

SCHLETTER

The Solar Mounting Group

Schletter GmbH

Gewerbegebiet B15

Alustraße 1

D-83527 Kirchdorf/Haag i. OB

Tel.: +498072 9191-231

Fax: +498072 9191-9231

info.de@schletter-group.com

<https://www.schletter.eu/>

**Planungsunterlagen für das Tragsystem zur Aufnahme von
Solarmodulen FS-Uno 2V**

**Projekt: 01-4558 FS Ófehértó -
46039658 - FS2V-Uno-Combi-25°-20 -**

Modultyp: CS6P-P 1638 x 982



Im Auftrag

Wagner Solar

Fóti út 92
H-2120



Statische Berechnungen (FS2V) (Randbereich)

Für die Aufstellung von Photovoltaik-Modulen auf Freiflächen

Projekt 01-4558 FS Ófehértó - 46039658 - FS2V-Uno-Combi-25°-20 - Wagner Solar
H-4558 Ófehértó

Auftraggeber Schletter GmbH
Gewerbegebiet B15
Alustraße 1
D-83527 Kirchdorf/Haag in Oberbayern

Bauherr Wagner Solar
Fóti út 92
H-2120

Entwurf Schletter GmbH
Gewerbegebiet B15
Alustraße 1
D-83527 Kirchdorf/Haag in Oberbayern

Tragwerksplanung Dr. Zapfe GmbH
Ingenieurbüro für konstruktiven Ingenieurbau und Solartechnik
Gewerbegebiet B15
Alustraße 1
D-83527 Kirchdorf/Haag in Oberbayern

Die statische Berechnung umfasst folgende Seiten:
Statik: Seiten 1 - 11
Anhang

Datum 17.05.2017

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines	3
1.1 Beschreibung der Baumaßnahme	3
1.2 Konstruktion	3
1.3 Technische Regelwerke	3
2 Einwirkungen	4
2.1 Ständige Lasten	4
2.2 Schneelasten	4
2.3 Windlasten	4
2.4 Einwirkungskombinationen	5
3 Statische Berechnungen	5
3.1 Pfetten	5
3.2 Nachweis der Querriegel	7
3.3 Stützstab	8
4 Nachweis der Rammstützen	9
5 Nachweis der Anschlüsse und Verbindungen	10
5.1 Anschluss der Module auf die Pfetten und der Pfetten auf die Querriegel	10
5.2 Anschluss des Binders an das Rammfundament	10

1 Allgemeines

1.1 Beschreibung der Baumaßnahme

Die vorliegende statische Berechnung umfasst die Ermittlung der Schnittgrößen und die Nachweise der Standsicherheit für eine Solartragkonstruktion, die auf freiem Feld errichtet wird.

H-4558 Ófehértó

Höhe über NN < 135

1.2 Konstruktion

Bei der Tragkonstruktion handelt es sich um eine geneigte Konstruktion, bei der die Solarelemente mittels Klemmen an Pfetten fixiert werden. Die Pfetten liegen im Rasterabstand der Unterstützungsstruktur auf Bindern, die in diskreten Abständen unterstützt sind.

Die Solarelemente verfügen über folgende Abmessungen:

$h = 1638,00 \text{ mm}$ $b = 982,00 \text{ mm}$ $d = 982,00 \text{ mm}$

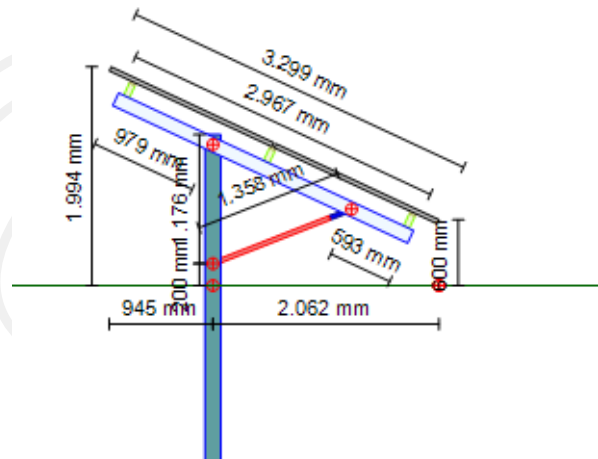
Solarmodule / Modulreihe $x = 20$
 Solarmodule übereinander $y = 2$
 Modulleistung 270Wp

