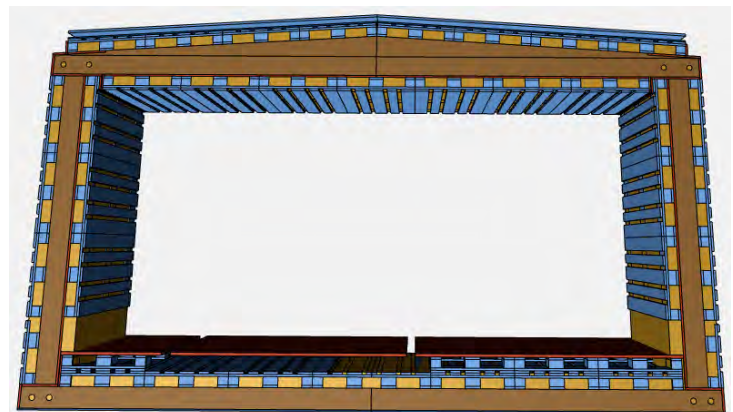


Konzeptstatik Palettenhaus kubisch

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



Berichte aus Energie- und Umweltforschung

10b/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 kubisch

„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	5
3. Stat. System	9
4. Lastaufstellung	10
4.1. Eigengewicht.....	10
4.1.1 Eigengewicht Dach.....	10
4.1.2 Eigengewicht Boden	11
4.1.3 Eigengewicht Wände	11
4.2. Nutzlast.....	13
4.3. Schneelast.....	14
4.1.1 Schnee voll.....	15
4.1.2 Schnee voll - halb.....	15
4.1.3 Schnee halb - voll.....	16
4.4. Wind	17
4.4.1 Wind Innendruck	29
4.4.2 Wind Innensog.....	29
4.4.3 Wind parallel zur Längsachse.....	30
4.4.4 Wind normal zur Längsachse	31
4.5. Lastfallkombinationen	31
5. Schnittgrößen & Auflagerreaktionen	32
5.1. Auflagerreaktionen.....	32
5.2. Normalkraftlinie.....	32
5.3. Querkraftlinie	33
5.4. Momentenlinie	33
6. Querschnittsnachweise	34
6.1. Materialkennwerte.....	34

6.2.	Nachweise für den Träger.....	35
6.2.1	Normalkraft	35
6.2.2	Querkraft	35
6.2.3	Biegung	36
6.2.4	Kombinierte Beanspruchung	36
6.3.	Nachweis für den Rahmenriegel.....	37
6.3.1	Normalkraft	37
6.3.2	Querkraft	37
6.3.3	Biegung	38
6.2.1	Biegedrillknicken.....	38
6.4.1	Knicken .. Fehler! Textmarke nicht definiert.Fehler! Textmarke nicht definiert.Fehler! Textmarke nicht definiert.	
6.4.1	Knicken & Biegung	39
6.4.	Nachweis für den Rahmenstiel	40
6.3.1	Normalkraft	40
6.3.2	Querkraft	40
6.3.3	Biegung	41
6.4.1	Knicken .. Fehler! Textmarke nicht definiert.Fehler! Textmarke nicht definiert.Fehler! Textmarke nicht definiert.	
6.4.1	Knicken & Biegung ... Fehler! Textmarke nicht definiert.Fehler! Textmarke nicht definiert.Fehler! Textmarke nicht definiert.	
7.	Details - Konstruktive Hinweise	43
7.1.	Rahmenecke	43
6.3.1	Querkraft	48
6.3.2	Biegung	48
7.2.	Fußpunkte der Rahmen	50
8.	Zusammenfassung	51

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 kubisch“ beauftragt.

1.3. *Beschreibung des Objektes*

Als Standort für das „Palettenhaus kubisch“ wird Wien 1. Bezirk festgelegt. Das Gebäude erstreckt sich über eine Gesamtlänge von 18,20 m, ist 6,98 m breit und weist die Form eines Quaders auf. Die Gebäudehöhe beträgt 3,91 m und es wird ein flach geneigtes Dach mit einer Dachneigung von 3,43° aufgesetzt.

1.4. *Konstruktive Beschreibung*

Das Tragwerk besteht aus Vollholzträgern und Vollholzstützen der Festigkeitsklasse C 24 mit der Dimension 7/20 cm. Die Träger und Stützen sind an den oberen Ecken der Konstruktion über OSB-Platten biegesteif miteinander verbunden. Der Raster ist den Abmessungen einer Europalette angepasst. Jeweils an den Enden einer Palette wird ein Rahmen angeordnet. An den Palettenstößen befinden sich also zwei Rahmentragwerke nebeneinander. Die Konstruktion soll aus großformatigen Fertigteilen zusammengesetzt werden. Die Fertigteile sind 1,20 m breit (Dimension einer Euro-Palette).

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:

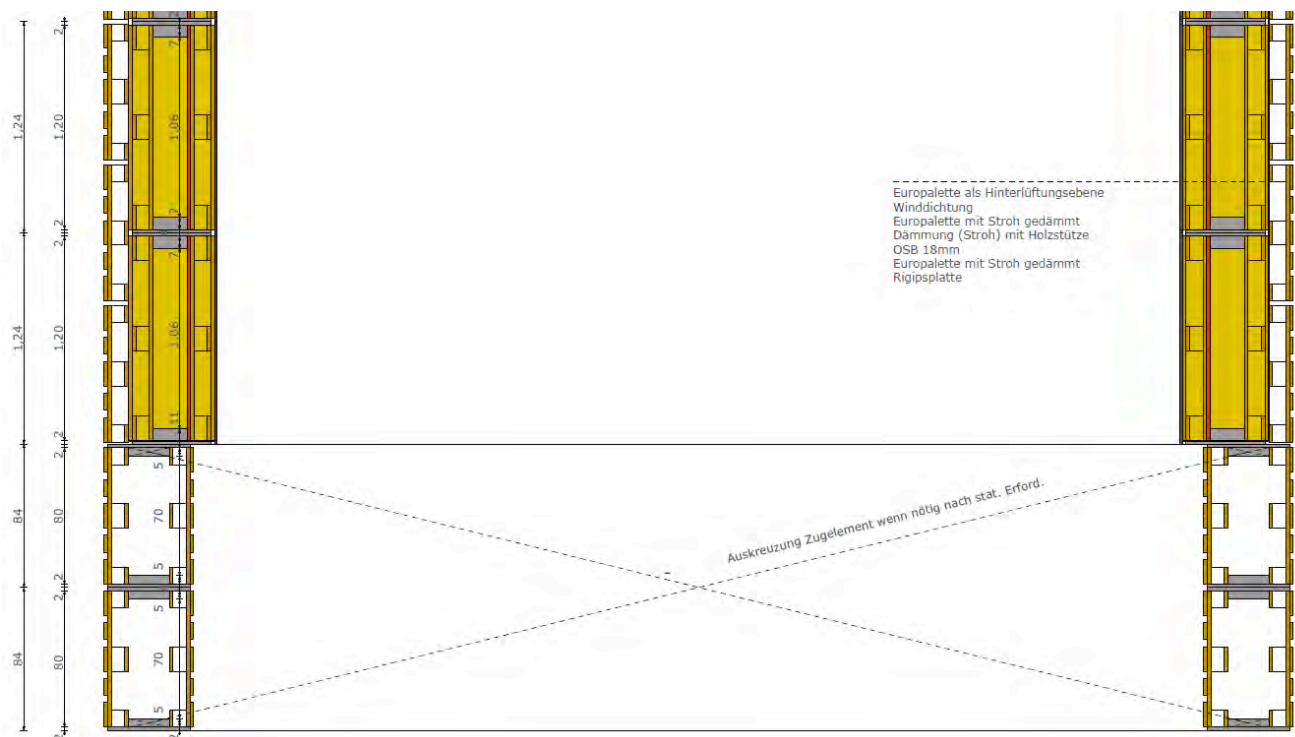
Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung für „SPAX® Schrauben als Holzverbindungsmitel“
Zulassungsnummer Z-9.1-235, Gültigkeitsdauer bis 31. Juli 2012

Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung für „OSB-Flachpressplatten, KRONSPAN
SUPERFINISH BAU und KRONSPAN SUPERFINISH BAU ECO“
Zulassungsnummer Z-9.1-627, Gültigkeitsdauer bis 31. Dezember 2011

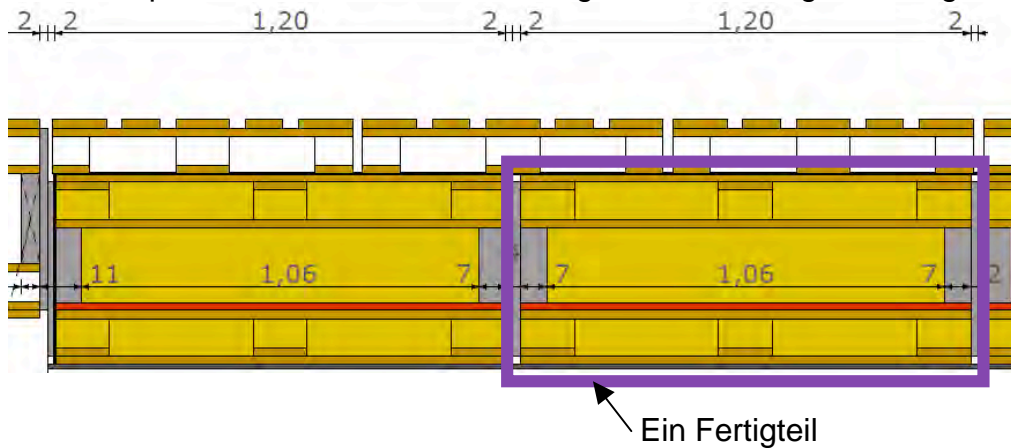
2. ÜBERSICHT

Die Rahmen aus den Vollholzstützen und Trägern sind jeweils an den Enden einer Palette angeordnet. Bei den Stößen der Paletten liegen somit jeweils zwei Rahmen nebeneinander. Zwischen den Rahmen werden OSB-Platten angeordnet. Diese OSB-Platten haben die konstruktive Aufgabe die Kräfte aus den Rahmenriegeln in die Stiele weiterzuleiten, bilden also mit den Rahmenstielen und -riegeln biegesteife Ecken.

Grundriss (Auszug)

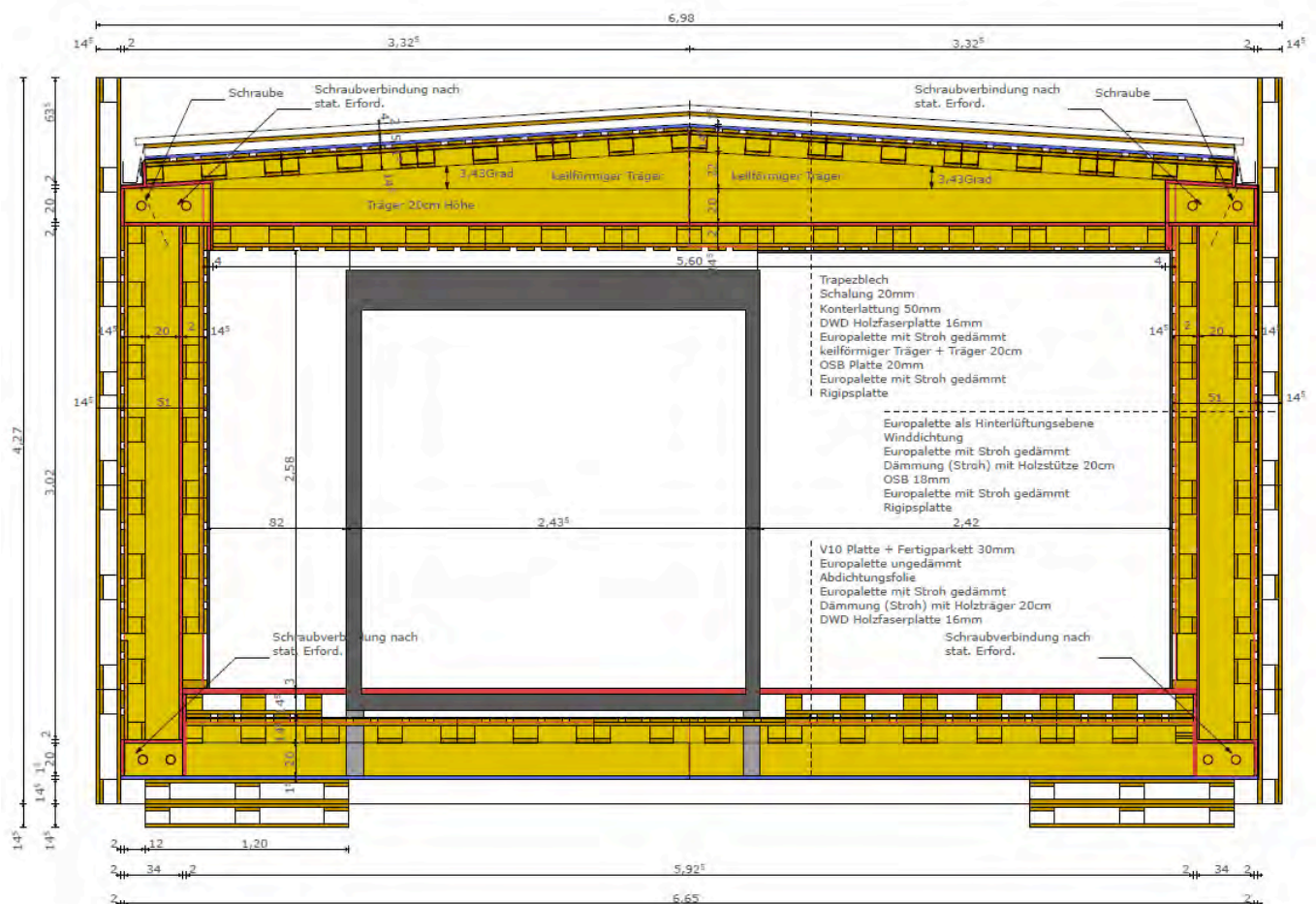


Das Gebäude wird aus Fertigteilen zusammengesetzt. Die Breite der Fertigteile richtet sich nach den Paletten und ist somit 1,20 m breit. Pro Fertigteil werden 2 Vollholzträger bzw. -stützen angeordnet. Die Fertigteile werden seitlich mit OSB-Platten beplankt um die Wärmedämmung vor der Montage einbringen zu können.

