mit PV	7
1b	Sparren Hauptdach ohne PV	10
2	Sparren über Freisitz+Anbau	13
3a	Gratsparren PV zweiseitig	16
3b	Gratsparren PV nur einseitig	25
4a	Pfette mit PV	34
4b	Pfette ohne PV	36
6	Binder PV dreiseitig	38
6b	Binder PV nur zweiseitig	43

Pos. 01 Erläuterungsbericht

Die Gemeinde Machern beabsichtigt, auf dem Zeltdach des Feuerwehrgerätehauses Püchau auf Süd-, Ost- und Westseite sowie auf dem östlich angrenzenden Schleppdach eine PV-Anlage installieren zu lassen.

Grundlage: E-Mail Herr Eichholz (EPEG) an Herrn Breske-Zanotello vom 11.4.2023 "Gewicht von PV Anlagen".

Das Gebäude wurde etwa 1997/98 errichtet, die Originalstatik (Architekt + Ingenieur Martin Schlotmann, Gerichshain; undatiert, geprüft 15.7.1997) konnte im LRA / Bauaufsichtsamt eingesehen werden.

Unter Übernahme des statischen Systems der Originalstatik wurden die Positionen 1-4 + 6 neu nach den aktuellen Regelwerken berechnet.

Eine örtliche Überprüfung i.S. einer Plausibilitätsprüfung erfolgte, die Sparrenquerschnitte und -abstände konnten jedoch weitgehend nicht geprüft werden.

In der Berechnung wurde die Lastannahmen für Dachdeckung und Sparren gegenüber der Originalstatik geringfügig reduziert (seinerzeit relativ reichlich angenommen) und auf zwei bzw. drei Dachseiten eine PV-Anlage ($0,15 \text{ kN/m}^2$) zusätzlich angesetzt.

Die zulässige Durchbiegung aller tragenden Bauteile wurde in der Originalstatik mit $l/200$ sehr hoch für ein unterseitig verkleidetes Dach angesetzt (so eigentlich nur für untergeordnete, nicht ausgebaute Dächer → Rissgefahr für Gipskartonbekleidung).

Für die beiden quer zu den Fahrzeugen liegenden Brettschichtholzbinder Pos. 6 wird in der Originalstatik die bereits zur Bauzeit nicht mehr genormte Güteklasse 1 angenommen mit einem E-Modul von 11.000 N/mm^2 .

Für die Nachrechnung wird deshalb die BSH-Festigkeitsklasse GL24c mit gleichgroßem E-Modul angesetzt. Ob dies tatsächlich so zum Einsatz kam (oder ein hochwertigeres Material), ist unbekannt und nur u.U. aus evtl. Lieferscheinen o.ä. zu ermitteln

Die (im Positionsplan nicht dargestellten) nichttragenden BSH-Querschnitte in Fahrzeuglängsrichtung sind als Belastung mit angesetzt, analog der Originalstatik jedoch nicht die abgehängten Installationen und Sektionaltore.

Im Ergebnis der Berechnungen ist zusammenfassen festzustellen:

1.) Die Sparren sind für die Zusatzbelastung ausreichend dimensioniert, wenn die größere Durchbiegung mit daraus resultierender gewisser Rissgefahr für die unterseitige Bekleidung akzeptiert wird.

2.) Die beiden quer zu den Fahrzeugen liegenden Brettschichtholzbinder (Pos. 6a = Haupttragglieder des Zeltdaches) sind rechnerisch durch die geplante dreiseitige PV-Anlage um etwa 6% überlastet.

Würde man die PV-Anlage nur auf Ost- und Westseite installieren (Pos. 6b), sind die Brettschichtholzbinder noch immer um 4% überlastet.

In beiden Fällen gilt, dass analog der Originalstatik mit $l/200$ eigentlich eine etwas zu hohe Durchbiegung zugelassen wird.

Bewertung:

Die PV-Anlage wird die beiden Binder in Querrichtung über der Fahrzeughalle rechnerisch geringfügig (6%) überlasten.

Dies bedeutet nicht, dass die Standsicherheit akut gefährdet würde, sondern der Sicherheitsabstand zum

Versagensfall etwas reduziert ist.

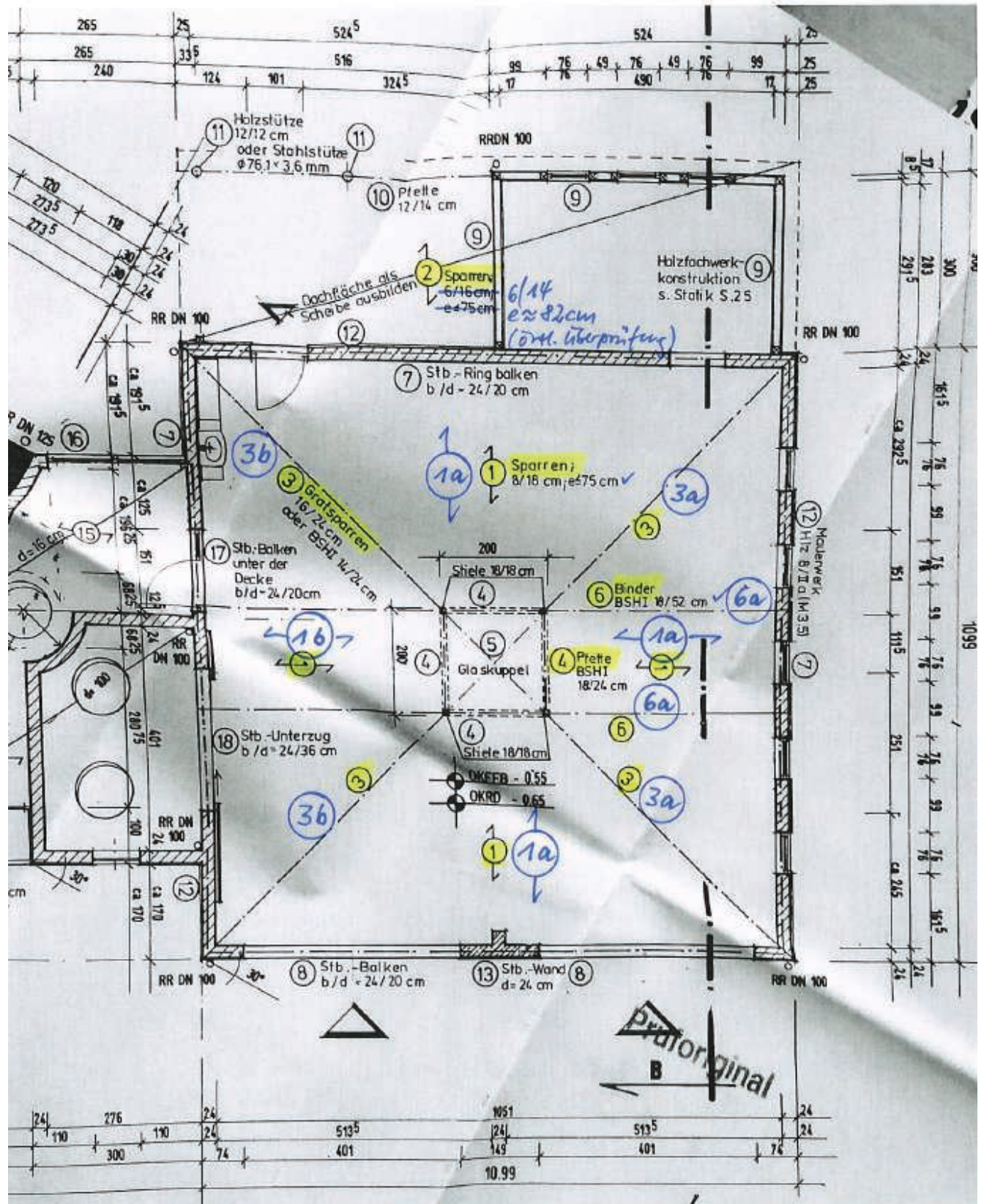
Da das Haupttragglied sichtbar und frei zugänglich ist, Schäden also für entsprechend sensibilisierte Nutzer rechtzeitig erkennbar wären, wird **nach subjektiver Einschätzung des Berichterstatters** die Zusatzlast durch eine dreiseitige PV-Anlage für vertretbar gehalten, wenn

- sichergestellt ist, dass keine weiteren nennenswerten Zusatzlasten am Tragwerk angehängt werden (z.B. Installationen),
- bei außergewöhnlich hohen Schneelasten das Dach geräumt wird (wenig realistisch wegen der PV-Anlage) oder die beiden Binder (Querträger) vorübergehend mit je einer Behelfsstütze in der Mitte der Fahrzeughalle versehen werden.

Hinweis: Die rechnerische Überlastung liegt sicherlich maximal in der Größenordnung der Ungenauigkeiten der statischen Berechnung.

Eine Entscheidung kann nur der Eigentümer treffen.

Pos. 02 Positionsplan (Grundriss)



Pos. 03

Fotos



Ansicht von Südwesten

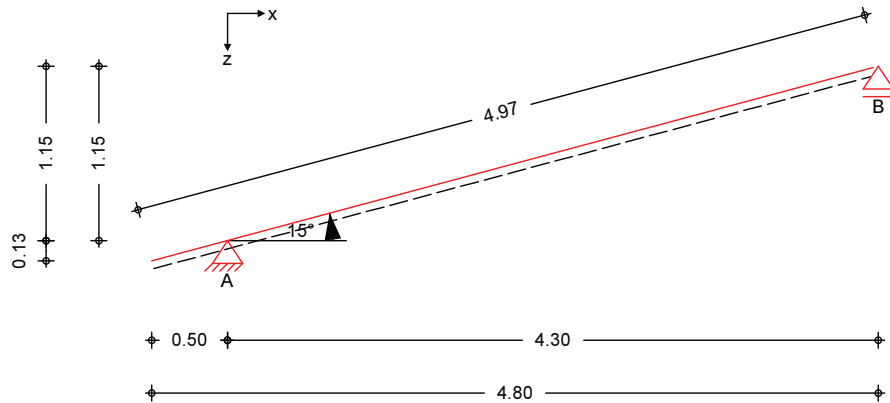


Inneres nach Westen

Pos. 1a Sparren Hauptdach mit PV

System
M 1:50

1-Feld Sparren mit Kragarm



Abmessungen
Mat./Querschnitt

Feld	l [m]	Material	b/h [cm]
KI	0.50	NH C24	8.0/18.0
1	4.30		

Auflager

Lager	x [m]	z [m]	$K_{T,z}$ [kN/m]	$K_{T,x}$ [kN/m]
A	0.50	0.13	fest	fest
B	4.80	1.29	fest	frei