Gesamtabmessungen des Solarmodul

$L = 20,08 \text{ m}$ Tischlänge
 $B = 2,99 \text{ m}$ Projektion Modulfläche
 $H = 3,30 \text{ m}$ Höhe Modulfläche
 $h = 1,99 \text{ m}$ Tischhöhe

Modultyp CS6P-P
 Anlagengröße 0,58 MWp
 Anzahl der Tische 54

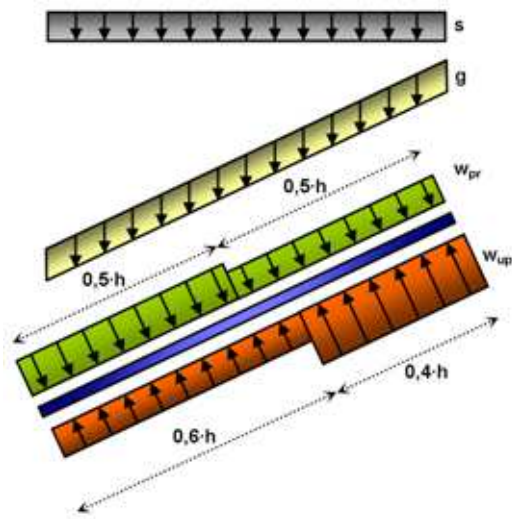
Anzahl der Stützquerschnitte 6
 Anzahl der Felder 5
 Stützweite der Riegel 3,45 m
 Kragarme der Pfette 1,41 m Beidseitig
 Neigungswinkel der Module gegen die Horizontal $\beta = 25^\circ$
 Mindesthöhe Modulvorderkante $h_{\min} = 60,00 \text{ cm}$



1.3 Technische Regelwerke

- MSZ-EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung
- MSZ-EN 1991-1-3/NA Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten
- MSZ-EN 1991-1-4/NA Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- MSZ-EN 1993 Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken aus Stahl
- MSZ-EN 1997 Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- MSZ-EN 1998 Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
- MSZ-EN 1999 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Bauwerken aus Aluminium
- MSZ-EN 1090 Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken
- Ausführungsklasse EXC2
- MSZ-EN ISO 14713 Zinküberzüge - Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion

2 Einwirkungen



Mit:

 β ° Neigungswinkel zur Horizontaleg kN/m^2 Nach MSZ EN 1991-1
Nach Herstellerzertifikats kN/m^2 MSZ EN 1991-1-3/NAw kN/m^2 MSZ EN 199-1-4/NAW kN/m^2 MSZ EN 199-1-4/NA

2.1 Ständige Lasten

g = $0,11 \text{ kN/m}^2$ Eigengewicht der Solarelemente nach Herstellerangaben/Herstellerzertifika

2.2 Schneelasten Schneelastzone

 $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$ $\mu = 0,80$ $s = s_k \cdot \mu = 1,00 \text{ kN/m}^2$

2.3 Windlasten Windlasten Geländekategorie III

Höhe über GOK: $z < 2,0 \text{ m}$ $v_{\text{ref}} = 20 \text{ m/s}$ $q_{\text{ref}} = 0,25 \text{ kN/m}^2$ $q_{(z)} = 0,32 \text{ kN/m}^2$ (Böengeschwindigkeitsdruck)

Windkräfte

Kraftbeiwerte:

 $C_{f1} = 1,40$ $C_{f2} = -1,36$

Druckbeiwerte:

