

Schletter GmbH

Gewerbegebiet B15

Alustraße 1

D-83527 Kirchdorf/Haag i. OB

Tel.: +498072 9191-0

Fax: +498072 9191-9100

solar@schletter.de

<http://www.solar.schletter.de/>

**Planungsunterlagen für das Tragsystem zur
Aufnahme von Solarmodulen Schrägdachsystem**

Projekt: Mustermann ELWA netzautark

Modultyp: Vitovolt 300 P260 OA 1640 x 992 mm



im Auftrag

Karl Mustermann

Berliner Chaussee 11

39307 Genthin



September 2016

Anlagendaten

Datum: 22.09.2016
Kunde: Karl Mustermann
Auftrag:
Anlage: 2 R à 4 Mod

Modulauswahl

Hersteller: Viessmann
Modul: Vitovolt 300 P260 OA
Peak-Leistung: 260 W
Höhe: 1640 mm
Breite: 992 mm
Dicke: 40,0 mm
Rahmung: Gerahmt

Modulanordnung

Module pro Reihe: 4
Modulreihen: 2
Anzahl Module: 8
Gewählter Unterstützungsabstand: 800 mm
Auskragung: 400 mm
Anzahl gleicher Modulfelder: 1



Grundkonfiguration

Systemauswahl:
Modulträger: Solo Light
Klemmentyp: RapidErdung
Befestigung: Dachhaken Rapid2+ 35

Ergebnisse: Anlagendaten

Peak-Leistung: 2,08 kW

www.photovolttaik4all.de

Kunde: Karl Mustermann
Projekt: Mustermann ELWA netzautark

Stückliste Schrägdachsystem 2V

Pos	Artikelnummer	Artikel	Menge	Länge mm	ME	Gewicht kg
1	120005-04200	Modultragprofil Solo05 Licht - 4200mm	4		ST	13,772
2	129011-000	Kunststoff-Endkappe Solo Profil 5	8		ST	0,064
3	101003-000	Dachhaken Rapid2+ 55	24		ST	24,120
4	943208-120	Schraube 8x120 TX VA Tellerkopf Holz	48		ST	1,392
5	135002-001	Erdungsmittelklemme Rapid2+ 40-50mm mon	12		ST	1,128
6	131001-040	Endklemme Rapid2+ 40mm	8		ST	0,824
7	I400105DE	Typenschild Solar Montagesysteme	1			0,100
		Summe				41,400

Systemkonfigurator

Stand	22.09.2016
Version	2.9.0.3



Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen und für als Mehrfeldträger ausgeführte Montagesysteme. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

Kunde Karl Mustermann

Auftrag

Postleitzahl Bauort : **39307 Genthin**

52,3805 ° nördl. Breite

12,1756 ° östl. Länge

Elementneigung α **35,0** °

Modulhöhe h **1,64** m

Höhe über NN H **45** m

Firsthöhe über GOK z **4,00** m

Höhe Attika h_p **0,00** m

Auskragung Modulträger a_{kr} **0,40** m

Stützweite MT a **0,80** m

Modulträger



Statisches System

Satteldach

Modulträger

Solo Light

Geländekategorie III



Lastannahmen nach DIN-EN 1991

Modulgewicht g **0,12** kN/m²

Schneelast s **0,57** kN/m²

Geländekategorie **III**

Gebiete mit gleichmäßiger Vegetation oder Bebauung oder mit einzelnen Objekten mit Abständen von weniger als der 20-fachen Hindernishöhe (z. B. Dörfer, vorstädtische Bebauung, Waldgebiete).

Böengeschw.-druck q **0,59** kN/m²

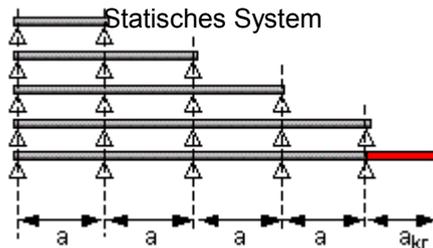
Stand	22.09.2016
Version	2.9.0.3

Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen und für als Mehrfeldträger ausgeführte Montagesysteme. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

Zulässige Stützweiten in den verschiedenen Dachzonenbereichen

Auslastung Modulträger

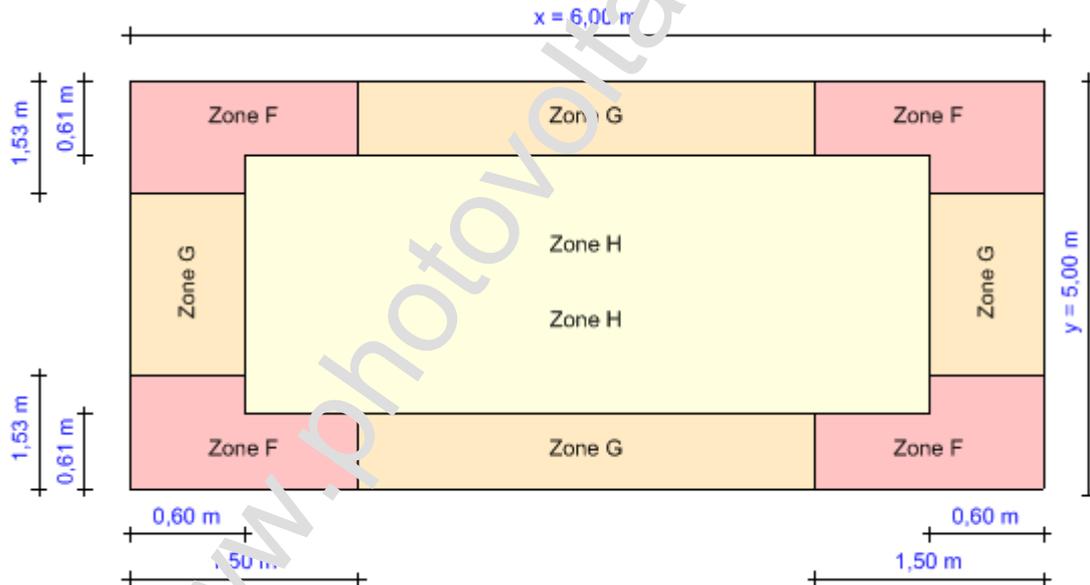


Zone H	Zone G	Zone F
22,2 %	22,2 %	22,2 %
22,2 %	22,2 %	22,2 %
20,4 %	20,4 %	20,4 %
21,2 %	21,2 %	21,2 %
22,2 %	22,2 %	22,2 %

Die Dimensionierung der Befestigung auf der Unterkonstruktion kann für die zulässigen Stützweiten maßgebend werden!

