

Wilhelm-Grasmehr-Str. 4
52078 Aachen

Fon 0241/30 22 4

Fax 0241/30 22 6

kern@ing-buero-kern.de

Dipl.-Ing. Siegfried Kern

- Tragwerksplanung
 - Fachliste bundesweit tätiger Tragwerksplaner T0452
 - Liste der qualifizierten Tragwerksplaner QT0623
Ingenieurkammer-Bau NRW
- Staatlich anerkannter Sachverständiger für Wärme- und Schallschutz

STATISCHE BERECHNUNG

Projekt-Nr.: 2026-01
Nachweis zum Einbau von Photovoltaikanlagen
Bauteil A/B/C OGGS Donnerberg
Höhenstraße 25
52222 Stolberg

Bauherr: **Amt für Immobilienmanagement & techn.**
Infrastruktur- Hochbau 65.1
Rathausstr.11-13
52222 Stolberg

Planer: **Schoenen Architekten**
Eichsfeldstraße 42
52223 Stolberg

Berechnungsgrundlagen

DIN 1045-1 Beton- und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN 1052 Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung
DIN 1053-1 Mauerwerk; Berechnung und Ausführung
DIN 1054 Baugrund; zulässige Belastung des Baugrundes
DIN 1055 Lastannahmen für Bauten
DIN 1072 Lastannahmen für Straßen- und Wegbrücken
DIN 4018 Berechnung der Sohldruckverteilung unter Flächengründung
DIN 4114 Stahlbau; Stabilitätsfälle und Berechnungen
DIN 4102 Brandschutz
DIN 4108 Wärmeschutz
DIN 4109 Schallschutz
DIN 4123 Unterfangungen
DIN 4149 Erdbeben
DIN 18800 Teil 1; Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion
DIN 18801 Stahlhochbau; Bemessung, Konstruktion, Herstellung
DIN 4113 T1 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung
DIN 18808 Stahlbauten; Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Belastung

Literatur

Betonkalender div. Jahrgänge
Platten (Stiglat/Wippel)
Bautabellen (Schneider; Wendehorst/Muth)
DAfStb; DGfM; DGfH; etc.
Mannesmann-Stahlbau-Hohlprofile MSH techn. Information 3

Baustoffe

Beton:

Stahl: S235

Mauerwerk:

Holzbaustoffe: C24

Bodenpressung:

KN/m²

Bettungsziffer: kN/m³

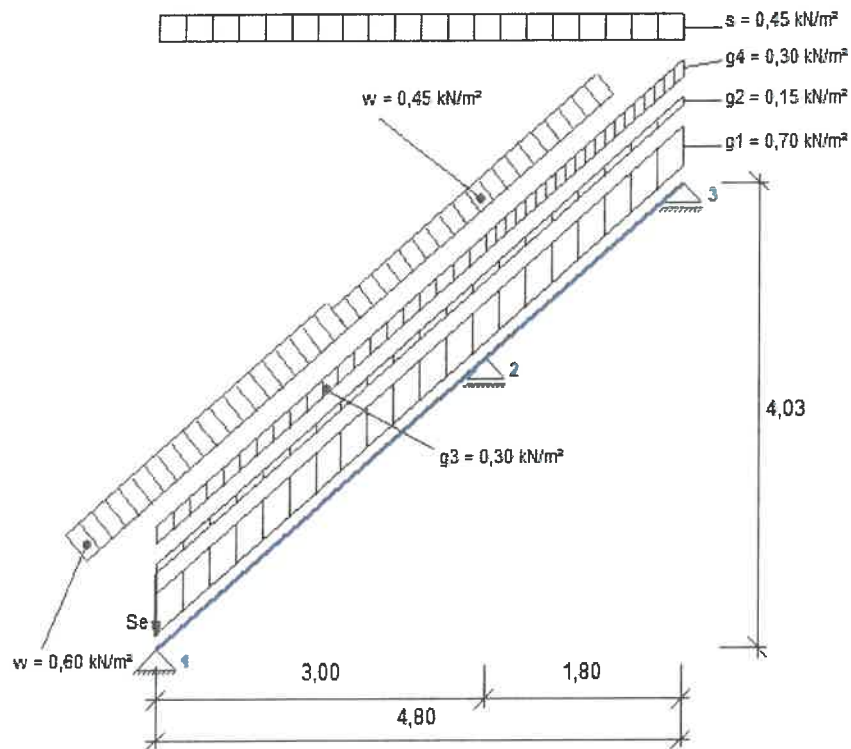
Steifemodul: ... kN/m²

In Abhängigkeit der Einbindetiefe und Fundamentbreite vergrößert sich die zul. Bodenpressung

Bemerkungen:

Position: D1

Durchlaufsparren (V.31.3) nach EC5 (NA Deutschland)



Systemwerte :

Dachneigung = 40,0 °
 Kragarm links = 0,00 m
 Kragarm rechts = 0,00 m
 Klauentiefe = 2,0 cm
 Gebäudelänge = 33,6 m
 horiz. feste Lager = 1

Feld	Feldlänge [m] (Grundlänge)
1	3,000
2	1,800

Belastung:

Eigengewichtslasten:

Das Eigengewicht des Sparrens wird mit einer Wichte von = 5,00 kN/m³ angesetzt!

Dacheindeckung = 0,70 kN/m² DFL
 Konstruktion = 0,15 kN/m² DFL
 Dachausbau Feld 1 = 0,30 kN/m² DFL
 Dachausbau restl. Felder = 0,30 kN/m² DFL

Schneelast: EC1-1-3

Ort = Stolberg - Rheinland
 Schneelastzone = 2
 Höhe A über NN = 181 m
 Schneelast s_k = 0,85 kN/m² GFL
 Schneelast s = 0,45 kN/m² GFL ($\mu_{se} = 0,53$ [-])
 Schneeüberhang an Traufe wird mit $s_e = 0,027$ kN/m angesetzt!
 Kein Schneefanggitter vorhanden!

Windlast: EC1-1-4

Ort = Stolberg - Rheinland
 Windlastzone = 2
 Bezugshöhe über Gelände = 11,900 m
 Geschwindigkeitsdruck $q_{ref} = 0,39$ kN/m²
 Geländekategorie: II = flaches/gewelltes Gelände mit Hecken, einzelne Gehöfte
 Windstaudruck $q = 0,85$ kN/m²
 Dachart = Satteldach
 Unterwind am Traufüberstand wird berücksichtigt (unterer Kragarm)!
 Giebelüberstand vorhanden --> Unterwind wird angesetzt (Sognachweis Randsparren)

Außendruckbeiwerte c_{pe} :

Die Bereiche F und G werden von der Gebäudekante aus angesetzt (anstatt von der Traufkante).
 Bei Sattel- / Walm- und Pultdächern werden für die Bereiche F / G und H die positiven c_{pe} -Werte angesetzt.

Lasteinzugsfläche Sparren = 3,26 m²
 $c_{pe,1}$ (Unterwind) = -1,00 [-]
 $c_{pe,10}$ (Unterwind) = -0,80 [-]

Nutzlasten q :

KLED für Nutzlasten = mittel
 Kategorie für Nutzlasten = A,B - Wohn-/Bürräume

Sonderlasten:

Einzellast Q_k (Mannlast) wird in ungünstiger Stellung berücksichtigt (Kragarm / Feld)

Auflagerkräfte (charakt. Werte):

Auflagerkräfte [kN/m] für Grundlastfälle (Wind mit $c_{pe,10}$; bei Flachdächern mit $+c_{pe}$ im Bereich I)

Lager	V aus LF g	H aus LF g	V aus LF s	H aus LF s	V aus LF w	H aus LF w	V aus LF q	H aus LF q
1	1,97	0,00	0,58	0,00	-0,53	-2,11	0,00	0,00
2	5,12	0,00	1,43	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00
3	0,69	0,00	0,19	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00

Auflagerkräfte [kN] für Grundlastfälle (Wind mit $c_{pe,10}$; bei Flachdächern mit $+c_{pe}$ im Bereich I)

Lager	V aus LF g	H aus LF g	V aus LF s	H aus LF s	V aus LF w	H aus LF w	V aus LF q	H aus LF q
1	1,02	0,00	0,30	0,00	-0,28	-1,10	0,00	0,00
2	2,66	0,00	0,74	0,00	1,46	0,00	0,00	0,00
3	0,36	0,00	0,10	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00

- 5 -

Bemessung nach EC5-1-1

gew.: $b / h = 1 \times 8,0 / 12,0 \text{ cm}$, $e = 52,0 \text{ cm}$

$A = 96,0 \text{ cm}^2$ $W_y = 192,0 \text{ cm}^3$ $I_y = 1152,0 \text{ cm}^4$
 $A = 80,0 \text{ cm}^2$ $W_y = 133,3 \text{ cm}^3$ --> Bereich Klauen

Nadelholz C24

$E_{0,\text{mean}} = 11000,000 \text{ N/mm}^2$

$G_{\text{mean}} = 690,000 \text{ N/mm}^2$

$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{t,0,k} = 14,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,0,k} = 21,00 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,300$ [-]

Bemessungsparameter:

- ☒ Nutzungsklasse NKL = 1
- ☒ $f_{m,d}$ wird für Vollholz mit $h < 150 \text{ mm}$ erhöht 3.2(3)
- ☒ k_{cR} wird in Bereichen $x \geq 1,50 \text{ m}$ vom Hirnholzende nicht um 30% erhöht
- ☒ $zul.w_{\text{inst}} = l/300$
- ☒ $zul.w_{\text{fin}} = l/200$
- ☒ $zul.w_{\text{net,fin}} = l/250$
- ☒ Werte für $zul.$ Durchbiegungen w werden bei Kragarmen verdoppelt!
- ☒ bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- ☒ BDK-Nachweis wird nicht geführt! (BDK durch Dachverschalung / Lattung verhindert)