Oben $C_{p,\text{net}} = 1,70$ Belastend $C_{p,\text{net}} = -1,90$ AbhebendMitte $C_{p,\text{net}} = 1,70$ Belastend $C_{p,\text{net}} = -1,90$ AbhebendUnten $C_{p,\text{net}} = 1,70$ Belastend $C_{p,\text{net}} = -1,90$ Abhebend

Lasterhöhung im Randbereich seitlich

 $f_{\text{Sog}} = 1,32$ Auf einer Länge A/10 $f_{\text{Druck}} = 1,00$ Auf einer Länge A/10

2.4 Einwirkungskombinationen

Teilsicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungs- und der Widerstandsseit
Zuverlässigkeitsfaktor $K_{FI} = 0,90$

$$\gamma_g = 1,35 \quad \gamma_g = 0,90 \text{ Für günstige Wirkung}$$

$$\gamma_q = 1,50 \cdot 0,90 = 1,35$$

Kombinationsbeiwerte

$$\psi_{0,w} = 0,60$$

$$\psi_{0,s} = 0,50$$

Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden folgende Lastkombinationen betrachtet

$$\text{LK1 } \gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot s + \psi_{0,w} \cdot \gamma_q \cdot w$$

$$\text{LK2 } \gamma_g \cdot g + \psi_{0,s} \cdot \gamma_q \cdot s + \gamma_q \cdot w$$

$$\text{LK3 } 0,9 \cdot g + \gamma_q \cdot w \text{ Für abhebende Windeinwirkungen}$$

3 Statische Berechnungen

3.1 Pfetten

Zur Weiterleitung der Lasten auf die Unterstützungselemente werden Stahlpfetten eingesetzt. Diese werden aus statischer Sicht als Durchlaufträger mit beidseitiger Auskragung behandelt. Bei der Herstellung und Montage können diese als Gerberträger mit Gelenken in spezifischen Punkten gestoßen werden.

Werkstoff S500 GD $f_{y,k} = 50,00 \text{ kN/cm}^2$ $\gamma_M = 1,10$
 $f_d = 45,45$

Profil: Zeta

$$\begin{aligned} A &= 5,04 \text{ cm}^2 \\ W_y &= 18,97 \text{ cm}^3 \\ W_z &= 4,53 \text{ cm}^3 \\ I_y &= 117,80 \text{ cm}^4 \\ I_z &= 12,22 \text{ cm}^4 \\ g &= 4,03 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gesamtlänge: $l_{\text{ges}} = 20,08 \text{ m}$ $\beta = 25^\circ$
 $a = 3,45 \text{ m}$ $\sin \beta = 0,423$
 $l_{\text{kr}} = 1,41 \text{ m}$ $\cos \beta = 0,906$

Die Lasteinwirkungen aus Wind und Schnee sind bei der Ermittlung der Schnittgrößen jeweils feldweise ungünstig zu positionieren. Die Berechnung erfolgt mit den Faktoren für Durchlaufträger mit äquidistanten Stützweiten.

Biegemomentenbeiwerte

$M_{1,\text{total}}$	$M_{1,\text{partial}}$	$M_{B,\text{total}}$	$M_{B,\text{partial}}$
0,040	0,055	-0,084	-0,102

Kraftbeiwerte

A_{total}	A_{partial}	B_{total}	B_{partial}
0,910	0,527	1,000	1,110

Ständige Lasten $g_z = 0,080 \text{ kN/m}$ $g_y = 0,172 \text{ kN/m}$ Einschließlich