Dachabmessungen in der Projektion

x = 6,00 m
y = 5,00 m



Nachweis der Modulträgerprofile (zulässige Stützweiten) Solo Light (120005)

Verwendung für Dachmontage Mittelbereich

Elementneigung	α	35	°	sin = 0,574	cos = 0,819
Modulhöhe	h	1,64	m	$c_{f1} = 0,47$	$c_{f2} = -0,83$
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Böengeschw.-druck 0,59 kN/m ²	
Firsthöhe über GOK	z	4,00	m	Schneelast 0,57 kN/m ²	
Spannweite	a	0,80	m		
Auskragung	a_{kr}	0,40	m		

Belastungsaufstellung

Eigenlast Module

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{sz} = 0,59 \cdot -0,83 = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{dz} = 0,27 \cdot 0,819 = 0,22 \text{ kN/m}$$

$$W_{sz} = -0,49 \cdot 0,819 = -0,40 \text{ kN/m}$$

Profilkenngrößen

Gesamtfläche $A = 3,01 \text{ cm}^2$

Widerstandsmoment $W_y = 2,79 \text{ cm}^3$

Widerstandsmoment $W_z = 2,55 \text{ cm}^3$

Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte

$\gamma_g = 1,35$ Zuverlässigkeitsfaktor

$\gamma_q = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50$ $K_{FI} = 1,00$ (RC2)

$\psi_{0,w} = 0,70$

$\psi_{0,r} = 0,50$ $\gamma_g = 0,90$ für günstige Wirkung

Schnittgrößenfaktoren für Ein- und Mehrfeldträger

n	$M_{1,total}$	$M_{1,partial}$	$M_{2,total}$	$M_{2,partial}$	$M_{B,total}$	$M_{B,partial}$	A_{total}	$A_{partial}$	B_{total}	$B_{partial}$	Q_{total}	$Q_{partial}$
1	0,125	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,500	0,000	0,000	0,500	0,500
2	0,070	0,096	0,000	0,000	-0,125	-0,125	0,375	0,438	1,250	1,250	0,625	0,625
3	0,080	0,101	0,025	0,075	-0,100	-0,117	0,400	0,450	1,100	1,200	0,600	0,617
4	0,077	0,100	0,036	0,080	-0,107	-0,121	0,393	0,446	1,143	1,223	0,607	0,621

Schnittkräfte vertikal

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A
1	0,064	0,000	-0,064	0,636	0,034	0,000	-0,054	0,541	-0,042	0,000	0,018	-0,424
2	0,048	-0,064	-0,064	0,750	0,040	-0,054	-0,054	0,676	-0,034	0,042	0,018	-0,530
3	0,050	-0,059	-0,064	0,757	0,042	-0,049	-0,054	0,641	-0,035	0,040	0,018	-0,514
4	0,050	-0,061	-0,064	0,773	0,042	-0,051	-0,054	0,655	-0,035	0,042	0,018	-0,523

Schnittkräfte horizontal

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A
1	0,045	0,000	-0,045	0,446	0,019	0,000	-0,019	0,190	0,004	0,000	-0,004	0,040
2	0,033	-0,045	-0,045	0,557	0,013	-0,019	-0,019	0,238	0,002	-0,004	-0,004	0,049
3	0,035	-0,041	-0,045	0,530	0,014	-0,017	-0,019	0,222	0,003	-0,003	-0,004	0,044
4	0,035	-0,043	-0,045	0,542	0,014	-0,018	-0,019	0,228	0,002	-0,003	-0,004	0,045

Zusammenfassung

n	Spannungen Feldmomente				Spannungen Stützmomente				Ausnutzungsgrad
	LC1	LC2	LC3	Max	LC1	LC2	LC3	Max	
1	4,029	2,686	-1,366	4,03	0,000	0,000	0,000	0,00	$f_{y,d} = 18,2 \text{ kN/cm}^2$ 1-Feldträger $\eta = 22 \%$
2	3,012	1,951	-1,123	3,01	-4,029	-2,686	1,366	4,03	2-Feldträger $\eta = 22 \%$
3	3,189	2,080	-1,164	3,19	-3,717	-2,441	1,327	3,72	3-Feldträger $\eta = 20 \%$
4	3,150	2,050	-1,158	3,15	-3,856	-2,540	1,362	3,86	Mehrfeldträger $\eta = 21 \%$
Spannungen Kragmomente					4,029	2,686	0,814	4,03	Auskragung $\eta = 22 \%$

Nachweis der Modulträgerprofile (zulässige Stützweiten) Solo Light (120005)

Verwendung für Dachmontage Randbereich

Elementneigung	α	35	°	sin = 0,574	cos = 0,819
Modulhöhe	h	1,64	m	$c_{f1} = 0,47$	$c_{f2} = -1,40$
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Böengeschw.-druck 0,59 kN/m ²	
Firsthöhe über GOK	z	4,00	m	Schneelast 0,57 kN/m ²	
Spannweite	a	0,80	m		
Auskragung	a_{kr}	0,40	m		

Belastungsaufstellung

Eigenlast Module

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{sz} = 0,59 \cdot -1,40 = -0,82 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{dz} = 0,27 \cdot 0,82 = 0,22 \text{ kN/m}$$

$$W_{sz} = -0,82 \cdot 0,82 = -0,67 \text{ kN/m}$$

Profilkenngrößen

Gesamtfläche $A = 3,01 \text{ cm}^2$

Widerstandsmoment $W_y = 2,79 \text{ cm}^3$

Widerstandsmoment $W_z = 2,55 \text{ cm}^3$

Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte

$\gamma_g = 1,35$ Zuverlässigkeitsfaktor

$\gamma_q = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50$ $K_{FI} = 1,00$ (RC2)