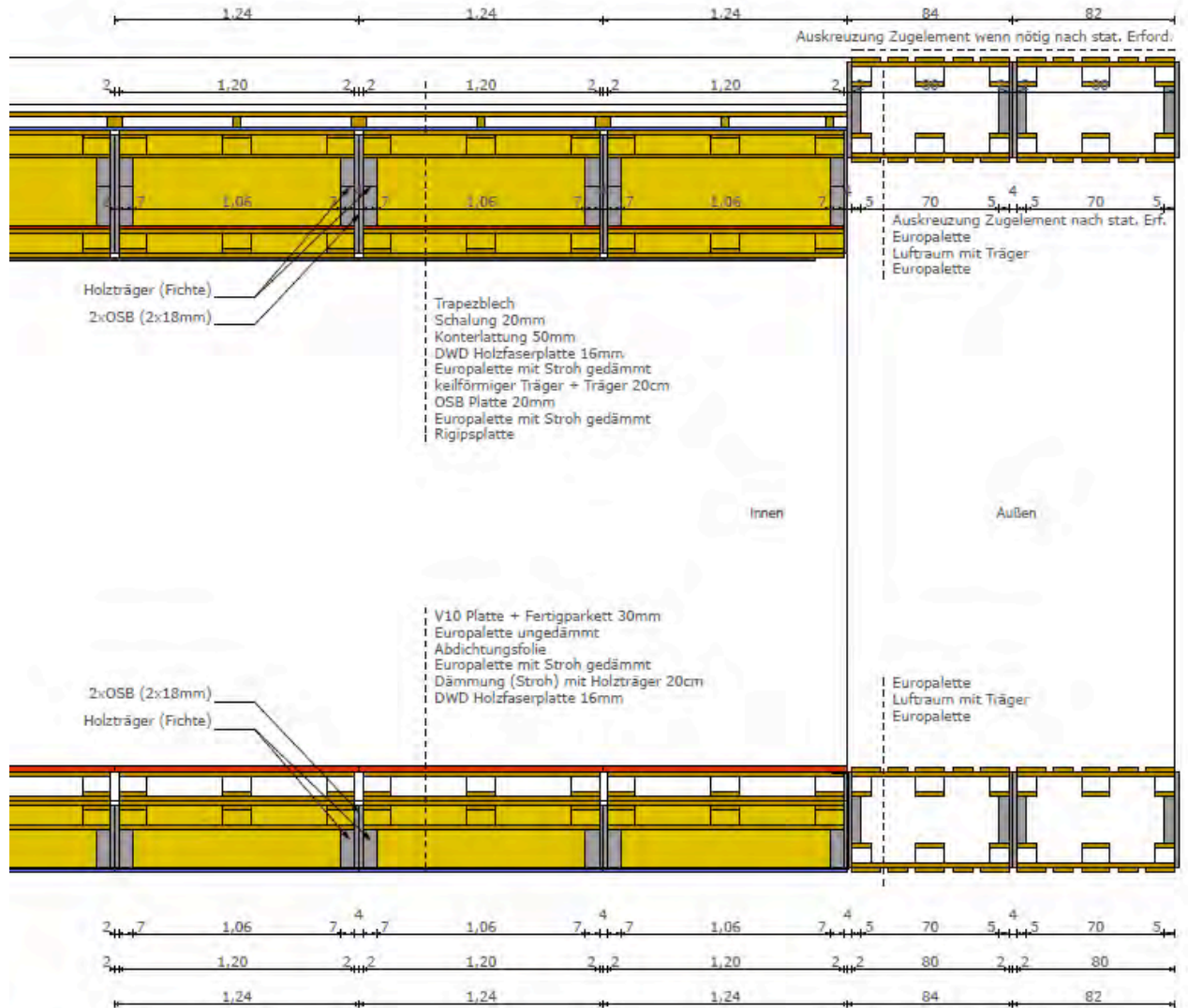


Schnitt

Darstellung der Konstruktion. Die roten Umrisslinien stellen die Grenzen der einzelnen Fertigteile dar.

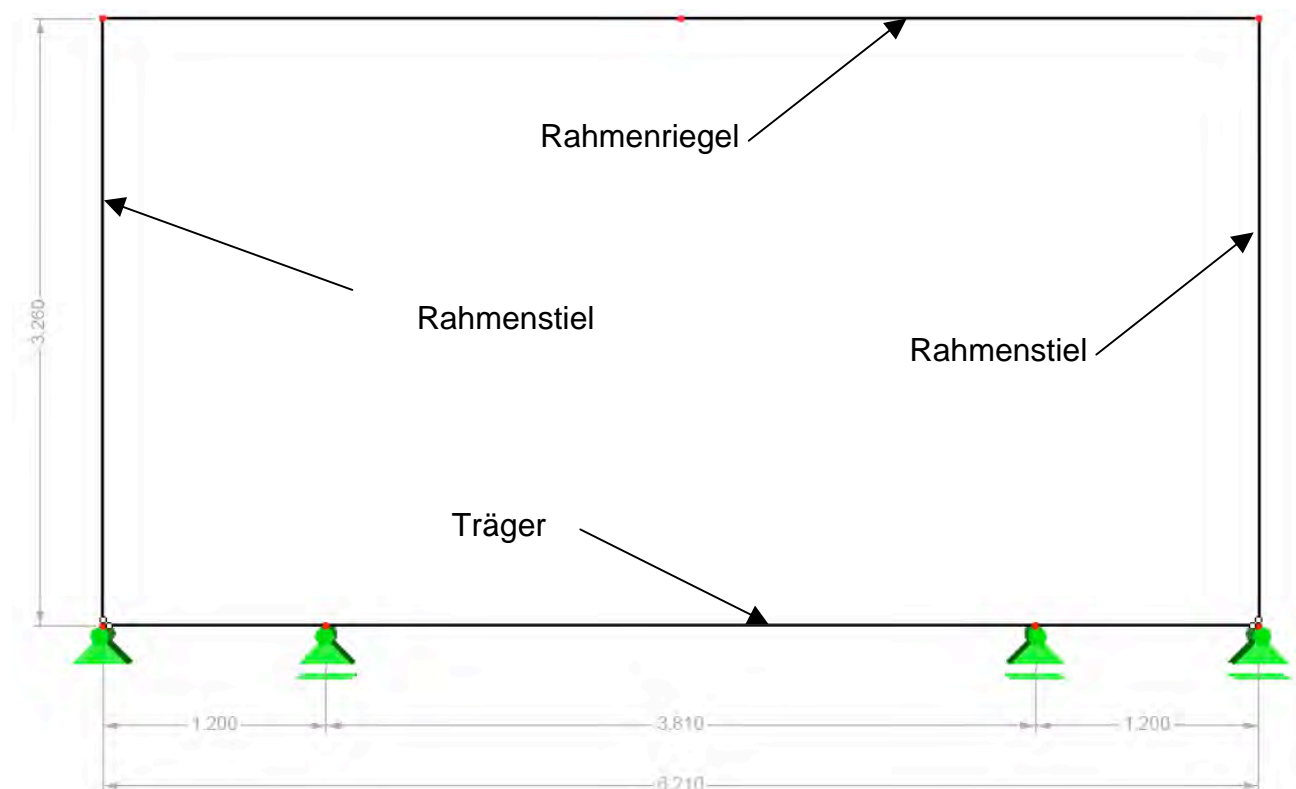


Längsschnitt (Auszug)



3. STAT. SYSTEM

Das statische System wird als Zweigelenrahmen modelliert. Die Eckverbindung des Rahmens wird als "voll biegesteif" modelliert. Eventuelle Zusatzbeanspruchungen aus der Nachgiebigkeit aus den Verbindungsmitteln werden nicht berücksichtigt. Die Lagerung wird je Seite mit der Breite einer Palette angenommen, wobei jeweils am Beginn und am Ende der Palette ein Auflager modelliert wird..




4. LASTAUFSTELLUNG

Für jeden Rahmen wird ein Lasteinflussbereich von 1,20/2 (halbe Palette)= 0,60 m angenommen.

4.1. Eigengewicht

4.1.1 Eigengewicht Dach



dr. karlheinz hollinsky & partner ziviltechnikergesellschaft m.b.h. **ZT SV**

LASTAUFSTELLUNG							
Palettenhaus kubisch							
	Lastart	Bezeichnung	b	h	γ	e	g _i
⇒ Dach							
Eigengewicht							
		Trapezblech HP 50/250	100,0 cm	5,0 cm	78,5 kN/m ³	1,00 m	0,08 kN/m ²
		Schalung	100,0 cm	2,0 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,11 kN/m ²
		Konterlattung	5,0 cm	4,0 cm	5,5 kN/m ³	0,30 m	0,04 kN/m ²
		DWD Holzfaserplatte	100,0 cm	1,6 cm	5,7 kN/m ³	1,00 m	0,09 kN/m ²
		Europalette	100,0 cm	14,5 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
		dazw. Strohdämmung	100,0 cm	14,5 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
		keilförmiger Träger	7,0 cm	22,0 cm	5,5 kN/m ³	0,60 m	0,14 kN/m ²
		Träger	7,0 cm	20,0 cm	5,5 kN/m ³	0,60 m	0,13 kN/m ²
		dazw. Strohdämmung	100,0 cm	42,0 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,46 kN/m ²
		OSB-Platte	100,0 cm	2,0 cm	8,0 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
		Europalette	100,0 cm	14,5 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
		dazw. Strohdämmung	100,0 cm	14,5 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
		Rigipsplatte	100,0 cm	1,3 cm	10,0 kN/m ³	1,00 m	0,13 kN/m ²
		...Auflast auf Träger					Σg= 1,97 kN/m ²
	Nutzlast	Kat. H lt. ÖN B 1991-1-1					p= 1,00 kN/m ²
	Schneelast	Standort Wien					s _k = 1,09 kN/m ²

Eigengewicht Dach

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 1,97 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m} = 1,182 \text{ kN/m}$

4.1.2 Eigengewicht Boden

LASTAUFSTELLUNG						
Palettenhaus kubisch						
Lastart	Bezeichnung	b	h	γ	e	g_i
⇒ Boden						
Eigengewicht						
	V10 Platte + Fertigparkett	100,0 cm	3,0 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,17 kN/m ²
	Europalette	100,0 cm	14,5 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	Abdichtungsfolie					
	Eropalette	100,0 cm	14,5 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	dazw. Strohdämmung	100,0 cm	14,5 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	Träger	7,0 cm	20,0 cm	1,1 kN/m ³	0,60 m	0,03 kN/m ²
	dazw. Strohdämmung	100,0 cm	20,0 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,22 kN/m ²
	DWD Holzfaserplatte	100,0 cm	1,6 cm	5,7 kN/m ³	0,60 m	0,15 kN/m ²
	...Auflast auf Träger				$\Sigma g =$	1,04 kN/m ²
Nutzlast	lt. ÖN B 1991-1-1				$p =$	2,00 kN/m ²

Eigengewicht Boden

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 1,04 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m} = 0,624 \text{ kN/m}$

4.1.3 Eigengewicht Wände

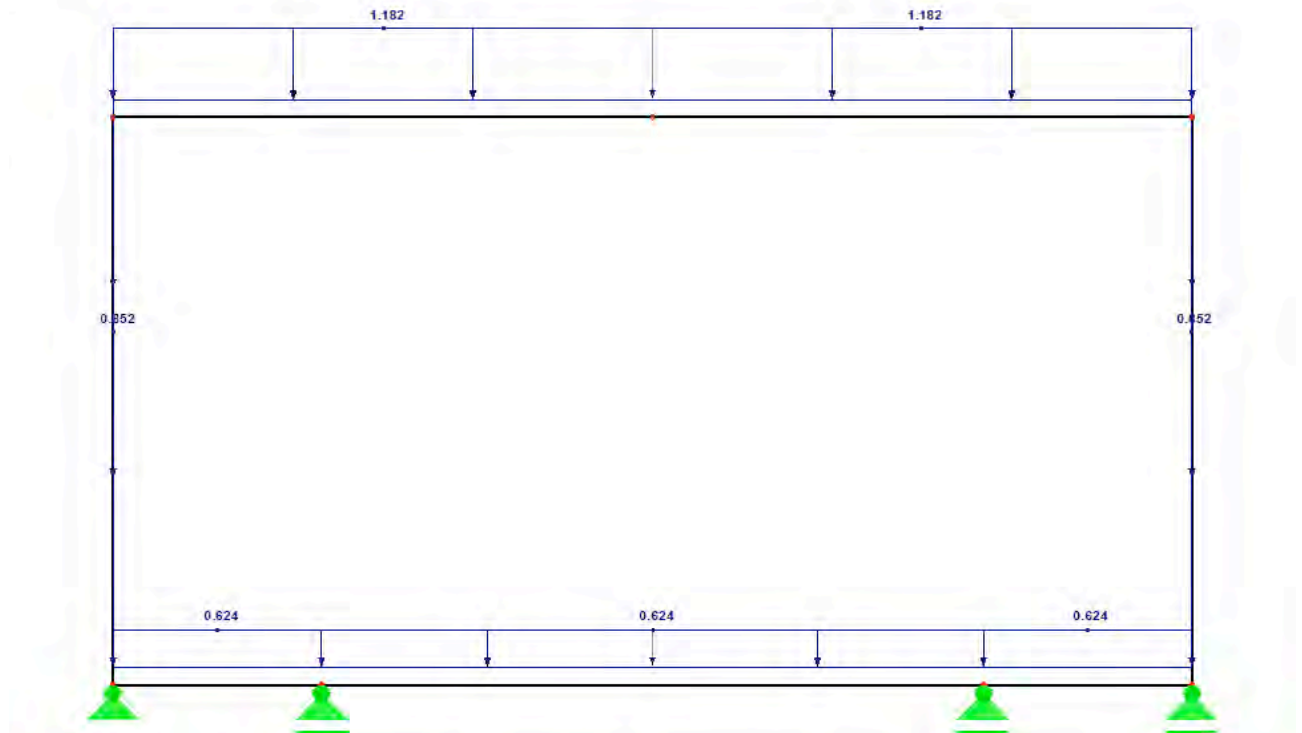
LASTAUFSTELLUNG						
Palettenhaus kubisch						
Lastart	Bezeichnung	b	h	γ	e	g_i
⇒ Wand						
Eigengewicht						
	Europalette (als Hinterlüftung)	100,0 cm	14,0 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	Winddichtung					
	Europalette	100,0 cm	14,0 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	dazw. Strohdämmung	100,0 cm	14,0 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,15 kN/m ²
	Stütze	7,0 cm	20,0 cm	5,5 kN/m ³	0,60 m	0,13 kN/m ²
	dazw. Strohdämmung	100,0 cm	20,0 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,22 kN/m ²
	OSB-Platte	100,0 cm	2,0 cm	8,0 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	Europalette	100,0 cm	14,0 cm	5,5 kN/m ³	1,00 m	0,16 kN/m ²
	dazw. Strohdämmung	100,0 cm	14,0 cm	1,1 kN/m ³	1,00 m	0,15 kN/m ²
	Rigipsplatte	100,0 cm	1,3 cm	10,0 kN/m ³	1,00 m	0,13 kN/m ²
	...Auflast auf Träger				$\Sigma g =$	1,42 kN/m ²

Eigengewicht Wände

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 1,42 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m} = 0,852 \text{ kN/m}$

