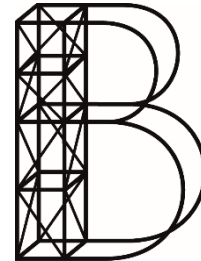


# Statische Berechnung/ *Structural Report*



**Objekt/  
Subject:** Indoor PA – Tower P6 und P6+  
Indoor PA – Tower P6 und P6+

**Entwicklung/  
Developer:** SHOWEM Veranstaltungstechnik GmbH  
Gutenbergstraße 12  
85098 Großmehring

**Hersteller/  
Manufacturer:** H.O.F.-Alutec GmbH & Co. KG  
Brookstr. 8  
49497 Mettingen

**Aufsteller/  
Structural Engineer:** Dipl.- Ing. T. Brandt  
Brookstr. 8  
49497 Mettingen  
Tel. 05452/ 935082 Fax. - / 935083

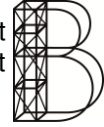
Aufgestellt: im Dezember 2017  
*created in: December 2017*

Statik Baukonstruktion  
Dipl. Ing. Thomas Brandt  
Brookstr. 8 49497 Mettingen  
Tel. 05452/935082 Fax / 935083



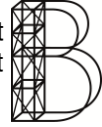
Der Nachweis umfasst 10 Seiten.  
*This report includes 10 pages.*

Auftrags-Nr.: 17199  
job numer: 17199  
Bearbeiter/ case handler: Br



## **Inhaltsverzeichnis/ table of contents**

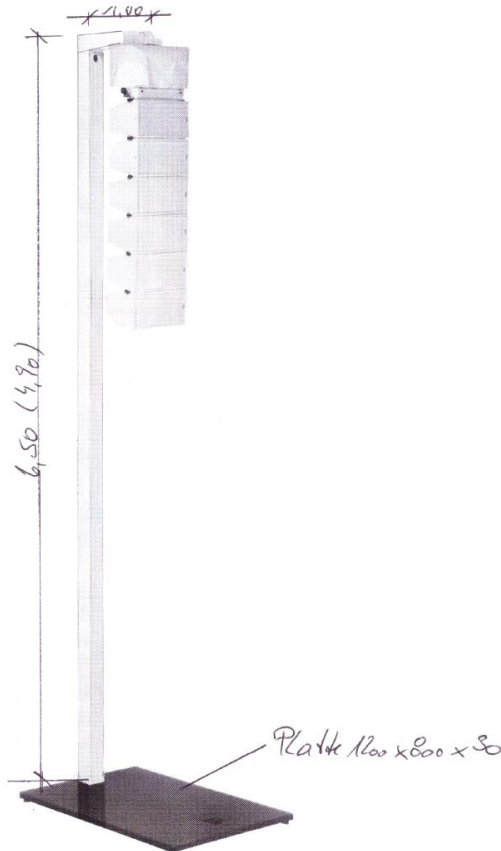
Inhaltsverzeichnis/ <i>table of contents</i> .....	2
1. Vorbemerkungen/ <i>preliminary remark</i> .....	3
2. Berechnungsgrundlagen/ <i>calculation basis</i> .....	4
3. Baustoffe/ <i>materials</i> .....	4
4. Belastungsannahmen/ <i>load assumptions</i> .....	5
4.1. Eigengewichte/ <i>dead weights</i> .....	5
4.2. vertikale Verkehrslast/ <i>vertical user loads</i> .....	5
4.3. horizontale Stabilisierungslast/ <i>horizontal stabilisation load</i> .....	5
5. Bauteilnachweise/ <i>component analysis</i> .....	5
5.1. Auslegerkopf/ <i>cantilever head</i> .....	6
5.2. Mast/ <i>pole</i> .....	7
5.3. Fußaufnahme/ <i>base socket</i> .....	8
5.4. Bodenplatte/ <i>base plate</i> .....	9
6. Verankerungsnachweis/ <i>anchoring</i> .....	9
6.1. Erläuterungen/ <i>explanations</i> .....	9
6.2. Kippen der Konstruktion/ <i>tilting of the construction</i> .....	10
6.3. Gleiten der Konstruktion/ <i>sliding of the construction</i> .....	10
7. Schlußbemerkung/ <i>final remark</i> .....	10



## 1. Vorbemerkungen/ preliminary remark

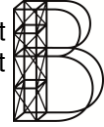
Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist der Nachweis einer Mastkonstruktion (Stele) zur Aufnahme von Lautsprecherboxen. Die Konstruktion wird durch eine Bodenplatte mit entsprechendem Ballast stabilisiert. Es werden 2 Varianten  $H = 4,90$  m sowie  $H = 6,50$  m untersucht. Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.

