

Konzeptstatik Palettenhaus Tonne

„Alles Palette“ - Entwicklung
des „Palettenhauses“ zur
Serienreife K. Hollinsky



Berichte aus Energie- und Umweltforschung

10a/2014

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Konzeptstatik Palettenhaus Tonne

„Alles Palette“ - Entwicklung des „Palettenhauses“ zur Serienreife

Dr. Karlheinz Hollinsky & Partner Ziviltechnikergesellschaft m.b.H.

Wien, 2010/2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhalt

1. Allgemeines	4
1.2. Aufgabenstellung	4
1.3. Beschreibung des Objektes	4
1.4. Konstruktive Beschreibung	4
1.5. Verwendete Normen und Berechnungsunterlagen	4
2. Übersicht	6
3. Stat. System	8
3.1. Hülle	8
3.2. Rahmen	9
4. Lastaufstellung	10
4.1. Hülle	10
4.1.1 Eigengewicht gedämmter Bereich	10
4.1.2 Eigengewicht ungedämmter Bereich	12
4.1.3 Schnee	13
4.1.4 Wind	14
4.1.5 Lastfallkombinationen	24
4.2. Rahmen	25
4.2.1 Eigengewicht	25
4.2.2 Belastung aus Hülle	25
4.2.3 Schnee	25
4.2.4 Wind	26
4.2.5 Lastfallkombinationen	26
5. Schnittgrößen & Auflagerreaktionen	28
5.1. Hülle	28
5.1.1 Auflagerkräfte ungedämmte Hülle	28
5.1.2 Auflagerkräfte gedämmte Hülle	28
5.1.3 Normalkraftlinie gedämmte Hülle	29
5.1.4 Querkraftlinie gedämmte Hülle	29
5.1.5 Momentenlinie gedämmte Hülle	30
5.2. Rahmen	31

5.2.1	Auflagerreaktionen mit Wind	31
5.2.2	Normalkraftlinie mit Wind	31
5.2.3	Querkraftlinie mit Wind	32
5.2.4	Momentenlinie mit Wind	32
5.2.5	Auflagerreaktionen ohne Wind	33
5.2.6	Normalkraftlinie ohne Wind	33
5.2.7	Querkraftlinie ohne Wind	33
5.2.8	Momentenlinie ohne Wind	34
6.	Querschnittsnachweise	35
6.1.	Materialkennwerte	35
6.1.1	Rahmen	35
6.1.2	Hülle	37
6.2.	Nachweise für die Hülle	38
6.2.1	Normalkraft	38
6.2.2	Querkraft	38
6.2.3	Biegung	38
6.2.4	Kombinierte Beanspruchung	39
6.2.5	Stabilität	40
6.3.	Nachweis für den Rahmenriegel	41
6.3.1	Normalkraft	41
6.3.2	Querkraft	41
6.3.3	Biegung	42
6.4.	Nachweis für den Rahmenstiel	43
6.4.1	Knicken	43
6.4.2	Knicken und Biegung	44
7.	Details - Konstruktive Hinweise	45
7.1.	Palettenstoß	45
7.2.	Rahmen	46
7.2.1	Stoß des Rahmenriegels	46
7.2.2	Rahmenecke	47
8.	Zusammenfassung	50

1. ALLGEMEINES

1.2. *Aufgabenstellung*

Die Dr. Karlheinz Hollinsky & Partner ZT-GmbH, Münichreiterstraße 22 in A-1130 Wien, wurde seitens dem „Projekt Alles Palette“, Gusshausstraße 30, 1040 Wien, Projektleitung: Karin Stieldorf; Projektbearbeitung: Projektass. Andreas Schnetzer & Gregor Pils mit der Erstellung einer Systemstatik für das Tragwerke Palettenhaus Tonne (System Südafrika) beauftragt.

1.3. *Beschreibung des Objektes*

Als Standort für das Palettenhaus Tonne wurde Kapstadt in Südafrika festgelegt (Angaben der Auftraggeber: Seehöhe 1800 m, exponierte Lage, keine Schneelast). Das Haupttragwerk besteht aus drei nebeneinander stehenden Rahmen hergestellt aus H 20 Trägern der Fa. Doka. Die Außenhaut des Tragwerkes ist aus zwei Lagen Paletten hergestellt, welche auch zur Lastableitung herangezogen werden.

1.4. *Konstruktive Beschreibung*

Die Konstruktion wurde vor Ort hergestellt. Sowohl die Stützen als auch die Riegel der H20-Rahmen sind teilweise gestoßen. Die Stöße und auch die biegesteifen Rahmenecken sind mit Laschen aus Furniersperrholzplatten der Fa. Doka ausgeführt. Als Verbindungsmittel wurden Schnellbauschrauben \varnothing 5mm/100mm verwendet. Die Stiele der Rahmen wurden mit Stahlwinkeln und Gewindestangen \varnothing 16 mm in der Bodenplatte verankert. Die Paletten wurden ebenfalls mittels Stahlwinkeln in der Bodenplatte verankert. Die Tonnenform wird durch eine Verdrehung von 30° der Paletten an den Stößen erreicht. Der durch die Drehung entstehende Zwischenraum wird mit exakt zugeschnittenen Keilen aus Furnierschichtholzplatten an allen durchlaufenden Staffeln der Palette ausgefüllt. Die Verbindung dieses „Verdrehungsstoßes“ erfolgt über einseitige Laschen aus Vollholz und Schnellbauschrauben \varnothing 5mm/100mm.

1.5. *Verwendete Normen und Berechnungsunterlagen*

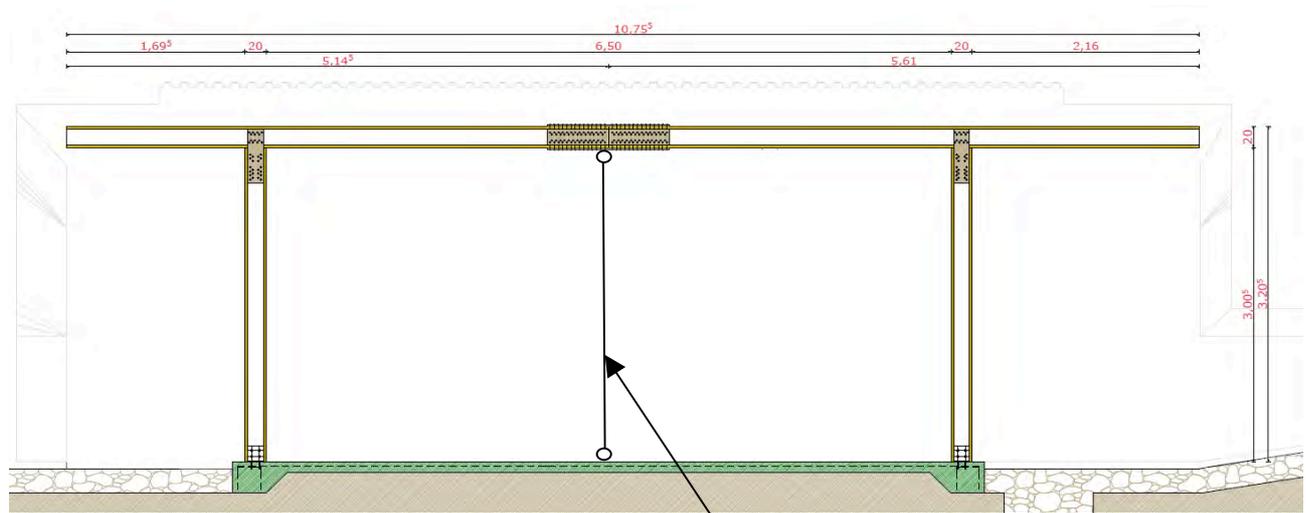
Lastannahmen lt. ÖNORM B 1991-1; ÖNORM EN 1991-1
Nachweisführung lt. ÖNORM B 1995-1-1; ÖNORM EN 1995-1-1
ÖNORM EN 338

Sonstige Unterlagen:



Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung für "DOKA-Schalungsträger H 16 P und H 20 P,
DOKA- Träger H 20 eco P, DOKA-Träger H 20 top P" Zulassungsnummer Z-9.1-391,
Gültigkeitsdauer bis 30. April 2012

Längsschnitt
Rahmen aus Doka H 20 Trägern

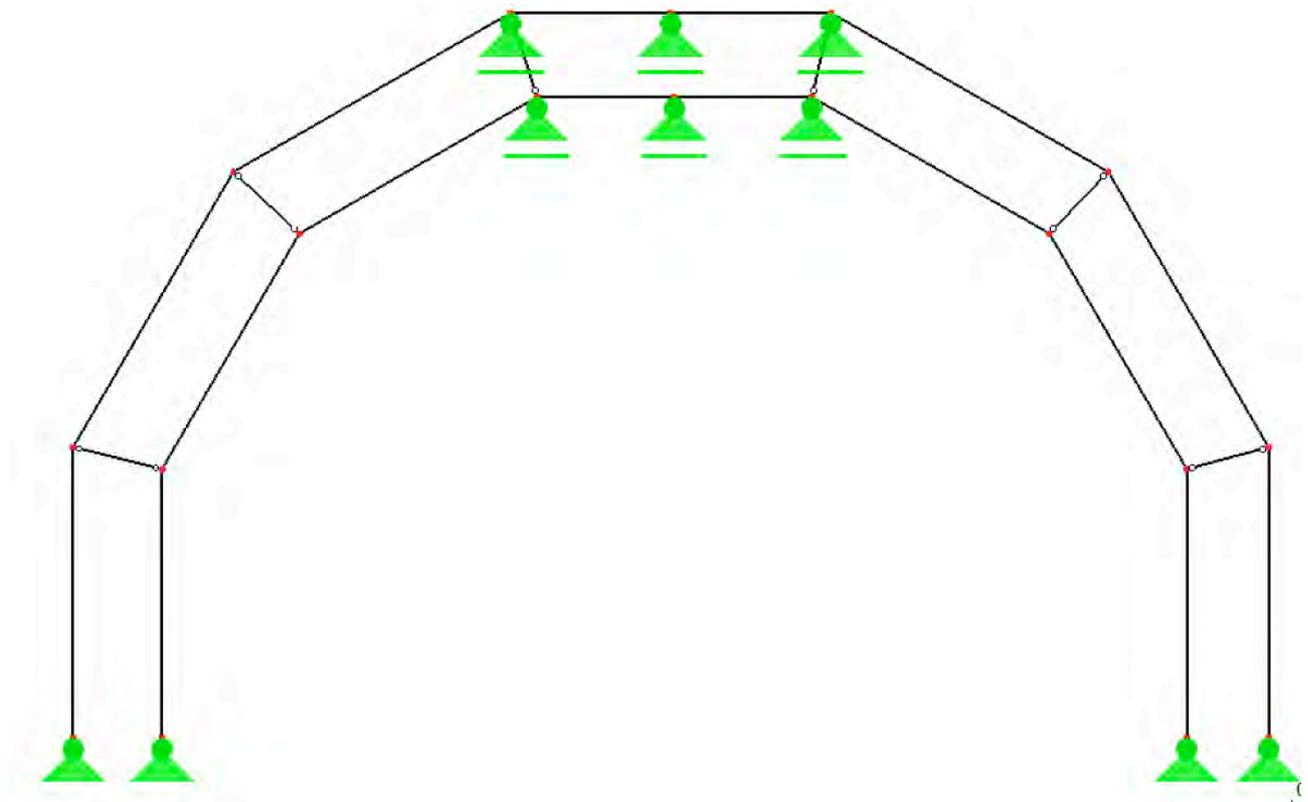


zusätzliche Pendelstütze

3. STAT. SYSTEM

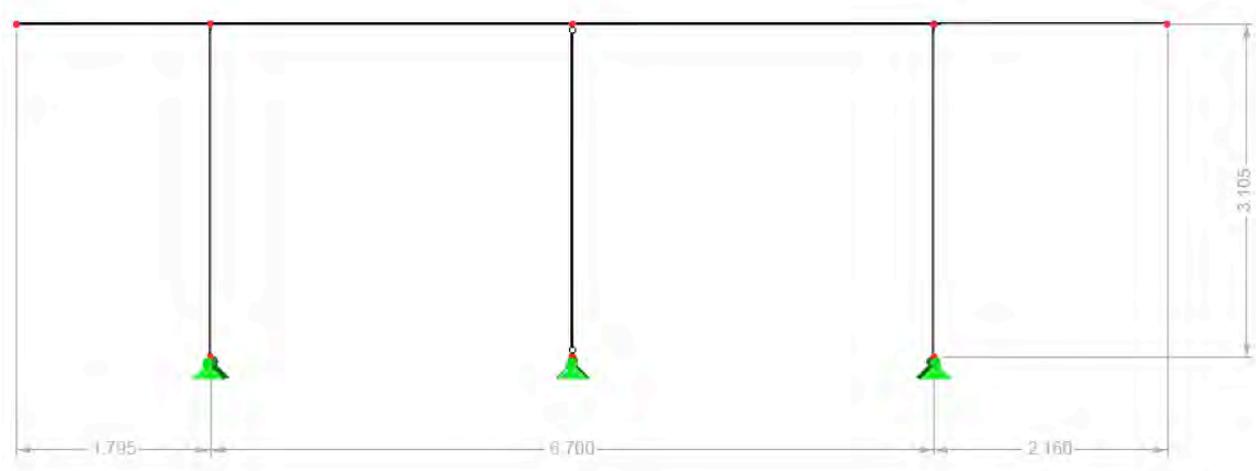
3.1. Hülle

Da die Paletten nur an den Enden über die Keile miteinander verbunden sind, wird jeder Palettenbogen als eigenständiges statisches System betrachtet. Die Paletten bilden mit den verschraubten Keilen biegesteife Ecken. Weiters werden die Keile als gelenkige Verbindungsstäbe zwischen den beiden Palettenbögen betrachtet. Die Verankerung der erdberührenden Paletten wird als gelenkig angesehen. Die Lagerung der horizontal liegenden obersten Palette auf den 3 Rahmenriegeln wird als einwertig modelliert. Die Hülle wird als durchgehender Holzgurt (5cm x 10cm) einer Palette modelliert.



3.2. Rahmen

Der Rahmen ist an den Fußpunkten gelenkig gelagert. Die äußeren Rahmenstiele sind mit dem Rahmenriegel biegesteif verbunden. Die zwischen den Rahmenstielen angeordnete zusätzliche Stütze wird als Pendelstütze modelliert.