$\psi_{0,w} = 0,70$

$\psi_{0,r} = 0,50$ $\gamma_g = 0,90$ für günstige Wirkung

Schnittgrößenfaktoren für Ein- und Mehrfeldträger

n	$M_{1,total}$	$M_{1,partial}$	$M_{2,total}$	$M_{2,partial}$	$M_{B,total}$	$M_{B,partial}$	A_{total}	$A_{partial}$	B_{total}	$B_{partial}$	Q_{total}	$Q_{partial}$
1	0,125	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,500	0,000	0,000	0,500	0,500
2	0,070	0,096	0,000	0,000	-0,125	-0,125	0,375	0,438	1,250	1,250	0,625	0,625
3	0,080	0,101	0,025	0,075	-0,100	-0,117	0,400	0,450	1,100	1,200	0,600	0,617
4	0,077	0,100	0,036	0,080	-0,107	-0,121	0,393	0,446	1,143	1,223	0,607	0,621

Schnittkräfte vertikal

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A
1	0,064	0,000	-0,064	0,636	0,054	0,000	-0,054	0,541	-0,075	0,000	0,035	-0,751
2	0,048	-0,064	-0,064	0,757	0,040	-0,054	-0,054	0,676	-0,059	0,075	0,035	-0,938
3	0,050	-0,059	-0,064	0,757	0,042	-0,049	-0,054	0,641	-0,062	0,071	0,035	-0,906
4	0,050	-0,061	-0,064	0,773	0,042	-0,051	-0,054	0,655	-0,061	0,073	0,035	-0,923

Schnittkräfte horizontal

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A
1	0,045	0,000	-0,045	0,446	0,019	0,000	-0,019	0,190	0,004	0,000	-0,004	0,040
2	0,033	-0,045	-0,045	0,557	0,013	-0,019	-0,019	0,238	0,002	-0,004	-0,004	0,049
3	0,035	-0,041	-0,045	0,530	0,014	-0,017	-0,019	0,222	0,003	-0,003	-0,004	0,044
4	0,035	-0,043	-0,045	0,542	0,014	-0,018	-0,019	0,228	0,002	-0,003	-0,004	0,045

Zusammenfassung

n	Spannungen Feldmomente				Spannungen Stützmomente				Ausnutzungsgrad
	LC1	LC2	LC3	Max	LC1	LC2	LC3	Max	
1	4,029	2,686	-2,538	4,03	0,000	0,000	0,000	0,00	$f_{y,d} = 18,2 \text{ kN/cm}^2$ 1-Feldträger $\eta = 22 \%$
2	3,012	1,951	-2,023	3,01	-4,029	-2,686	2,538	4,03	2-Feldträger $\eta = 22 \%$
3	3,189	2,080	-2,110	3,19	-3,717	-2,441	2,424	3,72	3-Feldträger $\eta = 20 \%$
4	3,150	2,050	-2,096	3,15	-3,856	-2,540	2,497	3,86	Mehrfeldträger $\eta = 21 \%$
Spannungen Kragmomente					4,029	2,686	1,400	4,03	Auskragung $\eta = 22 \%$

Nachweis der Modulträgerprofile (zulässige Stützweiten) Solo Light (120005)

Verwendung für Dachmontage Eckbereich

Elementneigung	α	35	°	sin = 0,574	cos = 0,819
Modulhöhe	h	1,64	m	$c_{f1} = 0,47$	$c_{f2} = -1,10$
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Böengeschw.-druck 0,59 kN/m ²	
Firsthöhe über GOK	z	4,00	m	Schneelast 0,57 kN/m ²	
Spannweite	a	0,80	m		
Auskragung	a_{kr}	0,40	m		

Belastungsaufstellung

Eigenlast Module

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{sz} = 0,59 \cdot -1,10 = -0,64 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{dz} = 0,27 \cdot 0,82 = 0,22 \text{ kN/m}$$

$$W_{sz} = -0,64 \cdot 0,82 = -0,53 \text{ kN/m}$$

Profilkenngrößen

Gesamtfläche	A	= 3,01 cm ²
Widerstandsmoment	W_y	= 2,79 cm ³
Widerstandsmoment	W_z	= 2,55 cm ³

Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte

$\gamma_g = 1,35$	Zuverlässigkeitsfaktor
$\gamma_q = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50$	$K_{FI} = 1,00$ (RC2)
$\psi_{0,w} = 0,50$	
$\psi_{0,r} = 0,50$	$\gamma_g = 0,90$ für günstige Wirkung

Schnittgrößenfaktoren für Ein- und Mehrfeldträger

n	$M_{1,total}$	$M_{1,partial}$	$M_{2,total}$	$M_{2,partial}$	$M_{B,total}$	$M_{B,partial}$	A_{total}	$A_{partial}$	B_{total}	$B_{partial}$	Q_{total}	$Q_{partial}$
1	0,125	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,500	0,000	0,000	0,500	0,500
2	0,070	0,096	0,000	0,000	-0,125	-0,125	0,375	0,438	1,250	1,250	0,625	0,625
3	0,080	0,101	0,025	0,075	-0,100	-0,117	0,400	0,450	1,100	1,200	0,600	0,617
4	0,077	0,100	0,036	0,080	-0,107	-0,121	0,393	0,446	1,143	1,223	0,607	0,621

Schnittkräfte vertikal

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A
1	0,064	0,000	-0,064	0,636	0,054	0,000	-0,054	0,541	-0,058	0,000	0,026	-0,578
2	0,048	-0,064	-0,064	0,757	0,040	-0,054	-0,054	0,676	-0,046	0,058	0,026	-0,722
3	0,050	-0,059	-0,064	0,757	0,042	-0,049	-0,054	0,641	-0,048	0,055	0,026	-0,699
4	0,050	-0,061	-0,064	0,773	0,042	-0,051	-0,054	0,655	-0,047	0,057	0,026	-0,711

Schnittkräfte horizontal

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A	$M_{z-midspan}$	$M_{z-support}$	$M_{z-cantilever}$	A
1	0,045	0,000	-0,045	0,446	0,019	0,000	-0,019	0,190	0,004	0,000	-0,004	0,040
2	0,033	-0,045	-0,045	0,557	0,013	-0,019	-0,019	0,238	0,002	-0,004	-0,004	0,049
3	0,035	-0,041	-0,045	0,530	0,014	-0,017	-0,019	0,222	0,003	-0,003	-0,004	0,044
4	0,035	-0,043	-0,045	0,542	0,014	-0,018	-0,019	0,228	0,002	-0,003	-0,004	0,045