LF1: Eigengewicht, Aufbau
LF-Faktor: 0.60

Entgegen der Y-Richtung



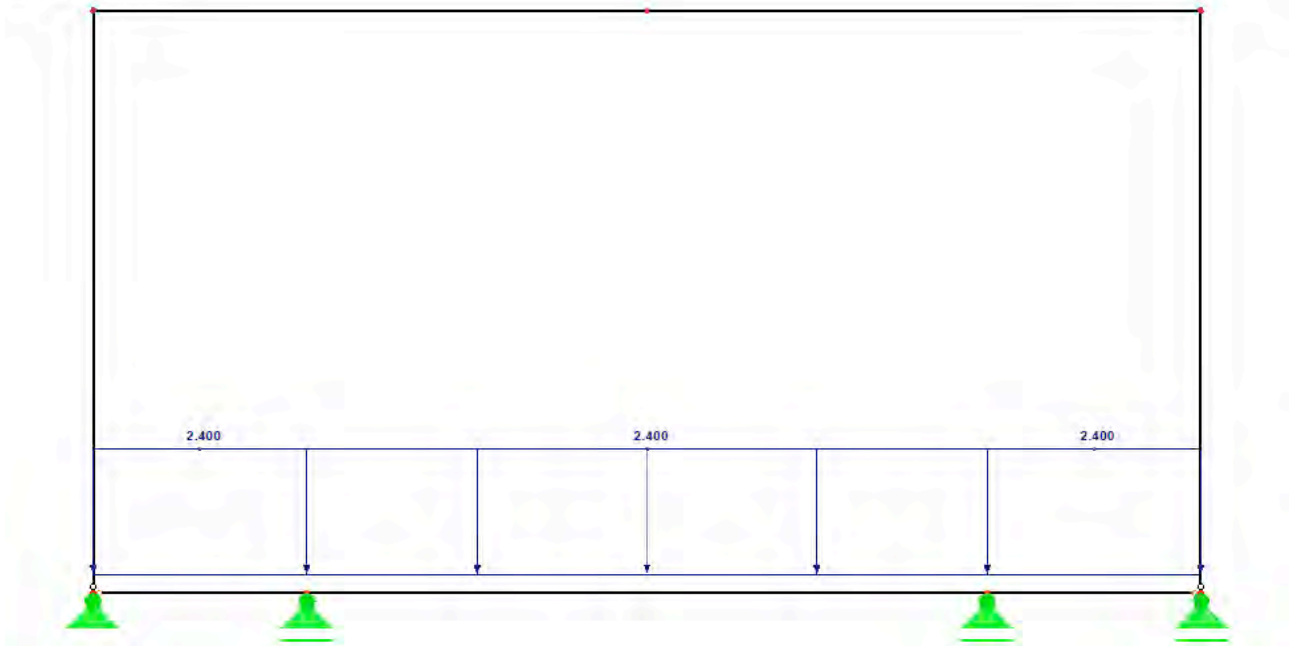
4.2. Nutzlast

Die Nutzlast beträgt $3,0 \text{ kN/m}^2$ zuzüglich 1 kN/m^2 Zwischenwandzuschlag.
In Summe ergibt sich die Nutzlast zu 4 kN/m^2 .

Die Linienlast ergibt sich zu: $g = 4,0 \text{ kN/m}^2 * 0,60 \text{ m} = 2,40 \text{ kN/m}$

LF9: Nutzlast
LF-Faktor: 0.60

Entgegen der Y-Richtung



4.3. Schneelast

Schneelast auf dem Dach

Schemaskizze

ANSICHT

FALL (i)

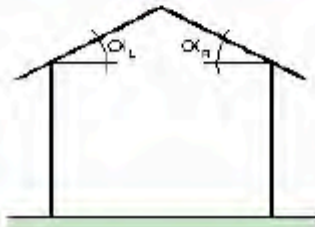
$\mu_1(\alpha_L)$  $\mu_1(\alpha_R)$

FALL (ii)

$0,5\mu_1(\alpha_L)$  $\mu_1(\alpha_R)$

FALL (iii)

$\mu_1(\alpha_L)$  $0,5\mu_1(\alpha_R)$



Allgemeines

Dachform: **Satteldach**

Schneezone: **2**

Seehöhe: **171 m**

α_L (linke Dachfläche): **5,00 °**

α_R (rechte Dachfläche): **5,00 °**

Umgebungskoeffizient C_e : **1,0**

Temperaturbeiwert C_t : **1,0**

charakteristische Schneelast auf dem Boden s_k : **1,36 kN/m²**

Formbeiwert μ_1 (linke Dachfläche): **0,80**

Formbeiwert μ_1 (rechte Dachfläche): **0,80**

Bemessungssituation

Schneegitter, anderweitige Aufbauten oder Aufkantung an der Dachtraufe vorhanden: **Ja**

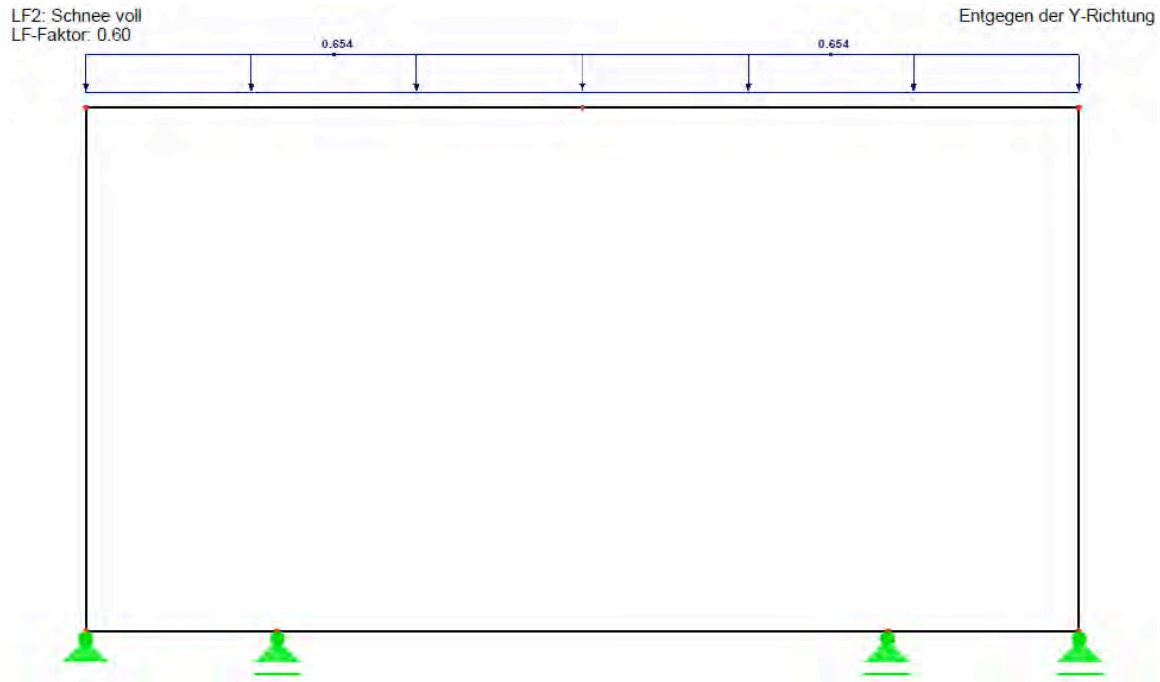
(Die Formbeiwerte liegen nicht unter 0,8.)

Schneelast - Dach $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$ (lt. ONORM EN 1991-1-3, Tabelle A.1, Fall A)

Schneelast s		Linke Dachfläche [kN/m ²]			Rechte Dachfläche [kN/m ²]		
Bereich	Lastfall	Fall (i)	Fall (ii)	Fall (iii)	Fall (i)	Fall (ii)	Fall (iii)
Dach	unverweht	1,09			1,09		
Dach	verweht		0,55	1,09		1,09	0,55

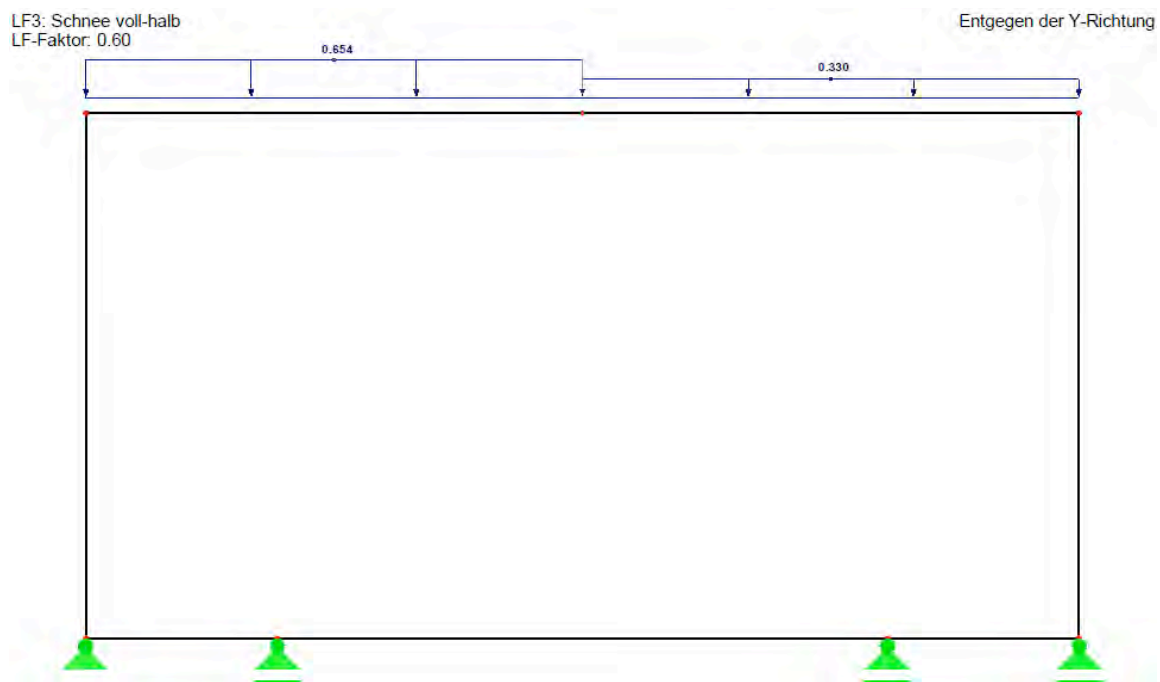
4.3.1 Schnee voll

Die Linienlast ergibt sich zu: $s = 1,09\text{kN/m}^2 \cdot 0,60\text{m} = 0,654 \text{ kN/m}$



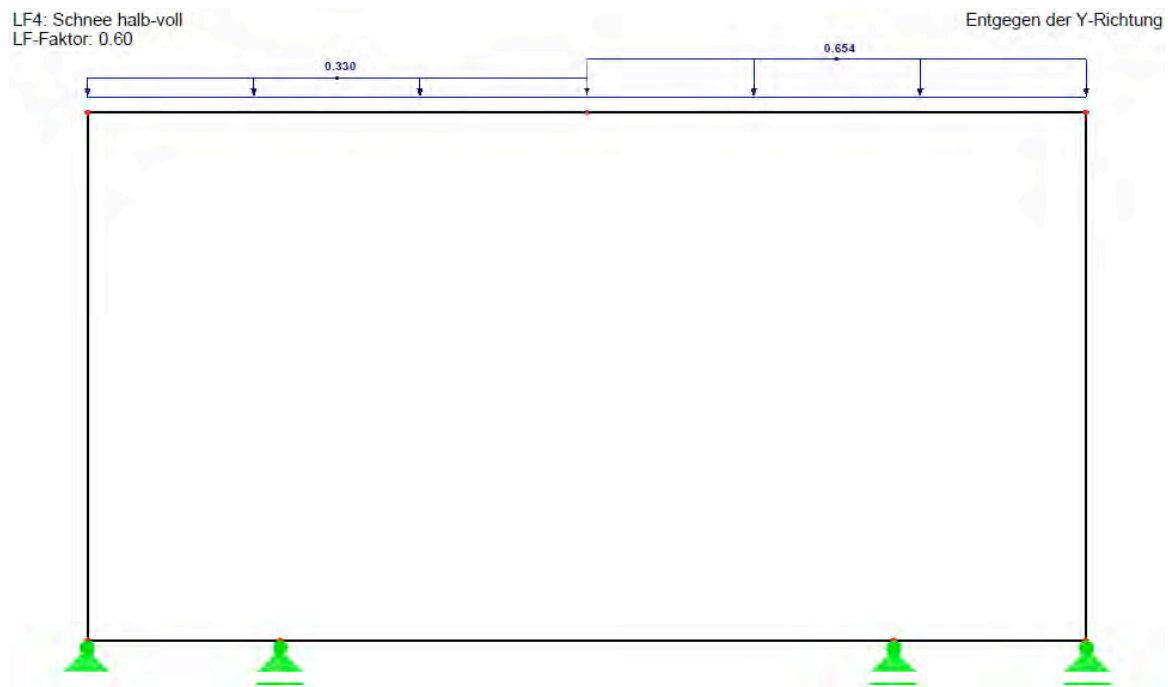
4.3.2 Schnee voll - halb

Die Linienlasten ergibt sich zu: $s = 1,09\text{kN/m}^2 \cdot 0,60\text{m} = 0,654 \text{ kN/m}$
 $s = 0,55\text{kN/m}^2 \cdot 0,60\text{m} = 0,33 \text{ kN/m}$



4.3.3 Schnee halb - voll

Die Linienlasten ergibt sich zu: $s = 0,55\text{kN/m}^2 * 0,60\text{m} = 0,33 \text{ kN/m}$
 $s = 1,09\text{kN/m}^2 * 0,60\text{m} = 0,654 \text{ kN/m}$



4.4. Wind

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)

Projektdaten

Projekt: **Palettenhaus kubisch**
Bauherr: **Andreas Schnetzer & Gregor Pils**
Ort: **Wien**

Allgemeines

Bundesland: **Wien**
Bezirk: **Innere Stadt (1. Bezirk)**
Ort: **Innere Stadt (1. Bezirk)**
Seehöhe: **171 m**

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

Schneezone: **2**
Char. Schneelast s_k : **1,36 kN/m²**

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

Geografisch nächstgelegener Ort: **keine Angabe**
Geländekategorie: **IV** (lt. B 1991-1-4, Pkt. 4.2.3.2)
Max. Gebäudehöhe: **4,22 m**
Basisgeschwindigkeitsdruck $q_{b,0}$: **0,39 kN/m²** (Grundwert, Anhang A)
Basiswindgeschwindigkeit $v_{b,0}$: **25,10 m/s** (Grundwert, Anhang A)

Anmerkung zu

Ort:
lt. ÖNORM B 1991-1-4 Anhang A
Seehöhe:
lt. ÖNORM B 1991-1-4 Anhang A
Schneezone:
-