Einschnitttiefe am Auflager t = 3.0 cm

Dachneigung

Dachneigungswinkel δ = 15.0 °

Sparrenabstand

Abstand a = 0.75 m

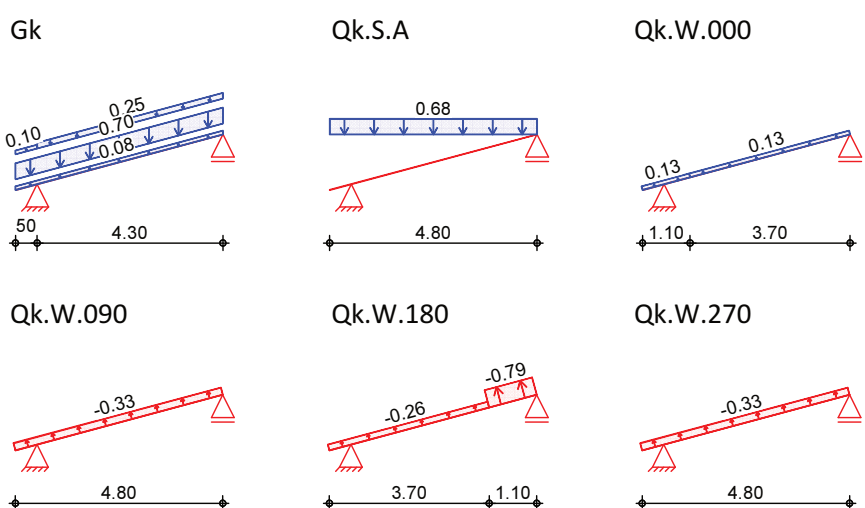
Belastungen

Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen



Flächenlasten in z-Richtung

Einw. *Gk*

Feld	Richt.	Komm.	a [m]	s [m]	q_a [kN/m ²]	q_e [kN/m ²]
Kl	vert.DF	Eigengew	0.00	4.80		0.08
(a) Kl	vert.DF	Eindeck.	0.00	4.80		0.70
1	vert.DF	Ausbau	0.00	4.30		0.25
Kl	vert.DF	Ausbau	0.00	0.50		0.10
Kl	vert.GF	Volllast	0.00	4.80		0.68
Kl	lokal	Ber. G	0.00	1.10		0.13
1	lokal	Ber. H	0.60	3.70		0.13
Kl	lokal	Ber. llinks	0.00	4.80		-0.33
Kl	lokal	Ber. l	0.00	3.70		-0.26
1	lokal	Ber. J	3.20	1.10		-0.79
Kl	lokal	Ber. llinks	0.00	4.80		-0.33

(a)

Dachdeckung einschl. Lattung	.55 =	0.55	kN/m ²
PV-Anlage	.15 =	0.15	kN/m ²
	=	0.70	kN/m ²

lokal: lokale Belastung orthogonal zur Dachfläche
vert.DF: vertikale Belastung bezogen auf die Dachfläche
vert.GF: vertikale Belastung bezogen auf die Grundfläche

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

ständig/vorüberg.
quasi-ständig

Ek	KLED	$\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot EW)$
2	ku	1.35*Gk +1.50*Qk.S.A
29		1.00*Gk

ku: kurz

Auflagerkräfte

je lfd. m (Windlasten mit $c_{pe,10}$)

Char. Auflagerkr.

Einw. *Gk*

Aufl.	$F_{x,k}$ [kN/m]	$F_{z,k}$ [kN/m]
A	0.00	2.78
B		2.27
Einw. <i>Qk.S.A</i>	0.00	1.82
B		1.44
Einw. <i>Qk.W.000</i>	0.17	0.33
B		0.30
Einw. <i>Qk.W.090</i>	-0.42	-0.82
B		-0.74
Einw. <i>Qk.W.180</i>	-0.45	-0.68
B		-0.99
Einw. <i>Qk.W.270</i>	-0.42	-0.82
B		-0.74

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

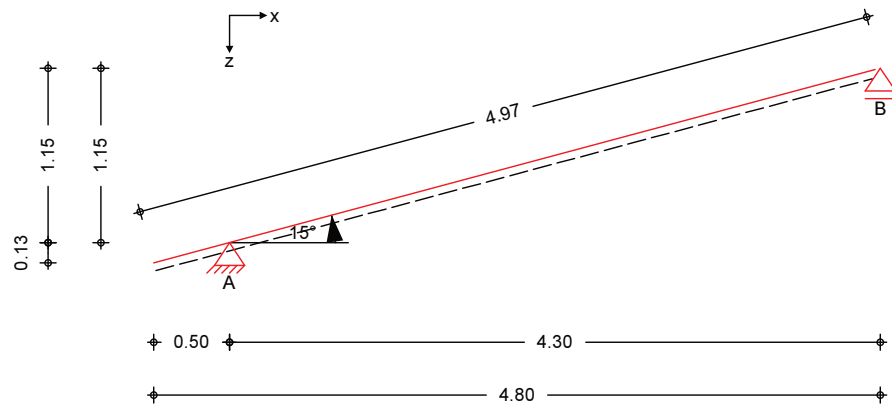
Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Biegung	Feld 1	2.23	OK	0.58
Querkraft	Feld 1	0.00	OK	0.29
Biegung	Auflager A		OK	0.04
Querkraft	Auflager A		OK	0.35

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
ges. Enddurchbiegung	Feld 1	2.23	OK	0.94

System 1-Feld Sparren mit Kragarm
M 1:50



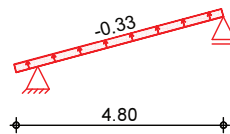
Einwirkungen

Gk

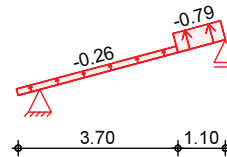
Qk.S.A

Qk.W.000

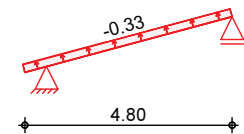
Qk.W.090



Qk.W.180



Qk.W.270



Flächenlasten in z-Richtung

Einw. *G_k*

Einw. *Q_k.S.A*

Einw. *Q_k.W.000*

Einw. *Q_k.W.090*

Einw. *Q_k.W.180*

Einw. *Q_k.W.270*

Feld	Richt.	Komm.	a [m]	s [m]	<i>q_a</i> [kN/m ²]	<i>q_e</i> [kN/m ²]
KI	vert.DF	Eigengew	0.00	4.80		0.08
(a) KI	vert.DF	Eindeck.	0.00	4.80		0.55
1	vert.DF	Ausbau	0.00	4.30		0.25
KI	vert.DF	Ausbau	0.00	0.50		0.10
KI	vert.GF	Volllast	0.00	4.80		0.68
KI	lokal	Ber. G	0.00	1.10		0.13
1	lokal	Ber. H	0.60	3.70		0.13
KI	lokal	Ber. Ilinks	0.00	4.80		-0.33
KI	lokal	Ber. I	0.00	3.70		-0.26
1	lokal	Ber. J	3.20	1.10		-0.79
KI	lokal	Ber. Ilinks	0.00	4.80		-0.33

(a)

Dachdeckung einschl. Lattung	.55 =	0.55	kN/m ²
PV-Anlage	0 =	0.00	kN/m ²
	=	0.55	kN/m ²

lokal: lokale Belastung orthogonal zur Dachfläche
vert.DF: vertikale Belastung bezogen auf die Dachfläche
vert.GF: vertikale Belastung bezogen auf die Grundfläche

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

ständig/vorüberg.
quasi-ständig

Ek	KLED	Σ (γ*ψ*EW)
2	ku	1.35*G _k +1.50*Q _k .S.A
29		1.00*G _k

ku: kurz

Auflagerkräfte

je lfd. m (Windlasten mit *c_{pe,10}*)

Char. Auflagerkr.

Einw. *G_k*

Einw. *Q_k.S.A*

Einw. *Q_k.W.000*

Einw. *Q_k.W.090*

Einw. *Q_k.W.180*

Einw. *Q_k.W.270*

Aufl.	<i>F_{x,k}</i> [kN/m]	<i>F_{z,k}</i> [kN/m]
A	0.00	2.36
B		1.94
A	0.00	1.82
B		1.44
A	0.17	0.33
B		0.30
A	-0.42	-0.82
B		-0.74
A	-0.45	-0.68
B		-0.99
A	-0.42	-0.82

Aufl.	$F_{x,k}$ [kN/m]	$F_{z,k}$ [kN/m]
B		-0.74

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Biegung	Feld 1	2.23	OK	0.53
Querkraft	Feld 1	0.00	OK	0.27
Biegung	Auflager A		OK	0.04
Querkraft	Auflager A		OK	0.32

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
ges. Enddurchbiegung	Feld 1	2.23	OK	0.80

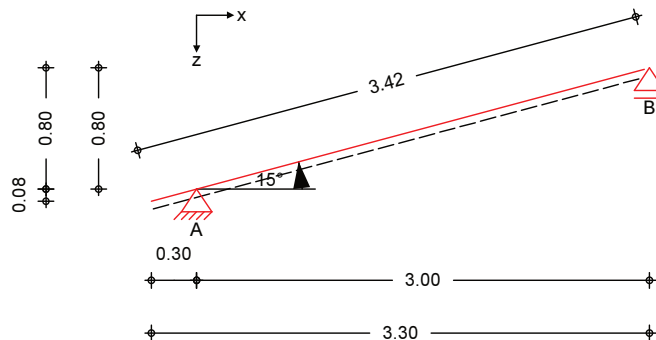
Pos. 2 Sparren über Freisitz+Anbau

Der Nachweis gelingt mit dem normalen Grenzwert für die Sparrendurchbiegung von $l/300$ nicht.

Da es sich jedoch um einen untergeordneten Nebenraum handelt, kann eine **leichte Rissbildung der Dachbekleidung** hingenommen werden. Daher wurde hier die zulässige Durchbiegung auf $l/250$ gesetzt, die Installation der PV-Anlage wird für verantwortlich gehalten.

System
M 1:50

1-Feld Sparren mit Kragarm



Abmessungen
Mat./Querschnitt

Feld	l [m]	Material	b/h [cm]
KI	0.30	NH C24	6.0/14.0
1	3.00		

Auflager

Lager	x [m]	z [m]	$K_{T,z}$ [kN/m]	$K_{T,x}$ [kN/m]
A	0.30	0.08	fest	fest
B	3.30	0.88	fest	frei

Einschnitttiefe am Auflager $t = 3.0$ cm

Dachneigung

Dachneigungswinkel $\delta = 15.0$ °

Sparrenabstand

Abstand $a = 0.82$ m

Belastungen

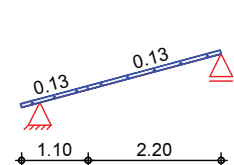
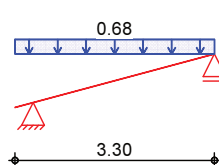
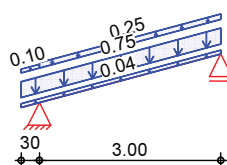
Belastungen auf das System

Grafik

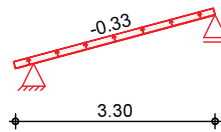
Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen

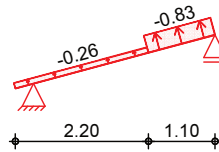
Gk Qk.S.A Qk.W.000



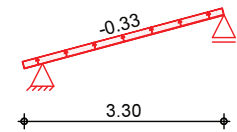
Qk.W.090



Qk.W.180



Qk.W.270



Flächenlasten in z-Richtung

Einw. *Gk*

Einw. *Qk.S.A*

Einw. *Qk.W.000*

Einw. *Qk.W.090*

Einw. *Qk.W.180*

Einw. *Qk.W.270*

Feld	Richt.	Komm.	a [m]	s [m]	q_a [kN/m ²]	q_e [kN/m ²]
KI	vert.DF	Eigengew	0.00	3.30		0.04
(a) KI	vert.DF	Eindeck.	0.00	3.30		0.75
1	vert.DF	Ausbau	0.00	3.00		0.25
KI	vert.DF	Ausbau	0.00	0.30		0.10
KI	vert.GF	Volllast	0.00	3.30		0.68
KI	lokal	Ber. G	0.00	1.10		0.13
1	lokal	Ber. H	0.80	2.20		0.13
KI	lokal	Ber. Ilinks	0.00	3.30		-0.33
KI	lokal	Ber. I	0.00	2.20		-0.26
1	lokal	Ber. J	1.90	1.10		-0.83
KI	lokal	Ber. Ilinks	0.00	3.30		-0.33

(a)

Dachdeckung einschl. Lattung	.60	=	0.60	kN/m ²
PV-Anlage	.15	=	0.15	kN/m ²
		=	0.75	kN/m ²

lokal: lokale Belastung orthogonal zur Dachfläche
vert.DF: vertikale Belastung bezogen auf die Dachfläche
vert.GF: vertikale Belastung bezogen auf die Grundfläche

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

ständig/vorüberg.
quasi-ständig

Ek	KLED	$\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot EW)$
2	ku	1.35*Gk +1.50*Qk.S.A
29		1.00*Gk

ku: kurz

Auflagerkräfte

je lfd. m (Windlasten mit $c_{pe,10}$)

Char. Auflagerkr.