Schneelasten $s_z = 0,519 \text{ kN/m}$ $s_y = 1,113 \text{ kN/m}$

Windlasten Druck $W_{k,D} = 1,479 \text{ kN/m}$ $W_{k,D} = 0,738 \text{ kN/m}$

Windlasten Sog $W_{k,Z} = -1,437 \text{ kN/m}$ $W_{k,Z} = -0,825 \text{ kN/m}$

Innenpfette

LC1	$M_{1,y} = 1,487 \text{ kNm}$	$M_{1,z} = 0,511 \text{ kNm}$
LC2	$M_{1,y} = 1,256 \text{ kNm}$	$M_{1,z} = 0,281 \text{ kNm}$
LC3	$M_{1,y} = -0,654 \text{ kNm}$	$M_{1,z} = 0,035 \text{ kNm}$
LC1	$M_{A,y} = 2,332 \text{ kNm}$	$M_{A,z} = 0,809 \text{ kNm}$
LC2	$M_{A,y} = 1,979 \text{ kNm}$	$M_{A,z} = 0,458 \text{ kNm}$
LC3	$M_{A,y} = -1,310 \text{ kNm}$	$M_{A,z} = 0,072 \text{ kNm}$
LC1	$M_{B,y} = -2,782 \text{ kNm}$	$M_{B,z} = -0,959 \text{ kNm}$
LC2	$M_{B,y} = -2,354 \text{ kNm}$	$M_{B,z} = -0,534 \text{ kNm}$
LC3	$M_{B,y} = 1,197 \text{ kNm}$	$M_{B,z} = -0,087 \text{ kNm}$
LC1	$A = 4,544 \text{ kN}$	$A_h = 1,612 \text{ kN}$
LC2	$A = 3,902 \text{ kN}$	$A_h = 0,976 \text{ kN}$
LC3	$A = -1,537 \text{ kN}$	$A_h = 0,226 \text{ kN}$
LC1	$B = 8,845 \text{ kN}$	$B_h = 3,057 \text{ kN}$
LC2	$B = 7,492 \text{ kN}$	$B_h = 1,715 \text{ kN}$
LC3	$B = -3,730 \text{ kN}$	$B_h = 0,249 \text{ kN}$

**Spannungsnachweis der Pfettenprofile**

	$\max M_y$	σ_x	$\max M_z$	σ_x	$\Sigma \sigma_x$		$n [\%]$
LC 1	2,78	14,67	0,96	21,17	35,84	kN/cm ²	78,84
LC 2	2,35	12,41	0,53	11,78	24,18	kN/cm ²	53,21
LC 3	1,31	6,91	0,09	1,93	8,84	kN/cm ²	19,44

Nachweisformel

$$\frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} \leq f_d$$

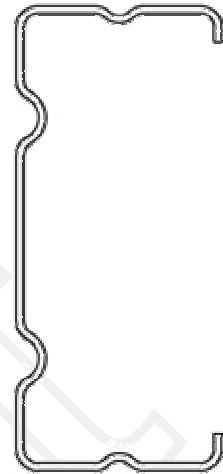
3.2 Nachweis der Querriegel

Die Übertragung der Belastungen aus den Pfetten in die Stützen erfolgt über einen geneigten Querriegel, der am gerammten Trapezprofil fixiert ist.

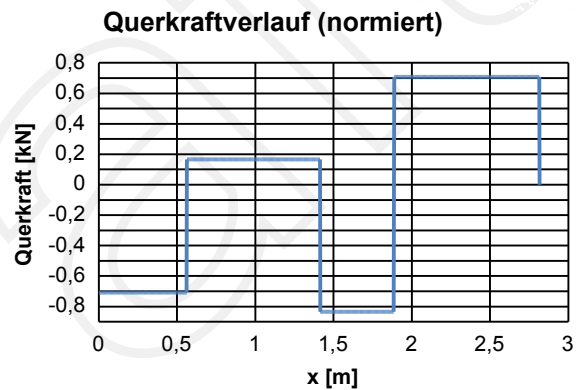
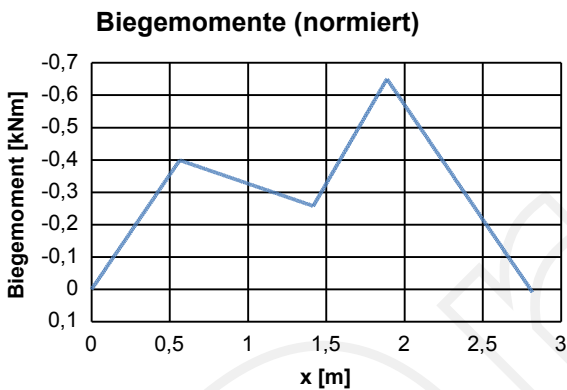
Querriegelprofil: Eta