Psi - Werte:

Einwirkung	Psi,0	Psi,1	Psi,2
Schnee s	0,50	0,20	0,00
Wind w	0,60	0,20	0,00
Nutzlasten q	0,70	0,50	0,30

Nachweise:

$M_d + N_d$ Feld (Biegespannung): $\eta = 0,50 < 1,00$ $|max.Sigma,d| = 8,71 \text{ N/mm}^2$

$M_d + N_d$ Stütze (Biegespannung): $\eta = 0,71 < 1,00$ $|max.Sigma,d| = 13,53 \text{ N/mm}^2$

Querkraft (Schubspannung): $\eta = 0,28 < 1,00$ $|max.Tau,d| = 0,87 \text{ N/mm}^2$

Durchbiegung : $max.\eta = 0,89 < 1,00$

$k_{cR} = 0,50$ [-] (Querkraft)

$k_{\text{mod}} = 0,90$ [-] (Feld), $LFK = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot Q_{k,\text{Feld}}$

$k_{\text{mod}} = 1,00$ [-] (Stütze), $LFK = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_{\text{lee}} + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot q + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot s$

$k_{\text{mod}} = 1,00$ [-] (Querkraft), $LFK = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_{\text{lee}} + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot q + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot s$

$M_{d,S} / N_{d,S} = -1,75 / 3,04$ (Stütze) --> Grundkombination

$M_{d,F} / N_{d,F} = 1,66 / 0,80$ (Feld) --> Grundkombination

$V_d = 2,79 \text{ kN}$ --> Grundkombination

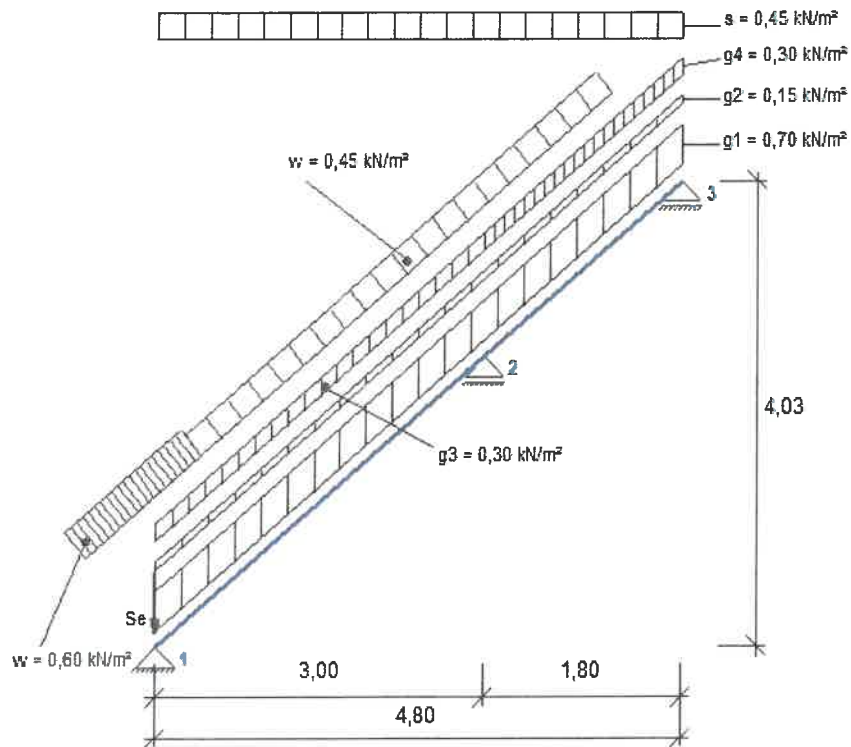
$ext.w_{\text{net,fin}}$ Feld = $1,06 \text{ cm}$ (quasi-ständig)

$ext.w_{\text{inst}}$ Feld = $1,17 \text{ cm}$

$ext.w_{\text{fin}}$ Feld = $1,57 \text{ cm}$

Position: D2

Durchlaufsparren (V.31.3) nach EC5 (NA Deutschland)



Systemwerte :

Dachneigung = 40,0 °
Kragarm links = 0,00 m
Kragarm rechts = 0,00 m
Klauentiefe = 2,0 cm
Gebäudelänge = 10,6 m
horiz. feste Lager = 1

Feld	Feldlänge [m] (Grundlänge)
1	3,000
2	1,800

Belastung:

Eigengewichtslasten:

Das Eigengewicht des Sparrens wird mit einer Wichte von = 5,00 kN/m³ angesetzt!

Dacheindeckung = 0,70 kN/m² DFL
Konstruktion = 0,15 kN/m² DFL
Dachausbau Feld 1 = 0,30 kN/m² DFL
Dachausbau restl. Felder = 0,30 kN/m² DFL

Schneelast: EC1-1-3

Ort = Stolberg - Rheinland
 Schneelastzone = 2
 Höhe A über NN = 181 m
 Schneelast s_k = 0,85 kN/m² GFL
 Schneelast s = 0,45 kN/m² GFL ($\mu_{se} = 0,53$ [-])
 Schneeüberhang an Traufe wird mit $s_e = 0,027$ kN/m angesetzt!
 Kein Schneefanggitter vorhanden!

Windlast: EC1-1-4

Ort = Stolberg - Rheinland
 Windlastzone = 2
 Bezugshöhe über Gelände = 11,900 m
 Geschwindigkeitsdruck $q_{ref} = 0,39$ kN/m²
 Geländekategorie: II = flaches/gewelltes Gelände mit Hecken, einzelne Gehöfte
 Windstaudruck $q = 0,85$ kN/m²
 Dachart = Satteldach
 Unterwind am Traufüberstand wird berücksichtigt (unterer Kragarm)!
 Giebelüberstand vorhanden --> Unterwind wird angesetzt (Sognachweis Randsparren)

Außendruckbeiwerte c_{pe} :

Die Bereiche F und G werden von der Gebäudekante aus angesetzt (anstatt von der Traufkante).
 Bei Sattel- / Walm- und Pultdächern werden für die Bereiche F / G und H die positiven c_{pe} -Werte angesetzt.

Lasteinzugsfläche Sparren = 3,26 m²
 $c_{pe,1}$ (Unterwind) = -1,00 [-]
 $c_{pe,10}$ (Unterwind) = -0,80 [-]

Nutzlasten q :

KLED für Nutzlasten = mittel
 Kategorie für Nutzlasten = A,B - Wohn-/Bürräume

Sonderlasten:

Einzellast Q_k (Mannlast) wird in ungünstiger Stellung berücksichtigt (Kragarm / Feld)

Auflagerkräfte (charakt. Werte):**Auflagerkräfte [kN/m] für Grundlastfälle (Wind mit $c_{pe,10}$; bei Flachdächern mit $+c_{pe}$ im Bereich I)**

Lager	V aus LF g	H aus LF g	V aus LF s	H aus LF s	V aus LF w	H aus LF w	V aus LF q	H aus LF q
1	1,97	0,00	0,58	0,00	-0,50	-1,95	0,00	0,00
2	5,12	0,00	1,43	0,00	2,52	0,00	0,00	0,00
3	0,69	0,00	0,19	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00

Auflagerkräfte [kN] für Grundlastfälle (Wind mit $c_{pe,10}$; bei Flachdächern mit $+c_{pe}$ im Bereich I)

Lager	V aus LF g	H aus LF g	V aus LF s	H aus LF s	V aus LF w	H aus LF w	V aus LF q	H aus LF q
1	1,02	0,00	0,30	0,00	-0,26	-1,01	0,00	0,00
2	2,66	0,00	0,74	0,00	1,31	0,00	0,00	0,00
3	0,36	0,00	0,10	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00

Bemessung nach EC5-1-1**gew.: $b / h = 1 \times 8,0 / 12,0 \text{ cm}$, $e = 52,0 \text{ cm}$**

$A = 96,0 \text{ cm}^2$	$W_y = 192,0 \text{ cm}^3$	$I_y = 1152,0 \text{ cm}^4$
$A = 80,0 \text{ cm}^2$	$W_y = 133,3 \text{ cm}^3$	--> Bereich Klauen

Nadelholz C24 $E_{0,\text{mean}} = 11000,000 \text{ N/mm}^2$ $G_{\text{mean}} = 690,000 \text{ N/mm}^2$ $f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{t,0,k} = 14,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{c,0,k} = 21,00 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_M = 1,300 [-]$ **Bemessungsparameter:**

- ☒ Nutzungsklasse NKL = 1
- ☒ $f_{m,d}$ wird für Vollholz mit $h < 150 \text{ mm}$ erhöht 3.2(3)
- ☒ k_{cR} wird in Bereichen $x \geq 1,50 \text{ m}$ vom Hirnholzende nicht um 30% erhöht
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{inst}} = l/300$
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{fin}} = l/200$
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{net,fin}} = l/250$
- ☒ Werte für zul.Durchbiegungen w werden bei Kragarmen verdoppelt!
- ☒ bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- ☒ BDK-Nachweis wird nicht geführt! (BDK durch Dachverschalung / Lattung verhindert)

Psi - Werte:

Einwirkung	Psi,0	Psi,1	Psi,2
Schnee s	0,50	0,20	0,00
Wind w	0,60	0,20	0,00
Nutzlasten q	0,70	0,50	0,30