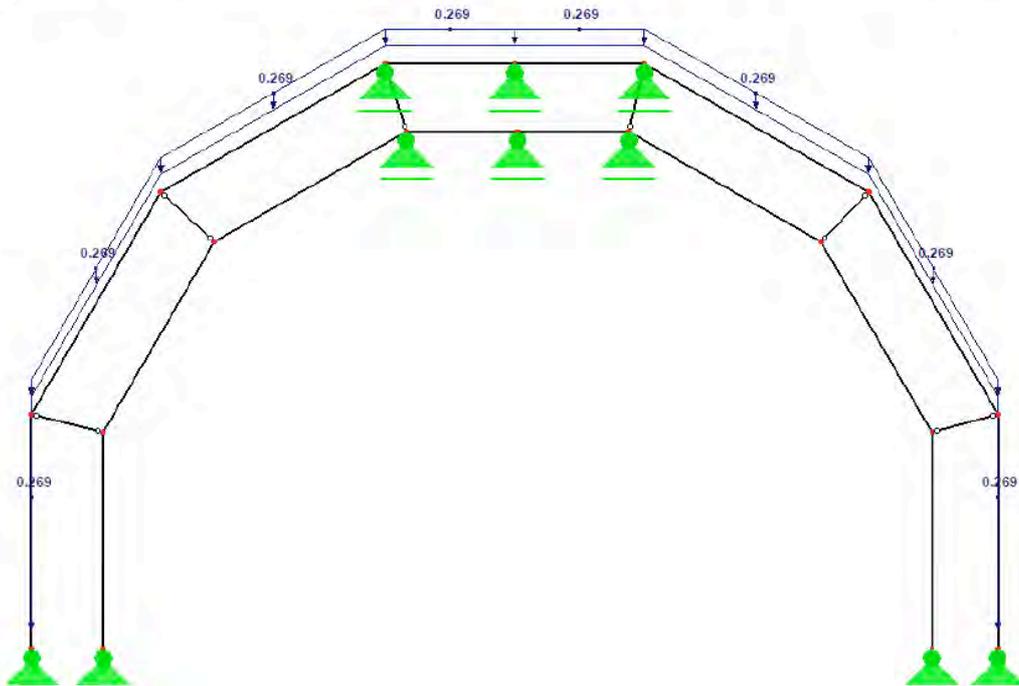


Eigengewicht äußere Palette (gedämmter Bereich)

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 0,79\text{kN/m}^2 \cdot 0,34\text{m} = 0,269\text{ kN/m}$

LF1: Aufbau äußere Palette
LF-Faktor: 0.79

Entgegen der Y-Richtung

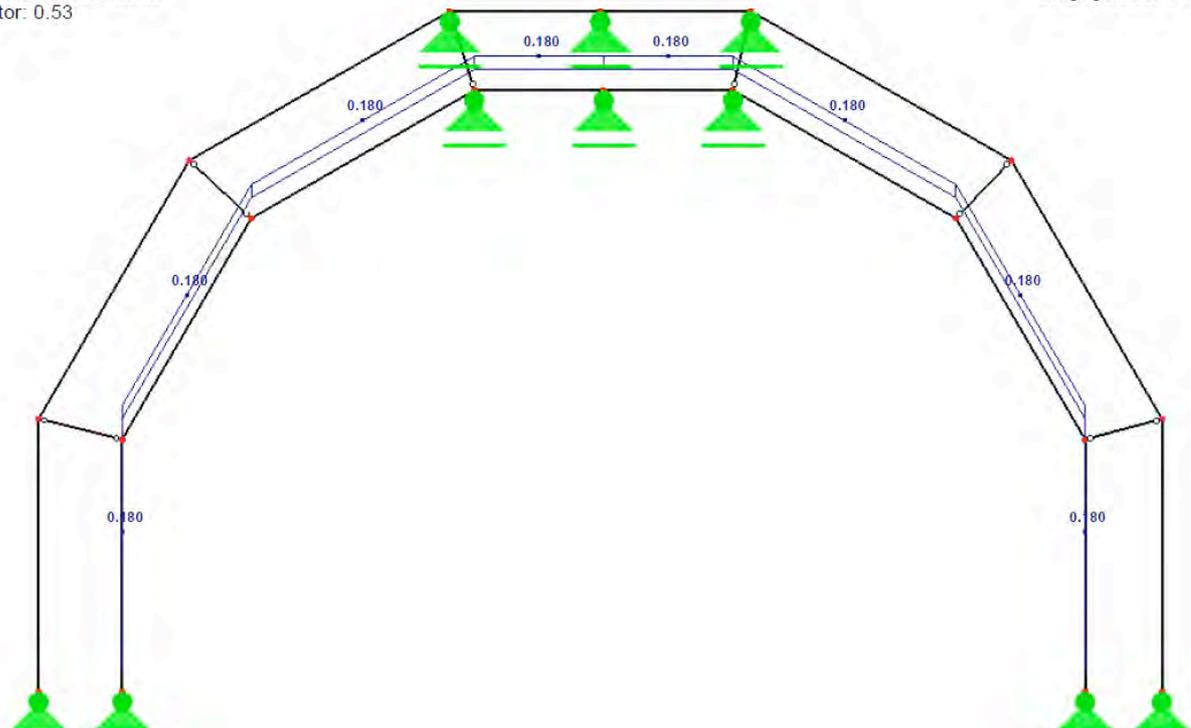


Eigengewicht innere Palette (gedämmter Bereich)

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 0,53\text{kN/m}^2 \cdot 0,34\text{m} = 0,180\text{ kN/m}$

LF2: Aufbau inner Palette
LF-Faktor: 0.53

Entgegen der Y-Richtung



4.1.2 Eigengewicht ungedämmter Bereich

Die Lasten werden getrennt für den äußeren und inneren Palettenbogen berechnet.

LASTAUFSTELLUNG							
Palettenhaus							
Lastart	Bezeichnung	b	h	y	e	g _i	
⇒ äußere Palette							
Eigengewicht	Trapezblech HP 50/250	100,0 cm	5,0 cm	78,5 kN/m ³	1,00 m	0,08 kN/m ²	
	Unterkonstruktion	4,0 cm	5,0 cm	5,5 kN/m ³	0,75 m	0,01 kN/m ²	
	Hinterlüftung						
	Palette	100,0 cm	14,0 cm	6,0 kN/m ³	1,00 m	0,19 kN/m ²	
	...Auflast auf Palette					Σg=	<u>0,28 kN/m²</u>
⇒ innere Palette							
Eigengewicht	Sperrholz	100,0 cm	1,0 cm	8,0 kN/m ³	1,00 m	0,08 kN/m ²	
	Palette	100,0 cm	14,0 cm	6,0 kN/m ³	1,00 m	0,19 kN/m ²	
	...Auflast auf Palette					Σg=	<u>0,27 kN/m²</u>
	...gesamter Aufbau					Σg=	<u>0,55 kN/m²</u>

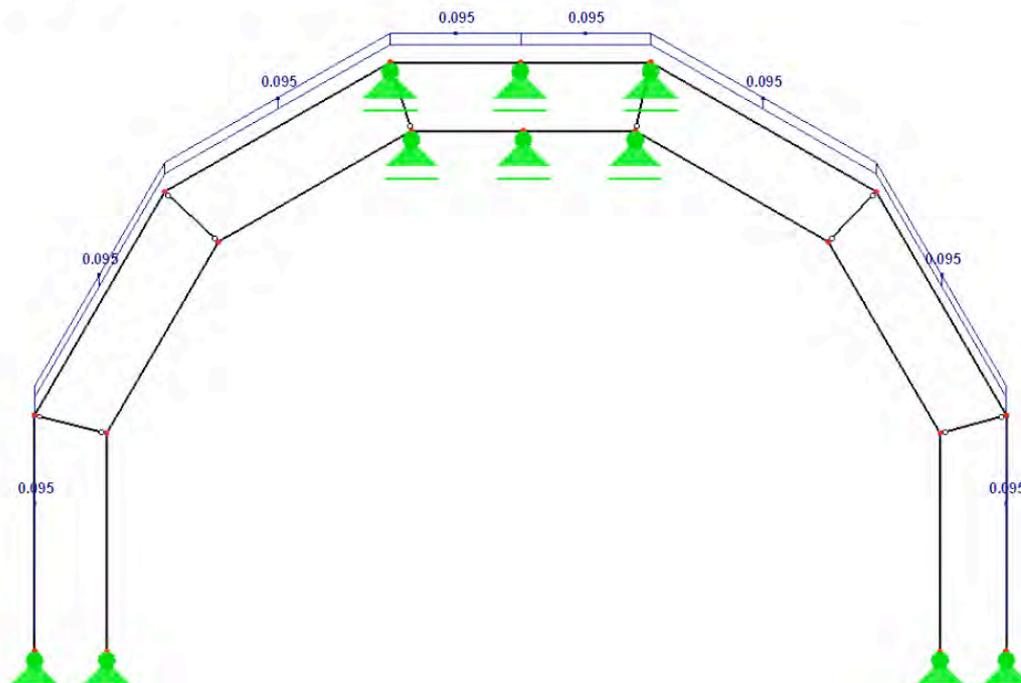
Eigengewicht äußere Palette (ungedämmter Bereich)

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 0,79 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,095 \text{ kN/m}$

LF1: Aufbau äußere Palette

Entgegen der Y-Richtung

LF-Faktor: 0.28

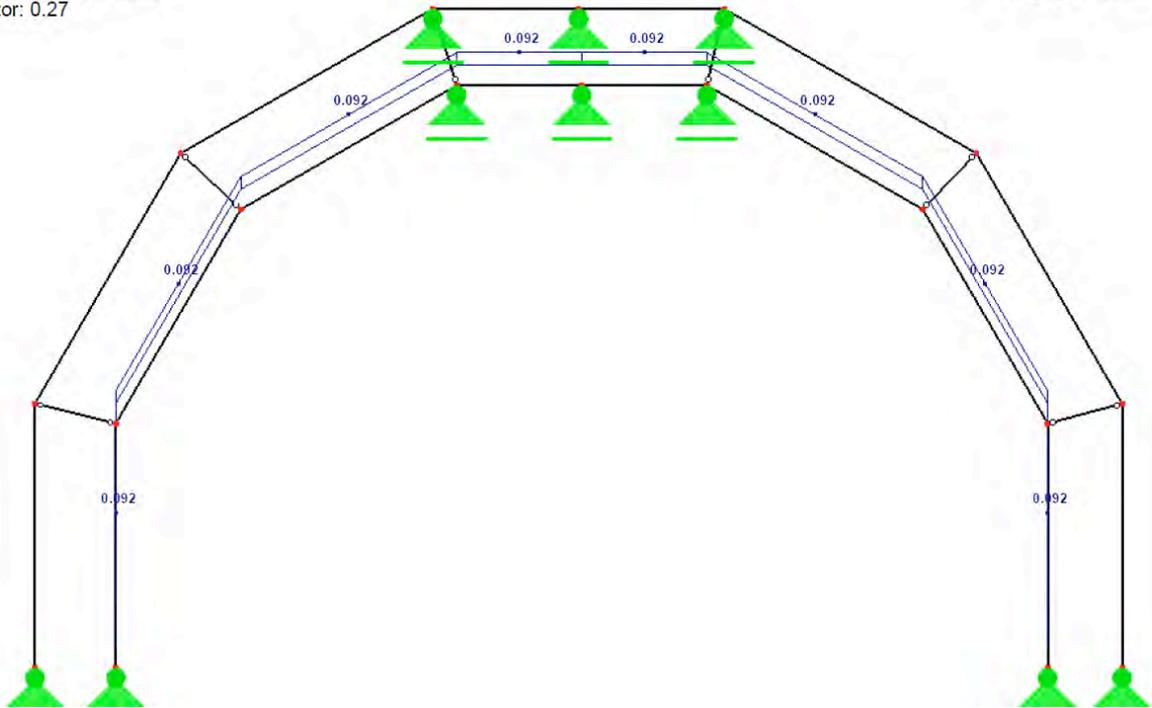


Eigengewicht innere Palette (ungedämmter Bereich)

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 0,27\text{kN/m}^2 * 0,34\text{m} = 0,092\text{ kN/m}$

LF2: Aufbau inner Palette
LF-Faktor: 0.27

Entgegen der Y-Richtung



4.1.3 Schnee

Standort der Konstruktion ist Kapstadt (Südafrika). Laut Auftraggeber ist keine Schneelast zu berücksichtigen.

4.1.4 Wind

Da keine Regelwerke zur Berechnung der Windlast in Kapstadt vorliegen wird als Referenzstandort Zürs im Bezirk Bludenz in Vorarlberg gewählt.

Lastannahmen im Hochbau

Standortabhängige Lasten

Schneelasten lt. ÖNORM EN 1991-1-3 (2005-08-01) und ÖNORM B 1991-1-3 (2006-04-01)

Windlasten lt. ÖNORM EN 1991-1-4 (2005-11-01) und ÖNORM B 1991-1-4 (2009-04-15)

Projektdate

Projekt: **Palettenhaus**
Bauherr: **Claus Schnetzer, Gregor Pils**
Ort: **Kapstadt**

Allgemeines

Bundesland: **Vorarlberg**
Bezirk: **Bludenz**
Ort: **Zürs (*)**
Seehöhe: **1720 m**

Charakt. Schneelast auf dem Boden lt. ÖNORM B 1991-1-3, Ausgabe 2006-04-01

Schneezone: **-**
Char. Schneelast s_k : **12,75 kN/m²**

Windlast lt. ÖNORM B 1991-1-4, Ausgabe 2009-04-15

Geografisch nächstgelegener Ort: **Zürs (*)**
Geländekategorie: **II** (lt. B 1991-1-4, Pkt. 4.2.3.2)
Max. Gebäudehöhe: **3,77 m**
Basisgeschwindigkeitsdruck $q_{b,0}$: **0,41 kN/m²** (Grundwert, Anhang A)
Basiswindgeschwindigkeit $v_{b,0}$: **25,50 m/s** (Grundwert, Anhang A)

Anmerkung zu

Ort:
lt. ÖNORM B 1991-1-3 bzw. ÖNORM B 1991-1-4, Anhang A
Seehöhe:
lt. ÖNORM B 1991-1-3 bzw. ÖNORM B 1991-1-4, Anhang A
Schneezone:
lt. ÖNORM B 1991-1-3 Tab. A.1-Ortsverzeichnis
Charakteristische Schneelast s_k auf dem Boden:
lt. ÖNORM B 1991-1-3 Tab. A.1-Ortsverzeichnis
Geografisch nächstgelegener Ort:
entspricht dem Normenort
Grundwert des Basisgeschwindigkeitsdrucks $q_{b,0}$:
-

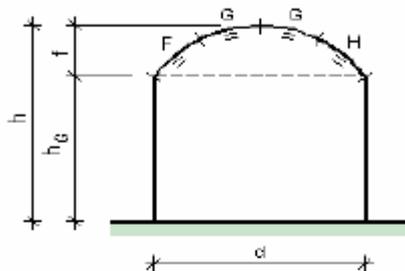
Datum: 29.11.2010

Eingabedaten

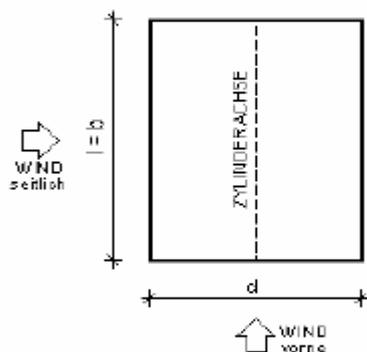
Dachform: **Kreiszyklindrisches Dach**
Wandoberfläche: **glatt**
Dachoberfläche: **glatt**

Schemaskizze

SCHNITT:



GRUNDRISS:



Baukörperabmessungen

$l = 10,75 \text{ m}$... normal zur Anströmrichtung
 $d = 5,53 \text{ m}$... parallel zur Anströmrichtung
 $h_G = 1,00 \text{ m}$... Teilhöhe Gebäude
 $f = 2,77 \text{ m}$... Teilhöhe Dach
 $z_0 = 3,77 \text{ m}$... Bezugshöhe
 $r = 2,77 \text{ m}$... Radius

Anmerkungen

Die c_{pT} -Werte werden mit +0,2 und -0,3 angenommen (siehe EN 1991-1-4, Pkt. 7.2.9).
 $w_{pe,1}$ -Werte dienen dem Entwurf kleiner Bauteile und deren Verankerungen mit einer Lasteinflussfläche kleiner oder gleich 1 m^2 , wie z.B. Verkleidungs- und Dachelemente. Der Innendruck wird mit dem größten c_p -Wert errechnet.

Die Kraft $F_{w,e}$ aus dem Außenwinddruck ist

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{Oberflächen}} w_o \cdot A_{ref}$$

Die Kraft $F_{w,i}$ aus dem Innenwinddruck ist

$$F_{w,i} = \sum_{\text{Oberflächen}} w_i \cdot A_{ref}$$

Bei Gebäuden mit einer Höhe $< 15 \text{ m}$ gilt $c_s c_d = 1$
(siehe dazu auch ÖNORM EN 1991-1-4 (2005-11-01), Pkt. 6.2).