Werkstoff S350 GD $f_{y,k} = 35,00 \text{ kN/cm}^2$
 $f_d = 31,82$

$A = 5,05 \text{ cm}^2$
 $W_y = 19,59 \text{ cm}^3$
 $W_z = 4,31 \text{ cm}^3$
 $I_y = 124,82 \text{ cm}^4$
 $I_z = 16,87 \text{ cm}^4$
 $g = 3,96 \text{ kg/m}$



Einheitsschnittgrößenverlauf mit $F = "1"$ in den Pfettenansatzpunkten



Gesamtlänge des Querriegels $l_R = 2,82 \text{ m}$
 Momenten Faktor Feldmoment $f_F = 0,01$
 Momenten Faktor $f_S = -0,40 \text{ (Links)}$ $f_S = -0,65 \text{ (Rechts)}$
 Querkraftfaktor $f_V = 1,54$
 Anschluss exzentrität Riegel $e_z = 20,00$

Für die Ermittlung der Schnittgrößen in den Unterbaukomponenten sind die Windkräfte konzentriert in den Viertelpunkten der Modulfläche anzusetzen.

Daraus ergeben sich insgesamt zwei Laststellungen der Windkräfte pro Lastkombination. Für die Ermittlung der maßgebenden Beanspruchungen sind demnach 6 Einwirkungskombinationen auszuwerten.

Schnittgrößen der Unterkonstruktion	Lastkombination 1		Lastkombination 2		Lastkombination 3		
	W_u	W_o	W_u	W_o	W_u	W_o	
Mindestwert der Normalkraft	-2,50	-2,50	-1,42	-1,42	-0,44	-0,44	kN
Maximaler Wert der Normalkraft	11,23	11,23	8,23	8,23	0,32	0,32	kN
Exzentrizitätsmoment	0,22	0,22	0,16	0,16	0,01	0,01	kNm
Maximales Feldmoment	0,31	0,31	0,24	0,24	-0,03	-0,03	kNm
Maximales Stützmoment links	-3,75	-3,75	-3,16	-3,16	0,62	0,62	kNm
Maximales Stützmoment rechts	-5,97	-5,97	-5,04	-5,04	2,43	2,43	kNm
Vertikale Auflagerkraft Stütze	13,64	13,64	11,56	11,56	-2,37	-2,37	kN
Horizontale Auflagerkraft Stütze	4,72	4,72	2,65	2,65	0,38	0,38	kN
Spannungen Feld	3,82	3,82	2,85	2,85	-0,25	-0,25	kN/cm ²
Spannungen Stützmoment links	-19,17	-19,17	-16,11	-16,11	3,16	3,16	kN/cm ²
Spannungen Stützmoment rechts	-30,50	-30,50	-25,70	-25,70	12,41	12,41	kN/cm ²

Maximales Feldmoment $M_F = \max(A;B) \cdot f_F + M_{ez} = 8,84 \cdot 0,01 + 0,22 = 0,31 \text{ kNm}$

Maximales Stützmoment $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 8,84 \cdot -0,40 + 0,01 = -3,54 \text{ kNm}$

Maximales Feldmoment $M_S = \max(A;B) \cdot f_S - M_{ez} = 8,84 \cdot -0,65 + 0,01 = -5,76 \text{ kNm}$

$$\text{Nachweis } \frac{N}{A} + \frac{M}{W_y} \leq f_d$$

Maximale Spannungen $\sigma_x = 30,50 \text{ kN/cm}^2$ Ausnutzungsgrad 95,9 %

System der Aufständering Stütze schließt bei 67 % der projizierten Länge des Riegels an
Schrägstab schließt bei 20 % der projizierten Länge des Riegels an