Nachweise:Md + Nd Feld (Biegespannung): $\eta = 0,50 < 1,00$ | $\text{max.} \sigma_{d,l} = 8,71 \text{ N/mm}^2$ Md + Nd Stütze (Biegespannung): $\eta = 0,68 < 1,00$ | $\text{max.} \sigma_{d,l} = 12,89 \text{ N/mm}^2$ Querkraft (Schubspannung): $\eta = 0,26 < 1,00$ | $\text{max.} \tau_{d,l} = 0,83 \text{ N/mm}^2$ Durchbiegung : $\text{max.} \eta = 0,84 < 1,00$ $k_{cR} = 0,50 [-]$ (Querkraft) $k_{\text{mod}} = 0,90 [-]$ (Feld), $\text{LFK} = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot Q_{k,\text{Feld}}$ $k_{\text{mod}} = 1,00 [-]$ (Stütze), $\text{LFK} = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_{\text{lee}} + 1,50 \cdot \text{Psi}_{0,q} + 1,50 \cdot \text{Psi}_{0,s}$ $k_{\text{mod}} = 1,00 [-]$ (Querkraft), $\text{LFK} = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_{\text{lee}} + 1,50 \cdot \text{Psi}_{0,q} + 1,50 \cdot \text{Psi}_{0,s}$

Md,S / Nd,S = -1,67 / 2,93 (Stütze) --> Grundkombination

Md,F / Nd,F = 1,66 / 0,80 (Feld) --> Grundkombination

Vd = 2,66 kN --> Grundkombination

 $\text{ext.}w_{\text{net,fin}} \text{ Feld} = 1,06 \text{ cm}$ (quasi-ständig) $\text{ext.}w_{\text{inst}} \text{ Feld} = 1,10 \text{ cm}$ $\text{ext.}w_{\text{fin}} \text{ Feld} = 1,50 \text{ cm}$

Hinweise zur Dachkonstruktion :

Jeder Sparren ist durch Sparrennägeln (z.B. BMF - Sparrennägeln) an den Pfetten zu befestigen. Zusätzlich ist jeder zweite Sparren mit Sparrenpfettenankern zugfest an die Pfetten bzw. der Unterkonstruktion anzuschließen.

Schalbretter sind mit mindestens 2 Drahtstiften 28 x 65 oder gleichwertigen Verbindungsmitteln an jedem Sparren zu befestigen.

Dachschalungen, OSB-/Holzspan - oder Furnierholzplatten sind mit mindestens 10 Drahtstiften pro m² Dachfläche oder gleichwertigen Verbindungsmitteln zu befestigen.

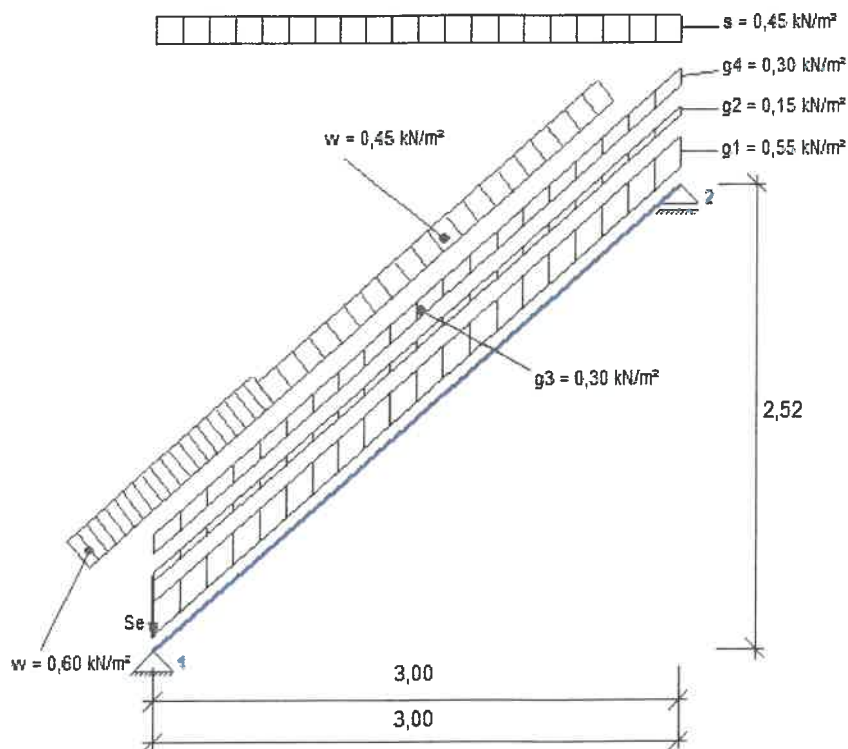
Sämtliche Sparren, Pfetten und Schwellhölzer sind untereinander zugfest zu verbinden. Wenn nicht anders nachgewiesen, sind als konstruktive Fußpfetten Hölzer mit $b/h = 10/12$ cm zu wählen. Die Fußpfetten sind durch Ankerbolzen M16 oder einbetonierte Flachstähle (z.B. Windrispenband) im Abstand von $a \leq 2,00$ m, bzw. $a \leq 1,00$ m in Eckbereichen im Ringbalken zu verankern. Bei einbetonierten Flachstählen muß das Stahlband mit einem Haken um die im Ringbalken verlaufende Längsbewehrung geführt werden.

Die Giebelwände sind zug- und druckfest (z.B. Maueranker) an die Dachverbände anzuschließen.

Die Windaussteifung in der Dachebene ist durch kreuzweise angeordnete Bretter (Windrispen) mit $b/d \geq 10/2,5$ cm zu gewährleisten, welche an jedem Sparren mit mindestens 2 Nägeln 38x100 zu befestigen sind. Alternativ können Windrispenbänder aus Flachstahl (z.B. BMF - Windrispenband) mit $t/b = 2/40$ mm verwendet werden. Diese Windrispenbänder sind dann kreuzweise auf jeder Dachfläche anzubringen und mit mindestens 2 Kammnägeln 4.0x40 an jedem Sparren zu befestigen. An den Enden sind die Windrispen bis zu den Pfetten durchzuführen und dort zu befestigen. Die Sparren am Endpunkt des Windrispenbandes sind durch geeignete Maßnahmen gegen Kippen zu sichern.

Position: D2a

Durchlaufsparren (V.31.3) nach EC5 (NA Deutschland)

**Systemwerte :**

Dachneigung = 40,0 °
 Kragarm links = 0,00 m
 Kragarm rechts = 0,00 m
 Klauentiefe = 2,0 cm
 Gebäudelänge = 10,6 m
 horiz. feste Lager = 1

Feld	Feldlänge [m] (Grundlänge)
1	3,000

Belastung:**Eigengewichtslasten:**

Das Eigengewicht des Sparrens wird mit einer Wichte von = 5,00 kN/m³ angesetzt!

Dacheindeckung = 0,55 kN/m² DFL
 Konstruktion = 0,15 kN/m² DFL
 Dachausbau Feld 1 = 0,30 kN/m² DFL

Schneelast: EC1-1-3

Ort = Stolberg - Rheinland
 Schneelastzone = 2
 Höhe A über NN = 181 m
 Schneelast sk = 0,85 kN/m² GFL
 Schneelast s = 0,45 kN/m² GFL (mue = 0,53 [-])
 Schneeüberhang an Traufe wird mit Se = 0,027 kN/m angesetzt!
 Kein Schneefanggitter vorhanden!

Durchlaufsparren V.31.3

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

- M -

Windlast: EC1-1-4

Ort = Stolberg - Rheinland

Windlastzone = 2

Bezugshöhe über Gelände = 11,900 m

Geschwindigkeitsdruck $q_{ref} = 0,39 \text{ kN/m}^2$

Geländekategorie: II = flaches/gewelltes Gelände mit Hecken, einzelne Gehöfte

Windstaudruck $q = 0,85 \text{ kN/m}^2$

Dachart = Satteldach

Unterwind am Traufüberstand wird berücksichtigt (unterer Kragarm)!

Giebelüberstand vorhanden --> Unterwind wird angesetzt (Sognachweis Randsparren)

Außendruckbeiwerte c_{pe} :

Die Bereiche F und G werden von der Gebäudekante aus angesetzt (anstatt von der Traufkante).

Bei Sattel- / Walm- und Pultdächern werden für die Bereiche F / G und H die positiven c_{pe} -Werte angesetzt.

Lasteinzugsfläche Sparren = $2,04 \text{ m}^2$

$c_{pe,1}$ (Unterwind) = $-1,00$ [-]

$c_{pe,10}$ (Unterwind) = $-0,80$ [-]

Nutzlasten q :

KLED für Nutzlasten =

mittel

Kategorie für Nutzlasten =

A,B - Wohn-/Bürräume

Sonderlasten:

Einzellast Q_k (Mannlast) wird in ungünstiger Stellung berücksichtigt (Kragarm / Feld)

Auflagerkräfte (charakt. Werte):

Auflagerkräfte [kN/m] für Grundlastfälle (Wind mit $c_{pe,10}$; bei Flachdächern mit $+c_{pe}$ im Bereich I)

Lager	V aus LF g	H aus LF g	V aus LF s	H aus LF s	V aus LF w	H aus LF w	V aus LF q	H aus LF q
1	2,14	0,00	0,71	0,00	0,31	-1,27	0,00	0,00
2	2,14	0,00	0,68	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00

Auflagerkräfte [kN] für Grundlastfälle (Wind mit $c_{pe,10}$; bei Flachdächern mit $+c_{pe}$ im Bereich I)

Lager	V aus LF g	H aus LF g	V aus LF s	H aus LF s	V aus LF w	H aus LF w	V aus LF q	H aus LF q
1	1,11	0,00	0,37	0,00	0,16	-0,66	0,00	0,00
2	1,11	0,00	0,35	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00