Datum: 29.11.2010

Windbelastung Dach

Anströmrichtung = 0 Grad

Bezugshöhe $z_p = 5$ m

$q_p = 0,729$ kN/m²

(für q_p gilt $z_{\min} = 5$ m)

Bereich	F	G	H
Fläche [m ²]	23,32	46,64	23,32
$C_{pe,10}$	0,000	0,000	0,000
$W_{e,10}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000
$C_{pe,10}$	-	-	-
$W_{e,10}$ [kN/m ²]	-	-	-
$C_{pe,1}$	0,000	0,000	0,000
$W_{e,1}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000
$C_{pe,1}$	-	-	-
$W_{e,1}$ [kN/m ²]	-	-	-
$C_{pi,pos}$	0,200	0,200	0,200
$W_{i,pos}$ [kN/m ²]	0,146	0,146	0,146
$C_{pi,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300
$W_{i,neg}$ [kN/m ²]	-0,219	-0,219	-0,219

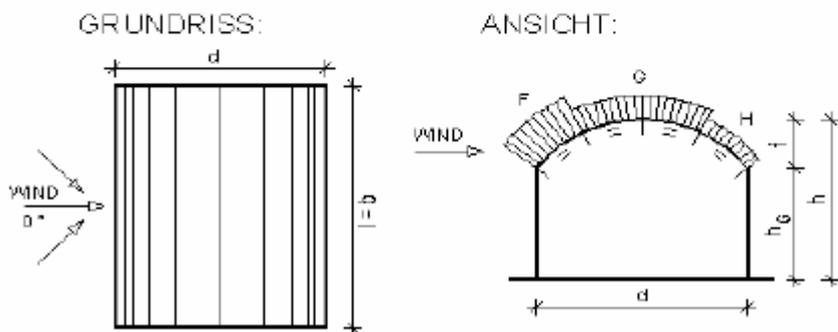
Hinweis zu allen Ergebnissen:

(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Schemaskizze - Anströmrichtung = 0 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.11)



Abmessung: $l = b = 10,75$ m ; $d = 5,53$ m ; $h = 3,77$ m

Datum: 29.11.2010

Windbelastung Dach

Anströmrichtung = 180 Grad

Bezugshöhe $z_0 = 5 \text{ m}$ $q_p = 0,729 \text{ kN/m}^2$

(für q_p gilt $z_{0\text{min}} = 5 \text{ m}$)

Bereich	F	G	H
Fläche [m ²]	23,32	46,64	23,32
$C_{pe,10}$	0,000	0,000	0,000
$W_{e,10}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000
$C_{pe,10}$	-	-	-
$W_{e,10}$ [kN/m ²]	-	-	-
$C_{pe,1}$	0,000	0,000	0,000
$W_{e,1}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000
$C_{pe,1}$	-	-	-
$W_{e,1}$ [kN/m ²]	-	-	-
$C_{pi, \text{pos}}$	0,200	0,200	0,200
$W_{i, \text{pos}}$ [kN/m ²]	0,146	0,146	0,146
$C_{pi, \text{neg}}$	-0,300	-0,300	-0,300
$W_{i, \text{neg}}$ [kN/m ²]	-0,219	-0,219	-0,219

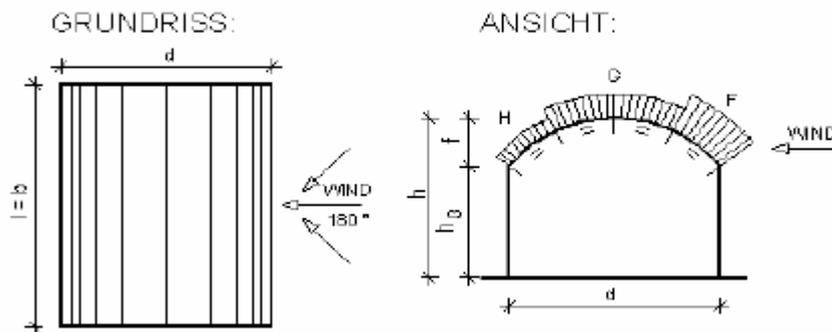
Hinweis zu allen Ergebnissen:

(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Schemaskizze - Anströmrichtung = 180 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.11)



Abmessung: $l = b = 10,75 \text{ m}$; $d = 5,53 \text{ m}$; $h = 3,77 \text{ m}$

Datum: 29.11.2010

Windbelastung Dach

Anströmrichtung = 90 Grad

Bezugshöhe $z_0 = 5 \text{ m}$

$q_p = 0,729 \text{ kN/m}^2$

(für q_p gilt $z_{0min} = 5 \text{ m}$)

Bereich	F	G	H	I
Fläche [m ²]	3,20	1,60	19,19	69,28
$C_{pe,10}$	-1,100	-1,399	-0,900	-0,500
$W_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,802	-1,020	-0,656	-0,365
$C_{pe,1}$	-1,500	-2,000	-1,199	-0,500
$W_{e,1}$ [kN/m ²]	-1,094	-1,458	-0,874	-0,365
$C_{pi,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200
$W_{i,pos}$ [kN/m ²]	0,146	0,146	0,146	0,146
$C_{pi,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300
$W_{i,neg}$ [kN/m ²]	-0,219	-0,219	-0,219	-0,219

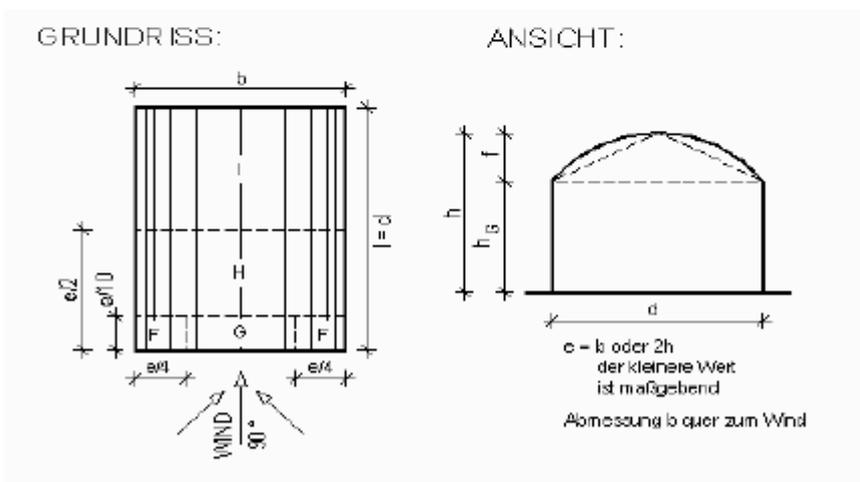
Hinweis zu allen Ergebnissen:

(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Schemaskizze - Anströmrichtung = 90 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.11)



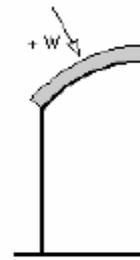
Abmessung: $l = d = 10,75 \text{ m}$; $b = 5,53 \text{ m}$; $h = 3,77 \text{ m}$
 $e = 5,53 \text{ m}$; $e/2 = 2,77 \text{ m}$; $e/4 = 1,38 \text{ m}$; $e/10 = 0,55 \text{ m}$

Näherungsweise werden die c_{pe} -Werte des eingeschriebenen Satteldaches für die Anströmrichtung = 90 Grad angenommen.

Datum: 29.11.2010

Max./Min. Windbelastung Dachoberseite - w_{10} [kN/m²]

0,000 -0,802	Teilflä. entfällt	0,000 -1,020	Teilflä. entfällt	0,000 -0,802	0,55 [m]
0,000 -0,656		0,000 -0,656		0,000 -0,656	2,21 [m]
0,000 -0,365		0,000 -0,365		0,000 -0,365	5,22 [m]
0,000 -0,656		0,000 -0,656		0,000 -0,656	2,21 [m]
0,000 -0,802	Teilflä. entfällt	0,000 -1,020	Teilflä. entfällt	0,000 -0,802	0,55 [m]
1,38	0,00	2,77	0,00	1,38	[m]
					5,53 [m]



Windbelastung
ermittelt aus allen
Anströmrichtungen

Max./Min. Windbelastung Dachunterseite - w_{10} [kN/m²]

					10,75 [m]
0,219 -0,146					
					5,53 [m]



Windbelastung
ermittelt aus allen
Anströmrichtungen

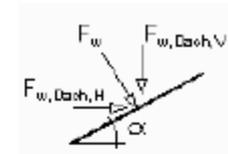
Datum: 29.11.2010

Gesamtwindbelastung

Anteil Dach

Anströmrichtung = 0 Grad

Teilfläche	F	G	H
$c_s c_d$	1,00	1,00	1,00
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	0,000	-	0,000
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-	-	-
Fläche [m ²]	23,32	46,64	23,32
F_w [kN]	0,00	-	0,00
F_w [kN]	-	-	-



(Fläche in wahrer Größ)

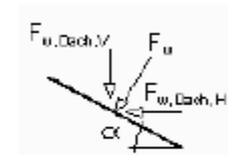
Summe $F_{w,Dach,H} = 0,00$ kN

Angriffspunkt bei $x = 0,00$ m $z = 0,00$ m

Summe $F_{w,Dach,V} = 0,00$ kN

Anströmrichtung = 180 Grad

Teilfläche	F	G	H
$c_s c_d$	1,00	1,00	1,00
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	0,000	-	0,000
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-	-	-
Fläche [m ²]	23,32	46,64	23,32
F_w [kN]	0,00	-	0,00
F_w [kN]	-	-	-



(Fläche in wahrer Größ)

Summe $F_{w,Dach,H} = 0,00$ kN

Angriffspunkt bei $x = 0,00$ m $z = 0,00$ m

Summe $F_{w,Dach,V} = 0,00$ kN

Gesamtes Gebäude

Anströmrichtung = 0 Grad

Summe $F_{w0} = F_{w0,Wand} + F_{w0,Dach,H} = 8,72$ kN

Angriffspunkt bei $x = 5,38$ m $z = 0,50$ m

Anströmrichtung = 180 Grad

Summe $F_{w180} = F_{w180,Wand} + F_{w180,Dach,H} = 8,72$ kN

Angriffspunkt bei $x = 5,38$ m $z = 0,50$ m

Anströmrichtung = 90 Grad

Summe $F_{w90} = F_{w90,Wand} = 12,33$ kN

Angriffspunkt bei $y = 2,77$ m $z = 1,65$ m

Anmerkungen

Es werden geschlossene Öffnungen angenommen. Für den Grenzzustand der Tragfähigkeit wird ohne Innendruck gerechnet. Der Staudruckbeiwert wird nicht berechnet, es wird $c_s c_d = 1$ angenommen.

Erfolgt bei Bauwerken die Ableitung der Windwirkungen in der Nähe der Schwerachse, ist zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Verteilung des Winddrucks eine Exzentrizität der Windwirkung bezüglich der vertikalen Achse von 10 % der jeweiligen Abmessung im Grundriss zu berücksichtigen (siehe ÖNORM B 1991-1-4, Pkt. 4.5.1).

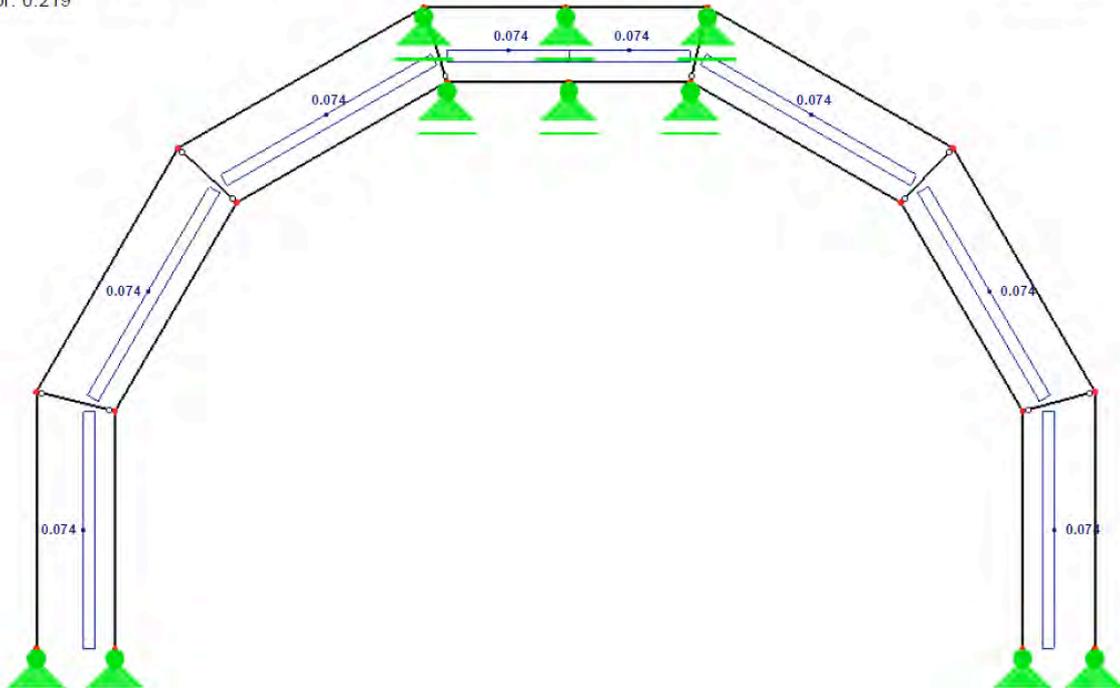
Wind Innensog

Die Linienlast ergibt sich zu:

$$w = 0,219 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,074 \text{ kN/m}$$

LF3: Wind Cpi-InnenSog
LF-Faktor: 0.219

Entgegen der Y-Richtung



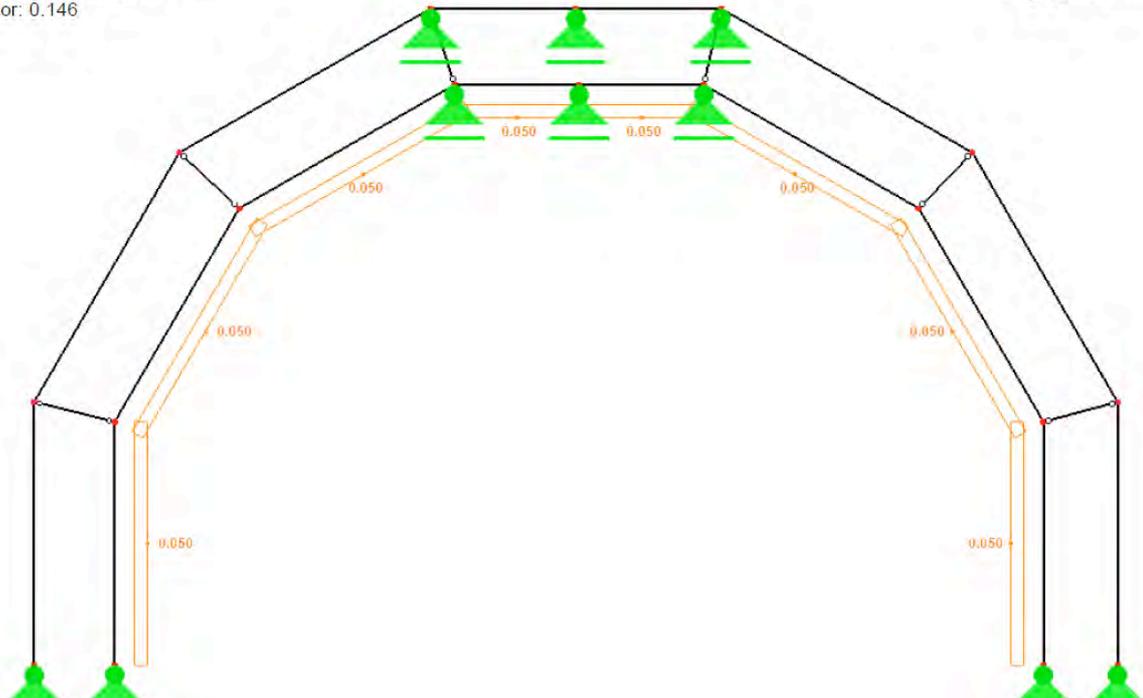
Wind Innendruck

Die Linienlast ergibt sich zu:

$$w = 0,146 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,05 \text{ kN/m}$$