Einw. *Gk*

Einw. *Qk.S.A*

Einw. *Qk.W.000*

Einw. *Qk.W.090*

Einw. *Qk.W.180*

Einw. *Qk.W.270*

Aufl.	$F_{x,k}$ [kN/m]	$F_{z,k}$ [kN/m]
A	0.00	1.91
B		1.61
A	0.00	1.23
B		1.01
A	0.11	0.22
B		0.21
A	-0.29	-0.56
B		-0.52
A	-0.34	-0.50
B		-0.79
A	-0.29	-0.56

Aufl.	$F_{x,k}$ [kN/m]	$F_{z,k}$ [kN/m]
B		-0.52

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Biegung	Feld 1	1.55	OK	0.69
Querkraft	Feld 1	0.00	OK	0.38
Biegung	Auflager A		OK	0.04
Querkraft	Auflager A		OK	0.49

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
ges. Enddurchbiegung	Feld 1	1.56	OK	0.94

Pos. 3a Gratsparren PV zweiseitig

Die Abmessung des Gratsparrens konnte nur der Originalstatik entnommen werden, eine Überprüfung am Bau (= Konstruktionsöffnung) erfolgte nicht.

Ob die Gratsparren in Vollholz (Pos. 3a) oder Brettschichtholz (Pos. 3b) ausgeführt sind, ist nicht bekannt.

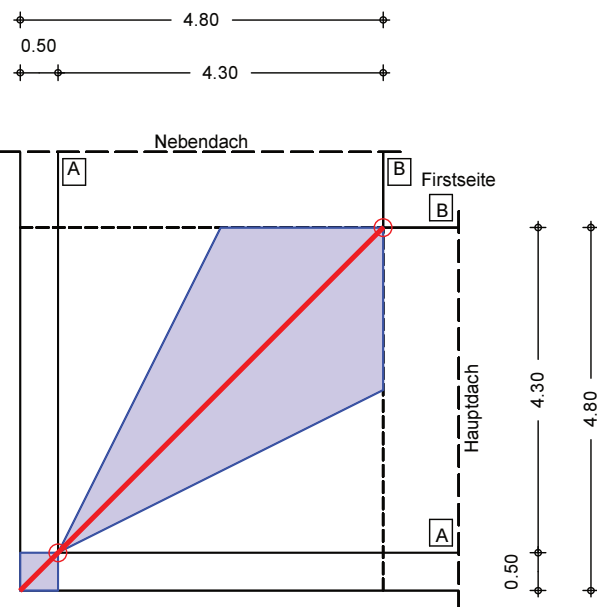
Für die Gratsparren muss die zulässige Durchbiegung auf $l/200$ (statt $l/300$) gesetzt werden, damit der Nachweis gelingt.

Dies kann Risse in der unterseitigen Gipskartonbekleidung zur Folge haben, ist ansonsten jedoch akzeptabel.

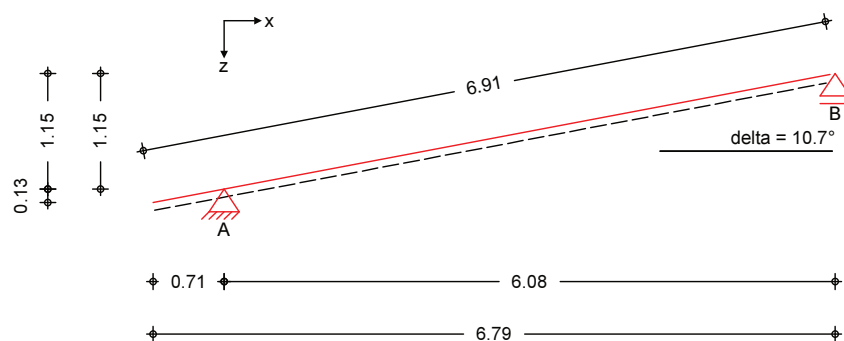
Hinweis: Bereits in der Originalstatik wird für Pos. 2 nur eine Durchbiegungsbegrenzung von $l/200$ angesetzt und wurde vom Prüfstatiker akzeptiert.

System
M 1:100

1-Feld Gratsparren mit Kragarm



M 1:75



Gebäudeabmessungen

Geländehöhe über Meeresniveau			A =	100.00	m
Ort	Form	Breite [m]	Länge [m]	Höhe [m]	
Hauptdach (HD)	Satteld.	10.00	10.00	6.00	
Nebendach (ND)	Satteld.	10.00	11.00	-	

Dachgeometrie

Ort	δ [°]	h [m]	l [m]
Hauptdach	15.00	1.15	4.97
Nebendach	15.00	1.15	4.97
Gratsparren	10.73	1.15	6.91

Traufenwinkel $\Theta = 90.00^\circ$

Stützweiten

Ort	Hauptdach [m]	Nebendach [m]	Sparren [m]
Kragarm unten	0.50	0.50	0.71
Feld 1	4.30	4.30	6.08

Auflager

Lager	Ort	vert.	K_v [kN/m]	horiz.	K_h [kN/m]	Höhe [m]
A	HD/ND	starr	-	starr	-	0.00
B	HD/ND	starr	-	-	-	1.15

Nutzungsklasse 1

Baustoff

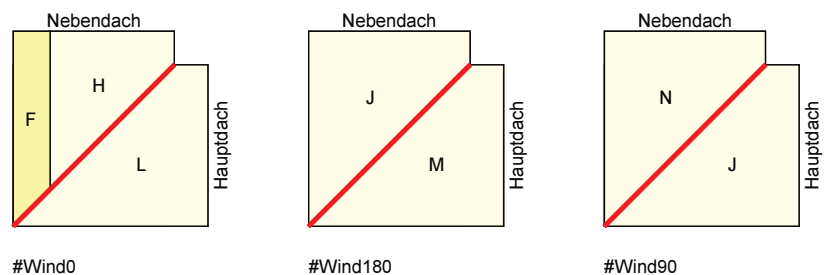
Nadelholz C24

Querschnitt

Sparren $b/h = 16/24$ cm

Belastungen

Windbereiche
M 1:225



Einwirkung Gk
Zusammenstellung
Gk: g

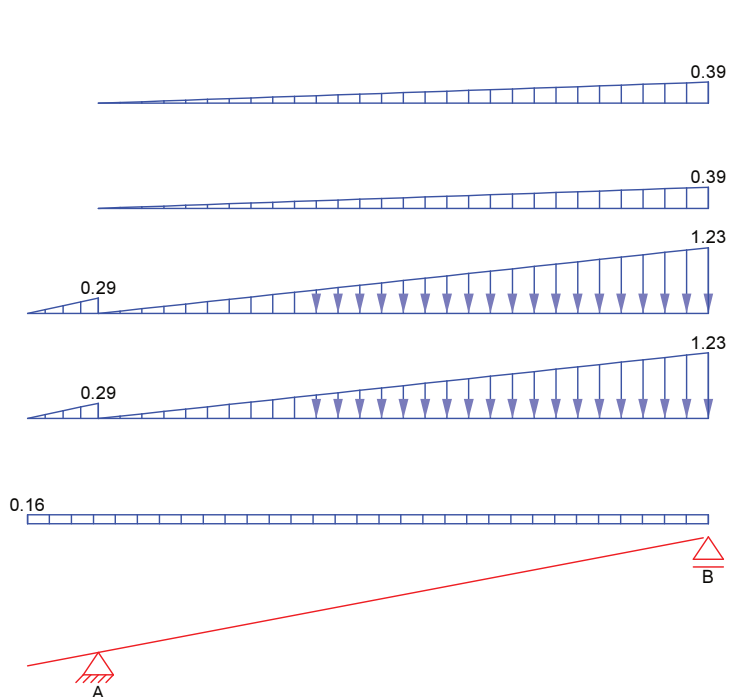
Dachdeckung einschl. Lattung	.55	=	0.55	kN/m ²
PV-Anlage	.15	=	0.15	kN/m ²
Sparren	.08	=	0.08	kN/m ²
		=	0.78	kN/m ²

Gk: g

Dachdeckung einschl. Lattung	.55	=	0.55	kN/m ²
PV-Anlage	.15	=	0.15	kN/m ²
Sparren	.08	=	0.08	kN/m ²
		=	0.78	kN/m ²

Feld	g _{k,HD} [kN/m ²]	g _{k,ND} [kN/m ²]	g _{k,i,HD} [kN/m ²]	g _{k,i,ND} [kN/m ²]
Kragarm unten	0.78	0.78	-	-
Feld 1	0.78	0.78	0.25	0.25

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Gleich	Sp	vert.			0.16		
Trapez	HD	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.29	
Trapez	HD	vert.	0.00	6.08	0.00	1.23	
Trapez	ND	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.29	
Trapez	ND	vert.	0.00	6.08	0.00	1.23	
Trapez	HD	vert.	0.00	6.08	0.00	0.39	
Trapez	ND	vert.	0.00	6.08	0.00	0.39	



Einwirkung Qk.S.A Schneelast

nach DIN EN 1991-1-3:2010-12

Schneelastzone 2

char. Schneelast auf dem Boden

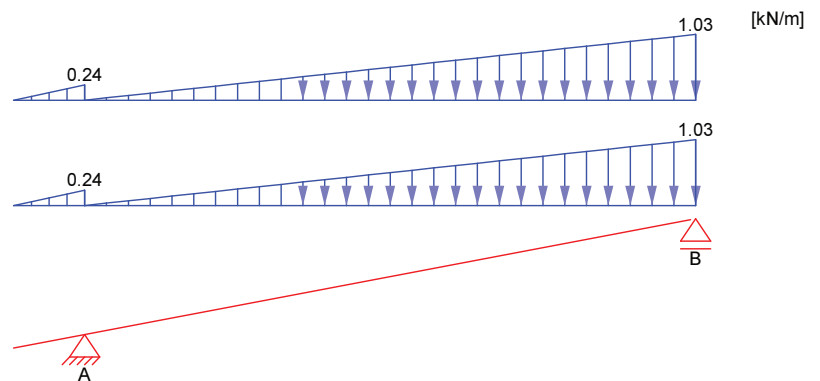
Formbeiwert der Schneelast

Schneelast

Schneefanggitter vorhanden

$$\begin{aligned} s_k &= 0.85 \text{ kN/m}^2 \\ \mu_1 &= 0.80 \text{ -} \\ s &= 0.68 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.24	
Trapez	HD	vert.	0.00	6.08	0.00	1.03	
Trapez	ND	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.24	
Trapez	ND	vert.	0.00	6.08	0.00	1.03	



Einwirkung Qk.W.000 Windlast

nach DIN EN 1991-1-4:2010-12

Windzone 2, Binnenland

vereinfachtes Verfahren

Geschwindigkeitsdruck

Anströmrichtung

$$\begin{aligned} q &= 0.65 \text{ kN/m}^2 \\ \theta &= 0.00^\circ \end{aligned}$$