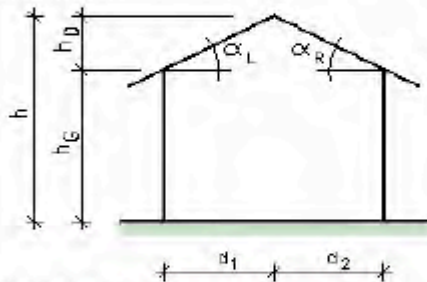
Charakteristische Schneelast s_k auf dem Boden:
lt. ÖNORM B 1991-1-3, Anhang B, Formel (B.1)
Geografisch nächstgelegener Ort:
entspricht dem Normenort
Grundwert des Basisgeschwindigkeitsdrucks $q_{b,0}$:
-

Eingabedaten

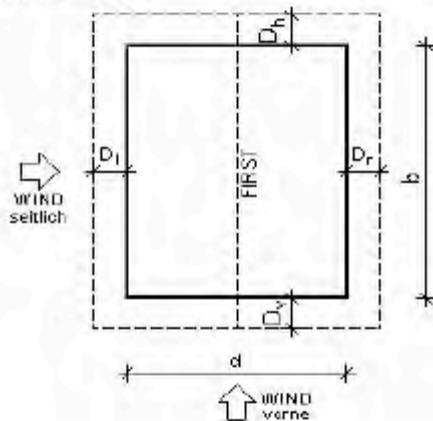
Dachform: **Satteldach**
 Wandoberfläche: **sehr rau**
 Dachoberfläche: **glatt**

Schemaskizze

SCHNITT:



GRUNDRISS:



Baukörperabmessungen

b = 18,20 m	... normal zur Anströmrichtung
d = 6,98 m	... parallel zur Anströmrichtung
h_G = 3,91 m	... Teilhöhe Gebäude
h_D = 0,31 m	... Teilhöhe Dach
d₁ = 3,490 m	... Teilabstand d ₁
d₂ = 3,490 m	... Teilabstand d ₂
α_L = 5,00 °	
α_R = 5,00 °	
D_L = 0,00 m	... Dachüberstand links
D_R = 0,00 m	... Dachüberstand rechts
D_V = 0,00 m	... Dachüberstand vorne
D_H = 0,00 m	... Dachüberstand hinten

Anmerkungen

Die c_{pe} -Werte werden mit +0,2 und -0,3 angenommen (siehe EN 1991-1-4, Pkt. 7.2.9).
 $w_{pe,T}$ -Werte dienen dem Entwurf kleiner Bauteile und deren Verankerungen mit einer Lasteinflussfläche kleiner oder gleich 1m², wie z.B. Verkleidungs- und Dachelemente.
 Der Innendruck wird mit dem größten q_p -Wert errechnet.

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

$$F_{w,e} = c_{se} c_{sd} \cdot \sum_{\text{Oberflächen}} w_e \cdot A_{ref}$$

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

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

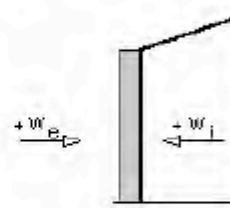
Bei Gebäuden mit einer Höhe < 15 m gilt $c_{se} c_{sd} = 1$
 (siehe dazu auch ÖNORM EN 1991-1-4 (2005-11-01), Pkt. 6.2).

Windbelastung Wände

Anströmrichtung = 0 Grad

Bezugshöhe $z_e = 4,22$ m $q_p = 0,546$ kN/m² (für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

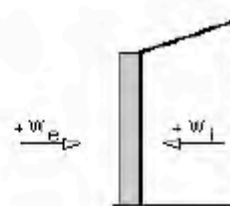
Bereich	A	B	D	E	(Gesamtfläche je Bereich)
Fläche [m ²]	6,73	21,65	71,16	71,16	
$C_{pe,10}$	-1,043	-0,730	0,800	-0,308	
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,570	-0,398	0,437	-0,168	
$C_{pe,1}$	-1,304	-0,912	1,000	-0,385	
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-0,712	-0,498	0,546	-0,210	
$C_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200	
$w_{l,pos}$ [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109	
$C_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300	
$w_{l,neg}$ [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164	



Anströmrichtung = 180 Grad

Bezugshöhe $z_e = 4,22$ m $q_p = 0,546$ kN/m² (für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

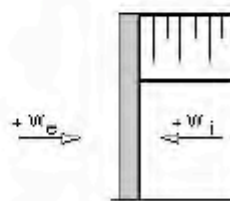
Bereich	A	B	D	E	(Gesamtfläche je Bereich)
Fläche [m ²]	6,73	21,65	71,16	71,16	
$C_{pe,10}$	-1,043	-0,730	0,800	-0,308	
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,570	-0,398	0,437	-0,168	
$C_{pe,1}$	-1,304	-0,912	1,000	-0,385	
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-0,712	-0,498	0,546	-0,210	
$C_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200	
$w_{l,pos}$ [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109	
$C_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300	
$w_{l,neg}$ [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164	



Anströmrichtung = 90 Grad

Bezugshöhe $z_e = 4,22$ m $q_p = 0,546$ kN/m² (für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

Bereich	A	B	C	D	E	(Gesamtfläche je Bereich)
Fläche [m ²]	5,46	21,83	43,87	28,37	28,37	
$C_{pe,10}$	-1,107	-0,744	-0,402	0,800	-0,194	
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,604	-0,406	-0,219	0,437	-0,106	
$C_{pe,1}$	-1,384	-0,930	-0,502	1,000	-0,242	
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-0,755	-0,508	-0,274	0,546	-0,132	
$C_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	
$w_{l,pos}$ [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109	
$C_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300	
$w_{l,neg}$ [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164	

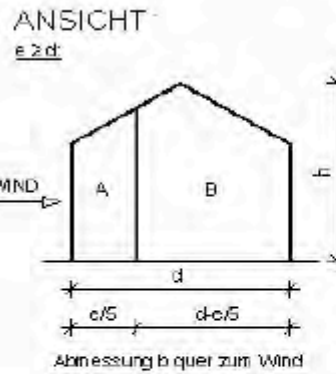
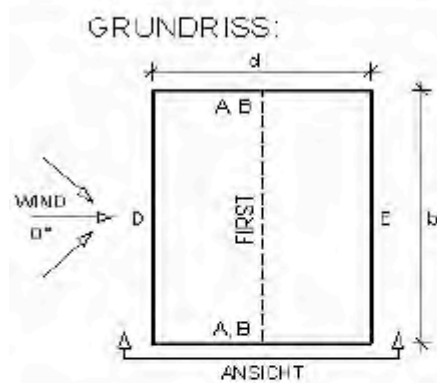


Hinweis zu allen Ergebnissen: (+ Werte = Wind-Druck; - Werte = Wind-Sog)

Windbelastung Wände

Schemaskizze - Anströmrichtung = 0 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.5)



Abmessung:

$b = 18,20 \text{ m}$

$d = 6,98 \text{ m}$

$h = 4,22 \text{ m}$

$e = 8,44 \text{ m}$

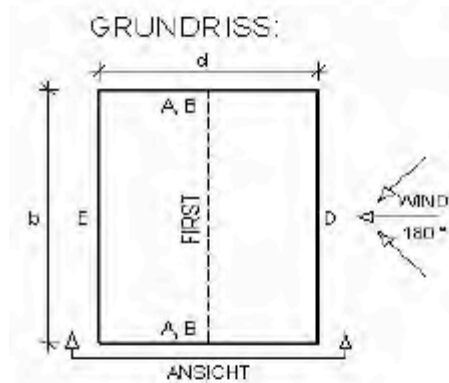
$e/5 = 1,69 \text{ m}$

$d - e/5 = 5,29 \text{ m}$

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend

Schemaskizze - Anströmrichtung = 180 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.5)



Abmessung:

$b = 18,20 \text{ m}$

$d = 6,98 \text{ m}$

$h = 4,22 \text{ m}$

$e = 8,44 \text{ m}$

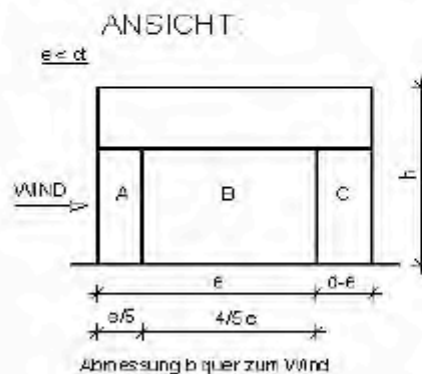
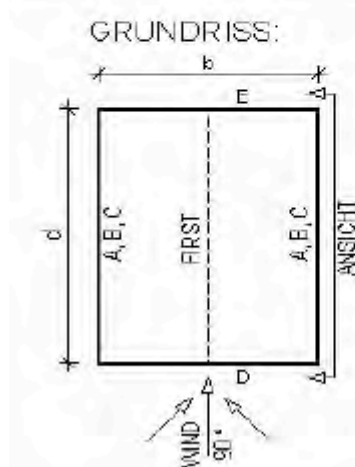
$e/5 = 1,69 \text{ m}$

$d - e/5 = 5,29 \text{ m}$

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend

Schemaskizze - Anströmrichtung = 90 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.5)



Abmessung:

$b = 6,98 \text{ m}$

$d = 18,20 \text{ m}$

$h = 4,22 \text{ m}$

$e = 6,98 \text{ m}$

$e/5 = 1,40 \text{ m}$

$4e/5 = 5,58 \text{ m}$

$d - e = 11,22 \text{ m}$

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend

Windbelastung Dach

Anströmrichtung = 0 Grad

Bezugshöhe $z_e = 15$ m

$q_p = 0,546$ kN/m²

(für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

Bereich	F	G	H	I	J
Fläche [m ²]	1,78	11,80	48,16	48,16	15,36
$C_{pe,10}$	-1,700	-1,200	-0,600	-0,600	-0,600
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,928	-0,655	-0,328	-0,328	-0,328
$C_{pe,1}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109
$C_{pe,1}$	-2,500	-2,000	-1,200	-0,600	-0,600
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-1,365	-1,092	-0,655	-0,328	-0,328
$C_{pe,1}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109
$C_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
$w_{l,pos}$ [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109
$C_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300
$w_{l,neg}$ [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164

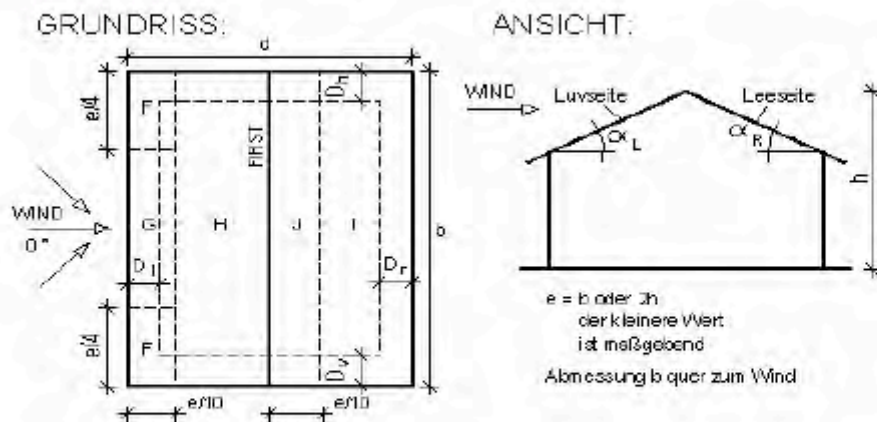
Hinweis zu allen Ergebnissen:

(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Schemaskizze - Anströmrichtung = 0 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.8)



Abmessung: $b = 18,20$ m ; $d = 6,98$ m ; $h = 4,22$ m

$D_v = 0,00$ m ; $D_h = 0,00$ m ; $D_f = 0,00$ m ; $D_r = 0,00$ m

$e = 8,44$ m ; $e/4 = 2,11$ m ; $e/10 = 0,84$ m

Windbelastung Dach

Anströmrichtung = 180 Grad

Bezugshöhe $z_e = 15$ m

$q_p = 0,546$ kN/m²

(für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

Bereich	F	G	H	I	J
Fläche [m ²]	1,78	11,80	48,16	48,16	15,36
$c_{pe,10}$	-1,700	-1,200	-0,600	-0,600	-0,600
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,928	-0,655	-0,328	-0,328	-0,328
$c_{pe,1}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109
$c_{pe,1}$	-2,500	-2,000	-1,200	-0,600	-0,600
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-1,365	-1,092	-0,655	-0,328	-0,328
$c_{pe,1}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109
$c_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
w_{Lpos} [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109	0,109
$c_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300
w_{Lneg} [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164

Hinweis zu allen Ergebnissen:

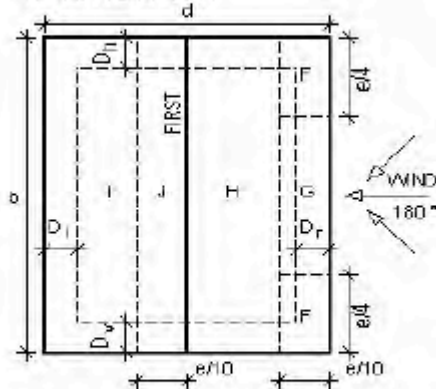
(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Schemaskizze - Anströmrichtung = 180 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.8)

GRUNDRISS:



ANSICHT:



Abmessung: $b = 18,20$ m ; $d = 6,98$ m ; $h = 4,22$ m

$D_v = 0,00$ m ; $D_h = 0,00$ m ; $D_i = 0,00$ m ; $D_r = 0,00$ m

$e = 8,44$ m ; $e/4 = 2,11$ m ; $e/10 = 0,84$ m

Windbelastung Dach

Anströmrichtung = 90 Grad

Bezugshöhe $z_e = 15$ m

$q_p = 0,546$ kN/m²

(für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

Bereich	F	G	H	I
Fläche [m ²]	1,22	1,22	9,74	51,34
$C_{pe,10}$	-1,600	-1,300	-0,700	-0,600
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,874	-0,710	-0,382	-0,328
$C_{pe,1}$	-2,200	-2,000	-1,200	-0,600
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-1,201	-1,092	-0,655	-0,328
$C_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200
$w_{l,pos}$ [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109
$C_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300
$w_{l,neg}$ [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164

Hinweis zu allen Ergebnissen:

(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Bezugshöhe $z_e = 15$ m

$q_p = 0,546$ kN/m²

(für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

Bereich	F	G	H	I
Fläche [m ²]	1,22	1,22	9,74	51,34
$C_{pe,10}$	-1,600	-1,300	-0,700	-0,600
$w_{e,10}$ [kN/m ²]	-0,874	-0,710	-0,382	-0,328
$C_{pe,1}$	-2,200	-2,000	-1,200	-0,600
$w_{e,1}$ [kN/m ²]	-1,201	-1,092	-0,655	-0,328
$C_{pl,pos}$	0,200	0,200	0,200	0,200
$w_{l,pos}$ [kN/m ²]	0,109	0,109	0,109	0,109
$C_{pl,neg}$	-0,300	-0,300	-0,300	-0,300
$w_{l,neg}$ [kN/m ²]	-0,164	-0,164	-0,164	-0,164

Hinweis zu allen Ergebnissen:

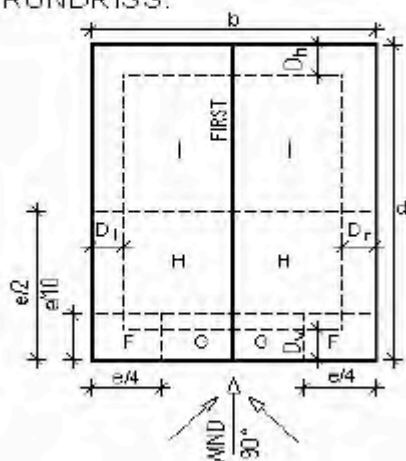
(+ Werte = Wind-Druck)

(- Werte = Wind-Sog)

Schemaskizze - Anströmrichtung = 90 Grad

(siehe ÖNORM EN 1991-1-4, Bild 7.8)

GRUNDRISS:



$e = b$ oder $2h$
der kleinere Wert
ist maßgebend

Abmessung b quer zum Wind

Abmessung: $b = 6,98$ m ; $d = 18,20$ m ; $h = 4,22$ m

$D_v = 0,00$ m ; $D_h = 0,00$ m ; $D_l = 0,00$ m ; $D_r = 0,00$ m

$e = 6,98$ m ; $e/2 = 3,49$ m ; $e/4 = 1,75$ m ; $e/10 = 0,70$ m

Windbelastung Gebäude

Reibungseffekt:

Anströmrichtung = 0 Grad

Die Gesamtfläche aller windparallelen Oberflächen ist gleich oder geringer als das 4-fache aller Flächen, die senkrecht zum Wind orientiert sind !!
Der Reibungseffekt kann daher vernachlässigt werden !!