Bemessung nach EC5-1-1

gew.: $b / h = 1 \times 8,0 / 12,0 \text{ cm}$, $e = 52,0 \text{ cm}$

$A = 96,0 \text{ cm}^2$ $W_y = 192,0 \text{ cm}^3$ $I_y = 1152,0 \text{ cm}^4$
 $A = 80,0 \text{ cm}^2$ $W_y = 133,3 \text{ cm}^3$ --> Bereich Klauen

Nadelholz C24

$E_{0,mean} = 11000,000 \text{ N/mm}^2$

$G_{mean} = 690,000 \text{ N/mm}^2$

$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{t,0,k} = 14,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,0,k} = 21,00 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,300$ [-]

Bemessungsparameter:

- ☒ Nutzungsklasse NKL = 1
- ☒ $f_{m,d}$ wird für Vollholz mit $h < 150$ mm erhöht 3.2(3)
- ☒ k_{cR} wird in Bereichen $x \geq 1,50$ m vom Hirnholzende nicht um 30% erhöht
- ☒ $zul.w_{,inst} = l/300$
- ☒ $zul.w_{,fin} = l/200$
- ☒ $zul.w_{,net,fin} = l/250$
- ☒ Werte für $zul.$ Durchbiegungen w werden bei Kragarmen verdoppelt!
- ☒ bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- ☒ BDK-Nachweis wird nicht geführt! (BDK durch Dachverschalung / Lattung verhindert)

Psi - Werte:

Einwirkung	Psi,0	Psi,1	Psi,2
Schnee s	0,50	0,20	0,00
Wind w	0,60	0,20	0,00
Nutzlasten q	0,70	0,50	0,30

Nachweise:

$M_d + N_d$ Feld (Biegespannung): $\eta = 0,68 < 1,00$ $|max.Sigma,d| = 11,77 \text{ N/mm}^2$

$M_d + N_d$ Stütze (Biegespannung): $\eta = 0,02 < 1,00$ $|max.Sigma,d| = 0,22 \text{ N/mm}^2$

Querkraft (Schubspannung): $\eta = 0,22 < 1,00$ $|max.Tau,d| = 0,68 \text{ N/mm}^2$

Durchbiegung : max.eta = 1,40 > 1,00 !!!!!

$k_{cR} = 0,50$ [-] (Querkraft)

$k_{,mod} = 0,90$ [-] (Feld), $LFK = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot Q_{k,Feld}$

$k_{,mod} = 1,00$ [-] (Stütze), $LFK = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_{,lee} + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot q + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot s$

$k_{,mod} = 1,00$ [-] (Querkraft), $LFK = 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot w_{,lee} + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot q + 1,50 \cdot \Psi_{i,0} \cdot s$

$M_{d,S} / N_{d,S} = 0,00 / 1,74$ (Stütze) --> Grundkombination

$M_{d,F} / N_{d,F} = 2,25 / 0,48$ (Feld) --> Grundkombination

$V_d = 2,17 \text{ kN}$ --> Grundkombination

$ext.w_{,net,fin}$ Feld = 1,68 cm (quasi-ständig)

$ext.w_{,inst}$ Feld = 1,84 cm

$ext.w_{,fin}$ Feld = 2,47 cm

Hinweise zur Dachkonstruktion :

Jeder Sparren ist durch Sparrennägeln (z.B. BMF - Sparrennägeln) an den Pfetten zu befestigen. Zusätzlich ist jeder zweite Sparren mit Sparrenpfettenankern zugfest an die Pfetten bzw. der Unterkonstruktion anzuschließen.

Schalbretter sind mit mindestens 2 Drahtstiften 28 x 65 oder gleichwertigen Verbindungsmitteln an jedem Sparren zu befestigen.

Dachschalungen, OSB-/Holzspan - oder Furnierholzplatten sind mit mindestens 10 Drahtstiften pro m² Dachfläche oder gleichwertigen Verbindungsmitteln zu befestigen.

Sämtliche Sparren, Pfetten und Schwellhölzer sind untereinander zugfest zu verbinden. Wenn nicht anders nachgewiesen, sind als konstruktive Fußpfetten Hölzer mit b/h = 10/12 cm zu wählen. Die Fußpfetten sind durch Ankerbolzen M16 oder einbetonierte Flachstäbe (z.B. Windrispenband) im Abstand von $a \leq 2,00$ m, bzw. $a \leq 1,00$ m in Eckbereichen im Ringbalken zu verankern. Bei einbetonierten Flachstäben muß das Stahlband mit einem Haken um die im Ringbalken verlaufende Längsbewehrung geführt werden.

Die Giebelwände sind zug- und druckfest (z.B. Maueranker) an die Dachverbände anzuschließen.

Die Windaussteifung in der Dachebene ist durch kreuzweise angeordnete Bretter (Windrispen) mit b/d $\geq 10/2,5$ cm zu gewährleisten, welche an jedem Sparren mit mindestens 2 Nägeln 38x100 zu befestigen sind. Alternativ können Windrispenbänder aus Flachstahl (z.B. BMF - Windrispenband) mit t/b = 2/40 mm verwendet werden. Diese Windrispenbänder sind dann kreuzweise auf jeder Dachfläche anzubringen und mit mindestens 2 Kammnägeln 4.0x40 an jedem Sparren zu befestigen. An den Enden sind die Windrispen bis zu den Pfetten durchzuführen und dort zu befestigen. Die Sparren am Endpunkt des Windrispenbandes sind durch geeignete Maßnahmen gegen Kippen zu sichern.

Holzträger - Gelenk V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

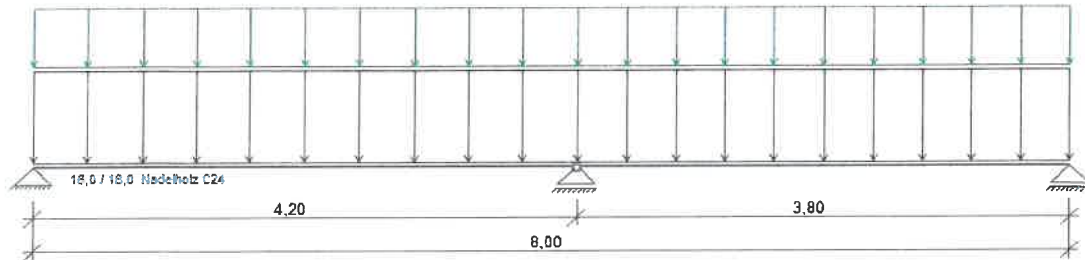
Tel. 0241/30224
52078 Aachen

- 14 -

Position: D3 Firstpfette

Holzträger mit Gelenk (V.31.1) nach EC5 - NA Deutschland

■ veränderliche Lasten ■ ständige Lasten



Systemwerte :

Anzahl Felder = 2

Gelenk bei $x = 4,200$ m vom linken Trägerende definiert!

Feld	Feldlänge [m]
1	4,200
2	3,800

Lager	Lagerlänge [cm]	Lagerbreite [cm]	kc90 [-]
1	12,0	12,0	1,00
2	12,0	12,0	1,00
3	12,0	12,0	1,00

Belastung: (EWA = Einwirkungsart)

Einwirkungsart 1 = Nutzlasten

Einwirkungsart 2 = Schneelasten (Höhe über NN ≤ 1000 m)

Einwirkungsart 3 = Windlasten

Einwirkungsart 4 = Windlasten alternativ

Einwirkungsart 5 = Erdbeben

g über Gesamtlänge = $0,000$ kN/m

q über Gesamtlänge = $0,000$ kN/m aus Einwirkungsart 1

Eigengewicht der Konstruktion wird mit $5,00$ kN/m³ berücksichtigt

KLED für Nutzlasten = mittel, aus Kategorie: A,B - Wohn-/Bürräume

Lastarten :

1 = Einzellast

2 = Gleichlast

3 = Einzelmoment

4 = Trapezlast

5 = Teiltrapezlast

Belastung: (Trägerbezogene Lasten) --> Abstand x immer vom linken Trägerende

Nr.	Art	G links	Q links	G rechts	Q rechts	Abstand x [m]	Lastlänge [m]	EWA	Faktor	Bemerkung
1	2	0,690	0,440	0,000	0,000	0,000	0,000	1	2,000	D1

Auflagerkräfte (charakt. Werte):

Lager	F aus LF g	F aus LF s	F aus LF w	F aus LF w,alt.	F aus LF q (max.)	F aus LF q (min.)	F aus LF q (Voll.)	F aus LF Erdb.
1	3,20	0,00	0,00	0,00	1,85	0,00	1,85	0,00
2	6,10	0,00	0,00	0,00	3,52	0,00	3,52	0,00
3	2,90	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	1,67	0,00

Holzträger - Gelenk V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

15

Maximale Feldschnittgrößen (gamma-fach):

Feld	max.My,d [kNm]	min.My,d [kNm]	max.Vz,d [kN]
1	7,45	0,00	7,09
2	6,10	0,00	6,42

Gelenkkraft (gamma-fach):

Gelenk	Fz,d [kN]	LFK
1	6,42	$1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$

Bemessung nach EC5:

gew.: $b / h = 16,0 / 18,0 \text{ cm}$

$A = 288,0 \text{ cm}^2$
 $W_y = 864,0 \text{ cm}^3 / W_z = 768,0 \text{ cm}^3$
 $I_y = 7776,0 \text{ cm}^4 / I_z = 6144,0 \text{ cm}^4$

Nadelholz C24

$E_{0,\text{mean}} = 11000,000 \text{ N/mm}^2$
 $f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,90,k} = 2,50 \text{ N/mm}^2$
 $f_{t,90,k} = 0,40 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,300 [-]$

Bemessungsparameter:

- ☒ Nutzungsklasse NKL = 1
- ☒ $f_{m,d}$ wird für Vollholz mit $h < 150 \text{ mm}$ erhöht 3.2(3)
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{inst}} = l/300$
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{fin}} = l/200$
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{net,fin}} = l/250$
- ☒ Werte für zul.Durchbiegungen w werden bei Kragarmen verdoppelt!
- ☒ bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- ☒ Schubnachweis wird bei $x = h$ geführt (außer bei auflagernahen Einzellasten)
- ☒ Querkraftanteile auflagernaher Einzellasten werden beim Schubnachweis abgezogen
- ☒ k_{cR} wird bei NH in Bereichen, welche min. 1,50 m vom Hirnholzende entfernt sind, nicht erhöht
- ☒ beim Nachweis der Auflagerpressung wird der Überstand mit max. 30 mm berücksichtigt
- ☒ Biegedrillknick-Nachweis wird nicht geführt! (BDK durch entsprechende Halterung verhindert)

Psi - Werte:

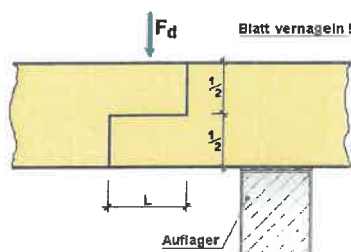
Einwirkung	Psi,0	Psi,1	Psi,2
Schnee s	0,50	0,20	0,00
Wind w	0,60	0,20	0,00
Nutzlasten q	0,70	0,50	0,30

Nachweise:Biegung: $\eta = 0,58 < 1,00$ $|\max.\sigma_{d}| = 8,62 \text{ N/mm}^2$ Querkraft: $\eta = 0,26 < 1,00$ $|\max.\tau_{z,d}| = 0,66 \text{ N/mm}^2$ Durchbiegung: $\max.\eta = 0,81 < 1,00$ Auflagerpressung: $\max.\eta = 0,40 < 1,00$ (Lager 2) $k_{\text{mod}} = 0,80$ [-] (Biegung) $k_{\text{mod}} = 0,80$ [-] (Querkraft) $k_{\text{mod}} = 0,80$ [-] (Auflagerpressung) $k_{\text{cR}} = 0,50$ [-] (Querkraft) $k_{\text{crit}} = 1,000$ [-] $|\max.M_{y,d}| = 7,45 \text{ kNm}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$) $|\max.V_{z,d}| = 6,29 \text{ kN}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

ext.w,inst Feld = 1,14 cm

ext.w,fin Feld = 1,65 cm

ext.w,net,fin Feld = 1,36 cm (quasi-ständig)

 $k_{\text{def}} = 0,600$ **Nachweis der Gelenke nach EC5:** $\max.F_{z,d} = 6,417 \text{ kN}$ 

Länge L der Verblattung = 10,0 cm

Nachweise:**Querzug / Schub:** $\text{zul}.V_d = 5,546 \text{ kN} < \text{vorh}.V_d = 6,417 \text{ kN} !!!$ ($k_v = 0,469$)Biegung: Ausnutzung = $0,10 < 1,00$ ($\text{vorh}.\sigma_{d} = 1,485 \text{ N/mm}^2$)

Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

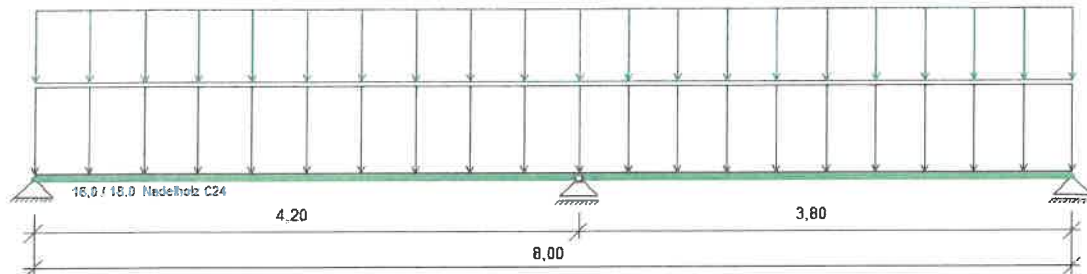
Tel. 0241/30224
52078 Aachen

17

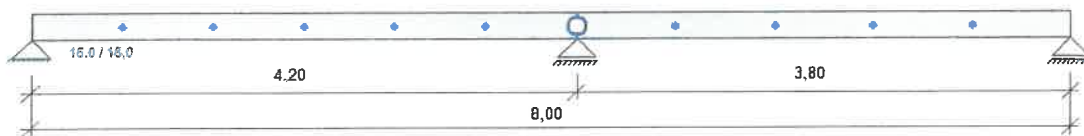
Position: D4 Mittelpfette

Holzträger mit Verstärkung (V.31.1) nach EC5 - NA Deutschland

■ veränderliche Lasten ■ ständige Lasten



□ = Verstärkung mit 1 x U160



Systemwerte :

Anzahl Felder = 2
Gelenk bei x = 4,200 m vom linken Trägerende definiert!

Feld	Feldlänge [m]
1	4,200
2	3,800

Lager	Lagerlänge [cm]	Lagerbreite [cm]	kc90 [-]
1	16,0	16,0	1,00
2	16,0	16,0	1,00
3	16,0	16,0	1,00

Verstärkung:

Profil Verstärkung: 1 x U160

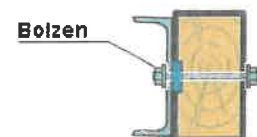
Feld 1 mit Verstärkung

Feld 2 mit Verstärkung

Verstärkung ist über Innenstützen durch Gelenk getrennt!

Verstärkung liegt an den Lagern auf!

Verstärkung einseitig angebracht!



Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

- 18

Verbindungsmittel:

Dübeltyp = einseitiger Scheibendübel B1-65mm

Einlass-/Einpresstiefe $h_e = 15,0$ mm

Bolzen $d = 12$ mm (Festigkeitsklasse 5.6)

Verschiebungsmodul $K_{ser} = 27300,000$ N/mm (je Dübel und Scherfläche)

Einteilung der Dübel (Abstände immer vom linken Feldende / Kragarmende:

Nummer	Feld 1 [m]	Feld 2 [m]
1	0,700	0,760
2	1,400	1,520
3	2,100	2,280
4	2,800	3,040
5	3,500	

Belastung: (EWA = Einwirkungsart)

Einwirkungsart 1 = Nutzlasten

Einwirkungsart 2 = Schneelasten (Höhe über NN ≤ 1000 m)

Einwirkungsart 3 = Windlasten

Einwirkungsart 4 = Windlasten alternativ

Einwirkungsart 5 = Erdbeben

g über Gesamtlänge = 0,000 kN/m

q über Gesamtlänge = 0,000 kN/m aus Einwirkungsart 1

Eigengewicht der Konstruktion wird mit 5,00 kN/m³ berücksichtigt

Eigengewicht der Verstärkung wird mit 78,5 kN/m³ berücksichtigt

KLED für Nutzlasten = mittel, aus Kategorie: A,B - Wohn-/Bürräume

Lastarten :

1 = Einzellast

2 = Gleichlast

3 = Einzelmoment

4 = Trapezlast

5 = Teiltrapezlast

Belastung: (Trägerbezogene Lasten) --> Abstand x immer vom linken Trägerende

Nr.	Art	G links	Q links	G rechts	Q rechts	Abstand x [m]	Lastlänge [m]	EWA	Faktor	Bemerkung
1	2	5,120	4,230	0,000	0,000	0,000	0,000	1	1,000	D1

Auflagerkräfte (charakt. Werte):

Lager	F aus LF g	F aus LF s	F aus LF w	F aus LF w,alt.	F aus LF q (max.)	F aus LF q (min.)	F aus LF q (Voll.)	F aus LF Erdb.
1	11,45	0,00	0,00	0,00	8,88	0,00	8,88	0,00
2	21,81	0,00	0,00	0,00	16,92	0,00	16,92	0,00
3	10,36	0,00	0,00	0,00	8,04	0,00	8,04	0,00

Maximale Feldschnittgrößen für Holzträger (gamma-fach):

Feld	max.My,d [kNm]	min.My,d [kNm]	max.Vz,d [kN]
1	9,23	0,00	11,98
2	7,76	0,00	11,32

Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

19

Maximale Feldschnittgrößen für Verstärkung (gamma-fach):

Feld	max.My,d [kNm]	min.My,d [kNm]	max.Vz,d [kN]
1	21,41	0,00	16,80
2	16,98	0,00	14,72

Gelenkkraft (gamma-fach):

Gelenk	Fz,d [kN]	LFK
1	11,32	$1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$

Holzträger - Bemessung nach EC5:

gew.: $b / h = 16,0 / 18,0 \text{ cm}$

$A = 288,0 \text{ cm}^2$
 $W_y = 864,0 \text{ cm}^3$
 $I_y = 7776,0 \text{ cm}^4$

Nadelholz C24

$E_{0,\text{mean}} = 11000,000 \text{ N/mm}^2$

$f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{c,90,k} = 2,50 \text{ N/mm}^2$

$f_{t,90,k} = 0,40 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,300 [-]$

Bemessungsparameter:

- ☒ Nutzungsklasse NKL = 1
- ☒ $f_{m,d}$ wird für Vollholz mit $h < 150 \text{ mm}$ erhöht 3.2(3)
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{inst}} = l/300$
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{fin}} = l/200$
- ☒ $\text{zul.}w_{\text{net,fin}} = l/250$
- ☒ Werte für zul.Durchbiegungen w werden bei Kragarmen verdoppelt!
- ☒ bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- ☒ Schubnachweis wird bei $x = h$ geführt (außer bei auflagnahen Einzellasten)
- ☒ Querkraftanteile auflagnaher Einzellasten werden beim Schubnachweis abgezogen
- ☒ k_{cR} wird bei NH in Bereichen, welche min. 1,50 m vom Hirnholzende entfernt sind, nicht erhöht
- ☒ beim Nachweis der Auflagerpressung wird der Überstand mit max. 30 mm berücksichtigt
- ☒ Nachweis für Biegung ohne Berücksichtigung des Biegedrillknickens!