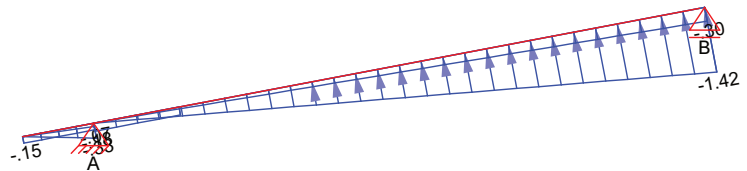
Bereich	e/10 _{HD} [m]	l _{HD} [m]	e/10 _{ND} [m]	l _{ND} [m]
D	1.00	0.50	1.10	0.50
F				

Bereich	cp _{e,HD}	w _{e,HD} [kN/m ²]	cp _{e,ND}	w _{e,ND} [kN/m ²]
D	0.75	0.49	0.75	0.49
F	-	-	-0.90	-0.59
L/H	-1.40	-0.91	-0.30	-0.20

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.33	
Trapez	HD	lokal	0.00	6.08	0.00	-1.42	
Trapez	ND	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.07	
Trapez	ND	lokal	0.00	6.08	0.00	-0.30	
Block	ND	lokal	-0.71	0.71	-0.15		

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Block	ND	lokal	0.00	0.85	-0.18		

[kN/m]



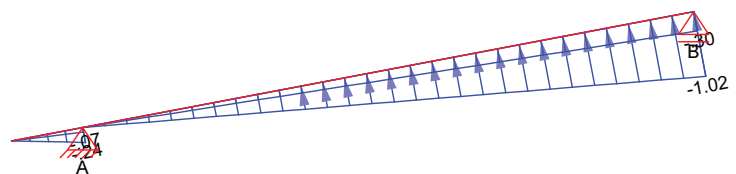
Einwirkung Qk.W.090

Anströmrichtung $\theta = 90.00^\circ$

Bereich	cp _{e,HD}	w _{e,HD} [kN/m ²]	cp _{e,ND}	w _{e,ND} [kN/m ²]
J/N	-1.00	-0.65	-0.30	-0.20

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.24	
Trapez	HD	lokal	0.00	6.08	0.00	-1.02	
Trapez	ND	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.07	
Trapez	ND	lokal	0.00	6.08	0.00	-0.30	

[kN/m]



Einwirkung Qk.W.180

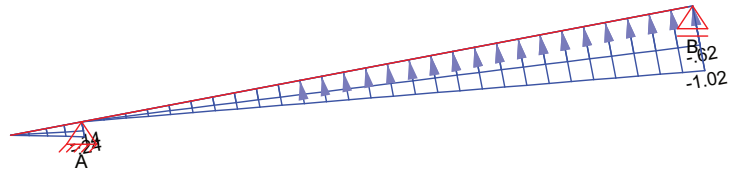
Anströmrichtung $\theta = 180.00^\circ$

Bereich	e/10 _{HD} [m]	l _{HD} [m]	e/10 _{ND} [m]	l _{ND} [m]
D	Unterwind (UW)		0.50	0.50

Bereich	cp _{e,HD}	w _{e,HD} [kN/m ²]	cp _{e,ND}	w _{e,ND} [kN/m ²]
D	UW	0.75	0.49	0.49
M/J		-0.60	-0.39	-0.65

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.14	
Trapez	HD	lokal	0.00	6.08	0.00	-0.62	
Trapez	ND	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.24	
Trapez	ND	lokal	0.00	6.08	0.00	-1.02	

[kN/m]



Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

ständig/vorüberg.
quasi-ständig

Ek	KLED	Σ (γ*ψ*EW)
2	ku	1.35*Gk
23		1.00*Gk
ku: kurz		

+1.50*Qk.S.A

Bemessung (GZT)

nach DIN EN 1995-1-1

Baustoff

Nadelholz C24

Verformungsbeiwert
char. Biegefestigkeit
char. Druckfestigkeit||
char. Druckfestigkeit⊥
char. Zugfestigkeit||
char. Schubfestigkeit
Rissfaktor für Schubfestigkeit
mittl. Elastizitätsmodul||
char. Elastizitätsmodul||
mittl. Schubmodul
char. Schubmodul
Teilsicherheitsbeiwert

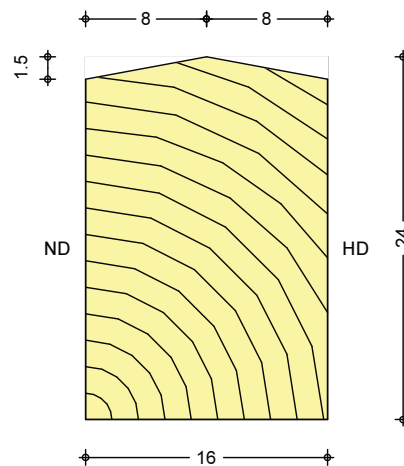
k _{def}	=	0.60	-
f _{m,y,k}	=	24.00	N/mm ²
f _{c,0,k}	=	21.00	N/mm ²
f _{c,90,k}	=	2.50	N/mm ²
f _{t,0,k}	=	14.50	N/mm ²
f _{v,k}	=	4.00	N/mm ²
k _{cr}	=	0.50	-
E _{0,mean}	=	11000	N/mm ²
E _{0,05}	=	7400	N/mm ²
G _{mean}	=	690	N/mm ²
G ₀₅	=	460	N/mm ²
γ _M	=	1.30	-

gewählt

Sparren

b/h = 16/24 cm

M 1:5



Querschnittswerte

	t	A/A _n	W _y /W _{y,n}	I _y	i _y
	[cm]	[cm ²]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm]
Feld	-	372.09	1358.58	16803.44	6.72
Aufl. A-B	3.0	324.09	1022.33	-	-

Knickwerte

Feld	l _{ef,y}	λ _y	λ _{rel,c,y}	k _{c,y}
	[m]	[-]	[-]	[-]
KrUn	1.44	21.42	0.3632	0.9857
1	6.19	92.10	1.5617	0.3534

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1995-1-1

Nachweise der Querschnittstragfähigkeit

Feld

Biegung und Zug

für Ek 2 (KLED kurz)	k _{mod}	=	0.90	-
maßgebende Stelle	x	=	3.57	m
Normalkraft	N _{t,0,d}	=	0.01	kN
Biegemoment	M _{y,d}	=	18.66	kNm
Zugspannung	σ _{t,0,d}	=	0.00	N/mm ²
Biegespannung	σ _{m,y,d}	=	13.74	N/mm ²
Zugfestigkeit	f _{t,0,d}	=	10.04	N/mm ²
Biegefestigkeit	f _{m,y,d}	=	16.62	N/mm ²
(6.17)	0.00 / 10.04 + 13.74 / 16.62		=	0.83 ≤ 1

Schub aus Querkraft

für Ek 2 (KLED kurz)	k _{mod}	=	0.90	-
maßgebende Stelle	x	=	6.19	m
Querkraft	V _{z,d}	=	-15.53	kN
Schubspannung	τ _{z,d}	=	1.25	N/mm ²
Schubfestigkeit	f _{v,d}	=	2.77	N/mm ²
(6.13)	1.25 / 2.77		=	0.45 ≤ 1

Auflager A geschwächter Querschnitt (Kerbe)

Biegung und Zug	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	Normalkraft	$N_{t,0,d} =$	0.13	kN
	Biegemoment	$M_{y,d} =$	-0.18	kNm
	Zugspannung	$\sigma_{t,0,d} =$	0.00	N/mm ²
	Biegespannung	$\sigma_{m,y,d} =$	0.18	N/mm ²
	Zugfestigkeit	$f_{t,0,d} =$	10.04	N/mm ²
	Biegefestigkeit	$f_{m,y,d} =$	16.62	N/mm ²
(6.17)	$0.00 / 10.04 + 0.18 / 16.62$		$=$	$0.01 \leq 1$

Biegung und Druck	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	Normalkraft	$N_{c,0,d} =$	-1.54	kN
	Biegemoment	$M_{y,d} =$	-0.18	kNm
	Druckspannung	$\sigma_{c,0,d} =$	0.05	N/mm ²
	Biegespannung	$\sigma_{m,y,d} =$	0.18	N/mm ²
	Druckfestigkeit	$f_{c,0,d} =$	14.54	N/mm ²
	Biegefestigkeit	$f_{m,y,d} =$	16.62	N/mm ²
(6.19)	$(0.05 / 14.54)^2 + 0.18 / 16.62$		$=$	$0.01 \leq 1$

Schub aus Querkraft	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	Querkraft	$V_{z,d} =$	8.14	kN
	Schubspannung	$\tau_{z,d} =$	0.75	N/mm ²
	Schubfestigkeit	$f_{v,d} =$	2.77	N/mm ²
(6.13)	$0.75 / 2.77$		$=$	$0.27 \leq 1$

Nachweise der Stabilität mit Ersatzstabverfahren

Biegung und Druck	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	maßgebende Stelle	$x =$	3.53	m
	Normalkraft	$N_{c,0,d} =$	-0.02	kN
	Biegemoment	$M_{y,d} =$	18.66	kNm
	Druckspannung	$\sigma_{c,0,d} =$	0.00	N/mm ²
	Biegespannung	$\sigma_{m,y,d} =$	13.74	N/mm ²
	Druckfestigkeit	$f_{c,0,d} =$	14.54	N/mm ²
	Biegefestigkeit	$f_{m,y,d} =$	16.62	N/mm ²
(6.23)	$0.00 / (0.35 \cdot 14.54) + 13.74 / 16.62$		$=$	$0.83 \leq 1$

Nachweise (GZG) Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN 1995-1-1
negative Verformungen werden nicht berücksichtigt

Grenzwerte Verform.	Durchhang	Sparren	$C_d =$	l/200	-
	Sp Kragarm		$C_d =$	l/100	-

Gl.		Ek	x [m]	vorh w [mm]	zul w [mm]	η [-]
w _{net.fin}	Feld	23	3.21	28.37	30.95	0.92

Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Aufl.	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{z,k}$ [kN]
Einw. G_k		
A	0.00	4.12
B		7.06

	Aufl.	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{z,k}$ [kN]
Einw. Qk.S.A	A	0.00	2.27
	B		4.18
Einw. Qk.W.000	A	-1.07	-2.02
	B		-3.62
Einw. Qk.W.090	A	-0.78	-1.35
	B		-2.76
Einw. Qk.W.180	A	-0.97	-1.68
	B		-3.42

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Biegung	Feld	3.53	OK	0.83
Querkraft	Feld	6.19	OK	0.45

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Durchhang	Feld	3.21	OK	0.92

Pos. 3b Gratsparren PV nur einseitig

Die Abmessung des Gratsparrens konnte nur der Originalstatik entnommen werden, eine Überprüfung am Bau (= Konstruktionsöffnung) erfolgte nicht.

Ob die Gratsparren in Vollholz (Pos. 3a) oder Brettschichtholz (Pos. 3b) ausgeführt sind, ist nicht bekannt.

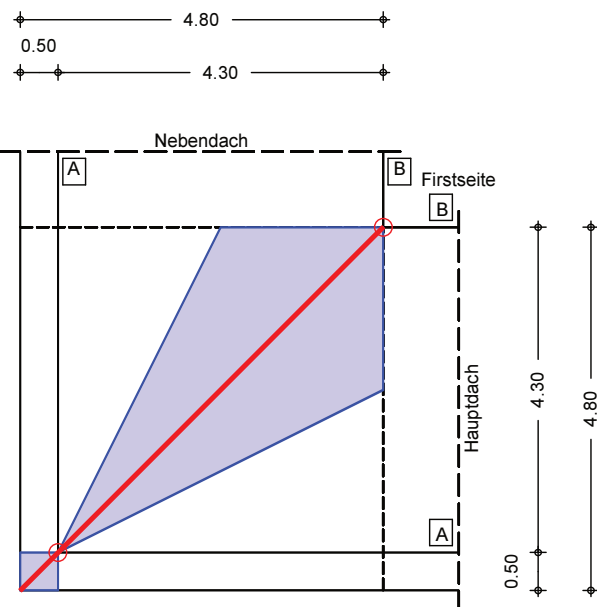
Für die Gratsparren muss die zulässige Durchbiegung auf $l/200$ (statt $l/300$) gesetzt werden, damit der Nachweis gelingt.