Zusammenfassung

n	Spannungen Feldmomente				Spannungen Stützmomente				Ausnutzungsgrad
	LC1	LC2	LC3	Max	LC1	LC2	LC3	Max	
1	4,029	2,686	-1,917	4,03	0,000	0,000	0,000	0,00	$f_{y,d} = 18,2 \text{ kN/cm}^2$ 1-Feldträger $\eta = 22 \%$
2	3,012	1,951	-1,547	3,01	-4,029	-2,686	1,917	4,03	2-Feldträger $\eta = 22 \%$
3	3,189	2,080	-1,609	3,19	-3,717	-2,441	1,843	3,72	3-Feldträger $\eta = 20 \%$
4	3,150	2,050	-1,600	3,15	-3,856	-2,540	1,896	3,86	Mehrfeldträger $\eta = 21 \%$
Spannungen Kragmomente					4,029	2,686	1,090	4,03	Auskragung $\eta = 22 \%$

Dachhakenkonfigurator



Stand	22.09.2016
Version	2.9.0.3

Vorbemerkungen

Die nachstehenden Berechnungen gelten für reguläre Bedingungen und für als Mehrfeldträger ausgeführte Montagesysteme. Bei Standorten mit speziellen Geländeformationen sind ergänzende Untersuchungen bezüglich der anzusetzenden Windlasten erforderlich.

Kunde Karl Mustermann

Auftrag

Postleitzahl Bauort **39307 Genthin**

52,3805 ° nördl. Breite

12,1756 ° östl. Länge

Statisches System

Satteldach Aufsitzen



Dachhaken Rapid2+ 55

Lastannahmen nach DIN-EN 1991

Modulgewicht g **0,12** kN/m²

Schneelast s **0,57** kN/m²

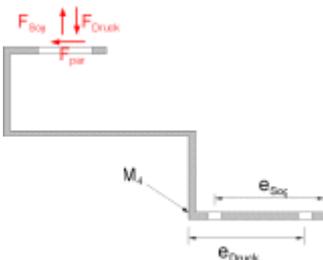
Böengeschw.-druck q **0,59** kN/m²

Erforderliche Anzahl der Dachhaken in den verschiedenen Dachzonenbereichen



Erforderliche Anzahl Dachhaken (Mitte)	1,29 Stk.
Tatsächlich verbaut	1,84 Stk./m ²
Möglicher seitlicher Überspannmaß (Rand)	0,44 m
Einschraubtiefe der Holzschrauben	60 mm
Verdichtung Randbereich	100 %
Verdichtung Eckbereich	100 %

Vertikal
36,8 kg
Horizontal
25,8 kg



Nachweis des Dachhakens Dachhaken Rapid2+ 55 (101003-000)

Verwendung für Dachmontage auf Satteldach Bereich H

Elementneigung	α	35	°	$\sin = 0,574$	$\cos = 0,819$
Schneelast	s	0,57	kN/m ²	$c_{p1} = 0,47$	$c_{p2} = -0,83$
Höhe über GOK	z	4,00	m	Grundwert der Windlast 0,59 kN/m ²	
Modulhöhe	h	1,64	m	Rastermaß Unterbau 0,80 m	
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Auskragung 0,40 m	

Belastungsaufstellung pro Quadratmeter Dachfläche

Modulgewicht

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

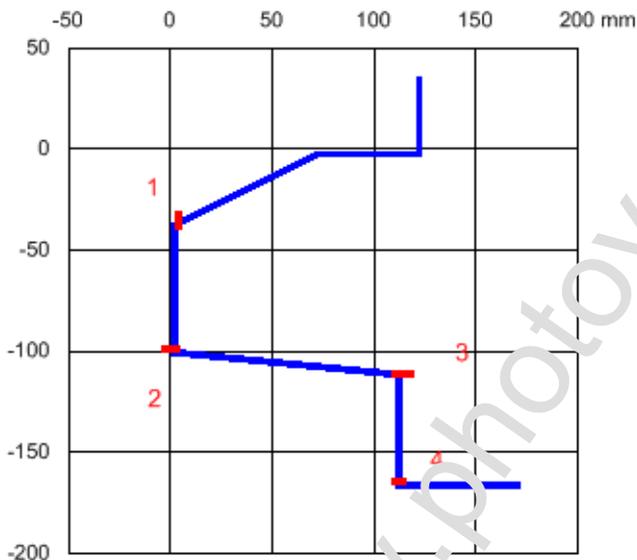
$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Windsog

$$w_{sz} = 0,59 \cdot -0,83 = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

Profilkenngrößen

Schematische Darstellung des Profils mit Angabe der maßgeblichen Schnitte:



Blechdicke	t = 0,6	cm
Querschnittsfläche	A = 2,1	cm ²
Hakenbreite	b = 3,5	cm
Widerstandsmoment	W = 0,210	cm ³

Bei der Ermittlung der Beanspruchungen wird die Behinderung der Verdrehungen des oberen Schenkels durch das aufnehmende Profil berücksichtigt. Es wird eine Teileinspannung von 70 % angesetzt.

Schnittgrößenfaktoren für Ein- und Zwei- und Dreifeldträger

n	Kraftfaktoren			
	A _{total}	A _{partial}	B _{total}	B _{partial}
1	0,500	0,500	0,000	0,000
2	0,375	0,438	1,250	1,250
3	0,400	0,450	1,100	1,200

Lastkombinationen

$$\text{Lastkombination 1: } 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot s + 0,60 \cdot 1,50 \cdot w$$

$$\text{Lastkombination 2: } 1,35 \cdot g + 0,50 \cdot 1,50 \cdot s + 1,50 \cdot w$$

$$\text{Lastkombination 3: } 0,90 \cdot g + 1,50 \cdot w$$

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	Senkrecht		Waagrecht		Senkrecht		Waagrecht		Senkrecht		Waagrecht	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0,636	0,636	0,446	0,446	0,272	0,272	0,190	0,190	0,056	0,056	0,040	0,040
2	0,593	0,796	0,415	0,557	0,250	0,340	0,175	0,238	0,049	0,071	0,035	0,049
3	0,602	0,757	0,421	0,530	0,254	0,318	0,178	0,222	0,051	0,062	0,036	0,044