*Subject of this structural report is a pole construction (stele), which is meant to carry loads like loudspeakers. The construction is stabilized with ground plates and required ballast. Two options ( $H = 4,90$  m and  $6,50$  m) are analysed in this report. See the following drawings for dimensions.*



### Aufbauhinweise:

- Die Konstruktion darf nur in geschlossenen Räumen aufgestellt werden.
- Die Konstruktion ist durch technische/organisatorische Maßnahmen hinreichend vor horizontalen Einwirkungen (Anprall) zu schützen.
- Für die korrekte Verankerung der Konstruktion sind die Angaben im Kapitel „Verankerung“ zu beachten.
- Der Untergrund muß eben und ausreichend tragfähig sein. Der Mast muss absolut senkrecht errichtet werden.
- Je Mast wurde hinsichtlich Verbindungsstiels max. 4 Stöße berücksichtigt. Die Anzahl ist nach Möglichkeit durch Wahl der entsprechenden Längenelemente nicht zu überschreiten.



**assembly instructions:**

- *The construction may only be used indoors*
- *The construction has to be sufficiently protected against horizontal impacts (collision) by appropriate technical and or organisational measures.*
- *For correct anchoring of the construction the instructions in chapter "anchoring" have to be observed.*
- *The ground underneath has to be even and sufficiently solid. The pole has to be built absolutely perpendicular.*
- *A maximum of 4 pole segment connections per pole have been analysed. In order to not exceed this number, pole segments should be selected in the appropriate lengths.*

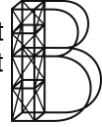
**2. Berechnungsgrundlagen/ calculation basis**

DIN – Normen/ norms:

DIN EN 1991	Einwirkungen auf Tragwerke <i>actions on structures</i>
DIN EN 13814	Fliegende Bauten <i>temporary structures, fair-ground amusements</i>
DIN EN 1993-1-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten <i>steel structures, design and construction</i>
DIN EN 1999	Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen <i>aluminium constructions</i>

**3. Baustoffe/ materials**

Stahl/ steel:	S235JR
Aluminium/ aluminium:	EN AW- 6082 (Al Mg Si 1,0 F31)



#### **4. Belastungsannahmen/ load assumptions**

##### **4.1. Eigengewichte/ dead weights**

Mast/ pole: QR 100x5 →  $g = 0,07 \text{ KN/m}$   
Kopfteil/ head section: FI 100x35 →  $g = 0,095 \text{ KN/m}$   
Bodenplatte/ base: 1200x800x30 →  $G = 0,77 \text{ KN}$

##### **4.2. vertikale Verkehrslast/ vertical user loads**

$P \leq 1,50 \text{ KN}$  (150 kg)

Zur Berücksichtigung von dynamischen Lastanteilen aus dem Verfahren des Arrays mittels Kettenzug wird die Anhängelast für die Bemessung mit einem Zuschlag von 30% beaufschlagt.