Psi - Werte:

Einwirkung	Psi,0	Psi,1	Psi,2
Schnee s	0,50	0,20	0,00
Wind w	0,60	0,20	0,00
Nutzlasten q	0,70	0,50	0,30

Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

20

Nachweise:

Biegung: $\eta = 0,72 < 1,00$ $|\max.\sigma_{d}| = 10,68 \text{ N/mm}^2$

Querkraft: $\eta = 0,37 < 1,00$ $|\max.\tau_{z,d}| = 0,91 \text{ N/mm}^2$

Durchbiegung : $\max.\eta = 1,01 > 1,00$!!!!!

Auflagerpressung: $\max.\eta = 0,43 < 1,00$ (Lager 2)

$k_{\text{mod}} = 0,80$ [-] (Biegung)

$k_{\text{mod}} = 0,80$ [-] (Querkraft)

$k_{\text{mod}} = 0,80$ [-] (Auflagerpressung)

$k_{\text{cR}} = 0,50$ [-] (Querkraft)

$k_{\text{crit}} = 1,000$ [-]

$|\max.M_{\text{yd}}| = 9,23 \text{ kNm}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

$|\max.V_{\text{zd}}| = 8,78 \text{ kN}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

$\text{ext.}w_{\text{inst Feld}} = 1,41 \text{ cm}$

$\text{ext.}w_{\text{fin Feld}} = 2,00 \text{ cm}$

$\text{ext.}w_{\text{net,fin Feld}} = 1,57 \text{ cm}$ (quasi-ständig)

$k_{\text{def}} = 0,600$

Auflagerpressungen / max. Lasten:

Lager	$F_{d,z}$ [kN]	$\sigma_{\text{c},90,z}$ [N/mm ²]	η [-]
1	11,984	0,394	0,256
2	23,307	0,662	0,430
3	11,323	0,372	0,242

Verstärkung Stahl - Bemessung nach EC3:

Profil Verstärkung: 1 x U160

Stahl = S235

E-Modul = $21000,00 \text{ kN/cm}^2$

$f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,00$ [-]

Nachweis elastisch - elastisch (EC5-QK3)

Nachweise:

Biegung: $\eta = 0,79 < 1,00$ $|\max.\sigma_{d}| = 184,53 \text{ N/mm}^2$

Querkraft: $\eta = 0,02 < 1,00$ $|\max.\tau_{z,d}| = 2,76 \text{ N/mm}^2$

Interaktion σ/τ : $\eta = 0,62 < 1,00$

$|\max.M_{\text{yd}}| / |\text{zug.}V_{\text{zd}}| = 21,41 \text{ kNm} / 3,38 \text{ kN}$

$|\max.V_{\text{zd}}| / |\text{zug.}M_{\text{yd}}| = 16,80 \text{ kN} / 0,00 \text{ kNm}$

Nachweise Verbindungsmittel (Dübel besonderer Bauart)::

Nachweis als einschnittige Verbindung

Winkel Kraft-Faser = 90°

$\rho_{90,k} = 350,000 \text{ kg/m}^3$

$f_{c,90,k} = 2,500 \text{ N/mm}^2$

$F_{V,90,Rd,Dübel} = 13,846 \text{ kN}$

$F_{V,90,Rd,tot} = 13,846 \text{ kN}$

max. Ausnutzung: $\eta = 0,55 < 1,00$ $|\max.F_d| = 7,619 \text{ kN}$

$A = 24,0 \text{ cm}^2$

$W_y = 116,0 \text{ cm}^3$

$I_y = 925,0 \text{ cm}^4$

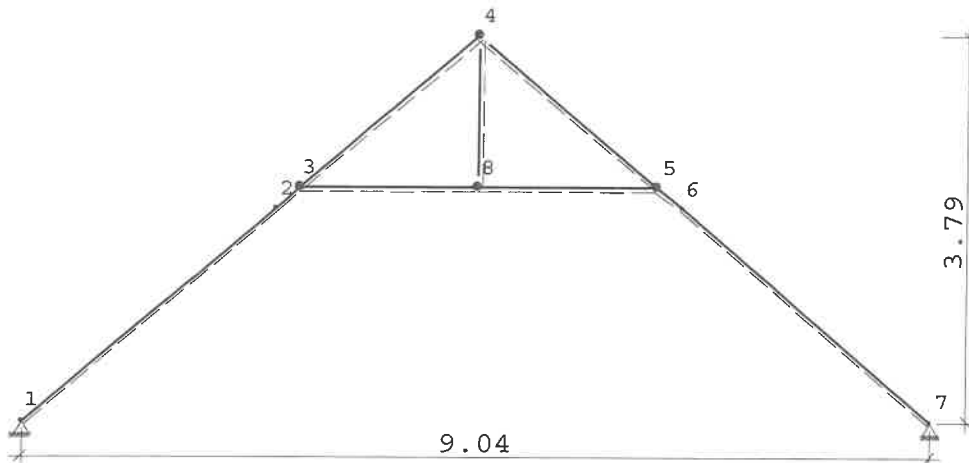
$A \cdot V_z = 12,2 \text{ cm}^2$

- 21 -

Position: Spw 1

Ebenes Stabwerk ESK1 01/2017 (Frilo R-2017-1/P8)

System M 1 : 75



BAUSTOFF	: C24 (EN 338:2016)	E-Modul	E = 1100 kN/cm ²	γ _M = 1.30
		spez. Gewicht	: 0.60 kg/dm ³	

QUERSCHNITTSWERTE		Träg.h.mom.	Fläche
Q.Nr	Mat.Nr	I (cm ⁴)	A (cm ²)
1	1 3*14x20	28000	840.0
2	1 2*8x18 (	7776.0	288.0
3	1 18x14 (s	4116.0	252.0

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)				
Q.Nr.	Mat.Nr	b	d	Faktor
1	1	14.0	20.0	1.00 3 *
2	1	8.0	18.0	1.00 2 *
3	1	18.0	14.0	1.00

SYSTEM Stab Nr.	Projektionen		Querschnitt		Knoten	
	L _x (m)	L _z (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	2.500	2.100	1	1	1.0	2.0
2	0.240	0.200	1	1	2.0	3.0
3	1.780	1.490	1	1	3.0	4.0
4	1.780	-1.490	1	1	4.1	5.0
5	0.250	-0.200	1	1	5.0	6.0
6	2.490	-2.100	1	1	6.0	7.0
7	1.780	0.000	2	2	3.1	8.0
8	1.780	0.000	2	2	8.0	5.1
9	0.000	1.490	3	3	8.1	4.2

Stab	L	sky	skz	sby	sbz	Lby	Lbz
1	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	57	81
2	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	5	8
3	2.321	2.321	2.321	2.321	2.321	40	57
4	2.321	2.321	2.321	2.321	2.321	40	57
5	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	6	8
6	3.257	3.257	3.257	3.257	3.257	56	81
7	1.780	1.780	1.780	1.780	1.780	34	77
8	1.780	1.780	1.780	1.780	1.780	34	77
9	1.490	1.490	1.490	1.490	1.490	37	29

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch				(kN/cm , kNcm)
Knoten	horizontal	vertikal	drehend	
1	-1	-1	0	
7	-1	-1	0	

Volumen der Konstruktion	V =	1.131 m ³
Gewicht der Konstruktion	G =	679 kg

-23-

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall:

Einwirkung Nr. 1 Wohnräume $\gamma = 1.50$

Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	4.220	54.790	0.000
4	0.000	13.520	0.000
6	0.000	54.790	0.000

Eigenlastfaktor in z-Richtung $F_{ak_g_z} = 1.35$

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	4.220	132.262

Maximale Verschiebung im Stab 1 bei $x = 0.75 \cdot L$ $Max_f = 0.45 \text{ cm}$

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord.

Lastfall 1 :

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	-72.177	65.089	
7	76.397	67.172	
Summe :	4.220	132.262	

SCHNITTGRÖSSEN

Th. 1.Ord.