Dies kann Risse in der unterseitigen Gipskartonbekleidung zur Folge haben, ist ansonsten jedoch akzeptabel.

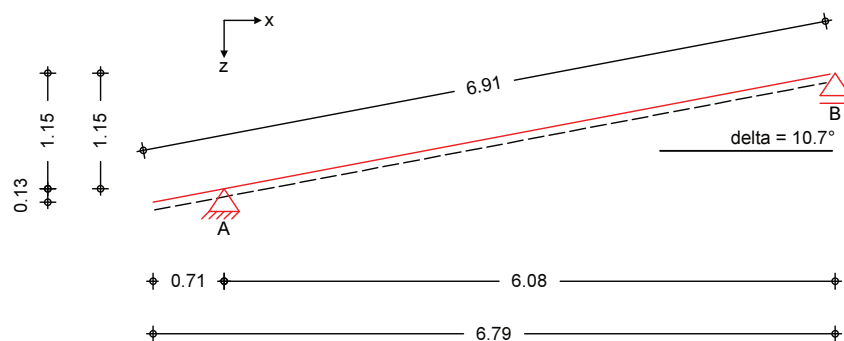
Hinweis: Bereits in der Originalstatik wird für Pos. 2 nur eine Durchbiegungsbegrenzung von $l/200$ angesetzt und wurde vom Prüfstatiker akzeptiert.

System
M 1:100

1-Feld Gratsparren mit Kragarm



M 1:75



Gebäudeabmessungen

Geländehöhe über Meeresniveau			A =	100.00	m
Ort	Form	Breite [m]	Länge [m]	Höhe [m]	
Hauptdach (HD)	Satteld.	10.00	10.00	6.00	
Nebendach (ND)	Satteld.	10.00	11.00	-	

Dachgeometrie

Ort	δ [°]	h [m]	l [m]
Hauptdach	15.00	1.15	4.97
Nebendach	15.00	1.15	4.97
Gratsparren	10.73	1.15	6.91

Traufenwinkel $\Theta = 90.00^\circ$

Stützweiten

Ort	Hauptdach [m]	Nebendach [m]	Sparren [m]
Kragarm unten	0.50	0.50	0.71
Feld 1	4.30	4.30	6.08

Auflager

Lager	Ort	vert.	K_v [kN/m]	horiz.	K_h [kN/m]	Höhe [m]
A	HD/ND	starr	-	starr	-	0.00
B	HD/ND	starr	-	-	-	1.15

Nutzungsklasse 1

Baustoff

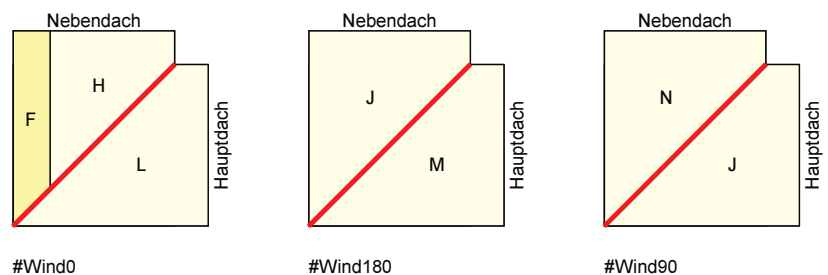
Nadelholz C24

Querschnitt

Sparren $b/h = 16/24$ cm

Belastungen

Windbereiche
M 1:225



Einwirkung Gk
Zusammenstellung
Gk: g

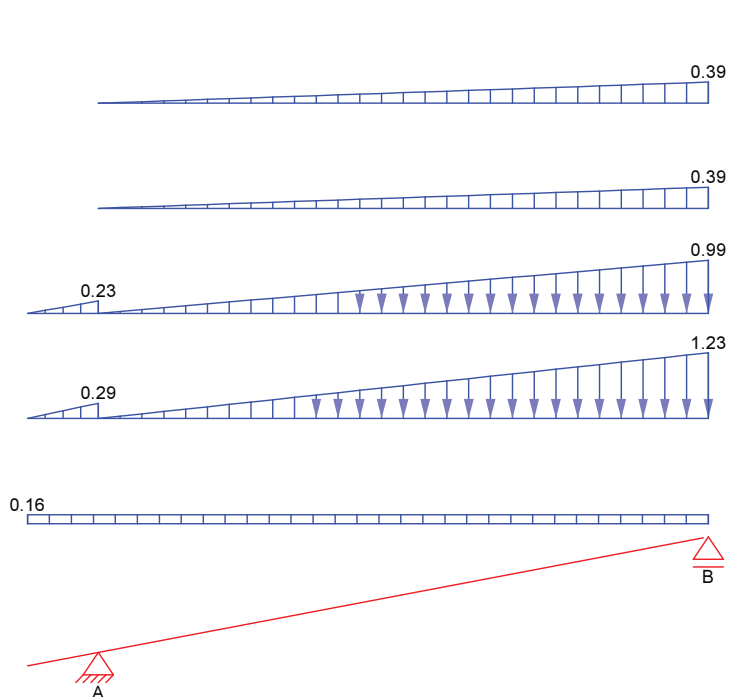
Dachdeckung einschl. Lattung	.55	=	0.55	kN/m ²
PV-Anlage	.15	=	0.15	kN/m ²
Sparren	.08	=	0.08	kN/m ²
		=	0.78	kN/m ²

Gk: g

Dachdeckung einschl. Lattung	.55	=	0.55	kN/m ²
PV-Anlage	0	=	0.00	kN/m ²
Sparren	.08	=	0.08	kN/m ²
		=	0.63	kN/m ²

Feld	$g_{k,HD}$ [kN/m ²]	$g_{k,ND}$ [kN/m ²]	$g_{k,i,HD}$ [kN/m ²]	$g_{k,i,ND}$ [kN/m ²]
Kragarm unten	0.78	0.63	-	-
Feld 1	0.78	0.63	0.25	0.25

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q_a [kN/m]	q_e [kN/m]	F [kN]
Gleich	Sp	vert.			0.16		
Trapez	HD	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.29	
Trapez	HD	vert.	0.00	6.08	0.00	1.23	
Trapez	ND	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.23	
Trapez	ND	vert.	0.00	6.08	0.00	0.99	
Trapez	HD	vert.	0.00	6.08	0.00	0.39	
Trapez	ND	vert.	0.00	6.08	0.00	0.39	



Einwirkung Qk.S.A Schneelast

nach DIN EN 1991-1-3:2010-12

Schneelastzone 2

char. Schneelast auf dem Boden

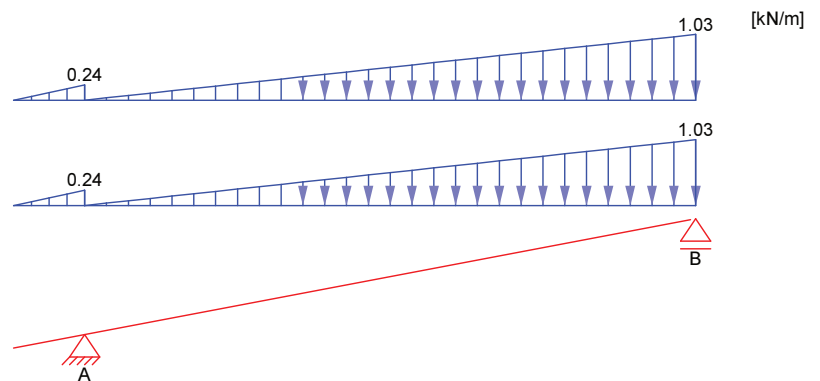
Formbeiwert der Schneelast

Schneelast

Schneefanggitter vorhanden

$$\begin{aligned} s_k &= 0.85 \text{ kN/m}^2 \\ \mu_1 &= 0.80 \text{ -} \\ s &= 0.68 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.24	
Trapez	HD	vert.	0.00	6.08	0.00	1.03	
Trapez	ND	vert.	-0.71	0.71	0.00	0.24	
Trapez	ND	vert.	0.00	6.08	0.00	1.03	



Einwirkung Qk.W.000 Windlast

nach DIN EN 1991-1-4:2010-12

Windzone 2, Binnenland

vereinfachtes Verfahren

Geschwindigkeitsdruck

Anströmrichtung

$$\begin{aligned} q &= 0.65 \text{ kN/m}^2 \\ \theta &= 0.00^\circ \end{aligned}$$

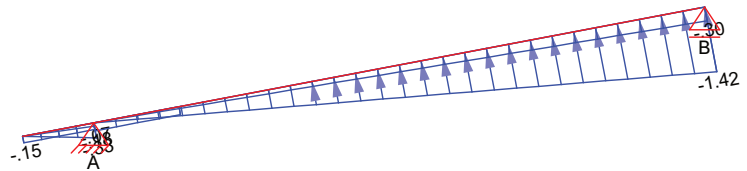
Bereich	e/10 _{HD} [m]	l _{HD} [m]	e/10 _{ND} [m]	l _{ND} [m]
D	1.00	0.50	1.10	0.50
F				

Bereich	cp _{e,HD}	w _{e,HD} [kN/m ²]	cp _{e,ND}	w _{e,ND} [kN/m ²]
D	0.75	0.49	0.75	0.49
F	-	-	-0.90	-0.59
L/H	-1.40	-0.91	-0.30	-0.20

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.33	
Trapez	HD	lokal	0.00	6.08	0.00	-1.42	
Trapez	ND	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.07	
Trapez	ND	lokal	0.00	6.08	0.00	-0.30	
Block	ND	lokal	-0.71	0.71	-0.15		

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Block	ND	lokal	0.00	0.85	-0.18		

[kN/m]



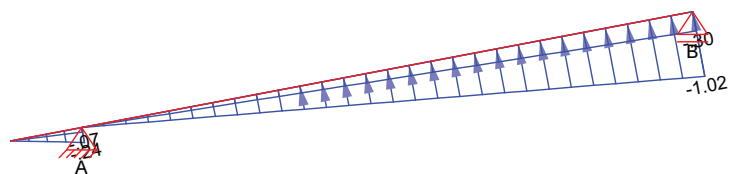
Einwirkung Qk.W.090

Anströmrichtung $\theta = 90.00^\circ$

Bereich	cp _{e,HD}	w _{e,HD} [kN/m ²]	cp _{e,ND}	w _{e,ND} [kN/m ²]
J/N	-1.00	-0.65	-0.30	-0.20

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.24	
Trapez	HD	lokal	0.00	6.08	0.00	-1.02	
Trapez	ND	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.07	
Trapez	ND	lokal	0.00	6.08	0.00	-0.30	

[kN/m]



Einwirkung Qk.W.180

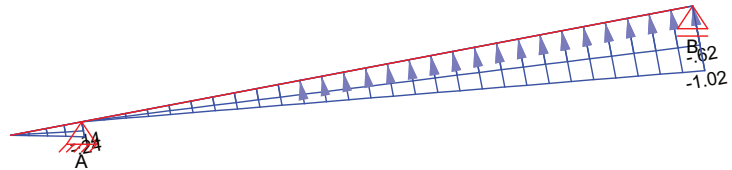
Anströmrichtung $\theta = 180.00^\circ$

Bereich	e/10 _{HD} [m]	l _{HD} [m]	e/10 _{ND} [m]	l _{ND} [m]
D	Unterwind (UW)	0.50		0.50