*To consider the dynamic load components resulting from moving the array with a chain hoist, the vertical user loads are calculated with a factor of 1.3.*

$P = 1,3 \times 1,5 = 1,95 \text{ KN}$

##### **4.3. horizontale Stabilisierungslast/ horizontal stabilisation load**

Zur Erzielung einer ausreichenden Längs- und Querstabilität wird für die Dimensionierung eine fiktive, destabilisierende Horizontallast am Mast berücksichtigt

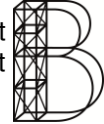
*To reach a sufficient longitudinal and transverse stability, a fictual destabilising horizontal load is included in the analysis.*

$F = 0,25 \text{ KN}$  Lastangriff bei:  $H = 1,0 \text{ m}$

#### **5. Bauteilnachweise/ component analysis**

Die Verbindung der einzelnen Elemente erfolgt mittels Einstecklingen und entsprechend genauer Passung.  
Maximales Spiel: 1 mm (umlaufend)

*The connection of the different components is realized by plug-in connections with tight fitting.  
Max. margin: 1 mm (circumferential)*



### 5.1. Auslegerkopf/ cantilever head



Bohrungen: Ø60 mm für Kabeldurchlass in Mast  
M16-Ringöse für Anschlagpunkt  
FI 650x100x35 mm – ENAW 6082 T651 / T 6151  
Einsteckling/ *plug-in connector* QR 90x5 mm L = 190 mm

#### Schnittgrößen/ internal forces:

PA → F = 1,95 KN

Eigengewicht Auslegerplatte/ *dead weight cantilever plate* → g = 0,095 KN/m

$$M_{Ed} = 1,35 \times 0,095 \times 0,55^2 / 2 + 1,5 \times 1,95 \times 0,50 = 1,482 \text{ KNm}$$

#### Biegung Platte/ bending of plate:

$$W_{el} = W_{net} = 10,0 \times 3,5^2 / 6 = 20,417 \text{ cm}^3$$

$$M_{O,Rd} = 20,417 \times 0,8 \times 12,5 / 1,25 = 163,34 \text{ KNcm}$$

$$\eta = 148,2 / 163,34 = 0,907 < 1,0$$

#### Schweißnaht Platte-Einsteckling/ weld seam between plate and plug-in connector

HV-Naht, a = t<sub>min</sub>, an zwei gegenüberliegenden Seiten (voll durchgeschweißt)/

*HV-seam, a= t<sub>min</sub>, at two opposing sides (fully welded)*

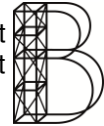
$$W_{Naht} = W_{Profil} = 45,7 \text{ cm}^2$$

f<sub>w</sub> = 15,0 KN/cm<sup>2</sup>      Schweißzusatzwerkstoff/ *welding material: 4043A o.glw. / or equivalent*

$$\sigma_{w,Ed} = 222,3 / 45,7 = 4,864 \text{ KN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Rd} = 15,0 / 1,25 = 12,0 \text{ KN/cm}^2$$

$$\eta = 0,405 < 1,0$$



## 5.2. Mast/ pole



Material: EN AW 6082 T6  
 Profil QHP 100x5 mm – L = 100 cm  
 Einsteckling QHP 90x5 mm  $L_{\text{Einbind}} = 19 \text{ cm}$  konstruktiv verschweißt

$A_{\text{Profil}} = 19,0 \text{ cm}^2$        $W_{\text{Profil}} = 57,3 \text{ cm}^3$        $i_{\text{Profil}} = 3,88 \text{ cm}$   
 $A_{\text{Einsteckling}} = 17,0 \text{ cm}^2$        $W_{\text{Einsteckling}} = 45,7 \text{ cm}^3$        $i_{\text{Einsteckling}} = 3,48 \text{ cm}$

Zur Berücksichtigung von Schiefstellung und Verformung erfolgt die Bemessung am verformten System mit adäquaten Ersatzlasten.

*To consider tilting and deformation, a deformed system with adequate equivalent loads is used for the calculation.*

Ansatz von vier Stoßfugen (Verbindungsspiel)  
*four butt joints are used in the calculation (clearing gap)*

