

# Statische Berechnung

**Bauvorhaben:** Solarpaneele

**Projektnr.:** D5623

**Baustelle:** n.a.

**Auftraggeber:** Faku GmbH Handel mit System  
Von-Hünefeldstraße 15  
50829 Köln-Ossendorf

**Bearbeiter:** B. Eng. Christoph Boehm

**Gepprüft:** Dipl.-Ing. Markus Kramer



## **Vorbemerkungen:**

Die vorliegende statische Berechnung umfasst die erforderlichen Nachweise für die Glas-Solarpaneele für ein Carport.

Die Bemessung soll nach Angaben der Fa. Faku GmbH die Winzone II und die Schneelastzone II bis 500 m ü. NN abdecken.

Für Aufstellbereiche außerhalb dieser Rahmenbedingungen wurden keine Nachweise geführt

Die Solarpaneele bestehen aus 2 x 3mm dicken VSG - TVG – Scheiben mit zwei Ethylen-Vinylacetat-Folie von jeweils 0,45 mm dicke. Die Folie wird rechnerisch zur Schubübertragung nicht angesetzt und somit programmintern durch eine PVB-Folie mit entsprechender Dicke ersetzt.

Die Solarpaneele sind allseitig linienförmig über Aluminiumprofile gelagert, welche an die Primärkonstruktion anschließen.

Die Nachweise der Unterkonstruktion sowie der Primärkonstruktion sind nicht Teil dieser statischen Berechnung.

## **Baustoffe:**

Glas:                   Einscheibensicherheitsglas (ESG) gem. DIN EN 12150  
                          Floatglas gem. DIN EN 572  
                          Teilvorgespanntes Glas (TVG) gem. DIN EN 1863  
                          Spiegelglas gem. DIN EN 572 Teil. 2  
                          Verbundsicherheitsglas gem. DIN EN 14449 mit PVB-Folie  
                          Sonstige Materialkenngrößen:  $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ ;  $\mu = 0,23$   
                          Die zwischenliegende Polyvinyl-Butyral-Folie (PVB) der VSG-Scheiben muss bei 23°C folgende Anforderungen erfüllen:  
Dicke d:                0,76-1,51mm  
Reißfestigkeit:      > 20 N/mm<sup>2</sup>  
Bruchdehnung:        > 250 %

Folgende Punkte sind bei der Ausführung bzw. Herstellung zu beachten:

- Die Scheiben sind auf Kantenverletzungen zu prüfen, ein Einbau darf erst nach entsprechender Freigabe erfolgen.
- Der Kontakt zwischen Aluminium und Glas muss überall und dauerhaft durch geeignete konstruktive Maßnahmen verhindert werden.
- Beschädigte Scheiben sind sofort zu sichern und auszutauschen.

## **Berechnungsgrundlagen:**

DIN EN 1991 (EC1):    Einwirkungen  
DIN 18008:            Glas im Bauwesen

### Ermittlung der Widerstände der Verglasung:

$$R_d = k_{\text{mod}} \times k_c \times f_k / \gamma_M$$

Erhöhung bei VSG um 10%

Bei unter Zug stehenden Glaskanten minus 20%.

#### Thermisch nicht vorgespannt:

Ständige Einwirkungskombination:  $R_{d,\text{ständig,FI}} = k_{\text{mod}} \times k_c \times f_k / \gamma_M$   
 $= 0,25 \times 1,8 \times 45 \text{ N/mm}^2 / 1,8 = 11,3 \text{ N/mm}^2$

$$R_{d,\text{ständig,VSG(FI)}} = 1,1 \times 11,3 = 12,4 \text{ N/mm}^2$$

Mittlere Einwirkungskombination:  $R_{d,\text{mittel}} = k_{\text{mod}} \times k_c \times f_k / \gamma_M$   
 $= 0,4 \times 1,8 \times 45 \text{ N/mm}^2 / 1,8 = 18 \text{ N/mm}^2$

$$R_{d,\text{mittel,VSG(FI)}} = 1,1 \times 18 = 19,8$$

Kurze Einwirkungskombination:  $R_{d,\text{kurz}} = k_{\text{mod}} \times k_c \times f_k / \gamma_M$   
 $= 0,7 \times 1,8 \times 45 \text{ N/mm}^2 / 1,8 = 31,5 \text{ N/mm}^2$