Bereich	cp _{e,HD}	w _{e,HD} [kN/m ²]	cp _{e,ND}	w _{e,ND} [kN/m ²]
D	UW	0.75	0.49	0.49
M/J		-0.60	-0.39	-0.65

Lastart	Dach	Richtung	a [m]	s [m]	q _a [kN/m]	q _e [kN/m]	F [kN]
Trapez	HD	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.14	
Trapez	HD	lokal	0.00	6.08	0.00	-0.62	
Trapez	ND	lokal	-0.71	0.71	0.00	-0.24	
Trapez	ND	lokal	0.00	6.08	0.00	-1.02	

[kN/m]



Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

ständig/vorüberg.
quasi-ständig

Ek	KLED	Σ (γ*ψ*EW)
2	ku	1.35*Gk
23		1.00*Gk
ku: kurz		

+1.50*Qk.S.A

Bemessung (GZT)

nach DIN EN 1995-1-1

Baustoff

Nadelholz C24

Verformungsbeiwert

k_{def} = 0.60 -

char. Biegefestigkeit

f_{m,y,k} = 24.00 N/mm²

char. Druckfestigkeit||

f_{c,0,k} = 21.00 N/mm²

char. Druckfestigkeit⊥

f_{c,90,k} = 2.50 N/mm²

char. Zugfestigkeit||

f_{t,0,k} = 14.50 N/mm²

char. Schubfestigkeit

f_{v,k} = 4.00 N/mm²

Rissfaktor für Schubfestigkeit

k_{cr} = 0.50 -

mittl. Elastizitätsmodul||

E_{0,mean} = 11000 N/mm²

char. Elastizitätsmodul||

E_{0,05} = 7400 N/mm²

mittl. Schubmodul

G_{mean} = 690 N/mm²

char. Schubmodul

G₀₅ = 460 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwert

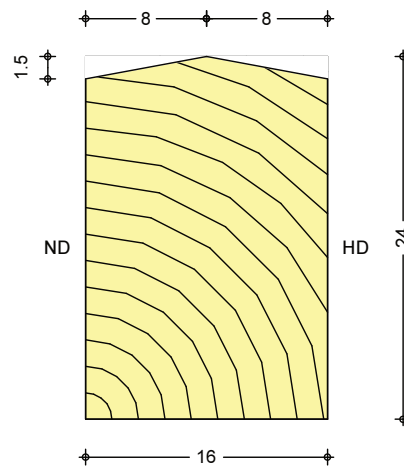
γ_M = 1.30 -

gewählt

Sparren

b/h = 16/24 cm

M 1:5



Querschnittswerte

	t	A/A _n	W _y /W _{y,n}	I _y	i _y
	[cm]	[cm ²]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm]
Feld	-	372.09	1358.58	16803.44	6.72
Aufl. A-B	3.0	324.09	1022.33	-	-

Knickwerte

Feld	l _{ef,y}	λ _y	λ _{rel,c,y}	k _{c,y}
	[m]	[-]	[-]	[-]
KrUn	1.44	21.42	0.3632	0.9857
1	6.19	92.10	1.5617	0.3534

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1995-1-1

Nachweise der Querschnittstragfähigkeit

Feld

Biegung und Zug

für Ek 2 (KLED kurz)	k _{mod}	=	0.90	-
maßgebende Stelle	x	=	3.57	m
Normalkraft	N _{t,0,d}	=	0.01	kN
Biegemoment	M _{y,d}	=	17.91	kNm
Zugspannung	σ _{t,0,d}	=	0.00	N/mm ²
Biegespannung	σ _{m,y,d}	=	13.18	N/mm ²
Zugfestigkeit	f _{t,0,d}	=	10.04	N/mm ²
Biegefestigkeit	f _{m,y,d}	=	16.62	N/mm ²
(6.17)	0.00 / 10.04 + 13.18 / 16.62		=	0.79 ≤ 1

Schub aus Querkraft

für Ek 2 (KLED kurz)	k _{mod}	=	0.90	-
maßgebende Stelle	x	=	6.19	m
Querkraft	V _{z,d}	=	-14.89	kN
Schubspannung	τ _{z,d}	=	1.20	N/mm ²
Schubfestigkeit	f _{v,d}	=	2.77	N/mm ²
(6.13)	1.20 / 2.77		=	0.43 ≤ 1

Auflager A geschwächter Querschnitt (Kerbe)

Biegung und Zug	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	Normalkraft	$N_{t,0,d} =$	0.12	kN
	Biegemoment	$M_{y,d} =$	-0.17	kNm
	Zugspannung	$\sigma_{t,0,d} =$	0.00	N/mm ²
	Biegespannung	$\sigma_{m,y,d} =$	0.17	N/mm ²
	Zugfestigkeit	$f_{t,0,d} =$	10.04	N/mm ²
	Biegefestigkeit	$f_{m,y,d} =$	16.62	N/mm ²
(6.17)	$0.00 / 10.04 + 0.17 / 16.62$		$=$	$0.01 \leq 1$

Biegung und Druck	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	Normalkraft	$N_{c,0,d} =$	-1.48	kN
	Biegemoment	$M_{y,d} =$	-0.17	kNm
	Druckspannung	$\sigma_{c,0,d} =$	0.04	N/mm ²
	Biegespannung	$\sigma_{m,y,d} =$	0.17	N/mm ²
	Druckfestigkeit	$f_{c,0,d} =$	14.54	N/mm ²
	Biegefestigkeit	$f_{m,y,d} =$	16.62	N/mm ²
(6.19)	$(0.04 / 14.54)^2 + 0.17 / 16.62$		$=$	$0.01 \leq 1$

Schub aus Querkraft	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	Querkraft	$V_{z,d} =$	7.82	kN
	Schubspannung	$\tau_{z,d} =$	0.72	N/mm ²
	Schubfestigkeit	$f_{v,d} =$	2.77	N/mm ²
(6.13)	$0.72 / 2.77$		$=$	$0.26 \leq 1$

Nachweise der Stabilität mit Ersatzstabverfahren

Biegung und Druck	für Ek 2 (KLED kurz)	$k_{mod} =$	0.90	-
	maßgebende Stelle	$x =$	3.53	m
	Normalkraft	$N_{c,0,d} =$	-0.02	kN
	Biegemoment	$M_{y,d} =$	17.91	kNm
	Druckspannung	$\sigma_{c,0,d} =$	0.00	N/mm ²
	Biegespannung	$\sigma_{m,y,d} =$	13.18	N/mm ²
	Druckfestigkeit	$f_{c,0,d} =$	14.54	N/mm ²
	Biegefestigkeit	$f_{m,y,d} =$	16.62	N/mm ²
(6.23)	$0.00 / (0.35 \cdot 14.54) + 13.18 / 16.62$		$=$	$0.79 \leq 1$

Nachweise (GZG) Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN 1995-1-1
negative Verformungen werden nicht berücksichtigt

Grenzwerte Verform.	Durchhang	Sparren	$C_d =$	l/200	-
	Sp Kragarm		$C_d =$	l/100	-

Gl.	Ek	x [m]	vorh w [mm]	zul w [mm]	η [-]
$w_{net,fin}$	Feld	23	3.21	26.49	0.86

Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Aufl.	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{z,k}$ [kN]
Einw. G_k		
A	0.00	3.86
B		6.58

	Aufl.	$F_{x,k}$ [kN]	$F_{z,k}$ [kN]
Einw. $Q_k.S.A$	A	0.00	2.27
	B		4.18
Einw. $Q_k.W.000$	A	-1.07	-2.02
	B		-3.62
Einw. $Q_k.W.090$	A	-0.78	-1.35
	B		-2.76
Einw. $Q_k.W.180$	A	-0.97	-1.68
	B		-3.42

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Biegung	Feld	3.53	OK	0.79
Querkraft	Feld	6.19	OK	0.43

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

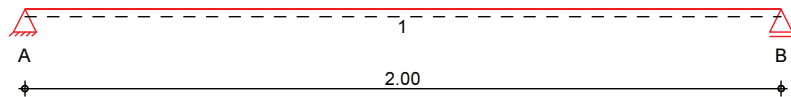
Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Durchhang	Feld	3.21	OK	0.86

Pos. 4a Pfette mit PV

Die Position dient nur der Lastermittlung.

System Holz-Einfeldträger

M 1:20



Abmessungen /
Nutzungsklassen

Feld	l [m]	l _{ef,m} [m]	NKL
1	2.00	2.00	1

Auflager

Aufl.	x [m]	b [cm]	Transl. [kN/m]	Rotat. [kNm/rad]
A	0.00	18.00	starr	frei
B	2.00	18.00	starr	frei

Material

BSH GL22h

Querschnitt

b/h = 18/24 cm

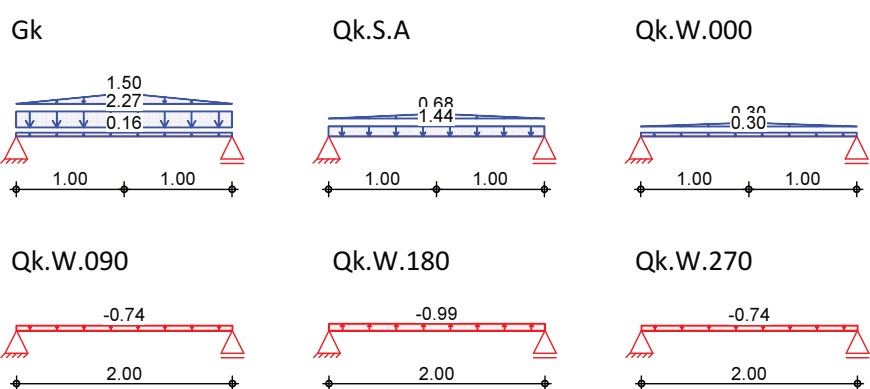
Belastungen

Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen



Streckenlasten
in z-Richtung

Gleich- und Trapezlasten

	Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q _{li} [kN/m]	q _{re} [kN/m]
Einw. Gk	1	Eigengew	0.00	2.00		0.16
	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		2.27
	1	Kuppel	0.00	1.00	0.00	1.50
	1	Kuppel	1.00	1.00	1.50	0.00
Einw. Qk.S.A	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		1.44
	1	Kuppel	0.00	1.00	0.00	0.68
	1	Kuppel	1.00	1.00	0.68	0.00
Einw. Qk.W.000	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		0.30
	1	Kuppel	0.00	1.00	0.00	0.30
	1	Kuppel	1.00	1.00	0.30	0.00

	Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q _{li} [kN/m]	q _{re} [kN/m]
Einw. Qk.W.090	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		-0.74
Einw. Qk.W.180	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		-0.99
Einw. Qk.W.270	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		-0.74

(a) aus Pos. '1a', Lager 'B' (Seite 8)

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

	Ek	KLED	Σ (γ*ψ*EW)		
ständig/vorüberg.	2	ku	1.35*Gk	+1.50*Qk.S.A	
selten	30		1.00*Gk	+1.00*Qk.S.A	+0.60*Qk.W.000
quasi-ständig	31		1.00*Gk		

ku: kurz

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

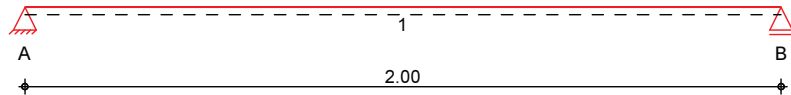
	Aufl.	F _{z,k} [kN]
Einw. Gk	A	3.18
	B	3.18
Einw. Qk.S.A	A	1.78
	B	1.78
Einw. Qk.W.000	A	0.45
	B	0.45
Einw. Qk.W.090	A	-0.74
	B	-0.74
Einw. Qk.W.180	A	-0.99
	B	-0.99
Einw. Qk.W.270	A	-0.74
	B	-0.74

Pos. 4b Pfette ohne PV

Die Position dient nur der Lastermittlung.