Anströmrichtung = 90 Grad

$$C_{fr,Wand} = 0,04$$

$$q_p = 0,546$$

$$A_{fr,Wand} = 142,32 \text{ m}^2$$

$$F_{fr,Wand} = C_{fr,Wand} \times q_p \times A_{fr,Wand}$$

$$F_{fr,Wand} = 3,11 \text{ kN}$$

$$C_{fr,Dach} = 0,01$$

$$q_p = 0,546$$

$$A_{fr,Dach} = 127,54 \text{ m}^2 \text{ (schräge Dachfläche)}$$

$$F_{fr,Dach} = C_{fr,Dach} \times q_p \times A_{fr,Dach}$$

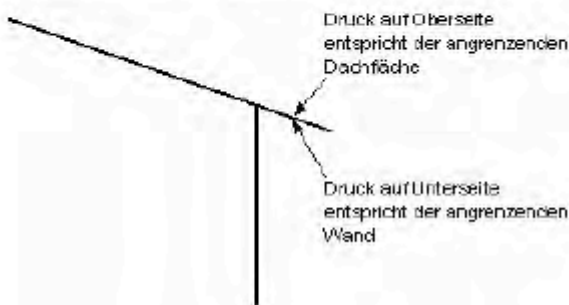
$$F_{fr,Dach} = 0,70 \text{ kN}$$

$$F_{fr} = 3,80 \text{ kN}$$

$$\text{Abstand von luvseitiger Vorderkante} = 13,96 \text{ m}$$

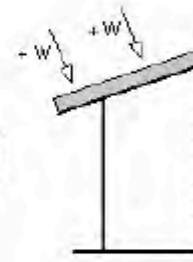
Dachüberstände

Bei Dachüberständen kann für den Unterseitendruck der Wert der anschließenden Wandfläche angenommen werden, auf der Oberseite der Druck der angrenzenden Dachfläche (siehe ÖNORM EN 1991-1-4 (2005-11-01), Pkt. 7.2.1 (3)).



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

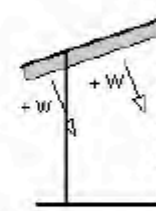
linke Dachhälfte				rechte Dachhälfte				[m]	[m]
0,000	0,000	0,000	0,109	0,109	0,000	0,000	0,000	0,70	18,20
-0,928	-0,874	-0,710	-0,710	-0,710	-0,710	-0,874	-0,928	0,70	
0,000							0,000	1,41	
-0,928	0,000	0,109	0,109	0,109	0,000		-0,928	1,38	
0,000	-0,382	-0,382	-0,382	-0,382	-0,382		0,000	1,38	
-0,655							-0,655	11,22	
0,000	0,000	0,109	0,109	0,109	0,000	0,000	0,000	1,38	
-0,655	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328		-0,655	1,41	
0,000	0,000	0,109	0,109	0,109	0,000		0,000	1,41	
-0,655	-0,382	-0,382	-0,382	-0,382	-0,382		-0,655	0,70	
0,000	0,000	0,000	0,109	0,109	0,000	0,000	0,000	0,70	
-0,928	-0,874	-0,710	-0,710	-0,710	-0,710	-0,874	-0,928		
0,84	0,90	0,90	0,84	0,84	0,90	0,90	0,84	[m]	
				6,98				[m]	



Windbelastung
ermittelt aus allen
Anströmrichtungen

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

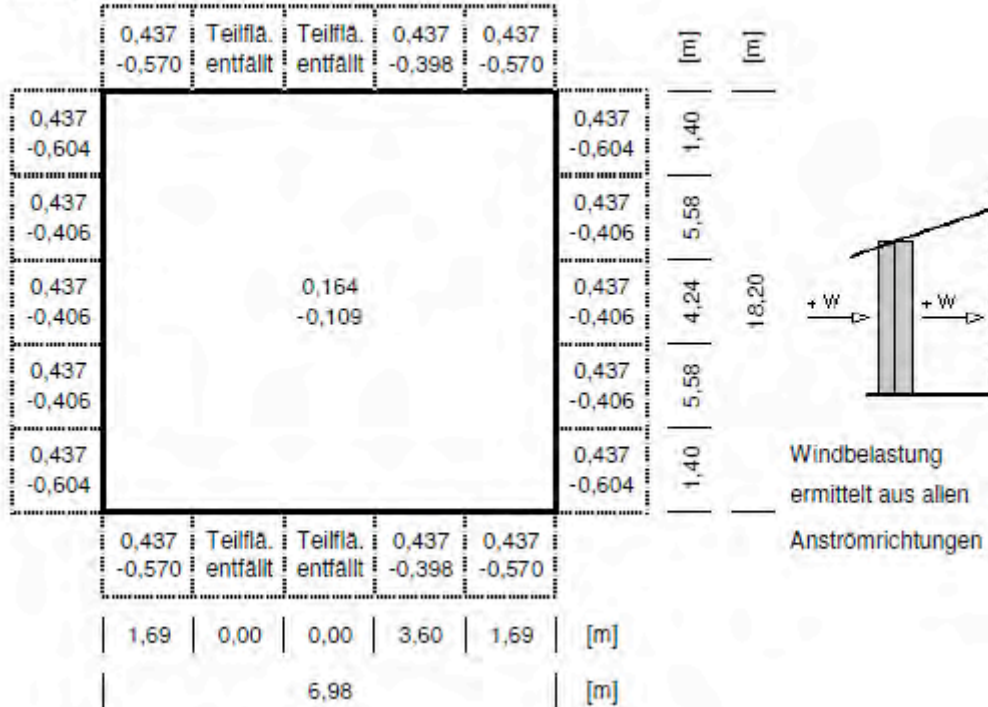
linke Dachhälfte				rechte Dachhälfte				[m]	[m]
Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	0,00	0,00	
Teilflä. entfällt						Teilflä. entfällt	1,40	18,20	
Teilflä. entfällt						Teilflä. entfällt	5,58		
Teilflä. entfällt			0,164			Teilflä. entfällt	4,24		
Teilflä. entfällt			-0,109			Teilflä. entfällt	5,58		
Teilflä. entfällt						Teilflä. entfällt	1,40		
Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	Teilflä. entfällt	0,00		
0,00	1,69	0,00	0,00	3,60	1,69	0,00	[m]		
0,00			6,98			0,00	[m]		



Windbelastung
ermittelt aus allen
Anströmrichtungen

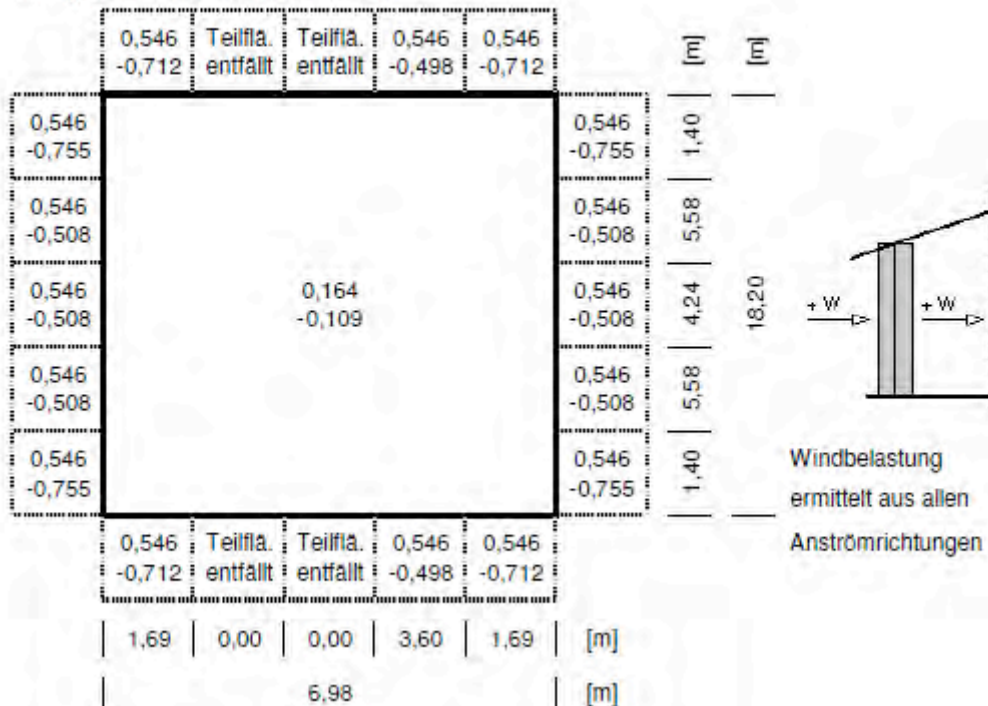
Max./Min. Windbelastung Wand - w_{10} [kN/m²]

Bezugshöhe = von 0,00 m bis 4,22 m



Max./Min. Windbelastung Wand - w_1 [kN/m²]

Bezugshöhe = von 0,00 m bis 4,22 m



Gesamtwindbelastung

Anteil Wände

Anströmrichtung = 0 Grad

Bezugshöhe z_e	4,22 m
$c_s c_d$	1,00
c_f	1,09
q_p [kN/m ²]	0,546
Fläche [m ²]	71,16
F_w [kN]	42,22

Summe $F_{w0,Wand} = 42,22$ kN

Anströmrichtung = 180 Grad

Bezugshöhe z_e	4,22 m
$c_s c_d$	1,00
c_f	1,09
q_p [kN/m ²]	0,546
Fläche [m ²]	71,16
F_w [kN]	42,22

Summe $F_{w180,Wand} = 42,22$ kN

Anströmrichtung = 90 Grad

Bezugshöhe z_e	4,22 m
$c_s c_d$	1,00
c_f	0,95
q_p [kN/m ²]	0,546
Fläche [m ²]	28,37
F_w [kN]	14,76

Summe $F_{w90,Wand} = 14,76$ kN

(für q_p gilt $z_{emin} = 15$ m)

Bezugshöhe z_e ist maßgebend für $c_s c_d$, c_f , q_p

Angriffspunkt bei $x = 9,10$ m $z = 1,96$ m

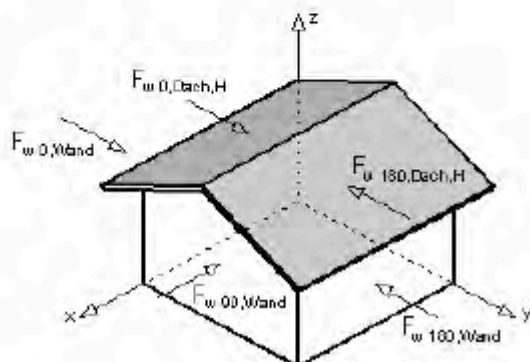
Bezugshöhe z_e ist maßgebend für $c_s c_d$, c_f , q_p

Angriffspunkt bei $x = 9,10$ m $z = 1,96$ m

Bezugshöhe z_e ist maßgebend für $c_s c_d$, c_f , q_p

Angriffspunkt bei $y = 3,49$ m $z = 2,03$ m

Schemaskizze

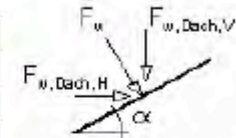


Gesamtwindbelastung

Anteil Dach

Anströmrichtung = 0 Grad

Teilfläche	F _{vorne}	F _{hinten}	G	H	I	J
c _s c _d	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
w _{e,10} [kN/m ²]	-0,928	-0,928	-0,655	-0,328	-0,328	-0,328
w _{e,10} [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109
Fläche [m ²]	1,79	1,79	11,85	48,35	48,35	15,42
F _w [kN]	-1,66	-1,66	-7,76	-15,84	-15,84	-5,05
F _w [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68



(Fläche in wahrer Größ)

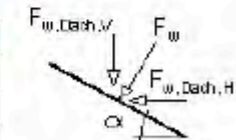
Summe F_{w0,Dach,H} = 1,85 kN

Angriffspunkt bei x = 9,10 m z = 4,07 m

Summe F_{w0,Dach,V} = 20,81 kN

Anströmrichtung = 180 Grad

Teilfläche	F _{vorne}	F _{hinten}	G	H	I	J
c _s c _d	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
w _{e,10} [kN/m ²]	-0,928	-0,928	-0,655	-0,328	-0,328	-0,328
w _{e,10} [kN/m ²]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109
Fläche [m ²]	1,79	1,79	11,85	48,35	48,35	15,42
F _w [kN]	-1,66	-1,66	-7,76	-15,84	-15,84	-5,05
F _w [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68



(Fläche in wahrer Größ)