Lastfall 1 :

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	3.42	-97.13	0.00
		.50	2.56	-96.42	4.88
	1	2	1.71	-95.70	8.37
2	1	2	-42.70	-63.86	8.37
		.50	-42.78	-63.79	1.71
	1	3	-42.87	-63.73	-4.97
3	1	3	2.76	-9.03	-4.99
		.50	2.15	-8.52	-2.14
	1	4	1.55	-8.01	0.00
4	1	4	-3.14	-9.35	0.00
		.50	-3.75	-9.86	-4.00
	1	5	-4.35	-10.36	-8.70
5	1	5	39.96	-65.87	-8.70
		.50	39.87	-65.94	-2.31
	1	6	39.79	-66.01	4.06
6	1	6	-0.40	-100.28	4.07
		.50	-1.25	-100.99	2.72
	1	7	-2.10	-101.71	0.00
7	2	3	-0.04	-71.24	0.00
		.50	-0.25	-71.24	-0.13
	2	8	-0.46	-71.24	-0.45
8	2	8	0.46	-71.24	-0.45
		.50	0.25	-71.24	-0.13
	2	5	0.04	-71.24	0.00

-24-

SCHNITTGRÖSSEN			Th. 1.Ord.		Lastfall 1 :
Stab	Q	Knoten	Q	N	M
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
9	3	8	0.00	0.92	0.00
		.50	0.00	1.07	0.00
	3	4	0.00	1.22	0.00

SCHNITTGRÖSSEN+SPANNUNGEN			Th. 1.Ord.		Lastfall 1 :
Materialnorm: EN 338:2016					
Baustoff: C24 (EN 338:2016)			$\gamma_M = 1.30$		$k_{mod} = 0.80$ $N_{kl} = 1$ $k_{def} = 0.60$
$f_{m,k} = 24.0$	$f_{t,0,k} = 14.5$		$f_{c,0,k} = 21.0$		$f_{v,k} = 4.0 \text{ N/mm}^2$

Ausnutzungsgrad η nach DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08

Stab	x/L	Nd	My,d	kmod	kc	kcrit	Ng	σ_{Nd}	σ_{md}	$\eta\sigma$
Nr.		(kN)	(kNm)	(-)	(-)	(-)	(%)	(N/mm ²)		
1	1	-145,7	0,0	0,80	0,44	1,00	0	-1,7	0,0	0,31
	0,500	-144,6	7,3	0,80	0,44	1,00	0	-1,7	2,6	0,43
	2	-143,6	12,6	0,80	0,44	1,00	0	-1,7	4,5	0,51
2	2	-95,8	12,6	0,80	1,00	1,00	0	-1,1	4,5	0,39
	0,500	-95,7	2,6	0,80	1,00	1,00	0	-1,1	0,9	0,15
	3	-95,6	-7,5	0,80	1,00	1,00	0	-1,1	-2,7	0,27
3	3	-13,5	-7,5	0,80	0,88	1,00	0	-0,2	-2,7	0,20
	0,500	-12,8	-3,2	0,80	0,88	1,00	0	-0,2	-1,2	0,09
	4	-12,0	0,0	0,80	0,71	1,00	0	-0,1	0,0	0,02
4	4	-14,0	0,0	0,80	0,71	1,00	0	-0,2	0,0	0,02
	0,500	-14,8	-6,0	0,80	0,88	1,00	0	-0,2	-2,1	0,16
	5	-15,5	-13,0	0,80	0,88	1,00	0	-0,2	-4,7	0,33
5	5	-98,8	-13,0	0,80	1,00	1,00	0	-1,2	-4,7	0,41
	0,500	-98,9	-3,5	0,80	1,00	1,00	0	-1,2	-1,2	0,18
	6	-99,0	6,1	0,80	1,00	1,00	0	-1,2	2,2	0,24
6	6	-150,4	6,1	0,80	0,44	1,00	0	-1,8	2,2	0,42
	0,500	-151,5	4,1	0,80	0,44	1,00	0	-1,8	1,5	0,39
	7	-152,6	0,0	0,80	0,44	1,00	0	-1,8	0,0	0,32
7	3	-106,9	0,0	0,80	0,47	1,00	0	-3,7	0,0	0,61
	0,500	-106,9	-0,2	0,80	0,47	1,00	0	-3,7	-0,2	0,62
	8	-106,9	-0,7	0,80	0,47	1,00	0	-3,7	-0,8	0,64
8	8	-106,9	-0,7	0,80	0,47	1,00	0	-3,7	-0,8	0,64
	0,500	-106,9	-0,2	0,80	0,47	1,00	0	-3,7	-0,2	0,62
	5	-106,9	0,0	0,80	0,47	1,00	0	-3,7	0,0	0,61
9	8	1,4	0,0	0,80	1,00	1,00	0	0,1	0,0	0,01
	0,500	1,6	0,0	0,80	1,00	1,00	0	0,1	0,0	0,01
	4	1,8	0,0	0,80	1,00	1,00	0	0,1	0,0	0,01

Stab	x/L	Qd	τ_d	kmod	$\eta\tau$
Nr.		(kN)	(N/mm ²)	(-)	
1	1	5,1	0,09	0,80	0,07
	0,500	3,8	0,07	0,80	0,06
	2	2,6	0,05	0,80	0,04
2	2	-64,1	1,14	0,80	0,93
	0,500	-64,2	1,15	0,80	0,93
	3	-64,3	1,15	0,80	0,93
3	3	4,1	0,07	0,80	0,06
	0,500	3,2	0,06	0,80	0,05
	4	2,3	0,04	0,80	0,03
4	4	-4,7	0,08	0,80	0,07
	0,500	-5,6	0,10	0,80	0,08
	5	-6,5	0,12	0,80	0,10
5	5	59,9	1,07	0,80	0,87
	0,500	59,8	1,07	0,80	0,87
	6	59,7	1,07	0,80	0,87
6	6	-0,6	0,01	0,80	0,01
	0,500	-1,9	0,03	0,80	0,03
	7	-3,1	0,06	0,80	0,05
7	3	-0,1	0,00	0,80	0,00

- 25 -

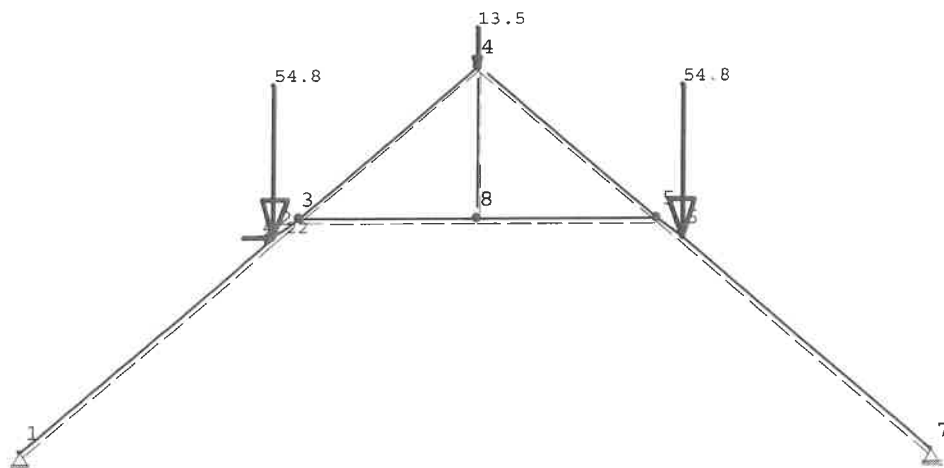
Stab Nr.	x/L	Qd (kN)	τ_d (N/mm ²)	k _{mod} (-)	$\eta\tau$
8	0,500	-0,4	0,02	0,80	0,02
	8	-0,7	0,04	0,80	0,03
	8	0,7	0,04	0,80	0,03
	0,500	0,4	0,02	0,80	0,02
9	5	0,1	0,00	0,80	0,00
	8	0,0	0,00	0,80	0,00
	0,500	0,0	0,00	0,80	0,00
	4	0,0	0,00	0,80	0,00

VERSCHIEBUNGEN		Th. 1.Ord.	Lastfall 1 :	
Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r	
1	0.00000	0.00000	0.00285	
2	0.21100	0.30416	-0.00208	
3	0.16386	0.25096	-0.00225	
3.1			-0.00116	
4	0.00107	0.05983	-0.00054	
4.1			-0.00157	
4.2			-0.00082	
5	0.08380	-0.04286	0.00153	
5.1			-0.00049	
6	0.04681	-0.00028	0.00177	
7	0.00000	0.00000	-0.00087	
8	0.12383	0.06040	-0.00083	
8.1			-0.00082	

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm)					Th. 1.Ord.	Lastfall 1 :			
Stab Nr.	Ende 1 0	1/8	2/8	3/8	x/L = 4/8	5/8	6/8	7/8	Ende 2 1
1	0.00	0.12	0.22	0.32	0.39	0.44	0.45	0.43	0.37
2	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32	0.31	0.30
3	0.30	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
4	0.05	0.00	-0.04	-0.08	-0.11	-0.13	-0.13	-0.12	-0.09
5	-0.09	-0.08	-0.07	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
6	-0.03	0.03	0.07	0.09	0.10	0.09	0.06	0.03	0.00
7	0.25	0.23	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06
8	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04
9	0.12	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00

- 26 -

Belastung Lastfall Nr. 1 M 1 : 75



mit Eigengewicht

Verstärkter Holzträger V.31.1

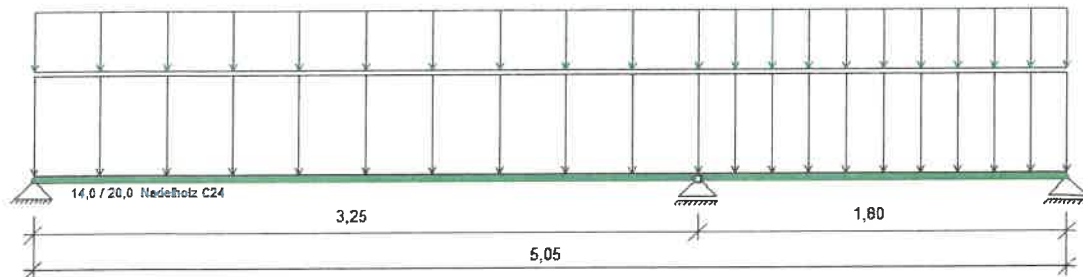
Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

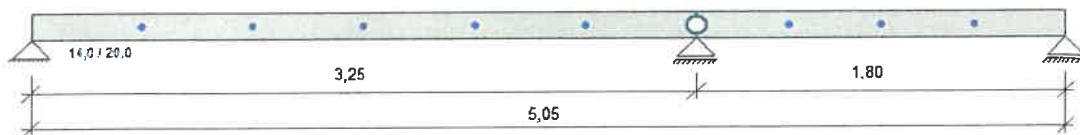
27-

Position: SPW 1 Verstärkung mit Ersatzlast berechnet
Holzträger mit Verstärkung (V.31.1) nach EC5 - NA Deutschland

■ veränderliche Lasten ■ ständige Lasten



■ = Verstärkung mit 2 x Holzlaschen 14,0 / 20,0 cm



Systemwerte :

Anzahl Felder = 2
Gelenk bei $x = 3,250$ m vom linken Trägerende definiert!