Vorverdrehung/ *pre-torsion:*

Vorkrümmung/ *precamber:*

Verbindungsspiel/ *clearing gap:*

Kopfauslenkung/ *head deflection:*

$$\varphi_0 = 1 / 200 = 0,5 \text{ cm/m}$$

$$e_0 = L / 200 = 650 / 200 = 3,25 \text{ cm}$$

$$\alpha = \arctan(2 / 300) = 0,38^\circ$$

$$e_1 = 8,2 \text{ cm} \quad (\text{aus geom. Herleitung})$$

$$\varphi = (0,5 \times 6,5 + 3,25 + 8,2) / 650 = 0,0226$$

Eigengewicht Mast/ *dead weight of pole*

Nutzlast/ *payload:*

$$N_{\text{Ed},1} = 1,35 \times 0,07 \times 6,50 = 0,61 \text{ KN}$$

$$N_{\text{Ed},2} = 1,5 \times 1,95 = 2,925 \text{ KN}$$

$$\sum N_{\text{Ed}} = 3,535 \text{ KN}$$

Schiefstellung des Mastes/ *pole tilting:*

Kopfmoment von Auslegerkopf/ *torque of cantilever head:*

Horizontale Ersatzlast/ *horizontal equivalent load:*

$$M_{\text{Ed},1} = \varphi \times \sum N_{\text{Ed}} \times 650 = 51,93 \text{ KNcm}$$

$$M_{\text{Ed},2} = 148,2 \text{ KNcm}$$

$$M_{\text{Ed},3} = 1,5 \times 0,25 \times 100 = 37,50 \text{ KNcm}$$

$$\sum M_{\text{Ed}} = 237,6 \text{ KNcm}$$

Biegeknicken Gesamtstab/ *flexural buckling on complete beam:*

Aufgrund der Schnittgrößenermittlung am verformten System wird eine Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft nachgewiesen.

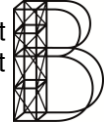
*Following the internal force calculation of the deformed system, the resulting stress from bending and normal force is analysed.*

$$N_{\text{Rd}} = 19,0 \times 0,8 \times 18,5 / 1,25 = 225,0 \text{ KN}$$

$$M_{\text{u,Rd}} = 57,3 \times 0,8 \times 18,5 / 1,25 = 678,4 \text{ KNcm}$$

$$M_{\text{o,Rd}} = 57,3 \times 0,8 \times 12,5 / 1,1 = 520,9 \text{ KNcm}$$

$$\eta = (N_{\text{Ed}} / N_{\text{Rd}})^{1,3} + ((M_{\text{Ed}} / M_{\text{Rd}})^{1,7})^{0,6} = 0,347 < 1,0$$



Lokale Biegung Einsteckling/ local flexure of plug-in connector

Normalkraftübertragung mittels Kontakt der Hauptrohre – Einsteckling überträgt nur Biegung.  
*normal force transmission through contact with main pipes – plug-in connector transmits bending only*

$$M_{u,Rd} = 45,7 \times 0,8 \times 18,5 / 1,25 = 541,1 \text{ KNcm}$$

$$M_{o,Rd} = 45,7 \times 0,8 \times 12,5 / 1,1 = 415,5 \text{ KNcm}$$

$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0,572 < 1,0$$

Durchstanzen – Einsteckling/ punching shear – plug-in connector

Einstecktiefe/ *plug-in depth:*  $e = 19,0 \text{ cm}$  je Seite/ *on each side*

$$W_{\text{Profil}} = 45,7 \text{ cm}^2$$

$$V_{ED} = F(M_{Ed}) = 237,6 / 19,0 = 12,50 \text{ KN}$$

Ansatz: 1/3 der Einstecklänge als Schubfläche

*approach: 1/3 of plug-in depth as shear areas*

$$L' = 19,0 / 3 = 6,33 \text{ cm}$$

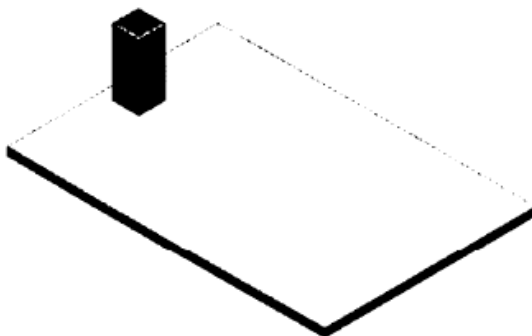
Profilwandung/ *profile walls:*

$$A_V = 0,8 \times 2 \times 6,33 \times 0,5 = 5,06 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd} = 5,06 \times 0,8 \times 12,5 / \sqrt{3} / 1,1 = 26,56 \text{ KN}$$

$$\eta = V_{Ed} / V_{Rd} = 0,471 < 1,0$$

**5.3. Fußaufnahme/ base socket**



**QHP 100x5 mm – EN AW 6060                      L = 25 cm**  
**Bodenplatte t = 30 mm - EN AW 6082 T651 / T6151**

Die Fußaufnahme wird fest mit der Bodenplatte verschweißt. Das Längenelement wird eingesteckt.  
*The base socket is firmly welded with the base plate. The pole segment is plugged in.*