3.3 Stützstab QHP 60x40x3 S235

$$I_S = 120,53 \text{ cm}^4 \quad A = 5,54 \text{ cm}^2 \quad f_{0,2k} = 24,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$t = 3,00 \text{ cm} \quad I = 13,89 \text{ cm}^4 \quad i = 1,58 \text{ cm} \quad f_d = 21,82 \text{ kN/cm}^2$$

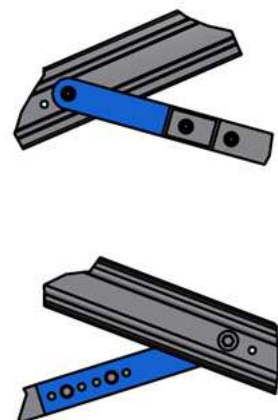
$$\begin{aligned} \max N &= 0,73 \text{ kN} & \lambda &= 76,12 & \sigma &= 0,13 \text{ kN/cm}^2 \\ \min N &= -10,17 \text{ kN} & \omega &= 2,46 & \sigma_x &= 4,51 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Ausnutzungsgrad $\eta = 20,7 \%$

Die Diagonale schließt 20,00 cm über dem Boden an die Rammstütze an

Anschlusslasche S460

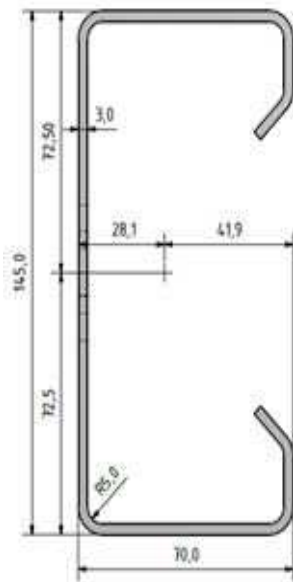
Stützenlänge	I_S	120,50 cm	β	0,7 m	k_{zz}	0,23
Laschenlänge	I_l	20,00 cm	L_{cr}	14,0 cm	$N_{cr,z}$	85,65 kN
Festigkeit	f_{yd}	41,82 kN/cm ²	i_z	0,2 cm	I_T	0,32 cm ⁴
Bemessungskraft	N_{ed}	10,17 kN	λ_l	67,00	I_z	1,30 cm ⁴
Laschenbreite	b	45,00 mm	α	0,49	i_p	1,31 cm
Laschendicke	t	6,00 mm	λ	1,21	c^2	62,40 cm ²
Querschnittsfläche	A	2,70 cm ²	ϕ	1,47	λ_{LT}	0,99
Widerstandsmoment	W	0,27 cm ³	χ	0,30	ϕ_{LT}	1,02
Trägheitsmoment	I_z	0,08 cm ⁴	$N_{b,Rd}$	33,4 kN	χ_{LT}	0,64
Exzentrizität	e	33,00 mm	C_{my}	0,40	$M_{z,Rd}$	16,94 kNm
	M_d	0,04 kNm				



$$\frac{N_{ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rd}} = \frac{10,17}{33,4} + \frac{0,85}{10,91} = 0,38 < 1$$

4 Nachweis der Rammstützen

Die Ausführung der Stütze ist durch Einsatz eines Trapezprofils vorgesehen, das mit definierter Einbindetiefe ins Erdreich gerammt wird. Dafür sind entsprechende Baugrunduntersuchungen erforderlich und Belastungsversuche zur Ermittlung der übertragbaren Beanspruchungen.