Feld	Feldlänge [m]
1	3,250
2	1,800

Lager	Lagerlänge [cm]	Lagerbreite [cm]	kc90 [-]
1	12,0	12,0	1,00
2	12,0	12,0	1,00
3	12,0	12,0	1,00

Verstärkung:

Verstärkung aus 2 x Holzlaschen mit $b \times h = 14,0 \times 20,0$ cm Nadelholz C24

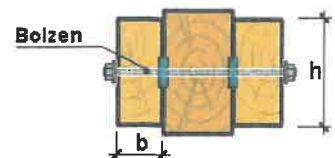
Feld 1 mit Verstärkung

Feld 2 mit Verstärkung

Verstärkung ist über Innenstützen durch Gelenk getrennt!

Verstärkung liegt an den Lagern auf!

Verstärkung beidseitig angebracht!



Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

28

Verbindungsmittel:

Dübeltyp = zweiseitiger Ringdübel A1-65mm

Einlass-/Einpresstiefe $h_e = 15,0$ mm

Bolzen $d = 12$ mm (Festigkeitsklasse 5.6)

Verschiebungsmodul $K_{ser} = 13650,000$ N/mm (je Dübel und Scherfläche)

Einteilung der Dübel (Abstände immer vom linken Feldende / Kragarmende:

Nummer	Feld 1 [m]	Feld 2 [m]
1	0,542	0,450
2	1,083	0,900
3	1,625	1,350
4	2,167	
5	2,708	

Belastung: (EWA = Einwirkungsart)

Einwirkungsart 1 = Nutzlasten

Einwirkungsart 2 = Schneelasten (Höhe über NN ≤ 1000 m)

Einwirkungsart 3 = Windlasten

Einwirkungsart 4 = Windlasten alternativ

Einwirkungsart 5 = Erdbeben

g über Gesamtlänge = $0,000$ kN/m

q über Gesamtlänge = $0,000$ kN/m aus Einwirkungsart 1

Eigengewicht der Konstruktion wird mit $5,00$ kN/m³ berücksichtigt

Eigengewicht der Verstärkung wird mit $6,00$ kN/m³ berücksichtigt

KLED für Nutzlasten = mittel, aus Kategorie: A,B - Wohn-/Büroräume

Lastarten :

1 = Einzellast

2 = Gleichlast

3 = Einzelmoment

4 = Trapezlast

5 = Teiltrapezlast

Belastung: (Trägerbezogene Lasten) --> Abstand x immer vom linken Trägerende

Nr.	Art	G links	Q links	G rechts	Q rechts	Abstand x [m]	Lastlänge [m]	EWA	Faktor	Bemerkung
1	2	5,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1	1,000	Ersatzlast

Auflagerkräfte (charakt. Werte):

Lager	F aus LF g	F aus LF s	F aus LF w	F aus LF w,alt.	F aus LF q (max.)	F aus LF q (min.)	F aus LF q (Voll.)	F aus LF Erdb.
1	8,90	0,00	0,00	0,00	4,88	0,00	4,88	0,00
2	13,83	0,00	0,00	0,00	7,58	0,00	7,58	0,00
3	4,93	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	2,70	0,00

Maximale Feldschnittgrößen für Holzträger (gamma-fach):

Feld	max.My,d [kNm]	min.My,d [kNm]	max.Vz,d [kN]
1	5,23	0,00	8,77
2	1,84	0,00	5,71

Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

29-

Maximale Feldschnittgrößen für Verstärkung (gamma-fach):

Feld	max. My,d [kNm]	min. My,d [kNm]	max. Vz,d [kN]
1	10,69	0,00	10,56
2	3,14	0,00	4,99

Gelenkkraft (gamma-fach):

Gelenk	Fz,d [kN]	LFK
1	5,71	1,35*g + 1,50*q

Holzträger - Bemessung nach EC5:

gew.: $b / h = 14,0 / 20,0 \text{ cm}$

$A = 280,0 \text{ cm}^2$
 $W_y = 933,3 \text{ cm}^3$
 $I_y = 9333,3 \text{ cm}^4$

Nadelholz C24

$E_{0,\text{mean}} = 11000,000 \text{ N/mm}^2$
 $f_{m,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,k} = 4,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,90,k} = 2,50 \text{ N/mm}^2$
 $f_{t,90,k} = 0,40 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,300 [-]$

Bemessungsparameter:

- ☒ Nutzungsklasse NKL = 1
- ☒ $f_{m,d}$ wird für Vollholz mit $h < 150 \text{ mm}$ erhöht 3.2(3)
- ☒ $\text{zul. } w_{\text{inst}} = l/300$
- ☒ $\text{zul. } w_{\text{fin}} = l/200$
- ☒ $\text{zul. } w_{\text{net,fin}} = l/250$
- ☒ Werte für zul. Durchbiegungen w werden bei Kragarmen verdoppelt!
- ☒ bei Kragarmen werden nur positive Durchbiegungen erfasst
- ☒ Schubnachweis wird bei $x = h$ geführt (außer bei auflagnahen Einzellasten)
- ☒ Querkraftanteile auflagnaher Einzellasten werden beim Schubnachweis abgezogen
- ☒ k_{cR} wird bei NH in Bereichen, welche min. 1,50 m vom Hirnholzende entfernt sind, nicht erhöht
- ☒ beim Nachweis der Auflagerpressung wird der Überstand mit max. 30 mm berücksichtigt
- ☒ Nachweis für Biegung ohne Berücksichtigung des Biegedrillknickens!

Psi - Werte:

Einwirkung	Psi,0	Psi,1	Psi,2
Schnee s	0,50	0,20	0,00
Wind w	0,60	0,20	0,00
Nutzlasten q	0,70	0,50	0,30

Verstärkter Holzträger V.31.1

Ingenieurbüro Kern
Wilhelm Grasmehr Str. 4

Tel. 0241/30224
52078 Aachen

- 30 -

Nachweise:

Biegung: $\eta = 0,37 < 1,00$ $|\max.\sigma_{d}| = 5,61 \text{ N/mm}^2$

Querkraft: $\eta = 0,26 < 1,00$ $|\max.\tau_{z,d}| = 0,64 \text{ N/mm}^2$

Durchbiegung: $\max.\eta = 0,37 < 1,00$

Auflagerpressung: $\max.\eta = 0,43 < 1,00$ (Lager 2)

$k_{mod} = 0,80$ [-] (Biegung)

$k_{mod} = 0,80$ [-] (Querkraft)

$k_{mod} = 0,80$ [-] (Auflagerpressung)

$k_{cR} = 0,50$ [-] (Querkraft)

$k_{crit} = 1,000$ [-]

$|\max.M_{yd}| = 5,23 \text{ kNm}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

$|\max.V_{zd}| = 6,00 \text{ kN}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

$\text{ext.}w_{\text{inst Feld}} = 0,41 \text{ cm}$

$\text{ext.}w_{\text{fin Feld}} = 0,59 \text{ cm}$

$\text{ext.}w_{\text{net,fin Feld}} = 0,49 \text{ cm}$ (quasi-ständig)

$k_{def} = 0,600$

Auflagerpressungen / max. Lasten:

Lager	$F_{d,z}$ [kN]	$\sigma_{a,c,90,z}$ [N/mm ²]	η [-]
1	8,769	0,487	0,317
2	14,482	0,670	0,436
3	5,712	0,317	0,206

Verstärkung Holzlaschen - Bemessung nach EC5:

Verstärkung aus 2 x Holzlaschen mit $b \times h = 14,0 \times 20,0 \text{ cm}$ Nadelholz C24

$A = 280,0 \text{ cm}^2$
 $W_y = 933,3 \text{ cm}^3$
 $I_y = 9333,3 \text{ cm}^4$

E-Modul = $1100,00 \text{ kN/cm}^2$

$f_{mk} = 24,00 \text{ N/mm}^2$

$f_{vk} = 4,00 \text{ N/mm}^2$

$\gamma_M = 1,30$ [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK)

Nachweise:

Biegung: $\eta = 0,39 < 1,00$ $|\max.\sigma_{d}| = 5,73 \text{ N/mm}^2$

Querkraft: $\eta = 0,23 < 1,00$ $|\max.\tau_{z,d}| = 0,57 \text{ N/mm}^2$

$k_{mod} = 0,80$ [-] (Biegung)

$k_{mod} = 0,80$ [-] (Querkraft)

$k_{cR} = 0,50$ [-] (Querkraft)

$|\max.M_{yd}| = 10,69 \text{ kNm}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

$|\max.V_{zd}| = 10,56 \text{ kN}$ (LFK = $1,35 \cdot g + 1,50 \cdot q$)

Nachweise Verbindungsmittel (Dübel besonderer Bauart)::

Nachweis als zweiseitige Verbindung

Winkel Kraft-Faser = 90°

$\rho_{0,k} = 350,000 \text{ kg/m}^3$

$f_{c,90,k} = 2,500 \text{ N/mm}^2$

$F_{V,90,Rd,Dübel} = 13,846 \text{ kN}$

$F_{V,90,Rd,tot} = 27,692 \text{ kN}$

max. Ausnutzung: $\eta = 0,17 < 1,00$ $|\max.F_d| = 4,591 \text{ kN}$

aufgestellt am 9.3.26

[Handwritten signature]