Schnittgrößen für

Teileinspannung durch Verformungsbehinderung infolge Querträger 70 %

		Lastkombination 1		Lastkombination 2		Lastkombination 3		Maßg. Komb.	
		Lager A	Lager B	Lager A	Lager B	Lager A	Lager B	A	B
Schnitt 1	e _{hor} mm	140		140		140		Abs. Wert	
	e _{vert} mm	86		86		86			
	M kNcm	4,13	5,20	1,74	2,18	0,35	0,43	4,13	5,20
	N kN	-0,42	-0,53	-0,18	-0,22	-0,04	-0,04	-0,42	-0,53
Schnitt 2	e _{hor} mm	140		140		140			
	e _{vert} mm	116		116		125			
	M kNcm	2,89	3,64	1,22	1,53	0,24	0,30	2,89	3,64
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Schnitt 3	e _{hor} mm	-30		-30		-30			
	e _{vert} mm	125		125		125			
	M kNcm	4,13	5,20	1,74	2,18	0,35	0,43	4,13	5,20
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Schnitt 4	e _{hor} mm	-30		-30		-30			
	e _{vert} mm	180		180		180			
	M kNcm	6,44	8,11	2,72	3,40	0,54	0,67	6,44	8,11
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Max. Belastung M =								6,44	8,11
N =								-0,60	-0,76

Spannung

$$\sigma = N / A + M / W \quad A = 2,10 \text{ cm}^2 \quad W = 0,210 \text{ cm}^3$$

Mit Ausnahme von einer evtl. vorhandenen Schweißverbindung in Schnitt 4 darf die plastische Reserve mit $W_{pl} = 1,25 W_{el}$ Angesetzt werden.

Fußplatte geschweißt Ja

$$R_{p0,2} = 46,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Zulässige Spannung} \quad \text{zul } \sigma = 46,00 \text{ kN/cm}^2$$

(Sicherheitsbeiwert für Bauteile ohne Stabilitätsgefahr)

$$\text{Zulässige Lastezugsfläche pro Haken: } A = \text{zul } \sigma_e / \text{vorh } \sigma$$

$$\text{Erforderliche Anzahl pro m}^2 \text{ Dachfläche } n = 1 / A$$

	Lager A		Lager B	
	σ kN/cm ²	n	σ kN/cm ²	n
Schnitt 1	15,94	0,3	20,08	0,4
Schnitt 2	11,30	0,2	14,22	0,3
Schnitt 3	16,01	0,3	20,06	0,4
Schnitt 4	30,97	0,7	39,00	0,8
max n		0,7		0,8

$$\text{Mögliche Auskrägung} \quad a_{kr} = 0,439 \text{ m}$$

(Randlager haben geringere Lasten durch die Durchlaufwirkung)

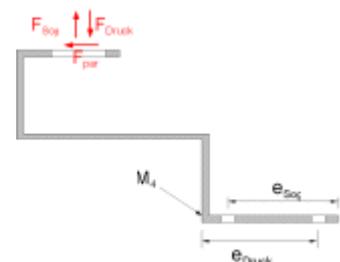
Mittellager 0,8 Dachhaken pro 0,66 m²

Randlager 0,7 Dachhaken pro 0,66 m²

Rastermaß Unterbau $a = 0,80 \text{ m}$

Modulhöhe $h = 1,64 \text{ m}$

t _{erf} mm	Lager A	Lager B
Schnitt 1	3,2	3,6
Schnitt 2	2,7	3,0
Schnitt 3	3,2	3,6
Schnitt 4	4,9	5,6
max n	4,9	5,6



Anschluss an die Unterkonstruktion: (nach DIN 1052)

$e_D = 50 \text{ mm} \quad e_S = 50 \text{ mm}$

Belastung	Parallel zur DF: $P_{d,par} / 1,5 = 0,42 \text{ kN}$	$F_{\text{Abscheren}} =$	$0,42 \text{ kN}$	Charakteristisch
	Druck $M_{4D} = 6,38 \text{ kNcm} \Rightarrow$	$F_{\text{Zug}} = M_{4D} / e_{\text{Druck}} =$	$1,28 \text{ kN}$	Charakteristisch
	Zug $M_{4S} = 0,52 \text{ kNcm} \Rightarrow$	$F_{\text{Zug}} = M_{4S} / e_{\text{Zug}} =$	$0,09 \text{ kN}$	Charakteristisch

Gewählt 2 Holzschrauben $\varnothing 8,0$

Abscheren $\text{zul } N_A = n \cdot 1,25 \cdot 17 \cdot d_s^2 \cdot s / (8 \cdot d_s) = 2,55 \text{ kN}$

Zug $\text{zul } N_Z = n_{\text{Zug}} \cdot 3 \cdot s_g \cdot d_s = 1,44 \text{ kN}$

Einschraubtiefe $s_{\min} = 54 \text{ mm}$

$s_{\text{gew}} = 60 \text{ mm}$

$s_{\max} = 96 \text{ mm}$

www.photovolttaik4all.de

Nachweis des Dachhakens Dachhaken Rapid2+ 55 (101003-000)

Verwendung für Dachmontage auf Satteldach Bereich G

Elementneigung	α	35	°	$\sin = 0,574$	$\cos = 0,819$
Schneelast	s	0,57	kN/m ²	$c_{p1} = 0,47$	$c_{p2} = -1,40$
Höhe über GOK	z	4,00	m	Grundwert der Windlast 0,59 kN/m ²	
Modulhöhe	h	1,64	m	Rastermaß Unterbau 0,80 m	
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Auskragung 0,40 m	