Summe F_{w180,Dach,H} = 1,85 kN

Angriffspunkt bei x = 9,10 m z = 4,07 m

Summe F_{w180,Dach,V} = 20,81 kN

Gesamtes Gebäude

Anströmrichtung = 0 Grad

Summe F_{w0} = F_{w0,Wand} + F_{w0,Dach,H} = 44,07 kN

Angriffspunkt bei x = 9,10 m z = 2,04 m

Anströmrichtung = 180 Grad

Summe F_{w180} = F_{w180,Wand} + F_{w180,Dach,H} = 44,07 kN

Angriffspunkt bei x = 9,10 m z = 2,04 m

Anströmrichtung = 90 Grad

Summe F_{w90} = F_{w90,Wand} = 14,76 kN

Angriffspunkt bei y = 3,49 m z = 2,03 m

Anmerkungen

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

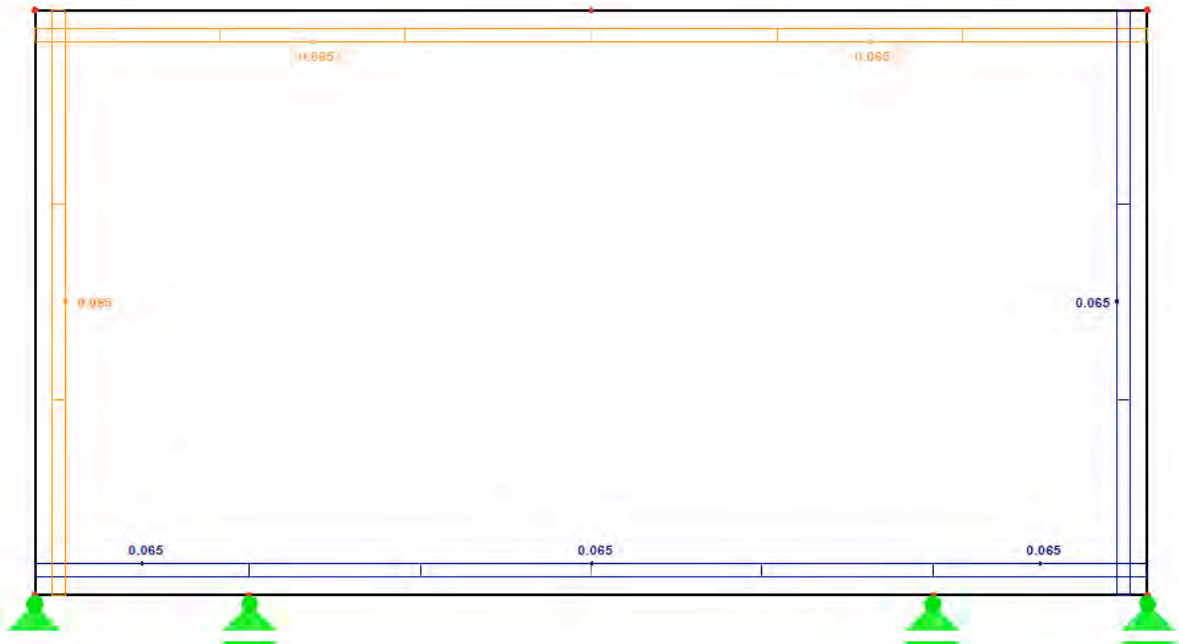
Erfolgt bei Bauwerken die Ableitung der Windwirkungen in der Nähe der Schwerachse, ist zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Verteilung des Winddrucks eine Exzentrizität der Windwirkung bezüglich der vertikalen Achse von 10 % der jeweiligen Abmessung im Grundriss zu berücksichtigen (siehe ÖNORM B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

4.4.1 Wind Innendruck

Die Linienlast ergibt sich zu: $w = 0,109 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m} = 0,065 \text{ kN/m}$

LF5: Wind-Innendruck
LF-Faktor: 0.60

Entgegen der Y-Richtung



4.4.2 Wind Innensog

Die Linienlast ergibt sich zu: $w = 0,164 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,60 \text{ m} = 0,098 \text{ kN/m}$

LF6: Wind-Innensog
LF-Faktor: 0.60

Entgegen der Y-Richtung



4.4.3 Wind parallel zur Längsachse

Die Linienlast ergibt sich zu: Sog am Dach $w = 0,382 \text{ kN/m}^2 * 0,60 \text{ m} = 0,229 \text{ kN/m}$
Sog an den Wänden $w = 0,406 \text{ kN/m}^2 * 0,60 \text{ m} = 0,244 \text{ kN/m}$

LF7: Wind parallel
LF-Faktor: 0.60

Entgegen der Y-Richtung



4.4.4 Wind normal zur Längsachse

Die Linienlast beträgt: Sog am Dach: $w = 0,328 \text{ kN/m}^2 * 0,60 \text{ m} = 0,197 \text{ kN/m}$
 Druck an der Luv-Seite: $w = 0,437 \text{ kN/m}^2 * 0,60 \text{ m} = 0,262 \text{ kN/m}$
 Sog an der Lee-Seite: $w = 0,168 \text{ kN/m}^2 * 0,60 \text{ m} = 0,101 \text{ kN/m}$

LF8: Wind normal
 LF-Faktor: 0.60

Entgegen der Y-Richtung

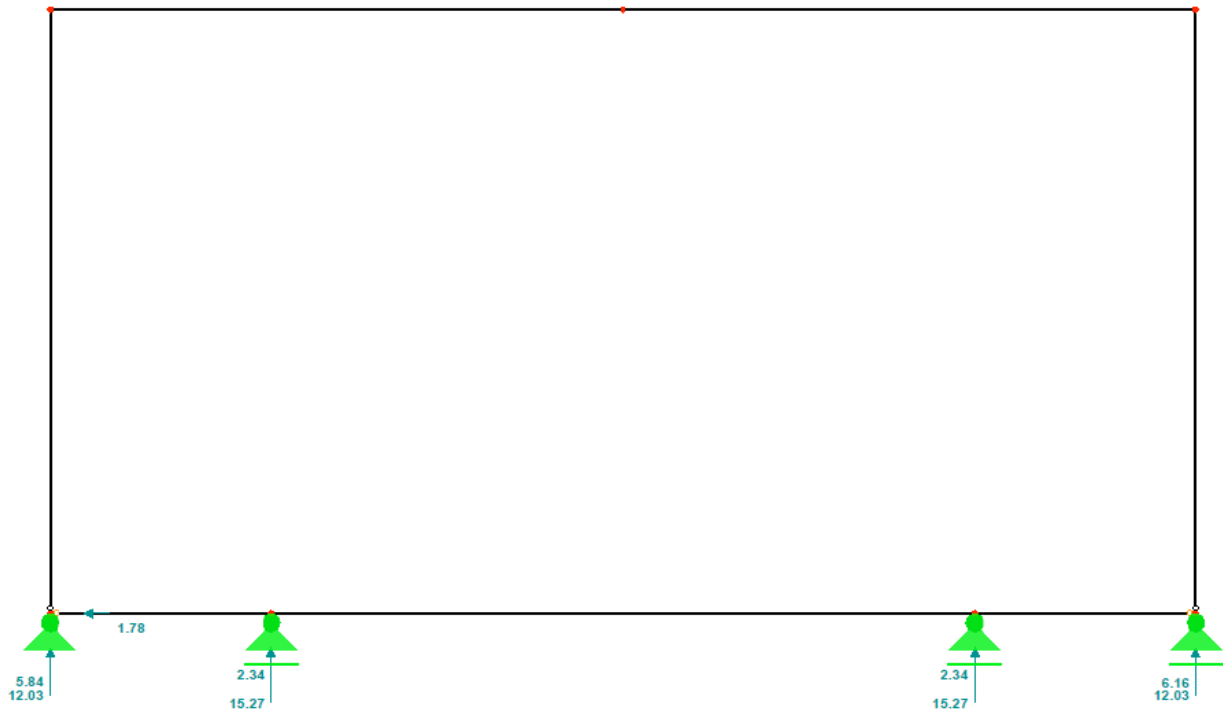


4.5. Lastfallkombinationen

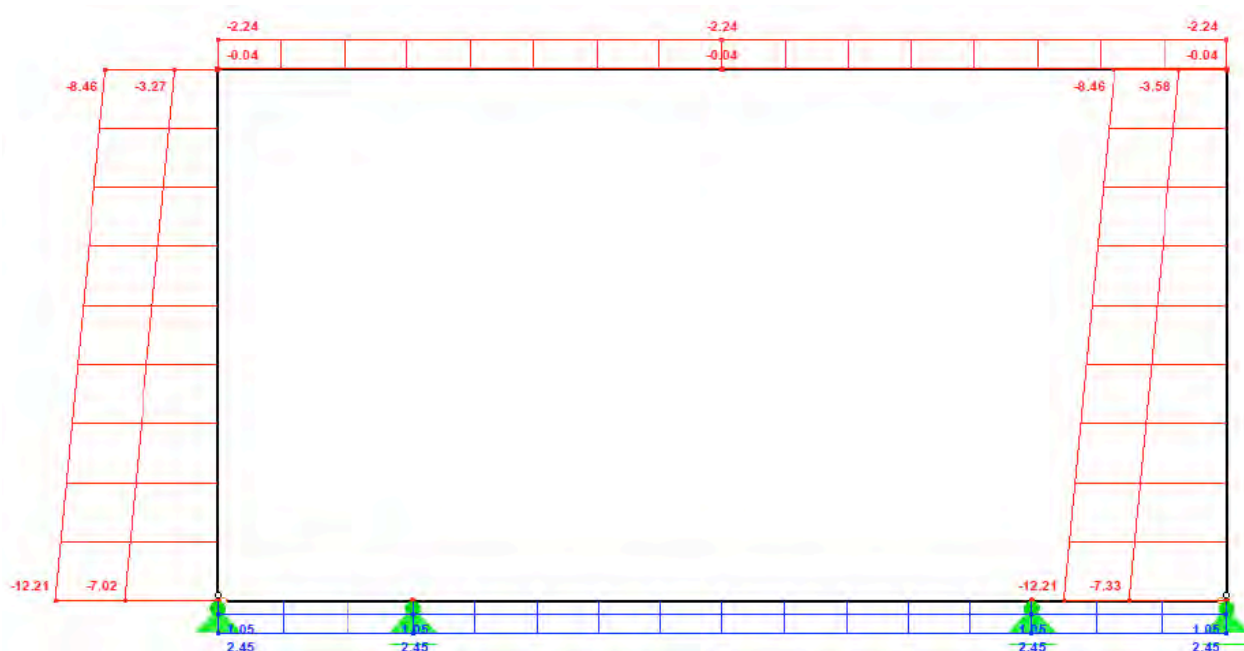
1,35*Eigengewicht +
 1,50*Nutzlast+
 1,50*Schnee voll **oder** 1,50*Schnee voll/halb **oder** Schnee halb/voll +
 1,50*Windinnendruck **oder** 1,50*Windinnensog+
 1,50*Wind parallel zur Längsachse **oder** 1,50*Wind normal zur Längsachse

5. SCHNITTGRÖSSEN & AUFLAGERREAKTIONEN

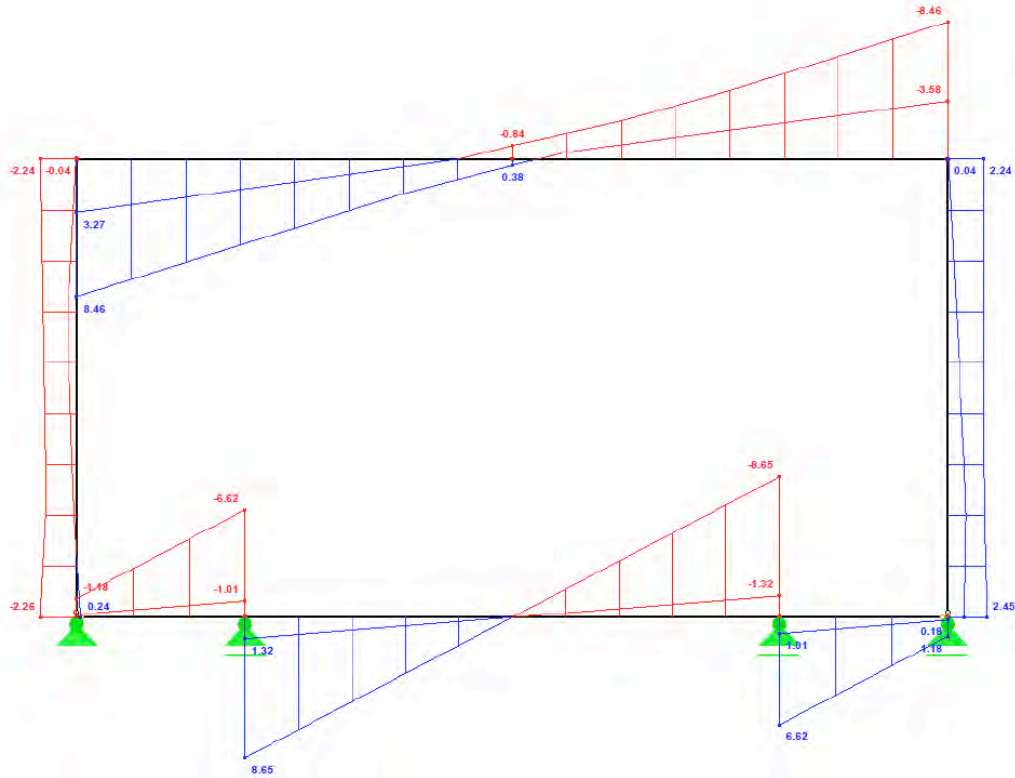
5.1. Auflagerreaktionen



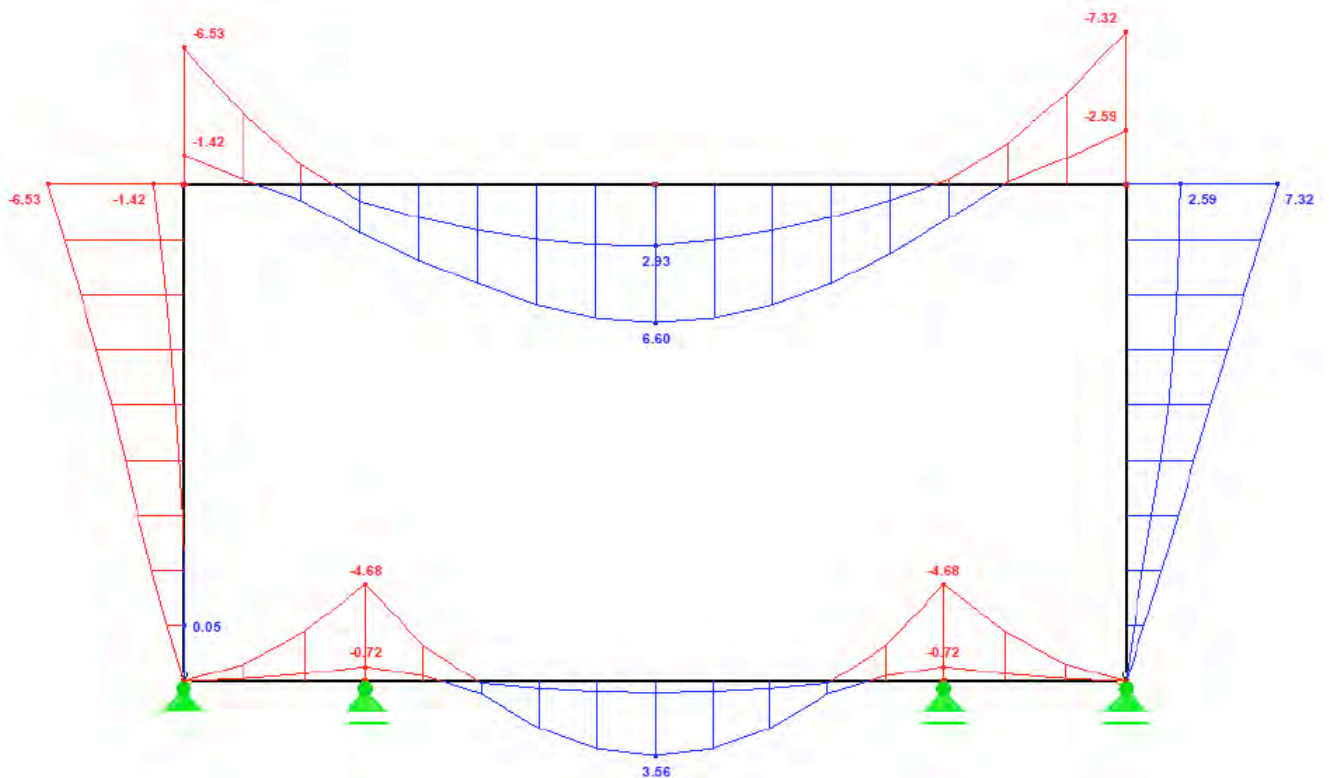
5.2. Normalkraftlinie



5.3. Querkraftlinie



5.4. Momentenlinie



6. QUERSCHNITTSNACHWEISE

6.1. *Materialkennwerte*

Riegel und Stiele: 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%-Fraktil E-Modul parallel:	$E_{0,05} = 740 \text{ kN/cm}^2$
Rohdichte ρ_k	$= 350 \text{ kg/m}^3$