$$R_{d,\text{kurz,VSG(FI)}} = 1,1 \times 31,5 = 34,7 \text{ N/mm}^2$$

#### Thermisch vorgespannt:

$$R_{d,\text{TVG}} = k_c \times f_k / \gamma_M$$
$$= 1,0 \times 70 \text{ N/mm}^2 / 1,5$$
$$= 46,7 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{TVG,VSG}} = 1,1 \times 46,7 = 51,3 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{ESG}} = k_c \times f_k / \gamma_M$$
$$= 1,0 \times 120 \text{ N/mm}^2 / 1,5$$
$$= 80 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{ESG,VSG}} = 1,1 \times 80 = 88 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{ESG, emailliert}} = k_c \times f_k / \gamma_M$$
$$= 1,0 \times 90 \text{ N/mm}^2 / 1,5$$
$$= 60 \text{ N/mm}^2$$

#### Stoßartige Beanspruchung:

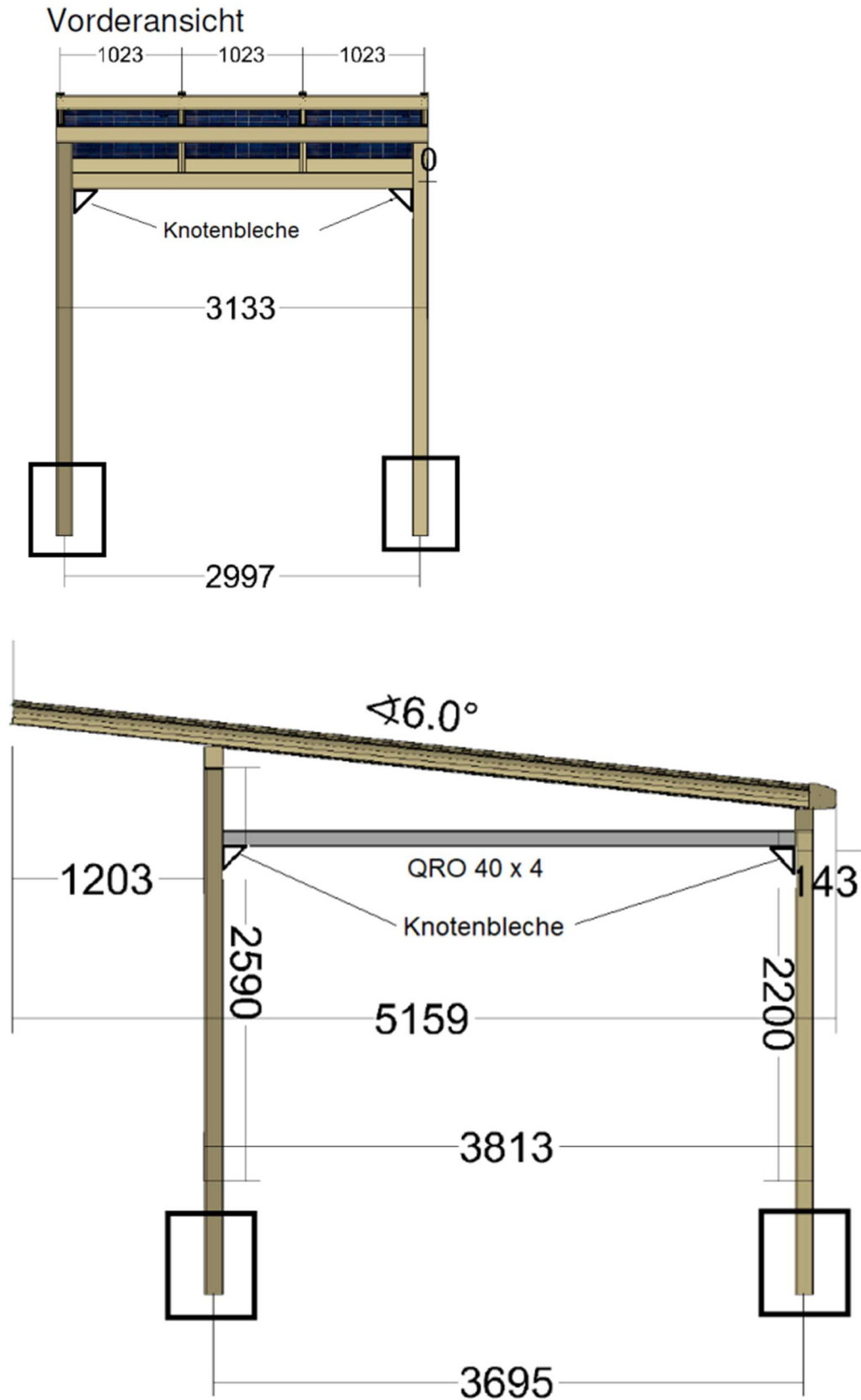
$$R_{d,\text{Float, Stoß}} = 1,8 \times 45 / 1,0 = 81 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{TVG, Stoß}} = 1,7 \times 70 / 1,0 = 119 \text{ N/mm}^2$$