Belastungsaufstellung pro Quadratmeter Dachfläche

Modulgewicht

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

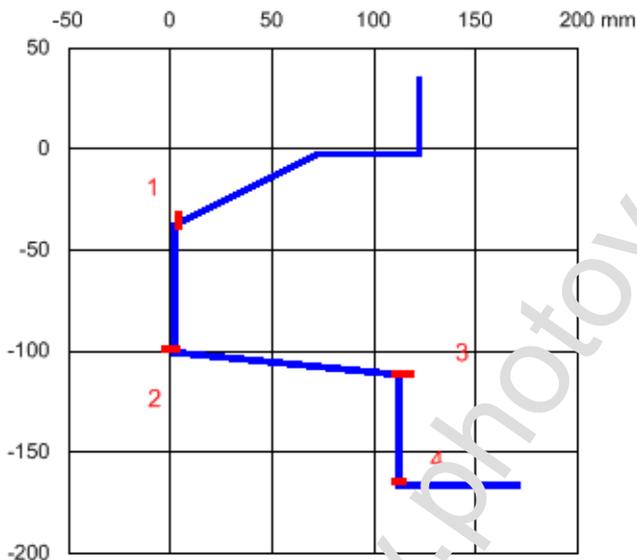
$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Windsog

$$w_{sz} = 0,59 \cdot -1,40 = -0,82 \text{ kN/m}^2$$

Profilkenngrößen

Schematische Darstellung des Profils mit Angabe der maßgeblichen Schnitte:



Blechdicke	t = 0,6	cm
Querschnittsfläche	A = 2,1	cm ²
Hakenbreite	b = 3,5	cm
Widerstandsmoment	W = 0,210	cm ³

Bei der Ermittlung der Beanspruchungen wird die Behinderung der Verdrehungen des oberen Schenkels durch das aufnehmende Profil berücksichtigt. Es wird eine Teileinspannung von 70 % angesetzt.

Schnittgrößenfaktoren für Ein- und Zwei- und Dreifeldträger

n	Kraftfaktoren			
	A _{total}	A _{partial}	B _{total}	B _{partial}
1	0,500	0,500	0,000	0,000
2	0,375	0,438	1,250	1,250
3	0,400	0,450	1,100	1,200

Lastkombinationen

$$\text{Lastkombination 1: } 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot s + 0,60 \cdot 1,50 \cdot w$$

$$\text{Lastkombination 2: } 1,35 \cdot g + 0,50 \cdot 1,50 \cdot s + 1,50 \cdot w$$

$$\text{Lastkombination 3: } 0,90 \cdot g + 1,50 \cdot w$$

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	Senkrecht		Waagrecht		Senkrecht		Waagrecht		Senkrecht		Waagrecht	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0,636	0,636	0,446	0,446	0,272	0,272	0,190	0,190	0,056	0,056	0,040	0,040
2	0,593	0,796	0,415	0,557	0,250	0,340	0,175	0,238	0,049	0,071	0,035	0,049
3	0,602	0,757	0,421	0,530	0,254	0,318	0,178	0,222	0,051	0,062	0,036	0,044

Schnittgrößen für

Teileinspannung durch Verformungsbehinderung infolge Querträger 70 %

		Lastkombination 1		Lastkombination 2		Lastkombination 3		Maßg. Komb.	
		Lager A	Lager B	Lager A	Lager B	Lager A	Lager B	A	B
Schnitt 1	e _{hor} mm	140		140		140		Abs. Wert	
	e _{vert} mm	86		86		86			
	M kNcm	4,13	5,20	1,74	2,18	0,35	0,43	4,13	5,20
	N kN	-0,42	-0,53	-0,18	-0,22	-0,04	-0,04	-0,42	-0,53
Schnitt 2	e _{hor} mm	140		140		140			
	e _{vert} mm	116		116		125			
	M kNcm	2,89	3,64	1,22	1,53	0,24	0,30	2,89	3,64
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Schnitt 3	e _{hor} mm	-30		-30		-30			
	e _{vert} mm	125		125		125			
	M kNcm	4,13	5,20	1,74	2,18	0,35	0,43	4,13	5,20
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Schnitt 4	e _{hor} mm	-30		-30		-30			
	e _{vert} mm	180		180		180			
	M kNcm	6,44	8,11	2,72	3,40	0,54	0,67	6,44	8,11
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Max. Belastung M =								6,44	8,11
N =								-0,60	-0,76

Spannung

$$\sigma = N / A + M / W \quad A = 2,10 \text{ cm}^2 \quad W = 0,210 \text{ cm}^3$$

Mit Ausnahme von einer evtl. vorhandenen Schweißverbindung in Schnitt 4 darf die plastische Reserve mit $W_{pl} = 1,25 W_{el}$ Angesetzt werden.

Fußplatte geschweißt Ja

$$R_{p0,2} = 46,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Zulässige Spannung} \quad \text{zul } \sigma = 46,00 \text{ kN/cm}^2$$

(Sicherheitsbeiwert für Bauteile ohne Stabilitätsgefahr)

$$\text{Zulässige Lastezugsfläche pro Haken: } A = \text{zul } \sigma_e / \text{vorh } \sigma$$

$$\text{Erforderliche Anzahl pro m}^2 \text{ Dachfläche } n = 1 / A$$

	Lager A		Lager B	
	σ kN/cm ²	n	σ kN/cm ²	n
Schnitt 1	15,94	0,3	20,08	0,4
Schnitt 2	11,30	0,2	14,22	0,3
Schnitt 3	16,01	0,3	20,06	0,4
Schnitt 4	30,97	0,7	39,00	0,8
max n		0,7		0,8

$$\text{Mögliche Auskrägung} \quad a_{kr} = 0,439 \text{ m}$$

(Randlager haben geringere Lasten durch die Durchlaufwirkung)

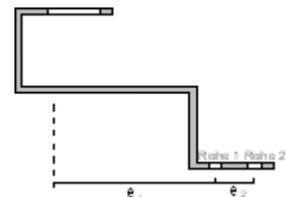
Mittellager 0,8 Dachhaken pro 0,66 m²

Randlager 0,7 Dachhaken pro 0,66 m²

Rastermaß Unterbau $a = 0,80 \text{ m}$

Modulhöhe $h = 1,64 \text{ m}$

t _{erf} mm	Lager A	Lager B
Schnitt 1	3,2	3,6
Schnitt 2	2,7	3,0
Schnitt 3	3,2	3,6
Schnitt 4	4,9	5,6
max n	4,9	5,6



Anschluss an die Unterkonstruktion: (nach DIN 1052)

$e_D = 50 \text{ mm} \quad e_S = 50 \text{ mm}$

Belastung	Parallel zur DF: $P_{d,par} / 1,5 = 0,42 \text{ kN}$	$F_{\text{Abscheren}} =$	$0,42 \text{ kN}$	Charakteristisch
	Druck $M_{4D} = 6,38 \text{ kNcm} \Rightarrow$	$F_{\text{Zug}} = M_{4D} / e_{\text{Druck}} =$	$1,28 \text{ kN}$	Charakteristisch
	Zug $M_{4S} = 0,52 \text{ kNcm} \Rightarrow$	$F_{\text{Zug}} = M_{4S} / e_{\text{Zug}} =$	$0,09 \text{ kN}$	Charakteristisch