6.2. Nachweise für den Träger

Querschnitt 7/20 Holzgüte C24

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,8$

Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften:

Biegung:	$f_{m,d} = 1,48 \text{ kN/cm}^2$
Zug parallel:	$f_{t,0,d} = 0,86 \text{ kN/cm}^2$
Schub:	$f_{v,d} = 0,15 \text{ kN/cm}^2$

6.2.1 Normalkraft

Max. ZUGKRAFT:

$$N_{sd} = 2,45 \text{ kN}$$

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{sd}}{b \cdot h} = \frac{2,45}{7 \cdot 20} = 0,02 \text{ kN/cm}^2 < f_{t,0,d} = 0,86 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.2.2 Querkraft

MAX. QUERKRAFT

$$V_{sd} = 8,65 \text{ kN}$$

effektive Breite:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 7,00 = 4,69 \text{ cm}$$

vorhandene Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{sd}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,65}{4,69 \cdot 20} = 0,14 \text{ kN/cm}^2 < f_{v,d} = 0,15 \text{ kN/cm}^2$$

→ **Nachweis erbracht**

6.2.3 Biegung

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 4,68 \text{ kNm} = 468 \text{ kNcm}$$

Spannungsnachweis

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7 \cdot 20^2}{6} = 466,66 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{468}{466,66} = 1,00 \text{ kN / cm}^2 < f_{m,d} = 1,48 \text{ kN / cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.2.4 Kombinierte Beanspruchung

Biegung & Zugkraft

$$N_{sd} = 2,45 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 4,68 \text{ kNm} = 468 \text{ kNcm}$$

vorhandene Zugspannung:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{sd}}{b \cdot h} = \frac{2,45}{7 \cdot 20} = 0,02 \text{ kN / cm}^2 < f_{t,0,d} = 0,86 \text{ kN / cm}^2$$

vorhandene Biegespannung:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7 \cdot 20^2}{6} = 466,66 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{468}{466,66} = 1,00 \text{ kN / cm}^2 < f_{m,d} = 1,48 \text{ kN / cm}^2$$

Nachweis

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

$$\frac{0,02}{0,86} + \frac{1,00}{1,48} = 0,70 < 1,00 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.3. Nachweis für den Rahmenriegel

Querschnitt 7/20 Holzgüte C24

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,9$

Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften:

Biegung:	$f_{m,d} = 1,66 \text{ kN/cm}^2$
Druck parallel:	$f_{c,0,d} = 1,45 \text{ kN/cm}^2$
Schub:	$f_{v,d} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$

6.3.1 Normalkraft

Max. DRUCKKRAFT:

$$N_{sd} = 2,24 \text{ kN}$$

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A_{vorh}} = \frac{2,24}{7 \cdot 20} = 0,02 \text{ kN/cm}^2 < f_{c,0,d} = 1,45 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.3.2 Querkraft

MAX. QUERKRAFT

$$V_{sd} = 8,46 \text{ kN}$$

effektive Breite:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 7,00 = 4,69 \text{ cm}$$

vorhandene Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{sd}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,46}{4,69 \cdot 20} = 0,135 \text{ kN/cm}^2 < f_{v,d} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$$

→ **Nachweis erbracht**

6.3.3 Biegung

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 7,32 \text{ kNm} = 732 \text{ kNcm}$$

Spannungsnachweis

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7 \cdot 20^2}{6} = 466,66 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{732}{466,66} = 1,57 \text{ kN/cm}^2 < f_{m,d} = 1,66 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.3.4 Biegedrillknicken

Biegedrillknicken wird durch die seitliche Halterung durch die Beplankung und die Paletten verhindert.

6.3.5 Knicken

MAX. Normalkraft

$$N_{sd} = 2,24 \text{ kN}$$

Knicklänge: $\ell_k = 7,22 \text{ m}$ (R-Stab)

Trägheitsradius:

$$i_{\min} = 5,78$$

Schlankheit:

$$\lambda = \ell_k / i_{\min} = 722 / 5,78 = 125,05$$

Knickbeiwert

$$k_{cy} = 0,20$$

vorhandene Druckspannung

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{2,24}{140} = 0,02 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis

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

$$\frac{0,02}{0,20 \cdot 1,45} = 0,07 < 1 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.3.6 Knicken & Biegung

Nachweis in Feldmitte:

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 6,60 \text{ kNm} = 660 \text{ kNcm}$$

vorhandene Biegespannung

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7 \cdot 20^2}{6} = 466,66 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{660}{466,66} = 1,41 \text{ kN / cm}^2$$

Biegung & Knicken

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

$$\frac{0,02}{0,20 \cdot 1,45} + \frac{1,41}{1,66} = 0,92 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.4. Nachweis für den Rahmenstiel

Querschnitt 7/20 Holzgüte C24

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,30$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,9$

Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften:

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

6.4.1 Normalkraft

Max. DRUCKKRAFT:

$$N_{sd} = 12,21 \text{ kN}$$

Spannungsnachweis:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A_{vorh}} = \frac{12,21}{7 \cdot 20} = 0,09 \text{ kN/cm}^2 < f_{c,0,d} = 1,45 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.4.2 Querkraft

MAX. QUERKRAFT

$$V_{sd} = 2,45 \text{ kN}$$

effektive Breite:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 7,00 = 4,69 \text{ cm}$$

vorhandene Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{sd}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,45}{4,69 \cdot 20} = 0,04 \text{ kN/cm}^2 < f_{v,d} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$$

→ Nachweis erbracht

6.4.3 Biegung

MAX. BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = 7,32 \text{ kNm} = 732 \text{ kNcm}$$

Spannungsnachweis

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7 \cdot 20^2}{6} = 466,66 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{732}{466,66} = 1,57 \text{ kN/cm}^2 < f_{m,d} = 1,66 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.4.4 Knicken

MAX. Normalkraft

$$N_{sd} = 12,21 \text{ kN}$$

Knicklänge: $l_k = 3,00 \text{ m}$ (R-Stab)

Trägheitsradius:

$$i_{\min} = 5,78$$

Schlankheit:

$$\lambda = l_k / i_{\min} = 300 / 5,78 = 51,96$$

Knickbeiwert

$$k_{cy} = 0,774$$

vorhandene Druckspannung

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{12,21}{140} = 0,09 \text{ kN/cm}^2$$

Nachweis

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

$$\frac{0,09}{0,774 \cdot 1,45} = 0,08 < 1 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

6.4.5 Knicken & Biegung

Nachweis in Feldmitte:

BIEGEMOMENT

$$M_{sd} = \frac{732 + 0}{2} = 366 \text{ kNcm}$$

NORMALKRAFT

$$N_{sd} = \frac{8,46 + 12,21}{2} = 10,34 \text{ kN}$$

vorhandene Biegespannung

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7 \cdot 20^2}{6} = 466,66 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{366}{466,66} = 0,78 \text{ kN / cm}^2$$

vorhandene Druckspannung:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{10,34}{140} = 0,07 \text{ kN / cm}^2$$

Biegung & Knicken

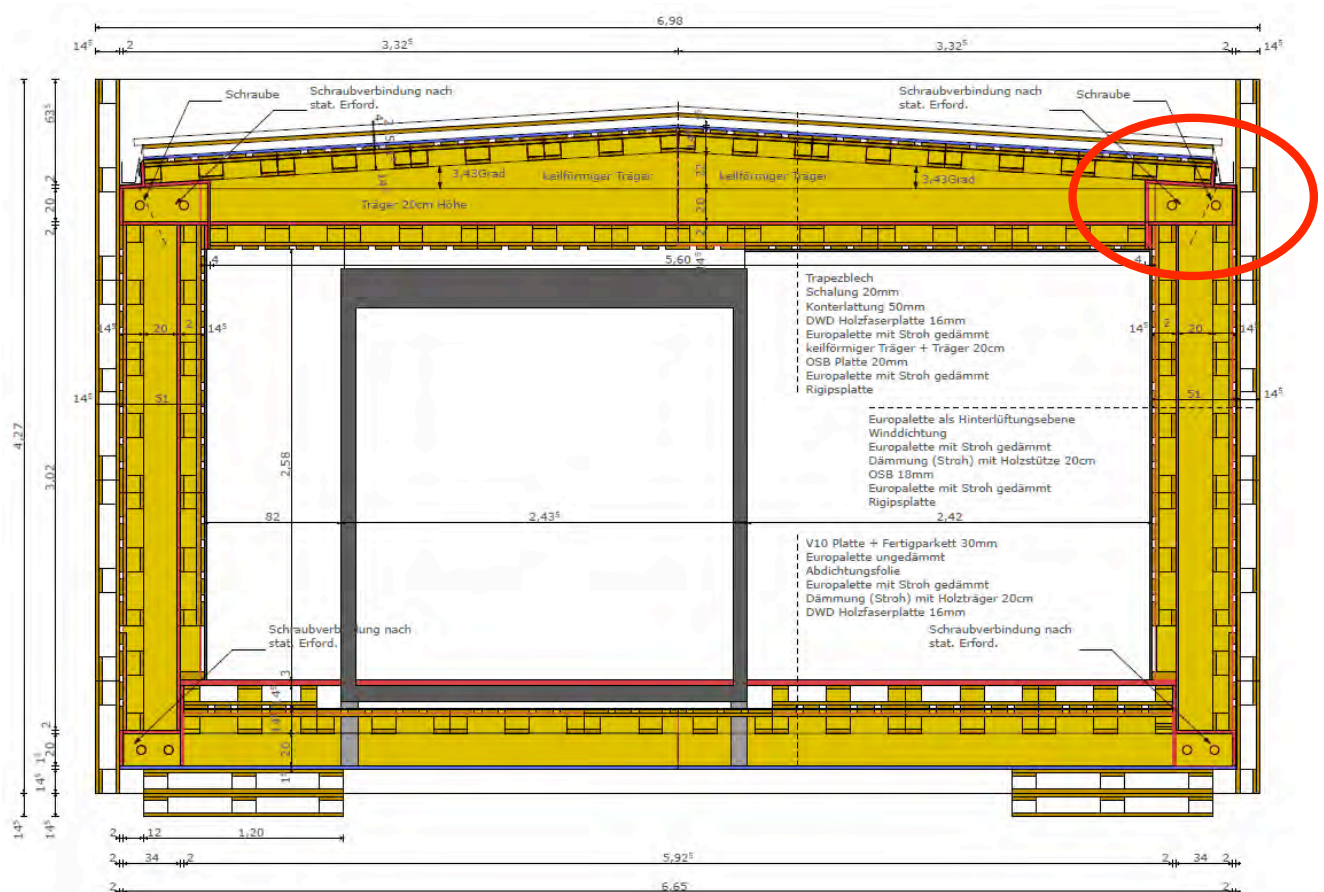
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$$

$$\frac{0,07}{0,20 \cdot 1,45} + \frac{0,78}{1,66} = 0,71 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

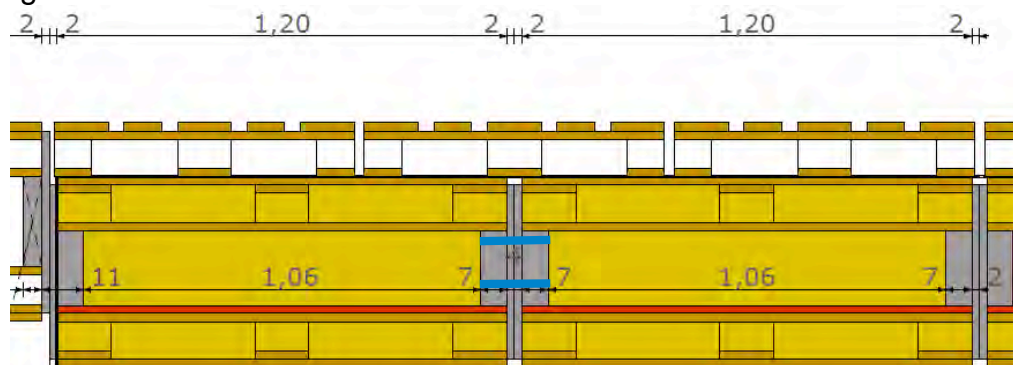
7. DETAILS - KONSTRUKTIVE HINWEISE

7.1. Rahmenecke

Die Verbindung in den Rahmenecken wird mit Schraubenbolzen Ø10 mm ausgeführt.



Die Schraubenbolzen dienen gleichzeitig als Verbindung der einzelnen Fertigteile. Die Vollholzriegel der Rahmen zweier benachbarter Fertigteile bilden die Seitenhölzer und die OSB-Platten zwischen den beiden Fertigteilen bilden die Mittelhölzer einer zweiseitigen Verbindung.



Die Berechnung erfolgt für einen Rahmen, also für einen Schnitt der zweischnittigen Verbindung. Somit können die Schnittgrößen direkt angesetzt werden. Der zweite Rahmen ist die Spiegelung des Berechneten Rahmens.