Profilkenngößen: SRF 7

$$\begin{aligned}
 b_f &= 70,00 \text{ mm} \\
 h &= 145,00 \text{ mm} \\
 s &= 3,00 \text{ mm} \\
 A &= 10,23 \text{ cm}^2 \\
 W_y &= 44,41 \text{ cm}^3 & W_z &= 18,08 \text{ cm}^3 \\
 I_y &= 321,90 \text{ cm}^4 & I_z &= 76,00 \text{ cm}^4 \\
 g &= 8,05 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Werkstoffkenngößen: S355

$$\begin{aligned}
 f_{y,k} &= 36,00 \text{ kN/m}^2 \\
 \max \sigma &= 21,92 \text{ kN/m}^2 \\
 \eta &= 67,0 \%
 \end{aligned}$$

Nicht nutzbare Bodenschicht: $t = 0,00 \text{ cm}$
 Geschätzte Einbindetiefe Hinten: $t_{\text{soil}} = 160,00 \text{ cm}$

Schnittgrößen an der Fuß einspannung	Lastkombination 1		Lastkombination 2		Lastkombination 3		
	W_u	W_o	W_u	W_o	W_u	W_o	
Normalkraft an der Einspannung	-22,06	-22,06	-17,10	-17,10	5,10	5,10	kN
Querkraft an der Einspannung	1,94	1,94	3,23	3,23	-3,14	-3,14	kN
Einspannmoment	8,78	8,78	6,10	6,10	2,96	2,96	kNm
Spannungsnachweis	21,92	21,92	15,40	15,40	7,16	7,16	kN/cm ²

Maximale Zugkraft in der Stütze $N_{\max} = 5,10 \text{ kN (3,18)}$ Zugehörig $V = 3,14 \text{ kN (2,33)}$
 Maximale Druckkraft in der Stütze $N_{\min} = -22,06 \text{ kN (-16,34)}$ Zugehörig $V = 3,23 \text{ kN (2,39)}$
 Maximales Biegemoment in der $M_e = 8,78 \text{ kNm (6,60)}$
 (Klammerwerte sind charakteristische Größen)

Für die Einspannung der Fundamentstütze im Erdreich verbleibt eine plastische Reserve von -4 %
 $M_p = 13,93 \text{ kNm}$

Nachweis in Querrichtung infolge Windbelastung

Gleitbeiwert: $f_r = 0,04$ $A_{fr} = 11,38 \text{ cm}^2$ $F_{fr} = 0,20 \text{ kN}$ $M_{fr} = 0,14 \text{ kNm}$
 $\sigma_x = 0,00 \text{ kN/cm}^2$

5 Nachweis der Anschlüsse und Verbindungen

5.1 Anschluss der Module auf die Pfetten und der Pfetten auf die Querriegel

Der Anschluss der Pfetten an die Querriegel erfolgt über Klemmverbindungen. Da ein rechnerischer Nachweis nur eingeschränkt möglich ist, wurden die Beanspruchbarkeiten der Klemmverbindungen experimentell ermittelt.

Anschluss der Module an die Pfetten $\max F_z = 0,73 \text{ kN} < P_{Rd} = 3,60 \text{ kN}$

Anschluss der Pfetten an Querriegel $\max F_z = 3,73 \text{ kN} < P_{Rd} = 11,00 \text{ kN}$

(Beanspruchbarkeiten der Verbindungen gemäß Datenblättern der Fa. Schle

5.2 Anschluss des Binders an das Rammfundament

Das wesentliche konstruktive Merkmal ist die Ausbildung des Anschlusses der geneigten Querriegel an die Stützenköpfe der Rammprofile. An die Detailausführung müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

- Übertragung der Schnittkräfte aus ungünstiger Laststellung $\Delta z = \pm 20,00 \text{ mm}$
- Ausgleich von Toleranzen aus dem Rammen der Stützprofil $\Delta z = \pm 2^\circ$
- Toleranzen in Längs- und Querrichtung $\Delta z = \pm 15,00 \text{ mm}$

Der Binder ist über einen Bolzen an eine justierbare Strebe angeschlossen, die bei der Montage eingehakt wird. Die Höhenverstellung ist über ein Langloch realisiert, bei dem die Lage über Riffelscheiben und eine geriffelte Struktur des Anschlussprofils gesichert wird. Nachgewiesen werden die Ausnutzung des Grundmaterials und die Schrauben auf Abscheren und Lochleibung.