System Holz-Einfeldträger

M 1:20



Abmessungen /
Nutzungsklassen

Feld	l [m]	l _{ef,m} [m]	NKL
1	2.00	2.00	1

Auflager

Aufl.	x [m]	b [cm]	Transl. [kN/m]	Rotat. [kNm/rad]
A	0.00	18.00	starr	frei
B	2.00	18.00	starr	frei

Material

BSH GL22h

Querschnitt

b/h = 18/24 cm

Belastungen

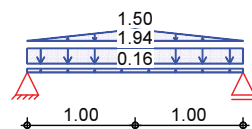
Belastungen auf das System

Grafik

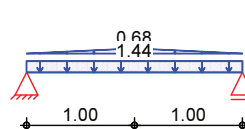
Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen

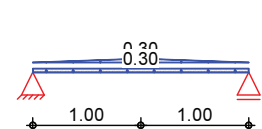
Gk



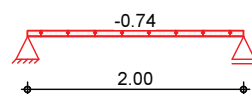
Qk.S.A



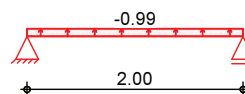
Qk.W.000



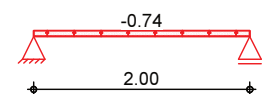
Qk.W.090



Qk.W.180



Qk.W.270



Streckenlasten
in z-Richtung

Gleich- und Trapezlasten

Einw. Gk

Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q _{li} [kN/m]	q _{re} [kN/m]
1	Eigengew	0.00	2.00		0.16
(a) 1	Sparren	0.00	2.00		1.94
1	Kuppel	0.00	1.00	0.00	1.50
1	Kuppel	1.00	1.00	1.50	0.00
Einw. Qk.S.A					
(a) 1	Sparren	0.00	2.00		1.44
1	Kuppel	0.00	1.00	0.00	0.68
1	Kuppel	1.00	1.00	0.68	0.00
Einw. Qk.W.000					
(a) 1	Sparren	0.00	2.00		0.30
1	Kuppel	0.00	1.00	0.00	0.30
1	Kuppel	1.00	1.00	0.30	0.00

	Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q _{li} [kN/m]	q _{re} [kN/m]
Einw. Qk.W.090	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		-0.74
Einw. Qk.W.180	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		-0.99
Einw. Qk.W.270	(a) 1	Sparren	0.00	2.00		-0.74

(a) aus Pos. '1b', Lager 'B' (Seite 11)

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

	Ek	KLED	Σ (γ*ψ*EW)		
ständig/vorüberg.	2	ku	1.35*Gk	+1.50*Qk.S.A	
selten	30		1.00*Gk	+1.00*Qk.S.A	+0.60*Qk.W.000
quasi-ständig	31		1.00*Gk		

ku: kurz

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

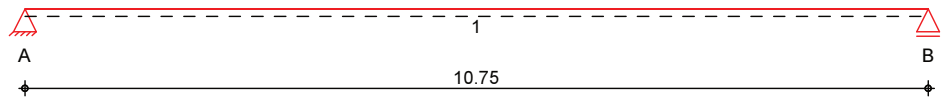
Char. Auflagerkr.

	Aufl.	F _{z,k} [kN]
Einw. Gk	A	2.85
	B	2.85
Einw. Qk.S.A	A	1.78
	B	1.78
Einw. Qk.W.000	A	0.45
	B	0.45
Einw. Qk.W.090	A	-0.74
	B	-0.74
Einw. Qk.W.180	A	-0.99
	B	-0.99
Einw. Qk.W.270	A	-0.74
	B	-0.74

Pos. 6 Binder PV dreiseitig

System Holz-Einfeldträger

M 1:90



Abmessungen /
Nutzungsklassen

Feld	l [m]	l _{ef,m} [m]	NKL
1	10.75	10.75	1

Auflager

Aufl.	x [m]	b [cm]	Transl. [kN/m]	Rotat. [kNm/rad]
A	0.00	20.00	starr	frei
B	10.75	20.00	starr	frei

Material

BSH GL24c

Querschnitt

b/h = 18/52 cm

Belastungen

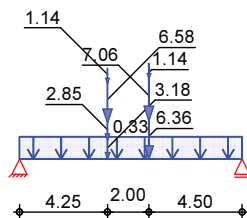
Belastungen auf das System

Grafik

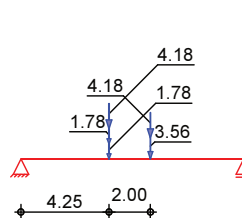
Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen

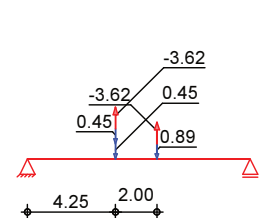
G_k



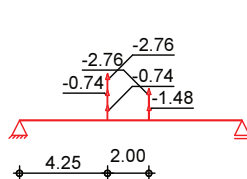
Q_k.S.A



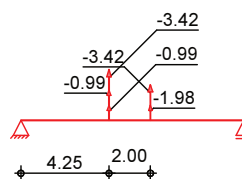
Q_k.W.000



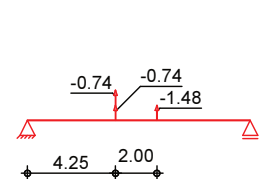
Q_k.W.090



Q_k.W.180



Q_k.W.270



Streckenlasten

in z-Richtung

Einw. G_k

Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q _{li} [kN/m]	q _{re} [kN/m]
1	Eigengew	0.00	10.75		0.33

Punktlasten

in z-Richtung

Einw. G_k

Einzellasten

Feld	Komm.	a [m]	F _z [kN]
(a) 1	Pfette	4.25	3.18
(b) 1	Pfette	4.25	2.85
(c) 1	Pfette	6.25	6.36

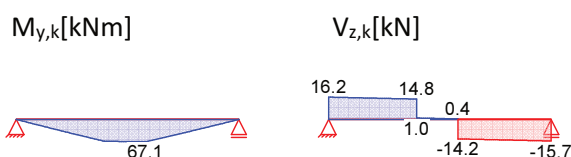
	Feld	Komm.	a [m]	F _z [kN]
Einw. Qk.S.A	(d) 1	Grat	6.25	7.06
	(e) 1	Grat	4.25	6.58
	(f) 1	Balken	4.25	1.14
	(f) 1	Balken	6.25	1.14
	(a) 1	Pfette	4.25	1.78
	(b) 1	Pfette	4.25	1.78
	(c) 1	Pfette	6.25	3.56
	(d) 1	Grat	6.25	4.18
Einw. Qk.W.000	(e) 1	Grat	4.25	4.18
	(a) 1	Pfette	4.25	0.45
	(b) 1	Pfette	4.25	0.45
	(c) 1	Pfette	6.25	0.89
	(d) 1	Grat	6.25	-3.62
	(e) 1	Grat	4.25	-3.62
Einw. Qk.W.090	(a) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(c) 1	Pfette	6.25	-1.48
	(d) 1	Grat	6.25	-2.76
	(e) 1	Grat	4.25	-2.76
Einw. Qk.W.180	(a) 1	Pfette	4.25	-0.99
	(b) 1	Pfette	4.25	-0.99
	(c) 1	Pfette	6.25	-1.98
	(d) 1	Grat	6.25	-3.42
	(e) 1	Grat	4.25	-3.42
Einw. Qk.W.270	(a) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(c) 1	Pfette	6.25	-1.48

- (a) aus Pos. '4a', Lager 'A' (Seite 35)
- (b) aus Pos. '4b', Lager 'A' (Seite 37)
- (c) aus Pos. '4a', Lager 'A', Faktor = 2.00 (Seite 35)
- (d) aus Pos. '3a', Lager 'B' (Seite 23)
- (e) aus Pos. '3b', Lager 'B' (Seite 32)
- (f) Balken ("Scheinbinder")
rechtwinkl. zu Binder
- $.35 \cdot (4.5+2)/2 = 1.14 \text{ kN}$

Char. Schnittgrößen charakteristische Schnittgrößen

Grafik Schnittgrößen (je Einwirkung)

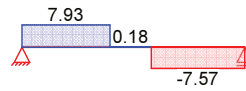
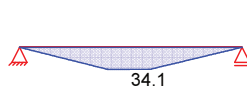
Einw. Gk



Einw. Qk.S.A

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

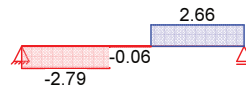
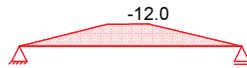
$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. Qk.W.000

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

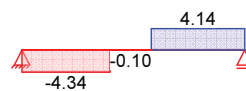
$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. Qk.W.090

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

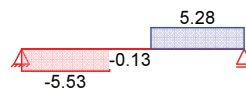
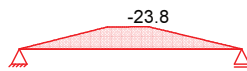
$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. Qk.W.180

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

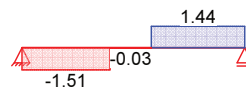
$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. Qk.W.270

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Tabelle

Schnittgrößen (je Einwirkung)

	Feld	x [m]	$M_{y,k}$ [kNm]	$V_{z,k}$ [kN]
Einw. Gk	1	0.00	0.00	16.16 *
		6.25	67.13 *	0.37
		10.75	0.00 *	-15.65 *
Einw. Qk.S.A	1	0.00	0.00	7.93 *
		6.25	34.06 *	0.18
		6.25	34.06 *	-7.57 *
		10.75	0.00 *	-7.57
Einw. Qk.W.000	1	0.00	0.00	-2.79 *
		6.25	-11.97 *	-0.06
		6.25	-11.97 *	2.66 *
		10.75	0.00 *	2.66
Einw. Qk.W.090	1	0.00	0.00	-4.34 *
		6.25	-18.64 *	-0.10
		6.25	-18.64 *	4.14 *
		10.75	0.00 *	4.14
Einw. Qk.W.180	1	0.00	0.00	-5.53 *
		6.25	-23.77 *	-0.13
		6.25	-23.77 *	5.28 *

	Feld	x [m]	$M_{y,k}$ [kNm]	$V_{z,k}$ [kN]
Einw. Qk.W.270		10.75	0.00 *	5.28
	1	0.00	0.00	-1.51 *
		6.25	-6.50 *	-0.03
		6.25	-6.50 *	1.44 *
		10.75	0.00 *	1.44

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

	Ek	KLED	$\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot EW)$
ständig/vorüberg.	2	ku	1.35 * Gk
seltener	29		1.00 * Gk
quasi-ständig	31		1.00 * Gk

ku: kurz

Bem.-schnittgrößen

Bemessungsschnittgrößen

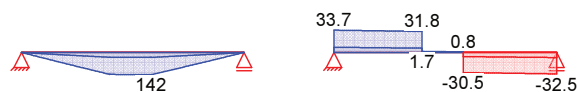
Grafik

Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

$M_{y,d}$ [kNm]

$V_{z,d}$ [kN]



Tabelle

Schnittgrößen (Umhüllende)

	x [m]	$M_{y,d,min}$ [kNm]	Ek	$M_{y,d,max}$ [kNm]	Ek	$V_{z,d,min}$ [kN]	Ek	$V_{z,d,max}$ [kN]	Ek
Feld 1	0.00	0.00	3	0.00	2	7.86	3	33.71	2
	6.25	31.47	3	141.70	2	0.18	3	0.77	2
	10.75	0.00	3	0.00	2	-32.48	2	-7.73	3

Bem.-verformungen

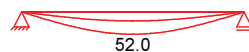
Bemessungsverformungen

Grafik

Verformungen (Umhüllende)

Kombinationen

$w_{z,d}$ [mm]



Tabelle

Verformungen (Umhüllende)

	x [m]	$w_{z,d,min}$ [mm]	Ek	$w_{z,d,max}$ [mm]	Ek
Feld 1	0.00	0.00	30	0.00	31
	5.36	21.00	30	51.95	31
	10.75	0.00	30	0.00	31

Mat./Querschnitt

nach DIN EN 1995-1-1

Materialien

Holz	$f_{m,k}$	f_{t0k}	f_{c0k}	f_{c90k}	f_{vk}	E_{0mean}
	[N/mm ²]					
BSH GL24c^f	24.0	17.0	21.5	2.5	3.5	11000
f: Lamellenlage flachkant						

Querschnittswerte

b	h	A	I _y
[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ⁴]
18.0	52.0	936.0	210912.0

**** FEHLER ****

Im Feld 1 treten unzulässige Spannungsüberschreitungen auf.