LF4: Wind Cpi-InnenDruck
LF-Faktor: 0.146

Entgegen der Y-Richtung



Wind 0° (⊥ zur Längsachse)

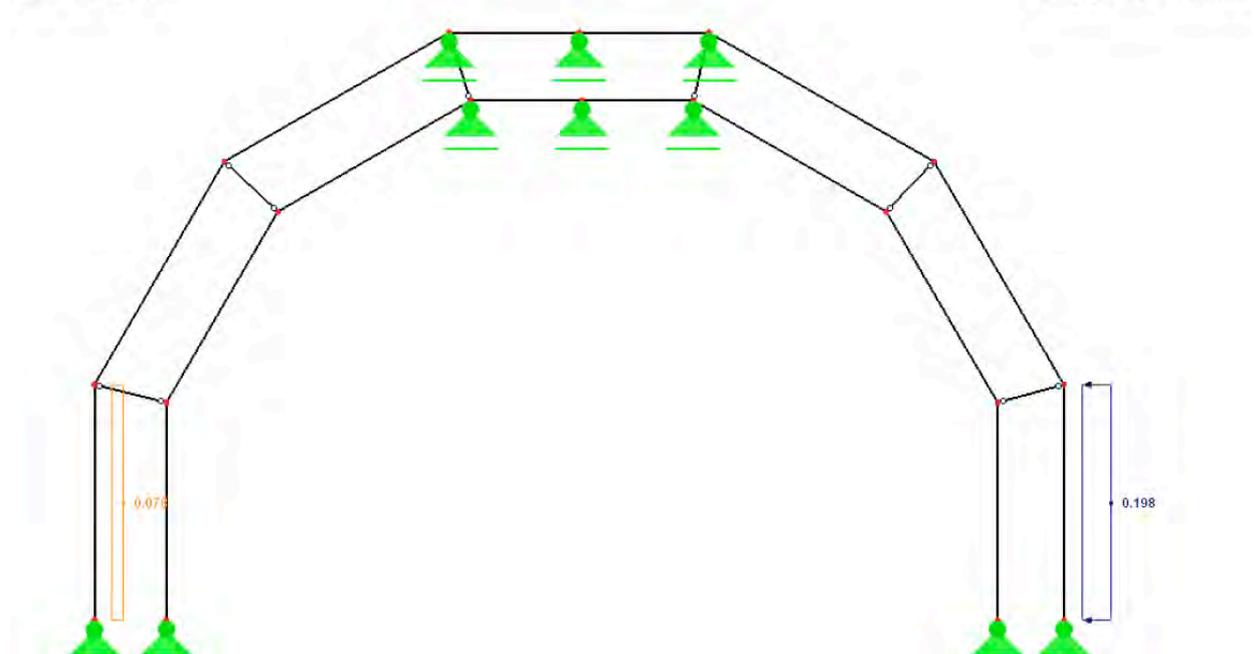
Die Linienlasten ergeben sich zu:

Winddruck $w = 0,583 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,198 \text{ kN/m}$

Windsog $w = 0,228 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,078 \text{ kN/m}$

LF5: Wind Cpe-0°

Entgegen der Y-Richtung



Wind 90° (|| zur Längsachse)

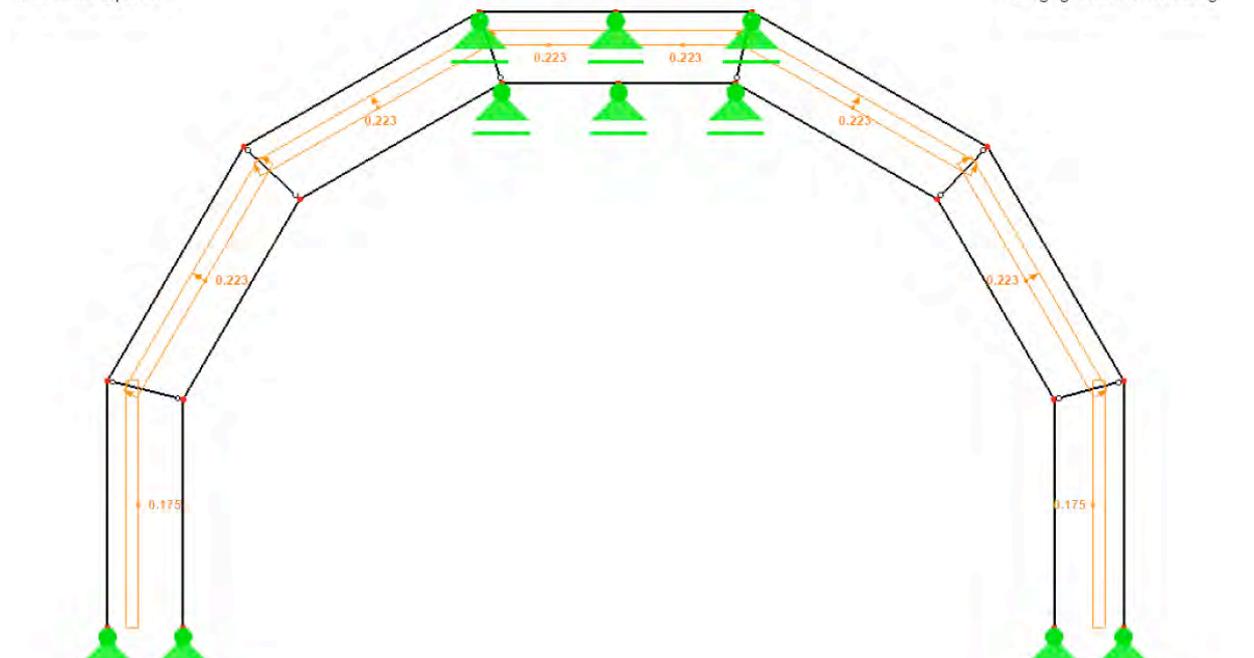
Die Linienlast ergibt sich zu:

Dach: $w = 0,656 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,223 \text{ kN/m}$

Wand: $w = 0,516 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,175 \text{ kN/m}$

LF6: Wind Cpe-90°

Entgegen der Y-Richtung



4.1.5 Lastfallkombinationen

■ LASTFALLKOMBINATIONEN

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
1	Bemessungslasten	$1.35 \cdot LF1/S + 1.35 \cdot LF2/S + 1.5 \cdot LF3$ oder $1.5 \cdot LF4 + 1.5 \cdot LF5$ oder $1.5 \cdot LF6$
2	Bemessungslast Wind 90 °	$1.35 \cdot LF1/S + 1.35 \cdot LF2/S + 1.5 \cdot LF3$ oder $1.5 \cdot LF4 + 1.5 \cdot LF6$

4.2. Rahmen

4.2.1 Eigengewicht

Das Eigengewicht der Bauteile wird automatisch berücksichtigt.

4.2.2 Belastung aus Hülle

Gedämmter Bereich der Palette:

Belastung durch die Auflagerkräfte der Palette:

Auflagerkraft: $0,73 \text{ kN} + 0,69 \text{ kN} = 1,41 \text{ kN}$

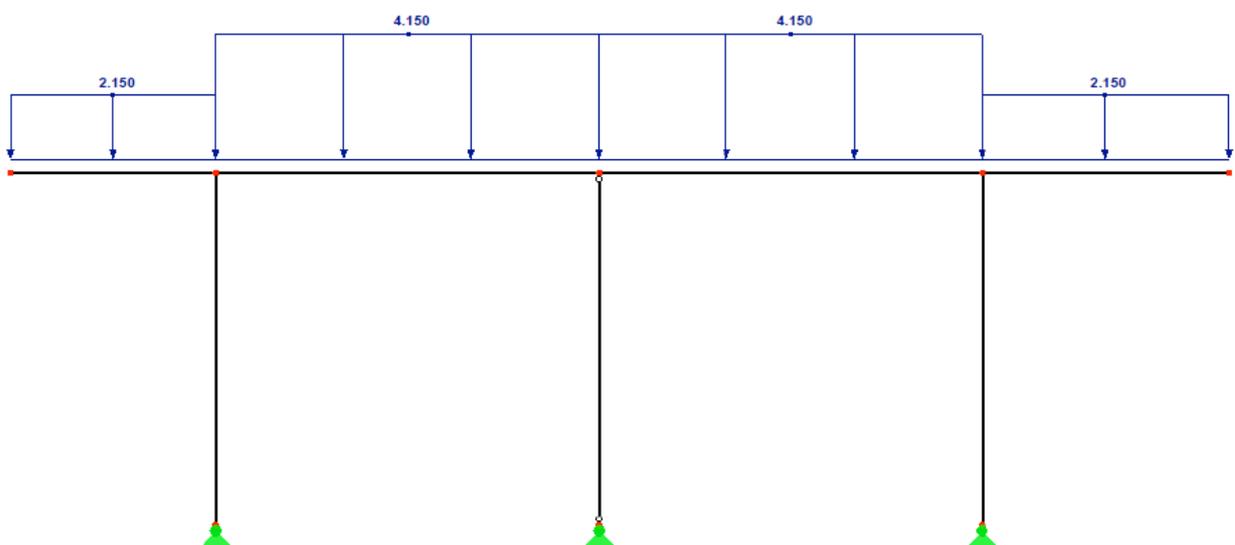
Umrechnen in eine Linienlast: $1,41 \text{ kN} / 0,34 \text{ m} = 4,15 \text{ kN/m}$

Ungedämmter Bereich der Palette:

Belastung durch die Auflagerkräfte der Palette:

Auflagerkraft: $0,45 \text{ kN} + 0,28 \text{ kN} = 0,73 \text{ kN}$

Umrechnen in eine Linienlast: $0,73 \text{ kN} / 0,34 \text{ m} = 2,15 \text{ kN/m}$



4.2.3 Schnee

Standort der Konstruktion ist Kapstadt (Südafrika). Laut Auftraggeber ist keine Schneelast zu berücksichtigen.

4.2.4 Wind

Windlast 90° (|| zur Längsachse)

Windangriffsfläche:

$$A = 0,6 \cdot 5,53 + 2,95^2 \cdot \pi / 2 = 3,32 + 13,67 = 16,99 \text{ m}^2$$

Wind-Druck

$$F_w = A \cdot w_{e,10} = 16,99 \cdot 0,583 = 9,91 \text{ kN}$$

Wind-Sog

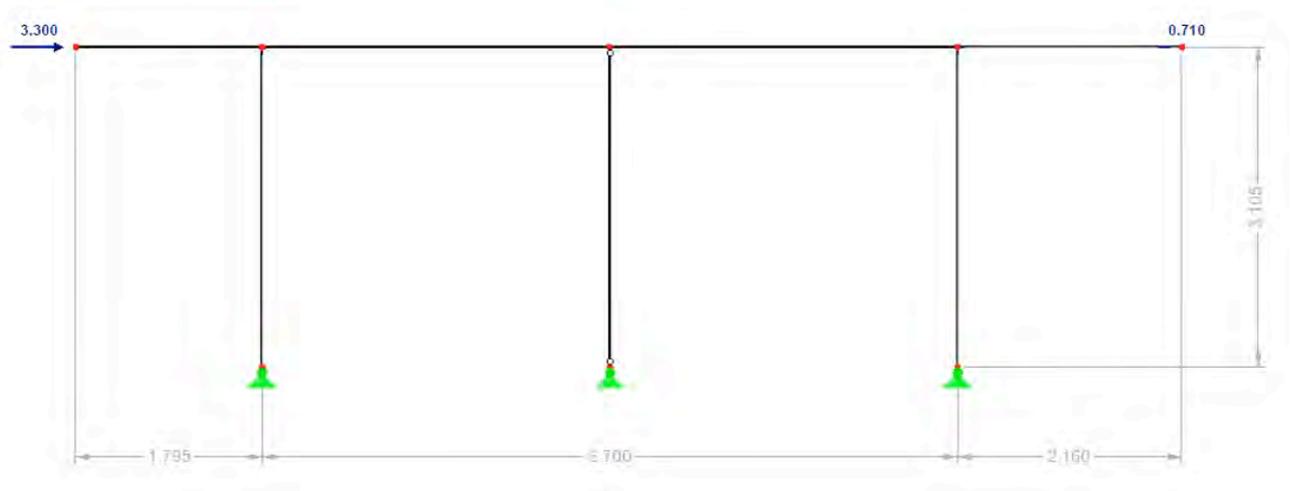
$$F_w = A \cdot w_{e,10} = 16,99 \cdot -0,125 = -2,12 \text{ kN}$$

4.2.4.1 Rahmen

Die Windlast wird von der Rahmenkonstruktion abgetragen.

Winddruck: auf die 3 Rahmen aufgeteilt: $F_w = 9,91 / 3 = 3,30 \text{ kN}$

Windsog: auf die 3 Rahmen aufgeteilt: $F_w = -2,12 / 3 = -0,71 \text{ kN}$



4.2.4.2 Hülle

Die Windlast wird von der Hülle abgetragen.

Der Rahmen erhält keine horizontale Belastung aus Windkräften.

4.2.5 Lastfallkombinationen

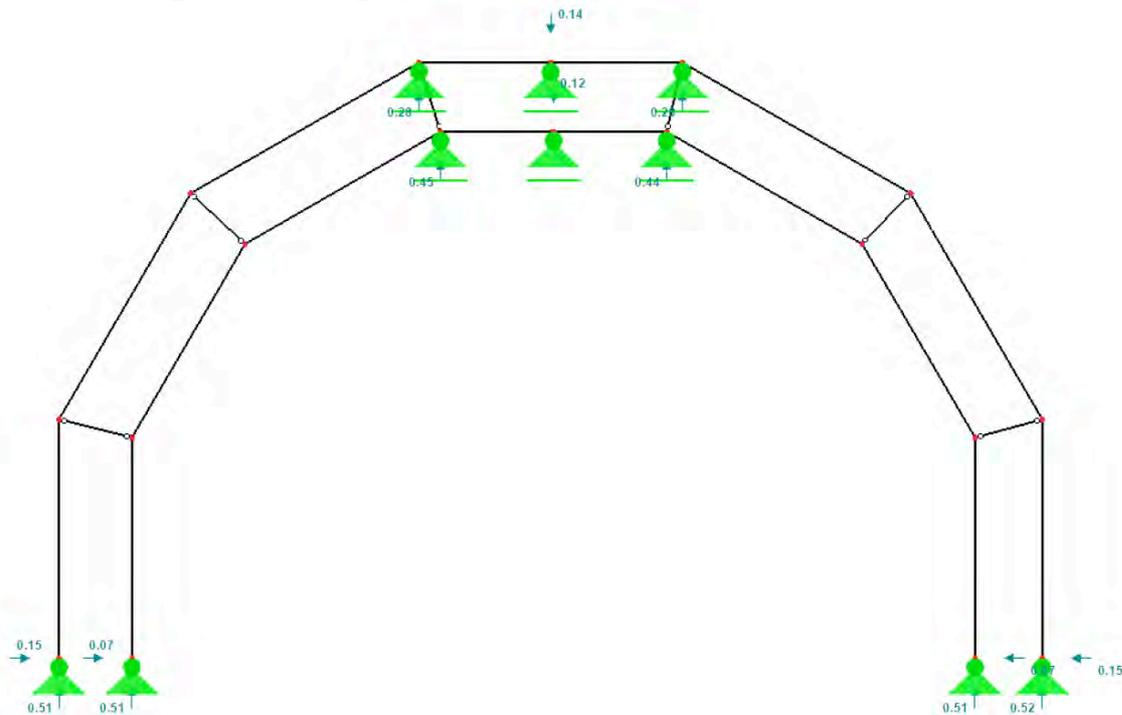
■ LASTFALLKOMBINATIONEN

LK Nr.	LK-Bezeichnung	Kombinationskriterium
1	Bemessungslasten	$1.35 \cdot LF1/S + LF2/S + 1.5 \cdot LF3$
2	Bemessungslasten (ohne Wind)	$1.35 \cdot LF1/S + LF2/S$