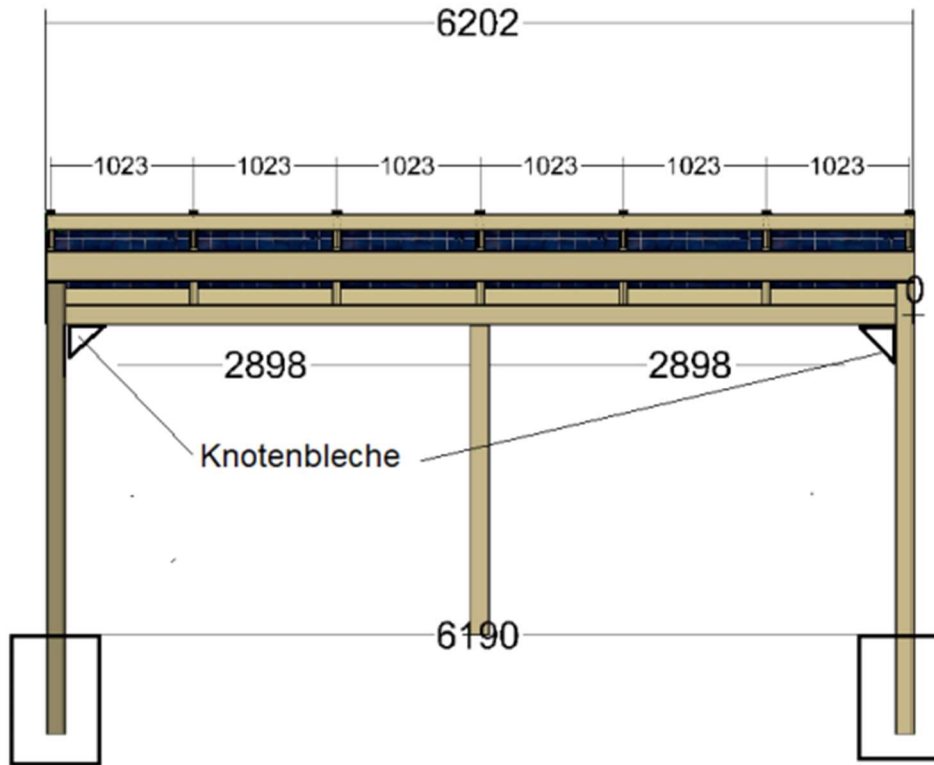
$$R_{d,\text{ESG, Stoß}} = 1,4 \times 120 / 1,0 = 168 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{d,\text{ESG, (Emailliert), Stoß}} = 1,4 \times 90 / 1,0 = 126 \text{ N/mm}^2$$