Gewählt 2 Holzschrauben $\varnothing 8,0$

Abscheren $zul N_A = n \cdot 1,25 \cdot 17 \cdot d_s^2 \cdot s / (8 \cdot d_s) = 2,55 \text{ kN}$

Zug $zul N_Z = n_{\text{Zug}} \cdot 3 \cdot s_g \cdot d_s = 1,44 \text{ kN}$

Einschraubtiefe $s_{\min} = 54 \text{ mm}$

$s_{\text{gew}} = 60 \text{ mm}$

$s_{\max} = 96 \text{ mm}$

www.photovolttaik4all.de

Nachweis des Dachhakens Dachhaken Rapid2+ 55 (101003-000)

Verwendung für Dachmontage auf Satteldach Bereich F

Elementneigung	α	35	°	$\sin = 0,574$	$\cos = 0,819$
Schneelast	s	0,57	kN/m ²	$c_{p1} = 0,47$	$c_{p2} = -1,10$
Höhe über GOK	z	4,00	m	Grundwert der Windlast 0,59 kN/m ²	
Modulhöhe	h	1,64	m	Rastermaß Unterbau 0,80 m	
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Auskrägung 0,40 m	

Belastungsaufstellung pro Quadratmeter Dachfläche

Modulgewicht

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Winddruck

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

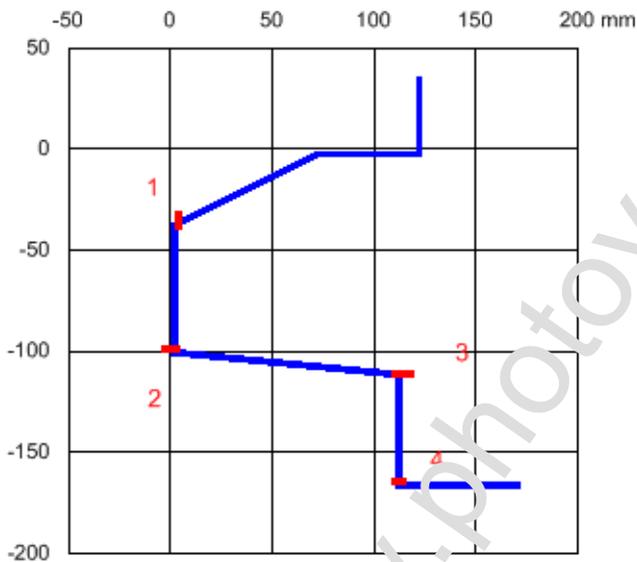
$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Windsog

$$w_{sz} = 0,59 \cdot -1,10 = -0,64 \text{ kN/m}^2$$

Profilkenngrößen

Schematische Darstellung des Profils mit Angabe der maßgeblichen Schnitte:



Blechdicke	t = 0,6	cm
Querschnittsfläche	A = 2,1	cm ²
Hakenbreite	b = 3,5	cm
Widerstandsmoment	W = 0,210	cm ³

Bei der Ermittlung der Beanspruchungen wird die Behinderung der Verdrehungen des oberen Schenkels durch das aufnehmende Profil berücksichtigt. Es wird eine Teileinspannung von 70 % angesetzt.

Schnittgrößenfaktoren für Ein- und Zwei- und Dreifeldträger

n	Kraftfaktoren			
	A _{total}	A _{partial}	B _{total}	B _{partial}
1	0,500	0,500	0,000	0,000
2	0,375	0,438	1,250	1,250
3	0,400	0,450	1,100	1,200

Lastkombinationen

$$\text{Lastkombination 1: } 1,35 \cdot g + 1,50 \cdot s + 0,60 \cdot 1,50 \cdot w$$

$$\text{Lastkombination 2: } 1,35 \cdot g + 0,50 \cdot 1,50 \cdot s + 1,50 \cdot w$$

$$\text{Lastkombination 3: } 0,90 \cdot g + 1,50 \cdot w$$

n	Lastkombination 1				Lastkombination 2				Lastkombination 3			
	Senkrecht		Waagrecht		Senkrecht		Waagrecht		Senkrecht		Waagrecht	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0,636	0,636	0,446	0,446	0,272	0,272	0,190	0,190	0,056	0,056	0,040	0,040
2	0,593	0,796	0,415	0,557	0,250	0,340	0,175	0,238	0,049	0,071	0,035	0,049
3	0,602	0,757	0,421	0,530	0,254	0,318	0,178	0,222	0,051	0,062	0,036	0,044

Schnittgrößen für

Teileinspannung durch Verformungsbehinderung infolge Querträger 70 %

		Lastkombination 1		Lastkombination 2		Lastkombination 3		Maßg. Komb.	
		Lager A	Lager B	Lager A	Lager B	Lager A	Lager B	A	B
Schnitt 1	e _{hor} mm	140		140		140		Abs. Wert	
	e _{vert} mm	86		86		86			
	M kNcm	4,13	5,20	1,74	2,18	0,35	0,43	4,13	5,20
	N kN	-0,42	-0,53	-0,18	-0,22	-0,04	-0,04	-0,42	-0,53
Schnitt 2	e _{hor} mm	140		140		140			
	e _{vert} mm	116		116		125			
	M kNcm	2,89	3,64	1,22	1,53	0,24	0,30	2,89	3,64
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Schnitt 3	e _{hor} mm	-30		-30		-30			
	e _{vert} mm	125		125		125			
	M kNcm	4,13	5,20	1,74	2,18	0,35	0,43	4,13	5,20
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Schnitt 4	e _{hor} mm	-30		-30		-30			
	e _{vert} mm	180		180		180			
	M kNcm	6,44	8,11	2,72	3,40	0,54	0,67	6,44	8,11
	N kN	-0,60	-0,76	-0,25	-0,32	-0,05	-0,06	-0,60	-0,76
Max. Belastung M =								6,44	8,11
N =								-0,60	-0,76

Spannung

$$\sigma = N / A + M / W \quad A = 2,10 \text{ cm}^2 \quad W = 0,210 \text{ cm}^3$$

Mit Ausnahme von einer evtl. vorhandenen Schweißverbindung in Schnitt 4 darf die plastische Reserve mit $W_{pl} = 1,25 W_{el}$ Angesetzt werden.