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Aufl.	$F_{z,k}$ [kN]
Einw. <i>Gk</i>	
A	16.16
B	15.65
Einw. <i>Qk.S.A</i>	
A	7.93
B	7.57
Einw. <i>Qk.W.000</i>	
A	-2.79
B	-2.66
Einw. <i>Qk.W.090</i>	
A	-4.34
B	-4.14
Einw. <i>Qk.W.180</i>	
A	-5.53
B	-5.28
Einw. <i>Qk.W.270</i>	
A	-1.51
B	-1.44

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld/Auflager	x [m]		η [-]
Biegung	Feld 1	6.25	n.OK	1.06
Querkraft	Feld 1	0.59	OK	0.31
Auflagerpressung	Auflager A		OK	0.47

Nachweise (GZG)

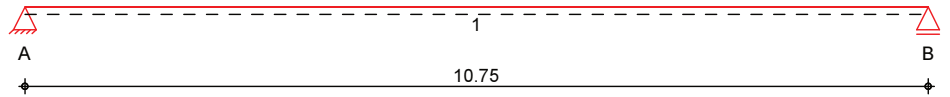
Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Anfangsdurchbieg.	Feld 1	5.36	OK	0.91
gesamte Enddurchb.	Feld 1	5.36	OK	0.97

Pos. 6b Binder PV nur zweiseitig

System Holz-Einfeldträger

M 1:90



**Abmessungen /
Nutzungsklassen**

Feld	l [m]	l _{ef,m} [m]	NKL
1	10.75	10.75	1

Auflager

Aufl.	x [m]	b [cm]	Transl. [kN/m]	Rotat. [kNm/rad]
A	0.00	20.00	starr	frei
B	10.75	20.00	starr	frei

Material

BSH GL24c

Querschnitt

b/h = 18/52 cm

Belastungen

Belastungen auf das System

Grafik

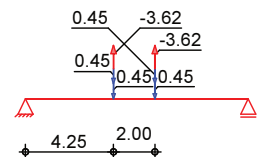
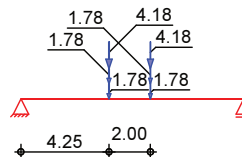
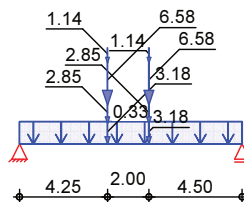
Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen

Gk

Qk.S.A

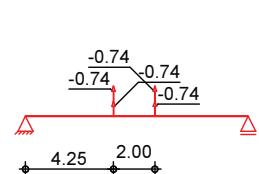
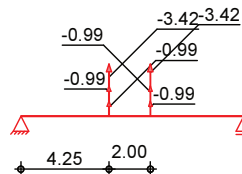
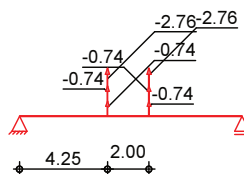
Qk.W.000



Qk.W.090

Qk.W.180

Qk.W.270



Streckenlasten

in z-Richtung

Einw. Gk

Feld	Komm.	a [m]	s [m]	q _{li} [kN/m]	q _{re} [kN/m]
1	Eigengew	0.00	10.75		0.33

Punktlasten

in z-Richtung

Einw. Gk

Einzellasten

Feld	Komm.	a [m]	F _z [kN]
(a) 1	Pfette	4.25	3.18
(b) 1	Pfette	4.25	2.85
(a) 1	Pfette	6.25	3.18

	Feld	Komm.	a [m]	F _z [kN]
Einw. Qk.S.A	(b) 1	Pfette	6.25	2.85
	(c) 1	Grat	6.25	6.58
	(c) 1	Grat	4.25	6.58
	(d) 1	Balken	4.25	1.14
	(d) 1	Balken	6.25	1.14
	(a) 1	Pfette	4.25	1.78
	(b) 1	Pfette	4.25	1.78
	(a) 1	Pfette	6.25	1.78
	(b) 1	Pfette	6.25	1.78
	(c) 1	Grat	6.25	4.18
Einw. Qk.W.000	(c) 1	Grat	4.25	4.18
	(a) 1	Pfette	4.25	0.45
	(b) 1	Pfette	4.25	0.45
	(a) 1	Pfette	6.25	0.45
	(b) 1	Pfette	6.25	0.45
	(c) 1	Grat	6.25	-3.62
	(c) 1	Grat	4.25	-3.62
Einw. Qk.W.090	(a) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(a) 1	Pfette	6.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	6.25	-0.74
	(c) 1	Grat	6.25	-2.76
	(c) 1	Grat	4.25	-2.76
Einw. Qk.W.180	(a) 1	Pfette	4.25	-0.99
	(b) 1	Pfette	4.25	-0.99
	(a) 1	Pfette	6.25	-0.99
	(b) 1	Pfette	6.25	-0.99
	(c) 1	Grat	6.25	-3.42
	(c) 1	Grat	4.25	-3.42
Einw. Qk.W.270	(a) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	4.25	-0.74
	(a) 1	Pfette	6.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	6.25	-0.74
	(a) 1	Pfette	6.25	-0.74
	(b) 1	Pfette	6.25	-0.74

(a) aus Pos. '4a', Lager 'A' (Seite 35)

(b) aus Pos. '4b', Lager 'A' (Seite 37)

(c) aus Pos. '3b', Lager 'B' (Seite 32)

(d) Balken ("Scheinbinder")
rechtwinkl. zu Binder

$$.35 \cdot (4.5 + 2) / 2 = 1.14 \text{ kN}$$

Char. Schnittgrößen

charakteristische Schnittgrößen

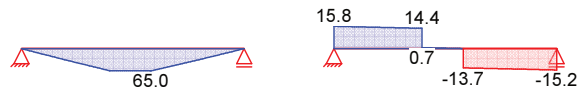
Grafik

Schnittgrößen (je Einwirkung)

Einw. G_k

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. $Q_{k.S.A}$

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. $Q_{k.W.000}$

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. $Q_{k.W.090}$

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. $Q_{k.W.180}$

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Einw. $Q_{k.W.270}$

$M_{y,k}[\text{kNm}]$

$V_{z,k}[\text{kN}]$



Tabelle

Schnittgrößen (je Einwirkung)

	Feld	x [m]	$M_{y,k}$ [kNm]	$V_{z,k}$ [kN]
Einw. G_k	1	0.00	0.00	15.82 *
		6.25	65.01 *	0.03
		10.75	0.00 *	-15.18 *
Einw. $Q_{k.S.A}$	1	0.00	0.00	7.93 *
		6.25	34.06 *	0.18
		6.25	34.06 *	-7.57 *
		10.75	0.00 *	-7.57
Einw. $Q_{k.W.000}$	1	0.00	0.00	-2.79 *

	Feld	x [m]	$M_{y,k}$ [kNm]	$V_{z,k}$ [kN]
Einw. Qk.W.090	1	6.25	-11.97 *	-0.06
		6.25	-11.97 *	2.66 *
		10.75	0.00 *	2.66
		0.00	0.00	-4.34 *
		6.25	-18.64 *	-0.10
Einw. Qk.W.180	1	6.25	-18.64 *	4.14 *
		10.75	0.00 *	4.14
		0.00	0.00	-5.53 *
		6.25	-23.77 *	-0.13
		6.25	-23.77 *	5.28 *
Einw. Qk.W.270	1	10.75	0.00 *	5.28
		0.00	0.00	-1.51 *
		6.25	-6.50 *	-0.03
		6.25	-6.50 *	1.44 *
		10.75	0.00 *	1.44

Kombinationen

Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

	Ek	KLED	$\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot EW)$
ständig/vorüberg.	2	ku	1.35 * Gk
seltener	29		1.00 * Gk
quasi-ständig	31		1.00 * Gk

ku: kurz

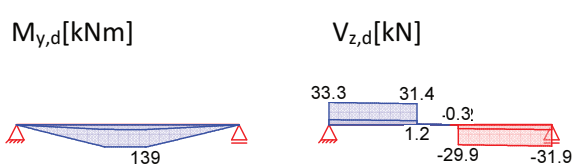
Bem.-schnittgrößen

Bemessungsschnittgrößen

Grafik

Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen



Tabelle

Schnittgrößen (Umhüllende)

	x [m]	$M_{y,d,min}$ [kNm]	Ek	$M_{y,d,max}$ [kNm]	Ek	$V_{z,d,min}$ [kN]	Ek	$V_{z,d,max}$ [kN]	Ek
Feld 1	0.00	0.00	3	0.00	2	7.52	3	33.25	2
	6.25	29.36	3	138.85	2	-0.16	3	0.31	2
	10.75	0.00	3	0.00	2	-31.85	2	-7.26	3

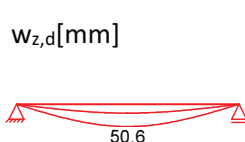
Bem.-verformungen

Bemessungsverformungen

Grafik

Verformungen (Umhüllende)

Kombinationen



Tabelle

Verformungen (Umhüllende)

	x [m]	w _{z,d,min} [mm]	Ek	w _{z,d,max} [mm]	Ek
Feld 1	0.00	0.00	30	0.00	31
	5.35	20.13	30	50.57	31
	10.75	0.00	30	0.00	31

Mat./Querschnitt

nach DIN EN 1995-1-1

Materialien

Holz	f _{m,k}	f _{t0k}	f _{c0k}	f _{c90k}	f _{vk}	E _{0mean}
[N/mm ²]						
BSH GL24c^f	24.0	17.0	21.5	2.5	3.5	11000
f: Lamellenlage flachkant						

Querschnittswerte

b	h	A	I _y
[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ⁴]
18.0	52.0	936.0	210912.0

**** FEHLER ****

Im Feld 1 treten unzulässige Spannungsüberschreitungen auf.

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Aufl.	F _{z,k} [kN]
Einw. G _k	A 15.82
	B 15.18
Einw. Q _{k.S.A}	A 7.93
	B 7.57
Einw. Q _{k.W.000}	A -2.79
	B -2.66
Einw. Q _{k.W.090}	A -4.34
	B -4.14
Einw. Q _{k.W.180}	A -5.53
	B -5.28
Einw. Q _{k.W.270}	A -1.51
	B -1.44

Zusammenfassung

Zusammenfassung der Nachweise

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Nachweis	Feld/Auflager	x [m]		η [-]
Biegung	Feld 1	6.25	n.OK	1.04
Querkraft	Feld 1	0.59	OK	0.31
Auflagerpressung	Auflager A		OK	0.46

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis	Feld	x [m]		η [-]
Anfangsdurchbieg.	Feld 1	5.35	OK	0.89
gesamte Enddurchb.	Feld 1	5.35	OK	0.94