Bolzen zur Lastübertragung

M12 A2-70

Abscheren Bolzen

$F_{v,Rd} = 34,90 \text{ kN} \quad \eta = 14,57 \%$

Lochleibung Stahl Laschen

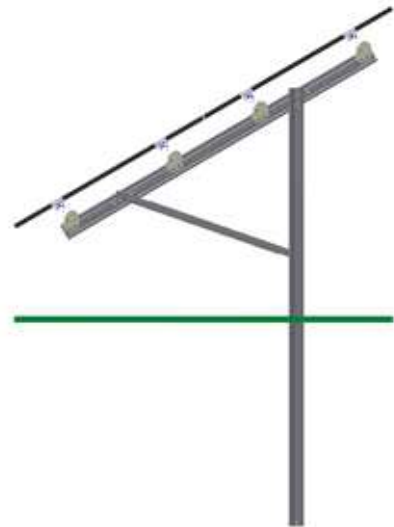
$F_{b,Rd} = 76,32 \text{ kN} \quad \eta = 13,33 \%$

Lochleibung Stahl Bandprofil

$F_{b,Rd} = 18,48 \text{ kN} \quad \eta = 55,05 \%$

Lochleibung Stahl Rammfundament

$F_{b,Rd} = 33,84 \text{ kN} \quad \eta = 15,03 \%$



	Lastkombination 1		Lastkombination 2		Lastkombination 3	
	W_u	W_o	W_u	W_o	W_u	W_o
Längskräfte (vertikal)	-17,33	-17,33	-12,99	-12,99	4,76	4,76
Querkkräfte (horizontal)	-7,07	-7,07	-4,59	-4,59	-2,49	-2,49
Resultierende R_g	18,71	18,71	13,78	13,78	5,38	5,38
Biegemoment	141,35	141,35	91,83	91,83	49,82	49,82
Spannungen im Profil	12,77	12,77	8,51	8,51	3,14	3,14
Maximalkraft Schraube aus	7,07	7,07	4,59	4,59	2,49	2,49
Bolzen	16,58	16,58	11,25	11,25	5,52	5,52

 $f_{yk} = 46,00 \text{ kN/cm}^2$ $f_d = 41,82 \text{ kN/cm}^2$ $\eta = 101,26 \%$ $\eta = 30,53 \%$ **2 Bolzen M10 8.8**

(Anschluss FG Kopf)

Abscheren Bolzen (Schraubenpaar oben)

 $F_{v,Rd} = 25,31 \text{ kN } \eta = 0,66 \%$

(Gewinde in Scherfuge)

Lochleibung Stahl Lasche

 $F_{b,Rd} = 63,60 \text{ kN } \eta = 0,26 \%$ $(f_u = 530,00 ; t_N = 6,0 \text{ mm})$

Lochleibung Stahl Rammprofil

 $F_{b,Rd} = 37,60 \text{ kN } \eta = 0,44 \%$ $(f_u = 470,00 ; t_N = 4,0 \text{ mm})$ **1 Bolzen M12 A2-70**

(Anschluss Binder an Verbindungsbauteil)

Abscheren Bolzen

 $F_{v,Rd} = 34,90 \text{ kN } \eta = 0,54 \%$

(Gewinde in Scherfuge)

Lochleibung Stahl Lasche

 $F_{b,Rd} = 76,32 \text{ kN } \eta = 0,25 \%$ $(f_u = 530,00 ; t_N = 6,0 \text{ mm})$

Lochleibung Stahl Rammprofil

 $F_{b,Rd} = 18,48 \text{ kN } \eta = 1,01 \%$ $(f_u = 550,00 ; t_N = 2,0 \text{ mm})$

Zur Verifikation der Berechnung der Anschlusskonstruktion wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Der Versuchsbericht ist im Anhang der Projektmappe aufgelistet.