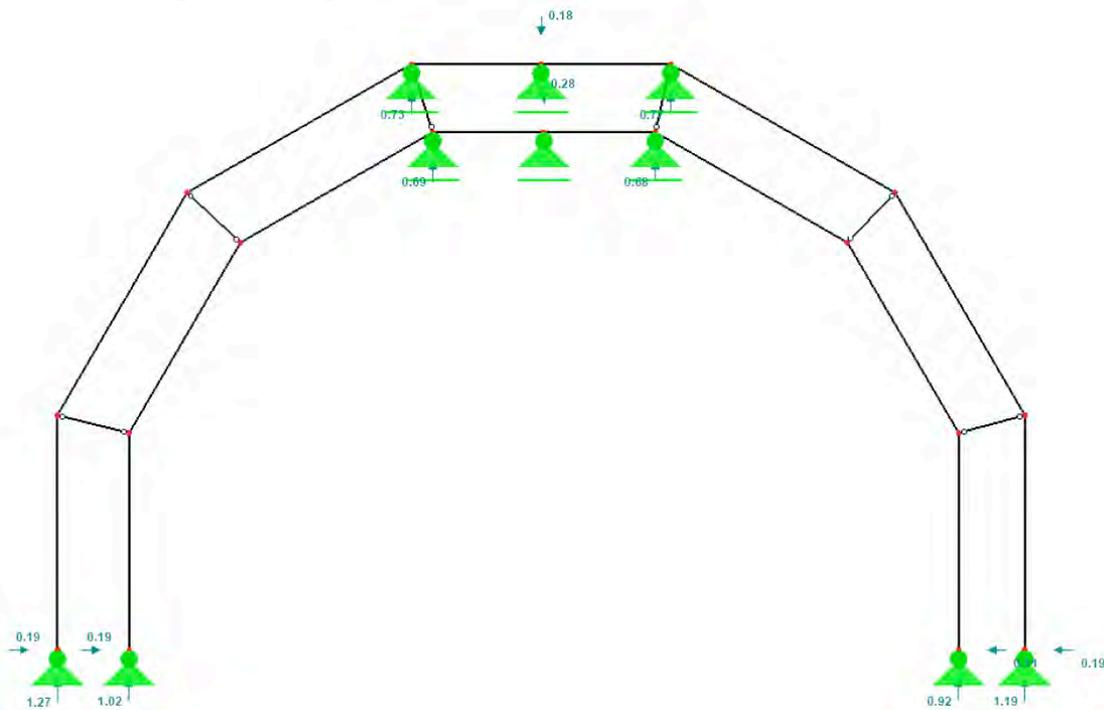
5. SCHNITTGRÖSSEN & AUFLAGERREAKTIONEN

5.1. Hülle

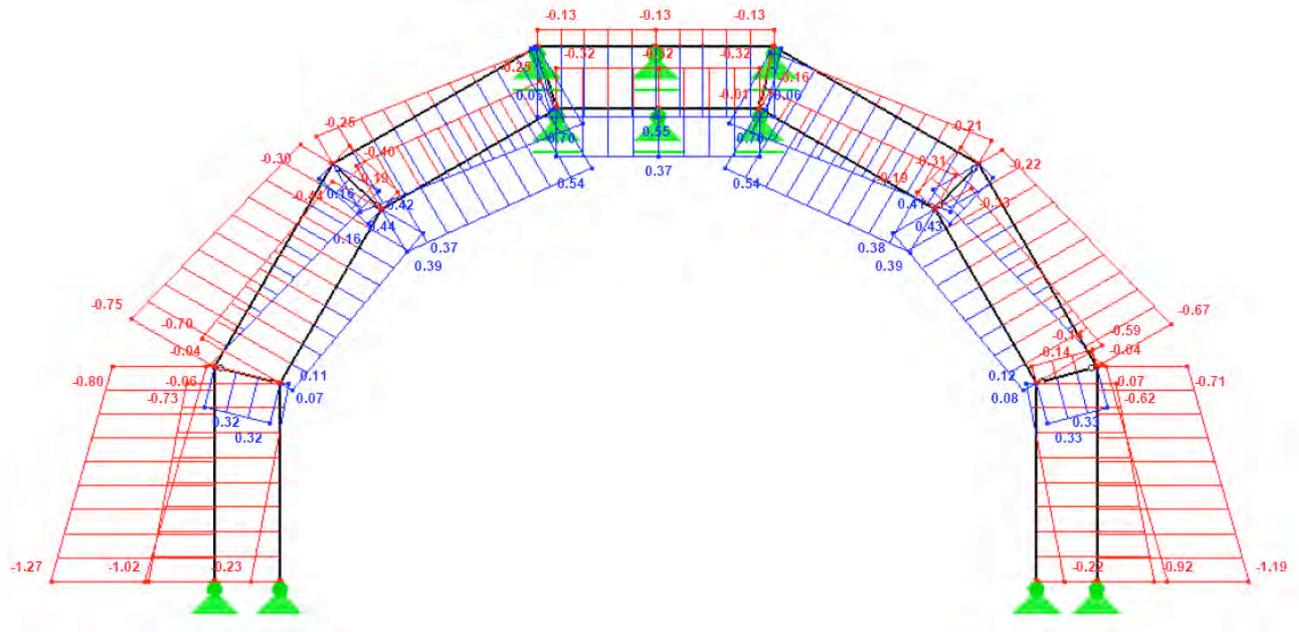
5.1.1 Auflagerkräfte ungedämmte Hülle



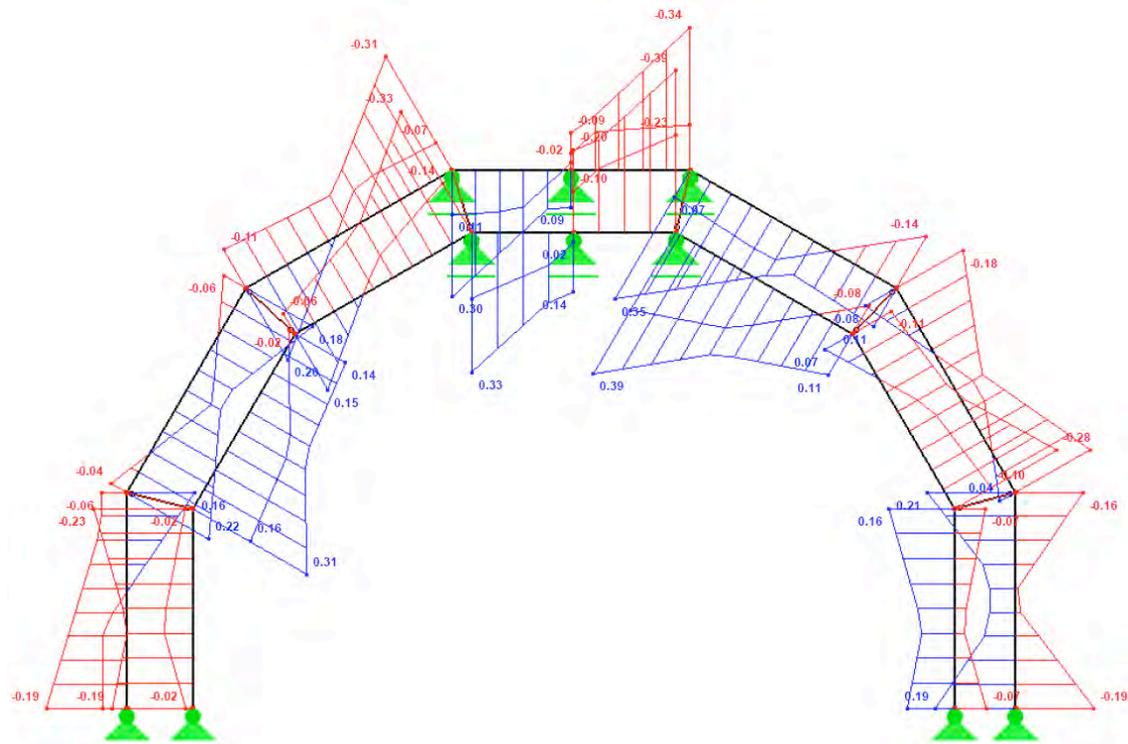
5.1.2 Auflagerkräfte gedämmte Hülle



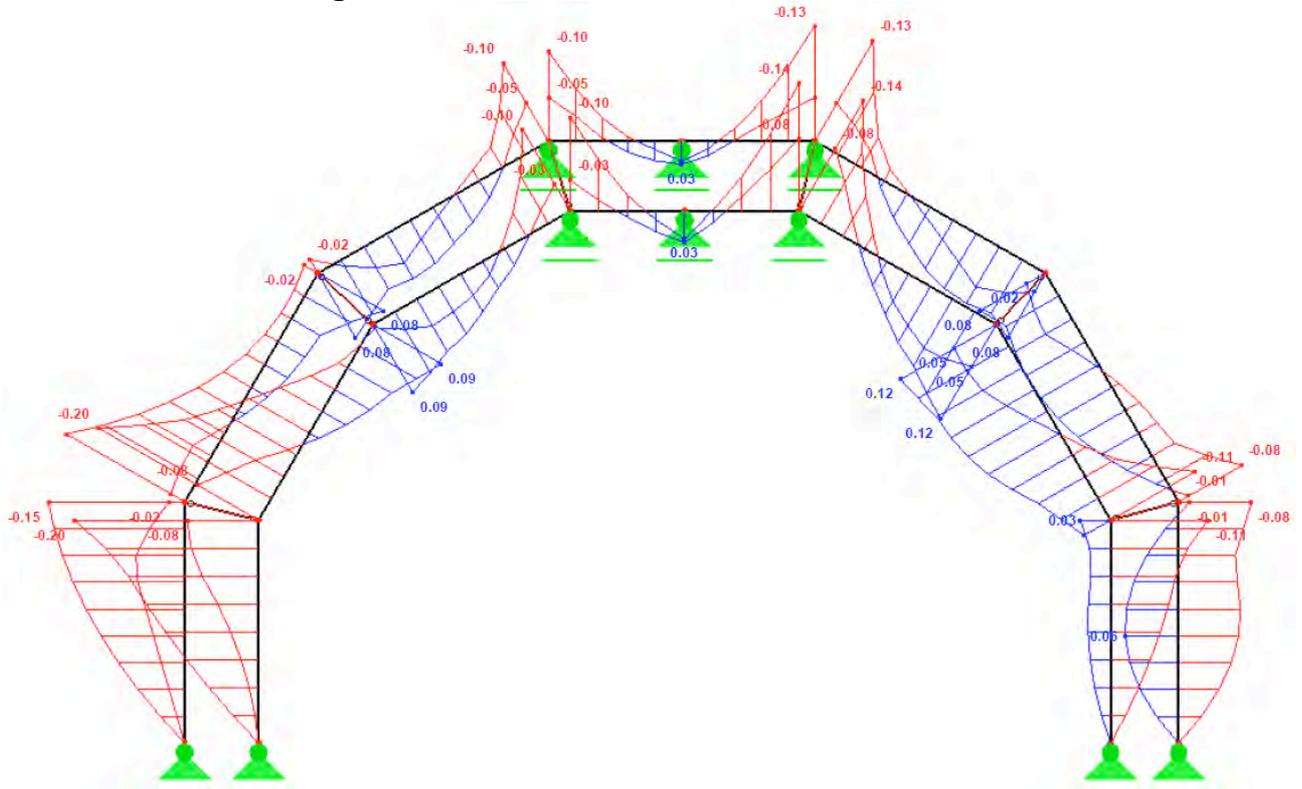
5.1.3 Normalkraftlinie gedämmte Hülle



5.1.4 Querkraftlinie gedämmte Hülle

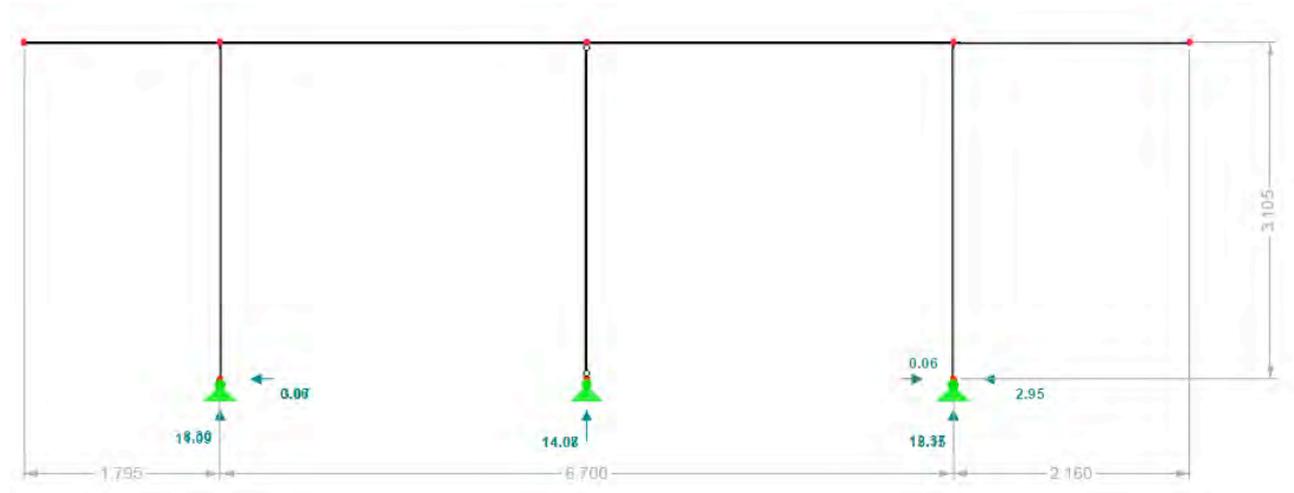


5.1.5 Momentenlinie gedämmte Hülle

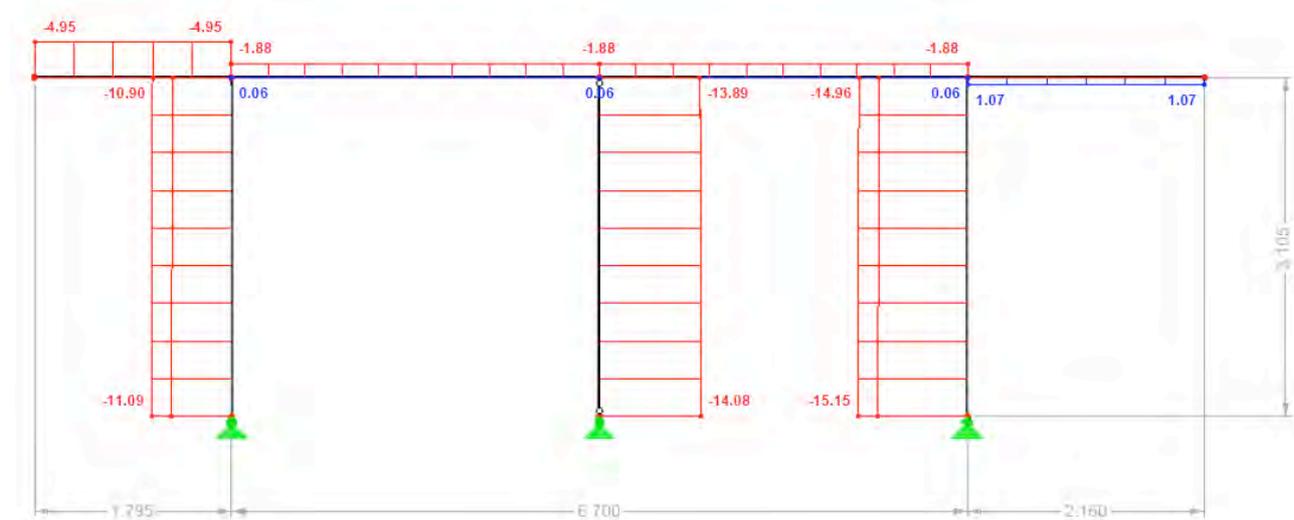


5.2. Rahmen

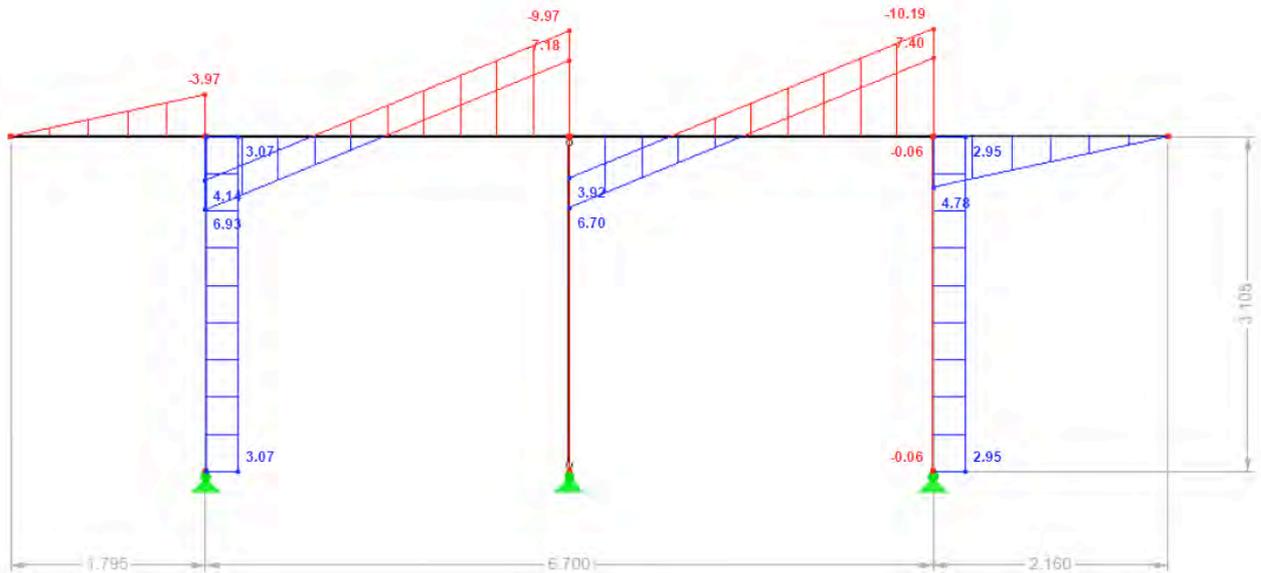
5.2.1 Auflagerreaktionen mit Wind