## Konstruktionsübersicht

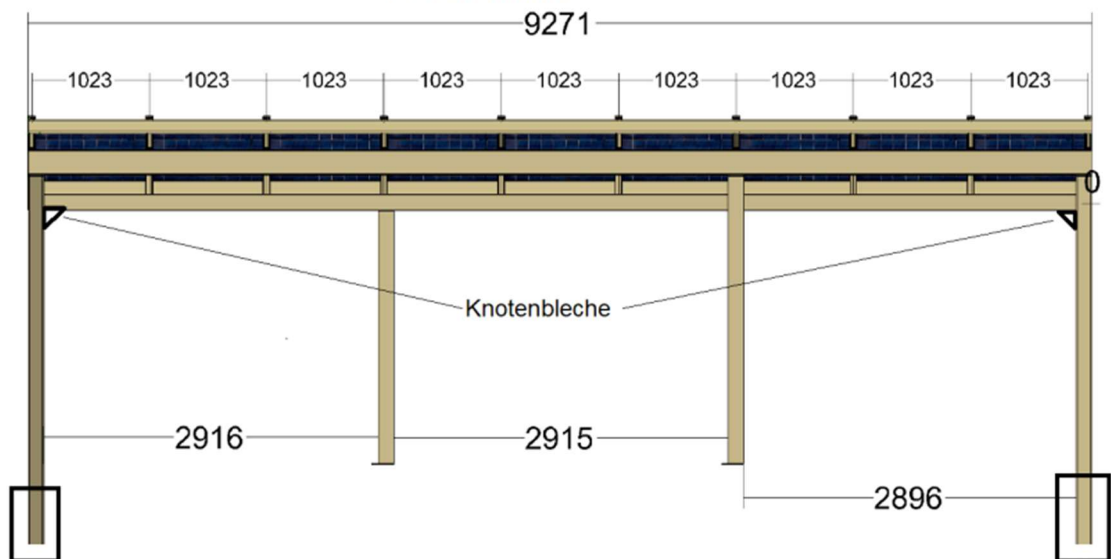


### Vorderansicht



## DREIFACHCARPORT

### Vorderansicht



Eckfundamente 60 x 60 cm, H = 80 cm

## Lastannahmen

### **ständige Lasten:**

Eigengewicht der Konstruktion wird programmseitig berücksichtigt.

### **veränderliche Lasten:**

#### Wind

$$q_P = 0,65 \text{ kN/m}^2 \text{ (WLZ II)}$$

$$\psi_0 = 0,6$$

$$\rightarrow Y_Q \times \psi_0 = 1,5 \times 0,6 = 0,9$$

$$c_{p,\text{Sog}} = -2,6$$

$$c_{p,\text{Druck}} = 0,2$$

$$w_{k,\text{Sog}} = -2,6 \times 0,65 = -1,69 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{k,\text{Druck}} = 0,2 \times 0,65 = 0,13 \text{ kN/m}^2$$

#### Schnee

$$s_k = 0,25 + 1,91 [(500 + 140)/760]^2 = 1,60 \text{ kN/m}^2 \text{ (SLZ II, bis 500m ü. NN)}$$

$$s = 0,8 \times 1,6 = 1,28 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_0 = 0,5$$

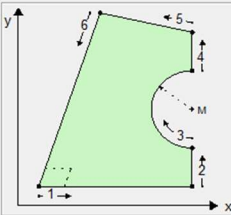
$$\rightarrow Y_Q \times \psi_0 = 1,5 \times 0,5 = 0,75$$

## Pos. 1 – Paneelscheibe 2 x 3mm TVG

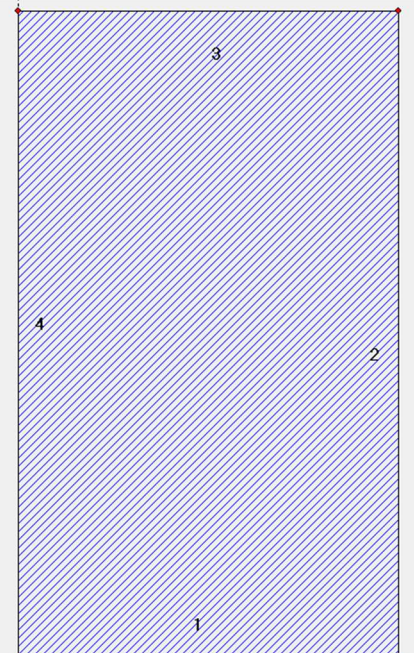
### Geometrie

Neuer Eintrag | ✖ Eintrag löschen | ✖ Alle Einträge löschen

Rand	X [mm]	Y [mm]	X <sub>m</sub>	Y <sub>m</sub>	Drehung
	0	0			
1	0	0			
2	1000	0			
3	1000	1700			
4	0	1700			