Fußplatte geschweißt Ja

$$R_{p0,2} = 46,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Zulässige Spannung} \quad \text{zul } \sigma = 46,00 \text{ kN/cm}^2$$

(Sicherheitsbeiwert für Bauteile ohne Stabilitätsgefahr)

$$\text{Zulässige Lastezugsfläche pro Haken: } A = \text{zul } \sigma_e / \text{vorh } \sigma$$

$$\text{Erforderliche Anzahl pro m}^2 \text{ Dachfläche } n = 1 / A$$

	Lager A		Lager B	
	σ kN/cm ²	n	σ kN/cm ²	n
Schnitt 1	15,94	0,3	20,08	0,4
Schnitt 2	11,30	0,2	14,22	0,3
Schnitt 3	16,01	0,3	20,06	0,4
Schnitt 4	30,97	0,7	39,00	0,8
max n		0,7		0,8

$$\text{Mögliche Auskrägung} \quad a_{kr} = 0,439 \text{ m}$$

(Randlager haben geringere Lasten durch die Durchlaufwirkung)

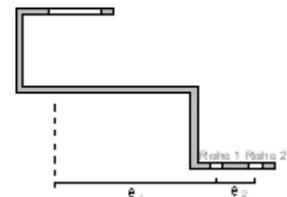
Mittellager 0,8 Dachhaken pro 0,66 m²

Randlager 0,7 Dachhaken pro 0,66 m²

Rastermaß Unterbau $a = 0,80 \text{ m}$

Modulhöhe $h = 1,64 \text{ m}$

t _{erf} mm	Lager A	Lager B
Schnitt 1	3,2	3,6
Schnitt 2	2,7	3,0
Schnitt 3	3,2	3,6
Schnitt 4	4,9	5,6
max n	4,9	5,6



Anschluss an die Unterkonstruktion: (nach DIN 1052)

$$e_D = 50 \text{ mm} \quad e_S = 50 \text{ mm}$$

Belastung	Parallel zur DF: $P_{d,par} / 1,5 = 0,42 \text{ kN}$	$F_{\text{Abscheren}} =$	$0,42 \text{ kN}$	Charakteristisch
	Druck $M_{4D} = 6,38 \text{ kNcm} \Rightarrow$	$F_{\text{Zug}} = M_{4D} / e_{\text{Druck}} =$	$1,28 \text{ kN}$	Charakteristisch
	Zug $M_{4S} = 0,52 \text{ kNcm} \Rightarrow$	$F_{\text{Zug}} = M_{4S} / e_{\text{Zug}} =$	$0,09 \text{ kN}$	Charakteristisch

Gewählt 2 Holzschrauben $\varnothing 8,0$

Abscheren
$$\text{zul } N_A = n \cdot 1,25 \cdot 17 \cdot d_s^2 \cdot s / (8 \cdot d_s) = 2,55 \text{ kN}$$

Zug
$$\text{zul } N_Z = n_{\text{Zug}} \cdot 3 \cdot s_g \cdot d_s = 1,44 \text{ kN}$$

Einschraubtiefe $s_{\min} = 54 \text{ mm}$

$s_{\text{gew}} = 60 \text{ mm}$

$s_{\max} = 96 \text{ mm}$

www.photovolttaik4all.de

Nachweis der Verbindungen

Elementneigung	α	35	°	sin = 0,574	cos = 0,819	
Schneelast	s	0,57	kN/m ²	Böengeschw.-druck		0,59 kN/m ²
Firsthöhe über GOK	z	4,00	m	Zone F	$c_{p,1} = -1,50$	Druckbeiwerte $C_{pe,1}$
Modulhöhe	h	1,64	m	Zone G	$c_{p,1} = -2,00$	
Modulgewicht	g	0,12	kN/m ²	Zone H	$c_{p,1} = -1,20$	

Belastungsaufstellung

Eigenlast Module

$$g_v = 0,12 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$g_z = 0,12 \cdot 0,819 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$g_y = 0,12 \cdot 0,574 = 0,07 \text{ kN/m}^2$$

Schneelast

$$s_v = 0,57 \cdot 1,00 \cdot 0,819 = 0,46 \text{ kN/m}^2$$

$$s_z = 0,46 \cdot 0,819 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

$$s_y = 0,46 \cdot 0,574 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

Windsog

$$w_{dz} = 0,59 \cdot 0,47 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{sz} = 0,59 \cdot c_{p1}$$

Modulklemmen gemäß bauaufsichtlicher Zulassung Z-14.4-631

Mittelklemmen		Randklemmen	
$F_{R,d}$ kN	$V_{R,d}$ kN	$F_{R,d}$ kN	$V_{R,d}$ kN
4,96	0,53	2,36	0,78

Modulfläche $A = 1,63 \text{ m}^2$
 Reibschluss $V = 0,09 \text{ kN}$ ($F_{S,d} \cdot \mu$)

Schnittkräfte an den Modulklemmen

	$V_{S,d}$ kN	$F_{S,d}$ kN		
		Zone F	Zone G	Zone H
Mittelklemmen	0,31	0,97	1,32	0,75
Randklemmen	0,16	0,48	0,66	0,38

$V_{S,d} = V_{S,dy} - F_{S,dz} \cdot \mu$ ($\mu = 0,25$)
 Ausnutzungsgrad 58,7 %
 Ausnutzungsgrad 28,1 %

Schraubenanschlüsse gemäß allg. bauaufsichtlicher Zulassung Z-14.4-639 Anlage 7

Zugfestigkeit	$Z_{Rd} = 5,10 \text{ kN}$
Schubfestigkeit	$V_{Rd} = 2,00 \text{ kN}$

Bemessungswert der einwirkenden Kräfte

	kN	LC1	LC2	Zone F	Zone G	Zone H	η
Vertikalkräfte	$N_{S,d}$	0,64	0,27	0,06	0,06	0,06	0,9
Schubkräfte	$V_{S,d}$	0,45	0,19	0,04	0,04	0,04	22,3