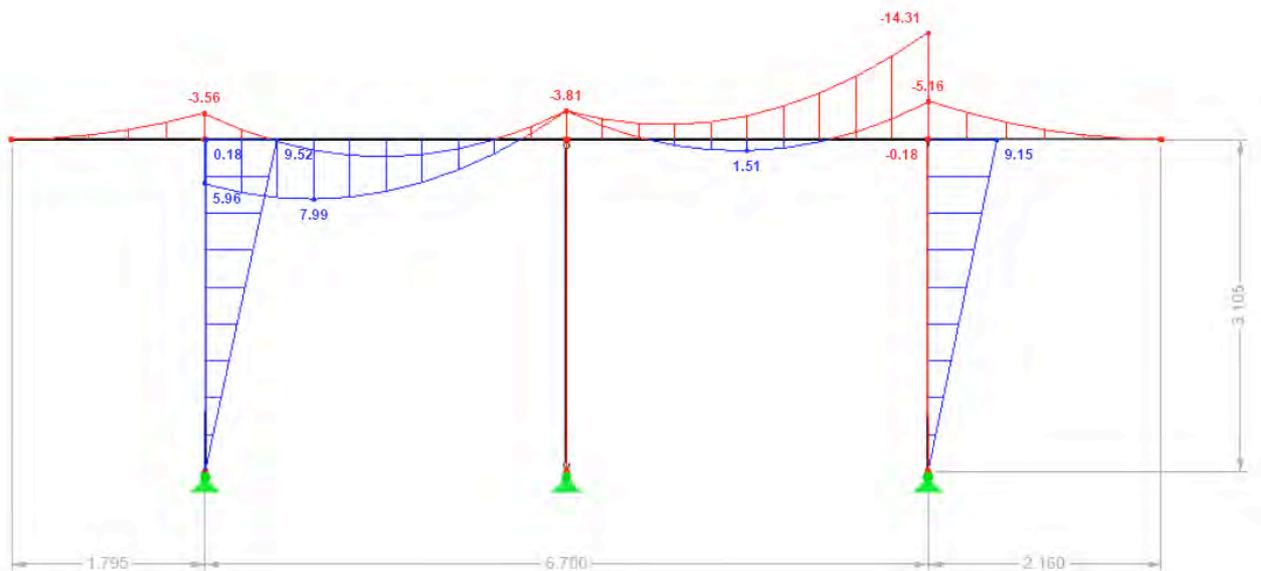
5.2.2 Normalkraftlinie mit Wind



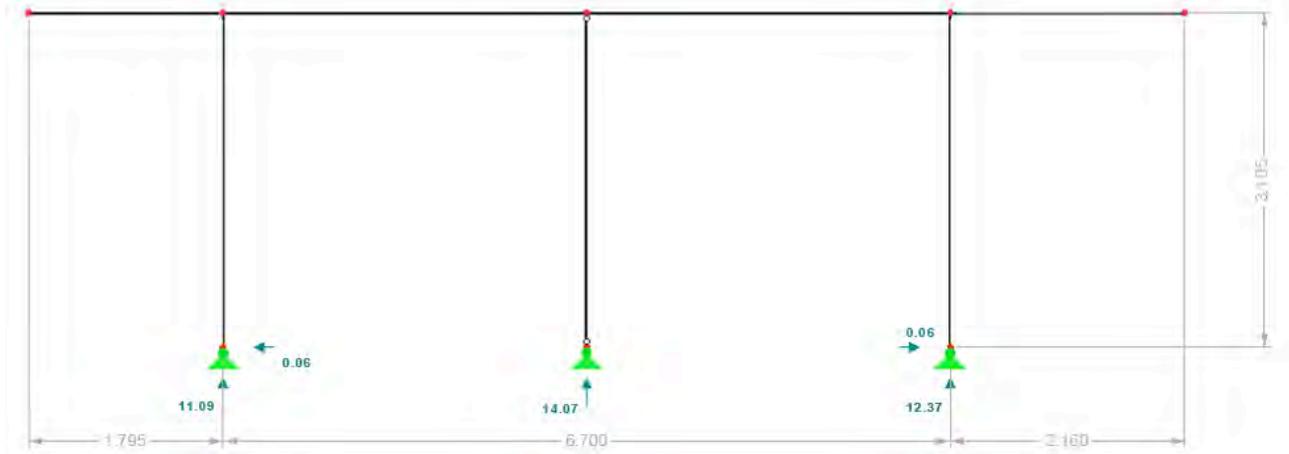
5.2.3 Querkraftlinie mit Wind



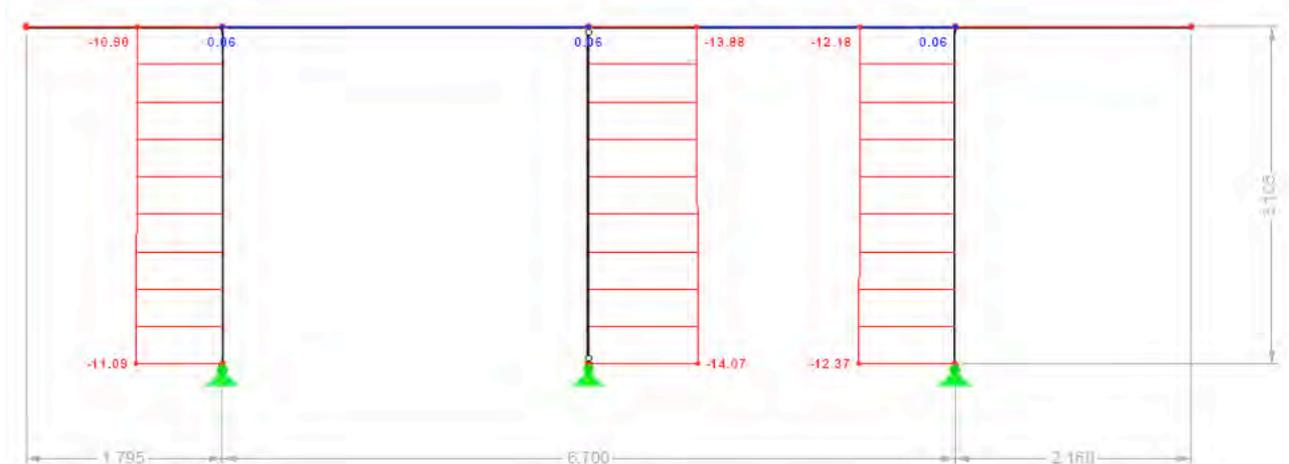
5.2.4 Momentenlinie mit Wind



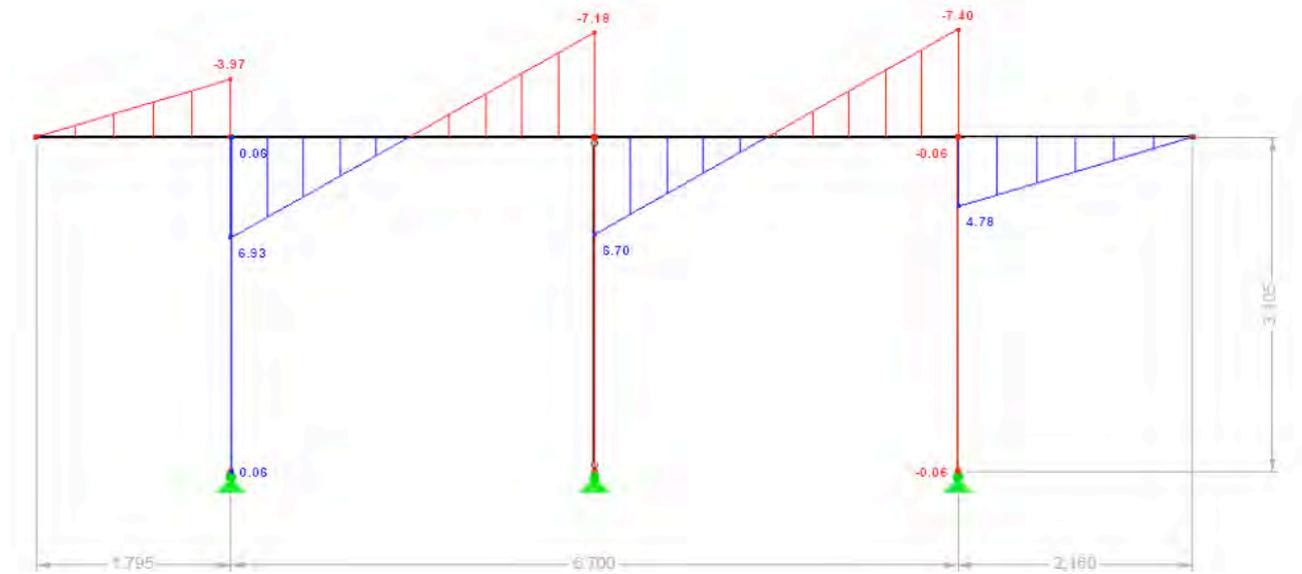
5.2.5 Auflagerreaktionen ohne Wind



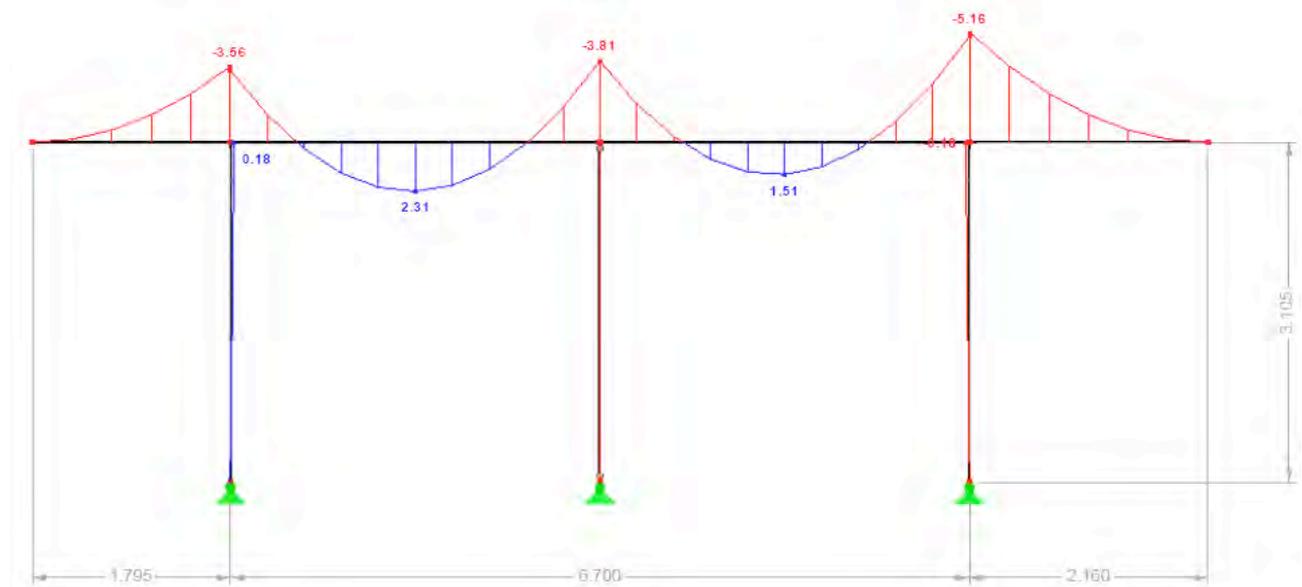
5.2.6 Normalkraftlinie ohne Wind



5.2.7 Querkraftlinie ohne Wind



5.2.8 Momentenlinie ohne Wind

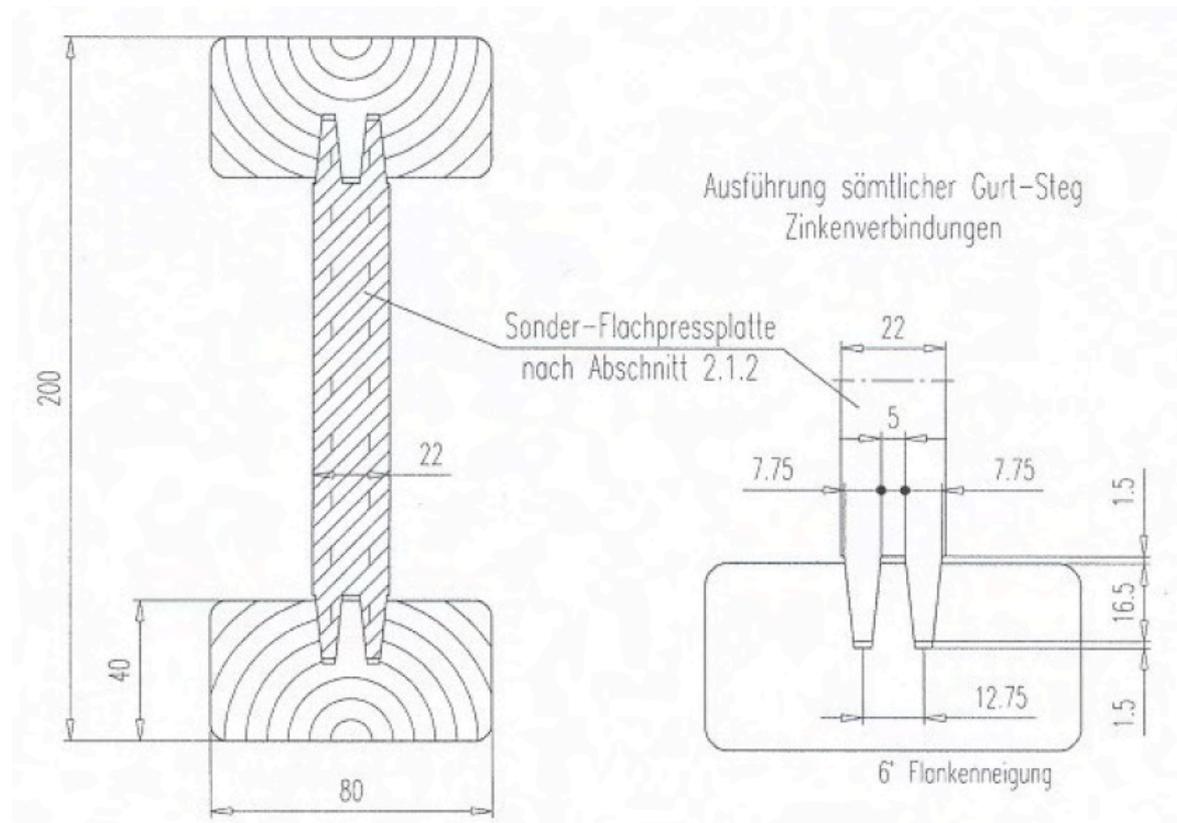


6. QUERSCHNITTSNACHWEISE

6.1. Materialkennwerte

6.1.1 Rahmen

Riegel und Stiele, Pendelstütze: Dokaträger H20



Gurte:

Holz der Festigkeitsklasse C24

Charakteristische Festigkeitseigenschaften

- Biegung: $f_{m,k} = 2,4 \text{ kN/cm}^2$
- Zug parallel: $f_{t,0,k} = 1,4 \text{ kN/cm}^2$
- Druck parallel: $f_{c,0,k} = 2,1 \text{ kN/cm}^2$
- Druck rechtwinkelig: $f_{c,90,k} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$
- Schub: $f_{v,k} = 0,25 \text{ kN/cm}^2$
- Mittelwert E-Modul parallel: $E_{0,mean} = 1100 \text{ kN/cm}^2$
- 5%-Fraktile E-Modul parallel: $E_{0,05} = 740 \text{ kN/cm}^2$
- Rohdichte $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Stege:

Flachpressplatten V 100 des Typs SP V 100

Rohdichte = 780 kg/m^3

Biegefestigkeit = $2,8 \text{ kN/cm}^2$

Querzugfestigkeit = $0,03 \text{ kN/cm}^2$

Folgende charakteristische Tragfähigkeitswerte dürfen lt. Zulassung nicht überschritten werden:

$V_k = 23,9 \text{ kN}$ (charakteristischer Grenzwert der Querkraft)

$R_{b,k} = 47,8 \text{ kN}$ (charakteristischer Grenzwert des Auflagerwiderstandes)

$M_k = 10,9 \text{ kNm}$ (charakteristischer Grenzwert des Biegemoments)

6.1.2 Hülle

Paletten

Für die Paletten wird Vollholz der Güte C 14 nach ÖNORM EN 338 festgelegt:

Charakteristische Festigkeitseigenschaften

Biegung:	$f_{m,k} = 1,4 \text{ kN/cm}^2$
Zug parallel:	$f_{t,0,k} = 0,4 \text{ kN/cm}^2$
Druck parallel:	$f_{c,0,k} = 1,6 \text{ kN/cm}^2$
Druck rechtwinkelig:	$f_{c,90,k} = 0,20 \text{ kN/cm}^2$
Schub:	$f_{v,k} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$
Mittelwert E-Modul parallel:	$E_{0,mean} = 700 \text{ kN/cm}^2$
5%-Fraktil E-Modul parallel:	$E_{0,05} = 470 \text{ kN/cm}^2$
Rohdichte ρ_k	$= 290 \text{ kg/m}^3$

6.2. Nachweise für die Hülle

Querschnitt 5/10 Holzgüte C14

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,9$

Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften:

Biegung:	$f_{m,d} = 0,97 \text{ kN/cm}^2$
Zug parallel:	$f_{t,0,d} = 0,28 \text{ kN/cm}^2$
Druck parallel:	$f_{c,0,d} = 1,11 \text{ kN/cm}^2$
Druck rechtwinkelig:	$f_{c,90,d} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$
Schub:	$f_{v,d} = 0,12 \text{ kN/cm}^2$

6.2.1 Normalkraft

Max. DRUCKKRAFT:

$$N_{sd} = 1,27 \text{ kN}$$

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{b \cdot h} = \frac{1,27}{5 \cdot 10} = 0,0254 \text{ kN/cm}^2 \leq f_{c,0,d} = 1,11 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.2.2 Querkraft

MAX. QUERKRAFT

$$V_{sd} = 0,39 \text{ kN}$$

effektive Breite:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 5,00 = 3,35 \text{ cm}$$

vorhandene Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{sd}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,39}{3,35 \cdot 10} = 0,0174 \text{ kN/cm}^2 \leq f_{v,d} = 0,12 \text{ kN/cm}^2$$

→ Nachweis erbracht

6.2.3 Biegung

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 0,20 \text{ kNm} = 20 \text{ kNcm}$$

Spannungsnachweis

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \cdot 10^2}{6} = 83,3, \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{20}{83,3} = 0,24 \text{ kN / cm}^2 \leq f_{m,d} = 0,97 \text{ kN / cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.2.4 Kombinierte Beanspruchung

Biegung & Druckkraft

$$N_{sd} = 0,73 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 0,20 \text{ kNm} = 20 \text{ kNcm}$$

vorhandene Druckspannung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{b \cdot h} = \frac{0,73}{5 \cdot 10} = 0,015 \text{ kN / cm}^2 \leq f_{c,0,d} = 1,11 \text{ kN / cm}^2$$

vorhandene Biegespannung:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \cdot 10^2}{6} = 83,3, \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{20}{83,3} = 0,24 \text{ kN / cm}^2 \leq f_{m,d} = 0,97 \text{ kN / cm}^2$$

Nachweis

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$$

$$\left(\frac{0,015}{1,11} \right)^2 + \frac{0,24}{0,97} = 0,25 < 1,00 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

Biegung & Zugkraft

$$N_{sd} = 0,70 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 0,13 \text{ kNm} = 13 \text{ kNcm}$$

vorhandene Zugspannung:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{sd}}{b \cdot h} = \frac{0,70}{5 \cdot 10} = 0,014 \text{ kN / cm}^2 \leq f_{t,0,d} = 0,28 \text{ kN / cm}^2$$

vorhandene Biegespannung:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \cdot 10^2}{6} = 83,3, \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{13}{83,3} = 0,16 \text{ kN / cm}^2 \leq f_{m,d} = 0,97 \text{ kN / cm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$$

$$\frac{0,014}{0,28} + \frac{0,16}{0,97} = 0,22 < 1,00 \quad \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.2.5 Stabilität

Da die Gurte der Palette von den Brettern gegen seitliches Ausweichen gehalten werden, kann Stabilitätsversagen ausgeschlossen werden.

6.3. Nachweis für den Rahmenriegel

Querschnitt Doka H 20

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,9$

Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften der Gurte

Biegung:	$f_{m,k} = 1,66 \text{ kN/cm}^2$
Zug parallel:	$f_{t,0,k} = 0,97 \text{ kN/cm}^2$
Druck parallel:	$f_{c,0,k} = 1,45 \text{ kN/cm}^2$
Druck rechtwinkelig:	$f_{c,90,k} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$
Schub:	$f_{v,k} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$

Bemessungswerte der Tragfähigkeit dürfen lt. Zulassung nicht überschritten werden:

$V_d = 16,55 \text{ kN}$ (Bemessungsgrenzwert der Querkraft)

$R_{b,d} = 33,01 \text{ kN}$ (Bemessungsgrenzwert des Auflagerwiderstandes)

$M_d = 7,55 \text{ kNm}$ (Bemessungsgrenzwert des Biegemoments)

6.3.1 Normalkraft

Max. DRUCKKRAFT:

$$N_{sd} = 4,95 \text{ kN}$$

Berechnung mit den Flächenanteilen der Gurte:

$$A_{vorh} = 2 \cdot 8 \cdot 4 = 64 \text{ cm}^2$$

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A_{vorh}} = \frac{4,95}{64} = 0,08 \text{ kN/cm}^2 \leq f_{c,0,d} = 1,45 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.3.2 Querkraft

MAX. QUERKRAFT

$$V_{sd} = 10,19 \text{ kN}$$

Nachweis

$$V_{Rd} > V_{sd} = 16,55 \text{ kN} > 10,19 \text{ kN} \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.3.3 Biegung

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 14,31 \text{ kNm}$$

Nachweis

$$M_{Rd} > M_{sd} = 7,55 \text{ kNm} < 14,31 \text{ kNm} \rightarrow \text{Nachweis nicht erbracht !!}$$

Nachweis für den Rahmen ohne Lastfall Wind:

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,8$

$$M_d = 6,71 \text{ kNm (Bemessungsgrenzwert des Biegemoments)}$$

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 5,16 \text{ kNm}$$

Nachweis

$$M_{Rd} > M_{sd} = 6,71 \text{ kNm} > 5,16 \text{ kNm} \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

Der Rahmen kann die Horizontalkräfte infolge Wind parallel zur Längsachse nicht aufnehmen. Diese Windkräfte müssen von der Hülle abgetragen werden.

6.4. Nachweis für den Rahmenstiel

Die Nachweise werden ausschließlich für die Schnittgrößen ohne Wind geführt.
Da keine genauen Querschnittskennwerte für den H 20 Träger verfügbar sind, wird das Trägheitsmoment für eine Querschnitt gleicher Geometrie aus verklebten Vollholzteilen der Festigkeitsklasse C 24 berechnet.

Querschnitt Doka H 20

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$
Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,8$

6.4.1 Knicken

MAX. Normalkraft
 $N_{sd} = 12,37 \text{ kN}$

Knicklänge: $\ell_k = 10,71 \text{ m (R-Stab)}$

$A = 2 \cdot 8 \cdot 4 + 2 \cdot 12 = 90,4 \text{ cm}^2$
 $I = 4498,133 \text{ cm}^4$
 $W = 449,8 \text{ cm}^3$

Trägheitsradius:
 $i_{min} = 7,05$

Schlankheit:
 $\lambda = \ell_k / i_{min} = 1071 / 7,05 = 151,91$

Knickbeiwert
 $k_{cy} = 0,139$

vorhandene Druckspannung

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{12,37}{90,4} = 0,14 \text{ kN / cm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} < 1$$

$$\frac{0,14}{0,139 \cdot 1,29} = 0,78 < 1 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.4.2 Knicken und Biegung

MAX. Biegemoment

$$M_{sd} = 0,18 \text{ kNm}$$

MAX. Normalkraft

$$N_{sd} = 12,37 \text{ kN}$$

Nachweis für Biegung und Knicken:

vorhandene Druckspannung (Berechnung siehe 6.4.1)

$$\sigma_{c,0,d} = 0,14 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

vorhandene Biegespannung:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{18}{449,8} = 0,04 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Kombination von Biegung und Knicken

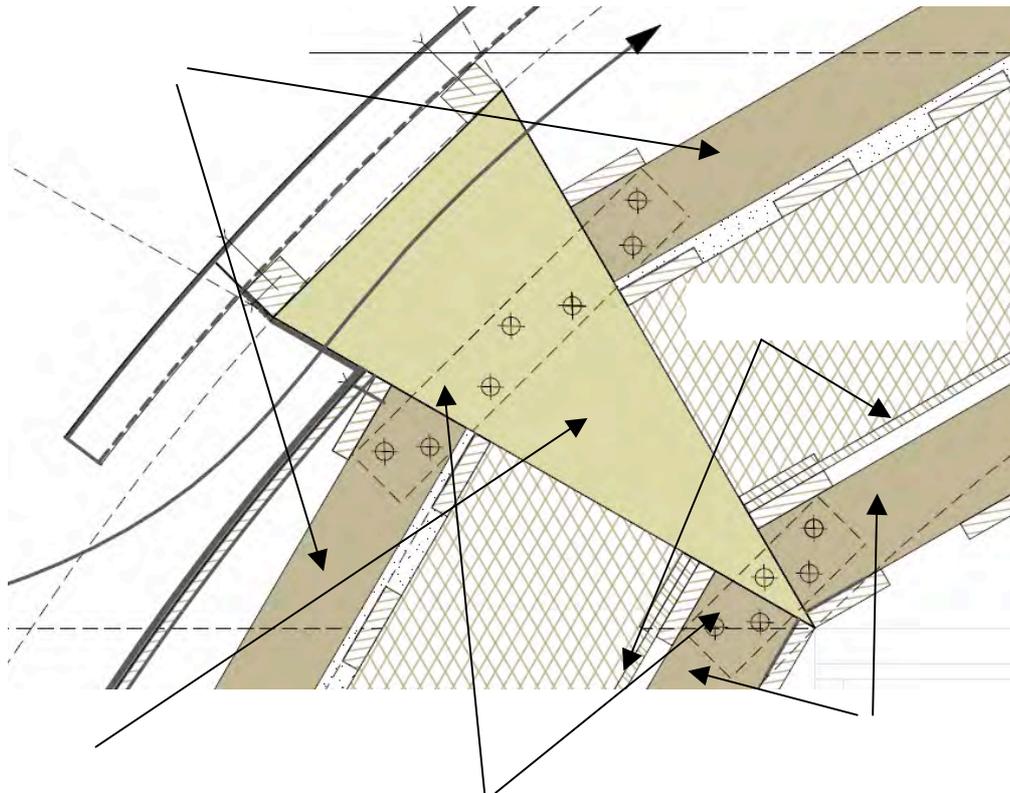
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$$

$$\frac{0,14}{0,139 \cdot 1,29} + \frac{0,04}{1,48} = 0,81 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

Sperrholzplatte 7. DETAILS - KONSTRUKTIVE HINWEISE

7.1. Palettenstoß

Übersicht:



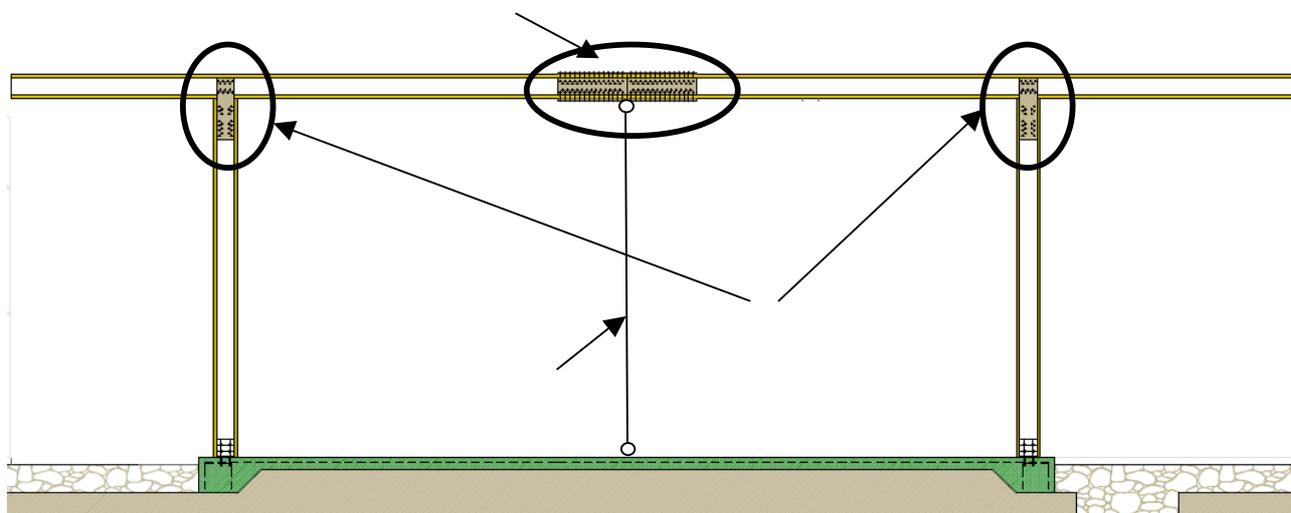
Die Gurte der Palette weisen einen Querschnitt von 5/10 cm auf. Die für die Stöße verwendeten Keile aus Furniersperrholz haben eine Dicke von 19 mm. Konstruktiv wäre es sicher sinnvoll, die Keile in der gleichen Dicke der Gurte auszuführen, um lokale Einrückungen infolge Pressung zu verhindern. Diese Maßnahme hätte auch den Vorteil, dass die Laschen, welche die Gurte zweier gestoßener Paletten mit den Furniersperrholzkeilen verbinden, beidseitig angeordnet werden können. Dadurch entsteht ein symmetrischer Anschluss und zusätzliche Kräfte aus Exzentrizitäten werden vermieden. Die Laschen sollten vergrößert werden, um unter Einhaltung der geforderten Mindestabstände, pro Bauteil mindestens 4 Schrauben anordnen zu können. Die Sperrholzplatten bilden mit den Paletten der inneren Hülle eine Aussteifungsebene in Längsrichtung des Gebäudes. Einerseits ist die Tragfähigkeit dieses Verbundbauteiles

Rahmenecke

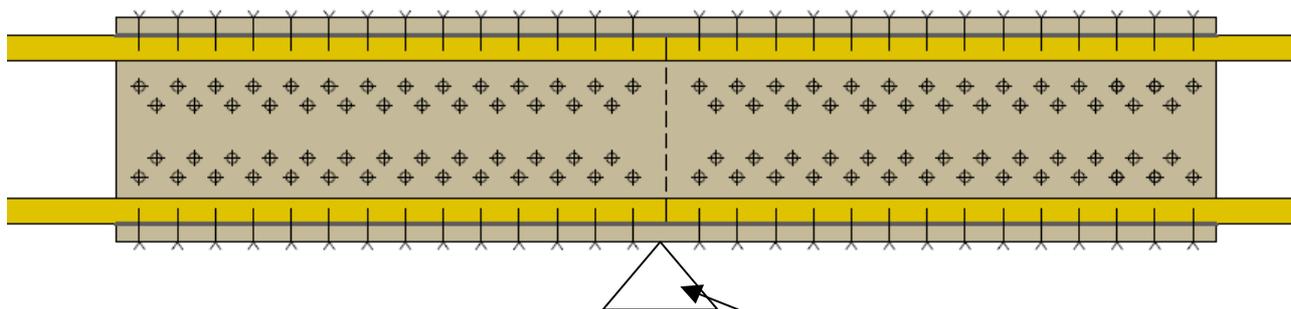
zusätzliche
schwer zu beurteilen (Beweislast), andererseits muss gewährleistet
sein, dass die auftretenden Kräfte entlang der Auflager durch
Pendelstütze

7.2. Rahmen

Übersicht



7.2.1 Stoß des Rahmenriegels

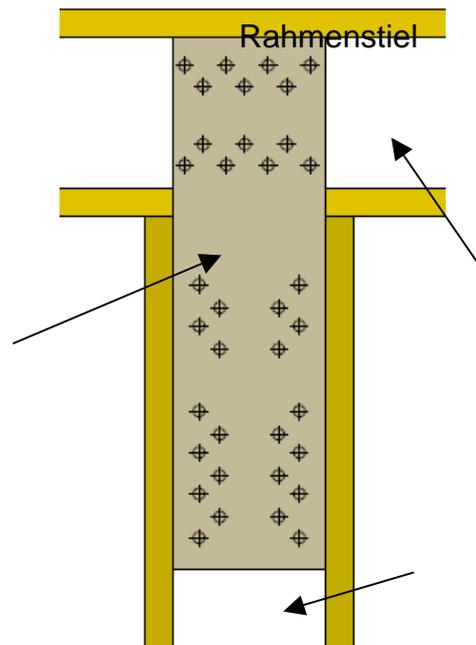


Der Stoß des Rahmenriegels wurde mit je einer Lasche an den Außenseiten der Gurte sowie beidseitigen Laschen für den Steg ausgeführt. Die Laschen bestehen aus Furniersperrholz.

Das zu übertragende Biegemoment ist durch die zusätzlich angeordnete Pendelstütze reduziert worden.

Die Tragfähigkeit des Stoßes ist in einer Detailstatik nachzuweisen sowie vor Ort zu befunden.
 Lasche
 Rahmenriegel

7.2.2 Rahmenecke



Rahmenstiel und Rahmenriegel sind aus Doka H 20 Trägern hergestellt. Die Verbindung erfolgt mit beidseitig angeordneten Laschen aus Furniersperrholz.

Zur Anordnung der Laschen wurden Teile des Untergurtes des Rahmenriegels entfernt.

Da genau in diesem Bereich das maximale Stützmoment auftritt sind die Laschen so einzupassen, dass die Biegedruckkraft weitergeleitet werden kann.

Da die Windkraft parallel zur Längsachse von der Hülle abgetragen wird, reduzieren sich auch die zu übertragenden Kräfte der Rahmenecken.

Die Tragfähigkeit des Stoßes ist in einer Detailstatik nachzuweisen sowie vor Ort zu befunden.

7.3. Alternative Konstruktionsvorschläge

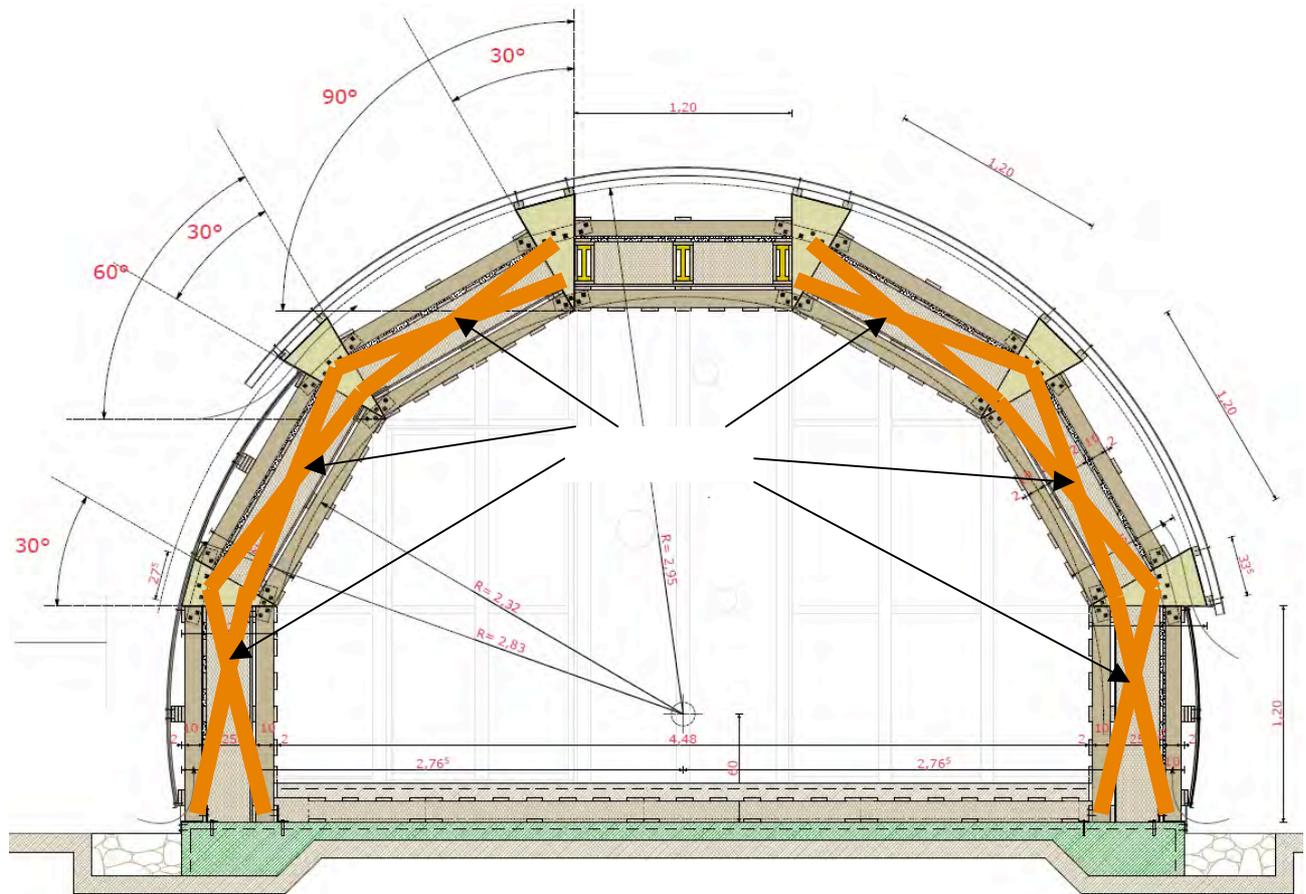
Vorschläge zur Erhöhung der Steifigkeit des Gesamtsystems.
Diagonalen

7.3.1 Einbau von Diagonalen

Anordnung von Diagonalen zwischen dem inneren und dem äußeren Palettenbogen. Die Auskreuzung sollte zumindest an einer Seite der Palette erfolgen, wenn möglich aber beidseitig.

Die Diagonalen sollten aus ausreichend tragfähigen Materialeien, vorzugsweise Furniersperrholz, bestehen.

Die Verbindung sollte, wenn möglich in der Ebene der Paletten-Gurte erfolgen. Alternativ dazu kann die Befestigung der Diagonalen auch an den Furniersperrholzkeilen erfolgen. Die Anordnung der Diagonalen hat den Vorteil, dass die beiden Palettenebenen zusammenwirken und ein klar definiertes Tragsystem darstellen. Zusätzlich wird die Steifigkeit quer zur Gebäudeachse erhöht.

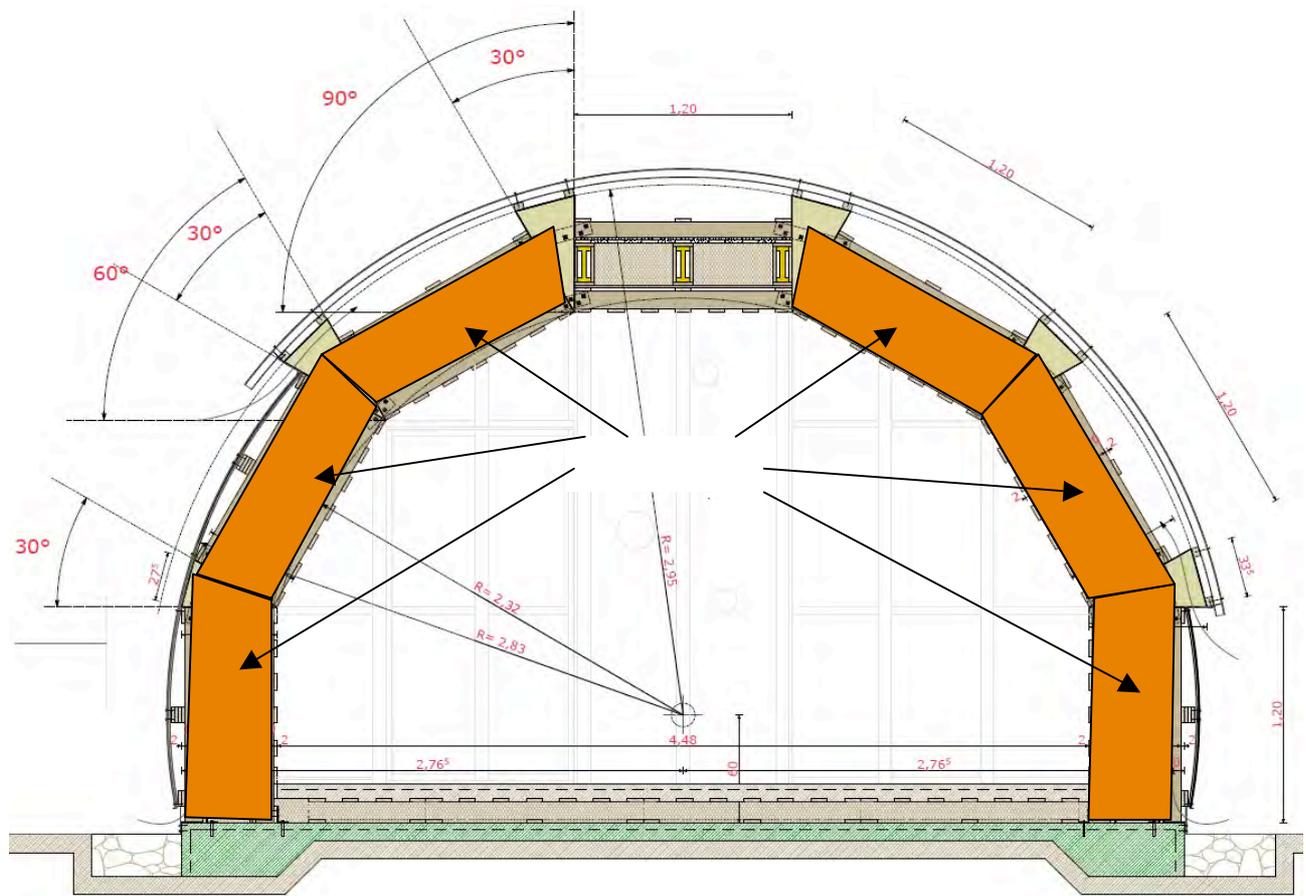


7.3.2 Beplankungen

Eine weitere Möglichkeit der Ertüchtigung des Tragsystems stellt die Anbringung von Beplankungen dar. Dazu können Holzwerkstoffplatten (z.B.: OSB-Platten) verwendet werden.

Die zugeschnittenen Platten werden jeweils an den Gurten der äußeren und inneren Paletten sowie an den Verbindungskeilen verschraubt bzw. vernagelt.

Die Vorteile sind wie bei den Diagonalen, dass die beiden Palettenebenen statisch zusammenwirken und die Steifigkeit quer zur Gebäudeachse erhöht wird.



8. ZUSAMMENFASSUNG

Eine genaue Erfassung des Tragwerkes stellt sich insofern als schwierig heraus, da das Gebäude aus gebrauchten Bauteilen bzw. Werkstoffen hergestellt wurde. Sowohl bei den Paletten als auch bei den H 20 Trägern wäre eine Prüfung der Einzelteile im Hinblick auf die Tragfähigkeit und Festigkeit vor dem Einbau sinnvoll.

Die eingesetzten Querschnitte des Tragwerkes erfüllen die geführten Nachweise unter den getroffenen Voraussetzungen (z.B.: Paletten besitzen Festigkeitsklasse C14, Doka H 20 – Träger weisen die Tragfähigkeit lt. Zulassung auf, die Windkraft parallel zur Längsachse des Gebäudes wird durch die Scheibenwirkung der Sperrholzplatten abgetragen,..).

Die Verbindungen der Bauteile bedürfen einer eingehenden Untersuchung in einer Detailstatik und sind gegebenenfalls anzupassen.

Da es sich bei dem vorliegenden Bauwerk „Palettenhaus Tonne“ um ein temporäres Bauwerk handelt kann es als Wetterschutz bzw. als Lager verwendet werden. Falls das Gebäude öffentlich zugänglich und eine Standsicherheit gewährleistet sein soll, ist eine örtliche Begehung und Befundung durch den Statiker erforderlich.