Die zu übertragenden Kräfte sind:

Moment: $M_{sd} = 732 \text{ kNcm}$
 Normalkraft $N_{sd} = -2,24 \text{ kN}$
 Querkraft $V_{sd} = -8,46 \text{ kN}$

GEOMETRIE: Abstände der Verbindungsmittel

Abstände: für die Abstände wird der jeweils ungünstigste Winkel α herangezogen.

untereinander in Faserrichtung:

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = 50 \text{ mm}$$

untereinander rechtwinkelig zur Faserrichtung:

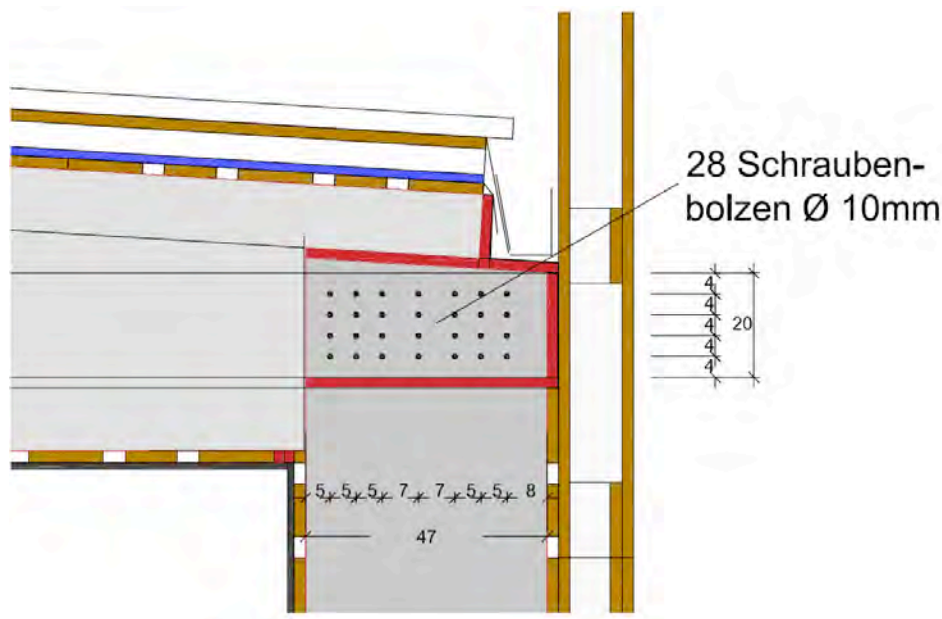
$$a_2 = 4 \cdot d = 40 \text{ mm}$$

vom beanspruchten Hirnholzende:

$$a_{3,t} = 7 \cdot d = 70 \text{ mm} \text{ bzw. mind. } \underline{80 \text{ mm}}$$

vom unbeanspruchten Rand:

$$a_{4,c} = (2 + 2 \cdot \sin \alpha) = \underline{40 \text{ mm}} \text{ bzw. mind. } 3 \cdot d = 30 \text{ mm}$$



Die maximale Bolzenbeanspruchung durch das Moment ergibt sich wie folgt:

$$N_M = \frac{M \cdot r_i}{\sum_{i=1}^n r_i^2}$$

$$\max r = \sqrt{17^2 + 6^2} = 18,03 \text{ cm}$$

$$\sum r_i^2 = (7,0^2 + 12,0^2 + 17,0^2) \cdot 4 \cdot 2 + (2^2 + 4^2) \cdot 7 \cdot 2 = 4416 \text{ cm}^2$$

$$N_M = \frac{732 \cdot 18,03}{4416} = 2,99 \text{ kN}$$

Bolzenbeanspruchung durch Normalkraft:

$$N_H = \frac{2,24}{28} = 0,08 \text{ kN}$$

Die Querkraft wird direkt über Pressung in den Rahmenstiel eingeleitet → keine Bolzenbeanspruchung aus Querkraft.

$$N_V = \frac{0}{28} = 0 \text{ kN}$$

Ermittlung der Resultierenden

$$\alpha = \arctan\left(\frac{6}{17}\right) = 19,44^\circ$$

$$N_{V,M} = N_M \cdot \cos \alpha + N_V = 2,99 \cdot \cos 19,44^\circ + 0 = 2,82 \text{ kN}$$

$$N_{H,M} = N_M \cdot \sin \alpha + N_H = 2,99 \cdot \sin 19,44^\circ + 0,08 = 1,08 \text{ kN}$$

Die maximale Bolzenbeanspruchung ergibt sich zu:

$$\max N_R = \sqrt{N_{V,M}^2 + N_{H,M}^2} = \sqrt{2,82^2 + 1,08^2} = 3,02 \text{ kN}$$

charakteristischer Wert der Tragfähigkeit eines Bolzens:

SCHRBO $\phi = 10mm$

Unterlegscheibe: Außendurchmesser = 30mm

Innendurchmesser = 11mm

Dicke Seitenholz: $t_1 = 70mm$

Dicke Mittelholz: $t_2 = 2 \cdot 18mm = 36mm$

Material:

SCHRBO Stahlgüte: 5.6 $\rightarrow f_u = 500N/mm^2$

Seitenholz: Holzgüte: C 24 charakteristische Rohdichte: $\rho_k = 350kg/m^3$

Mittelholz: OSB charakteristische Rohdichte: $\rho_k = 590kg/m^3$

Nutzungsklasse 1

Klasse der Lasteinwirkungsdauer: kurz

Ermittlung der Übertragbaren Kräfte

Ausziehfestigkeit

Unterlegscheibe:

$$d_{\max} = 4 \cdot d = 40mm > d_{\text{vorh}} = 30mm$$

$$F_{ax,Rk} = f_{u,k} \cdot A_D = 500 \cdot \frac{10^2}{4} \cdot \pi = 39269,9N$$

$$F_{ax,Rk} = 3,0 \cdot f_{c,90,k} \cdot A_U = 3,0 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{30^2}{4} \cdot \pi - \frac{11^2}{4} \cdot \pi \right) = 4588,69N$$

Fließmoment

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 500 \cdot 10^{2,6} = 59716,08Nmm$$

Lochleibungsfestigkeit

$$f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,1,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 350 = 25,83N/mm^2$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 25,83N/mm^2$$

$$f_{h,2,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t^{0,2}$$

$$f_{h,2,k} = 50 \cdot 10^{-0,6} \cdot 36^{0,2} = 25,72N/mm^2$$

$$\rightarrow \beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{25,72}{25,83} = 0,9957 \approx 1,0$$

Kraft pro Scherfläche

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 25,83 \cdot 70 \cdot 10 \\ = 18081N \rightarrow 18,08kN$$

$$F_{v,Rk} = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 0,5 \cdot 25,72 \cdot 36 \cdot 10 \\ = 4630N \rightarrow 4,63kN$$

→ **maßgebender Wert**

$$F_{v,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{25,83 \cdot 70 \cdot 10}{2 + 1} \cdot \left[\sqrt{2 \cdot 1 \cdot (1 + 1) + \frac{4 \cdot 1 \cdot (2 + 1) \cdot 59716,08}{25,83 \cdot 10 \cdot 70^2}} - 1 \right] + \frac{4588,69}{4} \\ = 7188,88N + 1147,17N = 8336,05N \rightarrow 8,34kN$$

$$F_{v,Rk} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1 + 1}} \cdot \sqrt{2 \cdot 59716,08 \cdot 25,83 \cdot 10} + \frac{4588,69}{4} \\ = 6387,35N + 1147,17N = 7534,52N \rightarrow 7,53kN$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit eines Bolzens:

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{4,63}{1,3} \cdot 0,8 = 3,21kN >_{\max} N_R = 0,3,02kN \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

Die Schraubenbolzen können die angreifenden Kräfte in die OSB-Platte übertragen.

Nachweis der Tragfähigkeit der OSB-Platte:

Querschnitt 1,8/47

Teilsicherheit Material: $\gamma_M = 1,20$

Modifikationsbeiwert $k_{mod} = 0,9$

OSB-Platten

Charakteristische Festigkeitseigenschaften für Scheibenbeanspruchung

Biegung: $f_{m,k} = 1,9 \text{ kN/cm}^2$

Zug parallel: $f_{t,k} = 1,1 \text{ kN/cm}^2$

Druck parallel: $f_{c,k} = 1,5 \text{ kN/cm}^2$

Schub: $f_{v,k} = 0,8 \text{ kN/cm}^2$

Bemessungswerte der Festigkeitseigenschaften:

Biegung: $f_{m,d} = 1,43 \text{ kN/cm}^2$

Schub: $f_{v,d} = 0,6 \text{ kN/cm}^2$

6.3.1 Querkraft

MAX. QUERKRAFT

$V_{sd} = 2,24 \text{ kN}$

effektive Breite:

$$b_{ef} = 1,0 \cdot 1,8 = 1,8 \text{ cm}$$

vorhandene Schubspannung:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{sd}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,24}{1,8 \cdot 47} = 0,04 \text{ kN/cm}^2 < f_{v,d} = 0,6 \text{ kN/cm}^2$$

→ **Nachweis erbracht**

6.3.2 Biegung

MAX. BIEGEMOMENT

$M_{sd} = 7,32 \text{ kNm} = 732 \text{ kNcm}$

Spannungsnachweis

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{1,8 \cdot 47^2}{6} = 662,7 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{sd}}{W} = \frac{732}{662,7} = 1,10 \text{ kN} / \text{cm}^2 < f_{m,d} = 1,43 \text{ kN} / \text{cm}^2 \rightarrow \text{Nachweis erbracht}$$

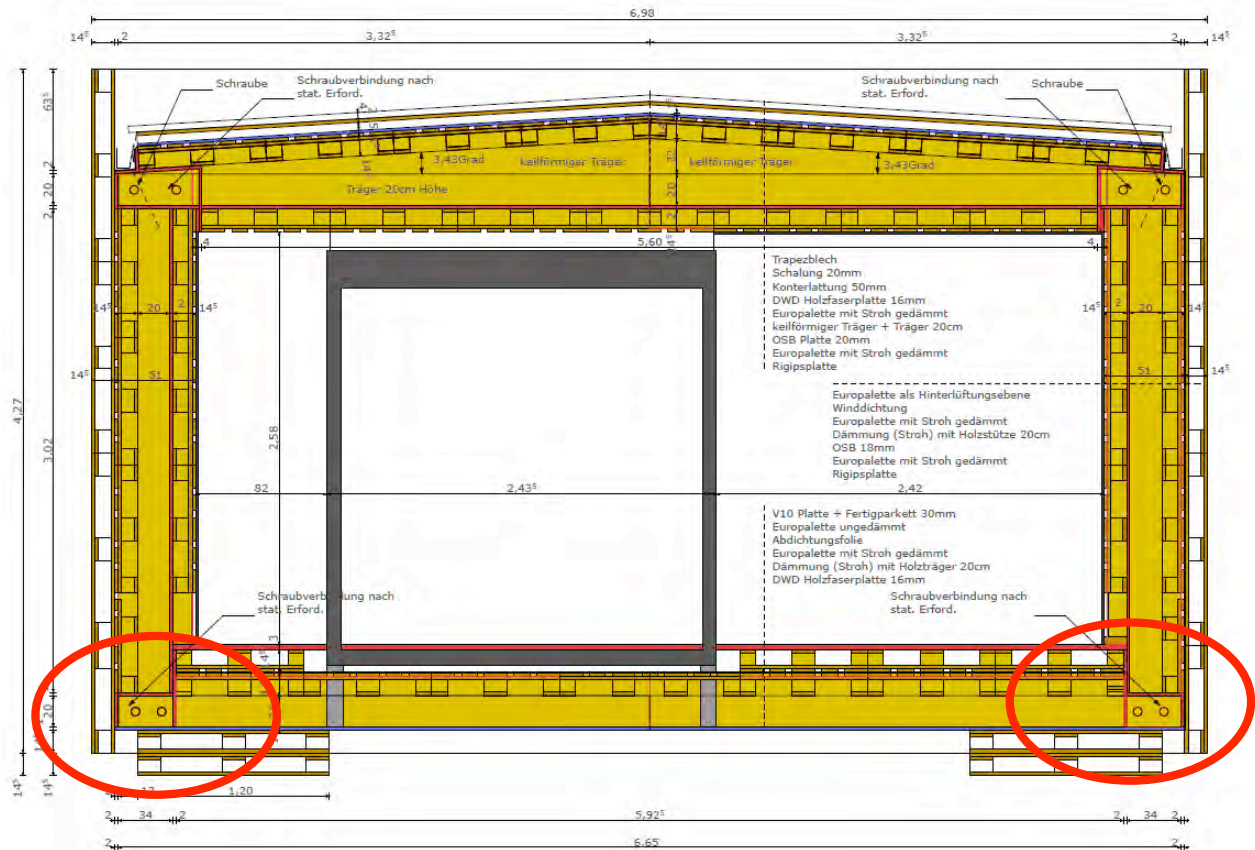
Die OSB-Platte weist eine ausreichende Tragfähigkeit auf.

Die Weiterleitung der Kräfte von der OSB-Platte in die Rahmenstiele kann über eine der Rahmenriegel-OSB-Platten-Verbindung entsprechende Verbindung mit Schraubenbolzen der über ausreichend verdichtete Verschraubung mit Schnellbauschrauben Ø5mm erfolgen.

Die Verbindung kann die angreifenden Kräfte aufnehmen. In einer ausführlichen Detailstatik ist der Einfluss der effektiven Verbindungsmittel n_{ef} sowie die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel und dadurch eventuell auftretende zusätzliche Kräfte zu untersuchen.

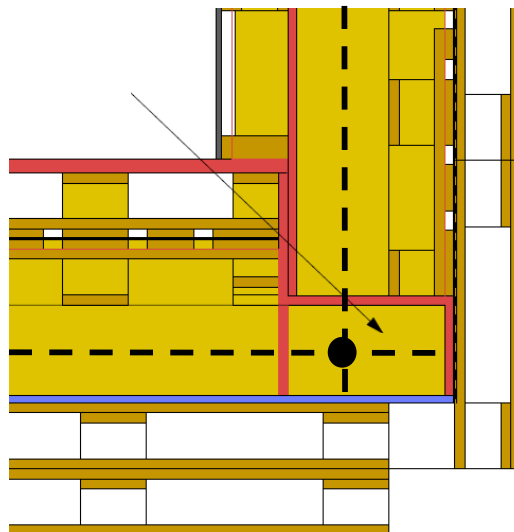
7.2. Fußpunkte der Rahmen

Konstruktive Hinweise



Die Verbindung sollte im Schnittpunkt der Systemachsen der Rahmenstiele und des Trägers erfolgen. Als Verbindungsmittel wird ein Schraubenbolzen \varnothing 20mm empfohlen.

Skizze



8. ZUSAMMENFASSUNG

Die gegebenen Querschnitte des "Palettenhaus kubisch" erfüllen die geführten Querschnittsnachweise.

Die Rahmenecke kann mit den ermittelten Schraubenbolzen ausgeführt werden. In einer ausführlichen Detailstatik ist der Einfluss der effektiven Verbindungsmittel n_{ef} sowie die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel und dadurch eventuell auftretende zusätzliche Kräfte zu untersuchen. Weiters wird darauf hingewiesen, dass es sinnvoll wäre, die OSB-Bepankung im Bereich der Rahmenecken durch hochwertigere Materialien zu ersetzen (z.B.: Furniersperrholzplatten).

Die Aussteifung des Gebäudes in Längsrichtung erfolgt über die vollflächige OSB-Bepankung. In Querrichtung können die Rahmen die Horizontalkräfte aufnehmen.

Das Tragwerk ist ausreichen an den Auflager-Paletten zu befestigen. Die Auflager-Paletten wiederum sind sicher und standfest im Untergrund zu verankern.