80 mm Elementgröße Korrektur



### Aufbau

Paket: 1 von 1 | Neuer Eintrag | ✖ Eintrag löschen

Schicht	Material	E	$\nu$	t	$\rho$	$\alpha_T$	$\Delta T$
	TVG	70000.	0.23	3	2.55e-9	1.e-5	0
3	TVG	70000.	0.23	3	2.55e-9	1.e-5	0
2	PVB Langzeitbelastung	0.03	0.5	0.9	1.07e-9	8.e-5	0
1	TVG	70000.	0.23	3	2.55e-9	1.e-5	0

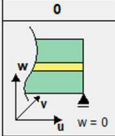


## Randlager

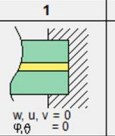
Federlager | **Randlager** | Glashalter | Abstandhalter | Randbalken | Elast. Randlager | Elast. Bettung | Elast. Linienlager | Randverklebung

✕ Alle Einträge löschen | ✖ Eintrag löschen

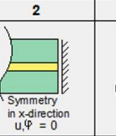
Rand	Typ
	0
1	0
2	0
3	0
4	0



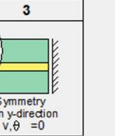
0



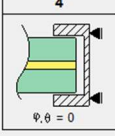
1



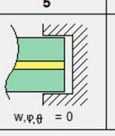
2



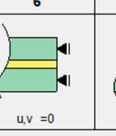
3



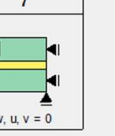
4



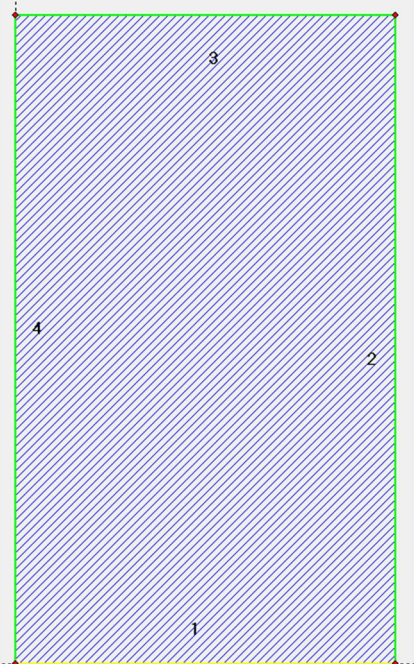
5



6



7





## Belastung

Flächenlast | Konzentrierte Last | Stoßkörper | Druckstoß | Linienlast | Lastfälle | Randlinienlast

Wählen Sie eine Norm aus. nur Kombination - ohne Nachweis Lastfälle erzeugen

Neuer Eintrag | Eintrag löschen | Alle Einträge löschen | Datei öffnen... | Datei speichern...


Klima									
LF	EG	Wind	Schnee	Linie	Punkt	$\Delta p \Delta T$	$\Delta H$	Schub	Bezeichnung
<input type="checkbox"/>	1 - vol	1 - vol	1 - vol	1 - vol	1 - vol	1 - vol	1 - vol	1 - vollst	
5	1.35	0.9	1.5	0	0	0	0	0.1	kurz Schnee maßg.
<input checked="" type="checkbox"/>	1	1.35	0.9	1.5	0	0	0	0.1	kurz Schnee maßg.
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1.35	1.5	0.75	0	0	0	0.1	kurz Wind maßg.
<input checked="" type="checkbox"/>	3	1.35	0	1.5	0	0	0	0.1	mittel Schnee
<input checked="" type="checkbox"/>	4	1.35	1.5	0	0	0	0	0.1	kurz Windsog
<input checked="" type="checkbox"/>	5	1.35	0	0	0	0	0	0.1	ständig

**Wind**

Druck  ↓

Sog  ↑

ohne



Sog  ↓

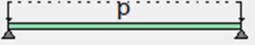
Druck  ↑

ohne

**Schnee**


P:  ↓  S:

Konvertierung:



$p_0$ :   $p_1$ :

$y_0$ :   $y_1$ :



**Klima**

Winter (Vorgabe)

Sommer (Vorgabe)

selbst

ohne

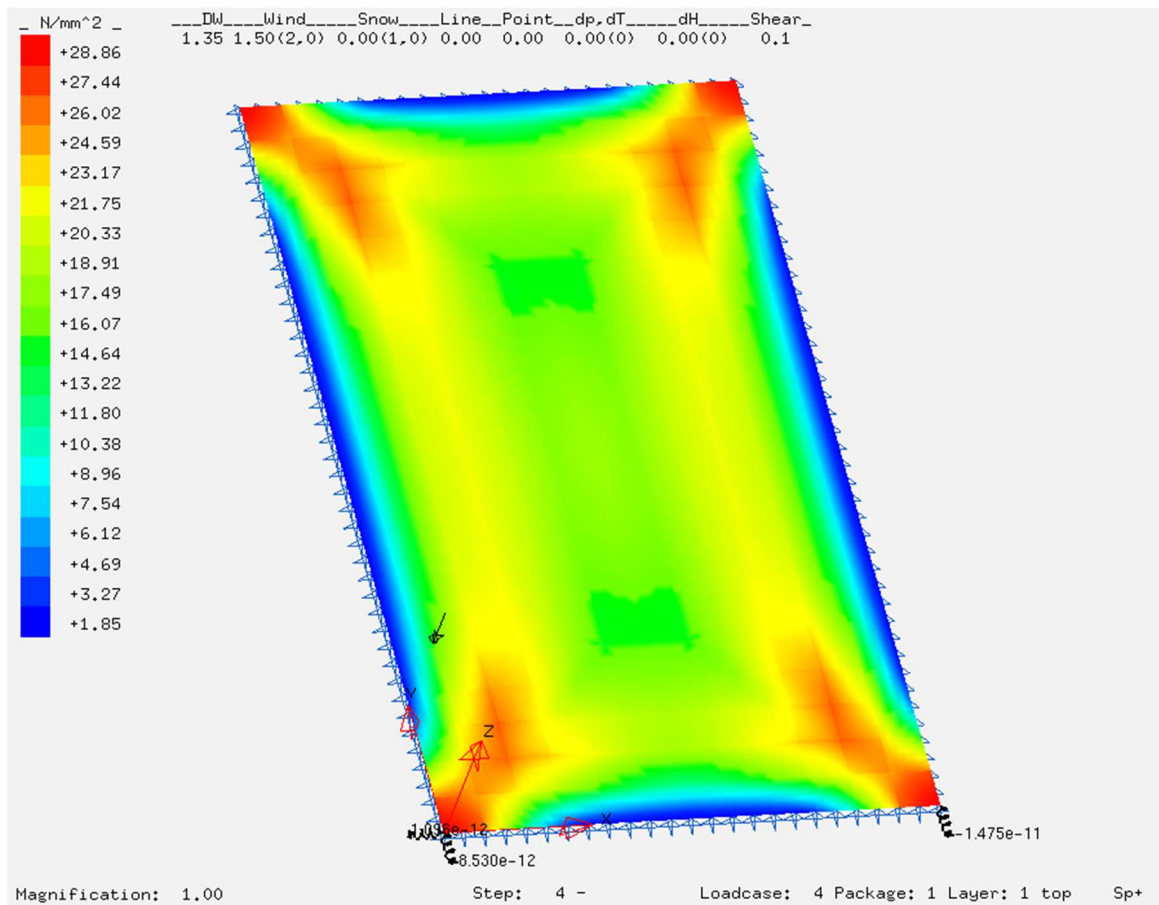
**Nachweis:**

kein Nachweis - nur Kombination

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

## Maximale Hauptzugspannung (aus LF4)



$$\sigma_{Ed} = 28,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Rd,VSG,TVG} = 51,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = 28,86 / 51,3 = 0,56 < 1,0$$

Essen, 23.01.2024

Keine weiteren Nachweise erforderlich



Dipl.-Ing. Markus Kramer