Schnittgrößen/ internal forces:

$$N_{Ed} = 3,535 \text{ KN}$$

$$M_{Ed} = 237,6 \text{ KNcm}$$

Schweißnaht/ weld seam:

umlaufend Kehlnaht/ *circumferential fillet weld*  $a = 3 \text{ mm} \rightarrow a' = a / \sqrt{2} = 1,73 \text{ mm}$

$f_w = 15,0 \text{ KN/cm}^2$                       Schweißzusatzwerkstoff/ *welding material:* 4043A o.glw./ *or equivalent*

$$A = 10,17^2 - 9,83^2 = 6,8 \text{ cm}^2$$

$$W = (10,17^4 - 9,83^4) / 12 / 5,135 = 22,1 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{w,Ed} = 3,535 / 6,8 + 237,6 / 22,1 = 11,27 \text{ KN/cm}^2$$

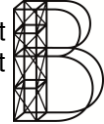
$$\sigma_{w,Rd} = 15,0 / 1,25 = 12,0 \text{ KN/cm}^2$$

$$\eta = \sigma_{w,Ed} / \sigma_{w,Rd} = 0,939 < 1,0$$

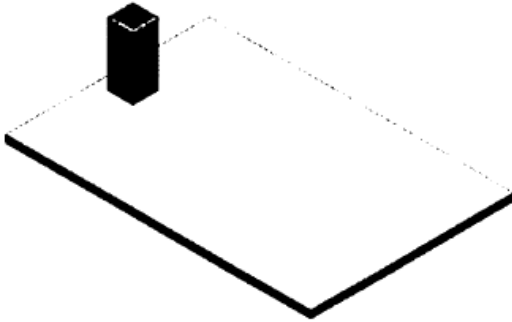
Wärmeeinflußzone/ heat affected zone:

Bereits im Rahmen des Profilmachweises berücksichtigt/ *already included in the profile analysis*





#### 5.4. Bodenplatte/ base plate



1200x800x40 mm – ENAW 6082 T651 / T6151

##### Schnittgrößen/ internal forces:

$$N_{Ed} = 3,535 \text{ KN}$$

$$M_{Ed} = 237,6 \text{ KNcm}$$

##### Plattenbiegung/ plate bending:

$$M_{Ed,x} = 3.535 \times 70,0 / 4 = 61,86 \text{ KNcm} \quad \text{mit/ with } a = 70\text{cm}$$

$$M_{Ed,y} = M_{ED} = 237,6 \text{ KNcm}$$

Konservativer Ansatz: 1:1-Überlagerung beider Richtungen  
*conservative approach: one-to-one overlap in both directions*

$$M_{ED} = 61,86 + 237,6 = 299,5 \text{ KNcm}$$

$$B_{eff} = 16 \text{ cm}$$

$$W_{eff} = 16 \times 4,0^2 / 6 = 42,67 \text{ cm}^3$$

$$M_{0,Rd} = 42,67 \times 0,8 \times 12,5 / 1,1 = 387,9 \text{ cm}$$

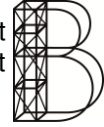
$$\eta = M_{Ed} / M_{Rd} = 0,772 < 1,0$$

### 6. Verankerungsnachweis/ anchoring

#### 6.1. Erläuterungen/ explanations

Horizontale Ersatzlasten werden wie Windlasten behandelt. Gemäß DIN 13814 werden die günstig wirkenden Eigenlasten mit  $\gamma_f = 1,0$  und ungünstig wirkende horizontale Ersatzlasten mit  $\gamma_f = 1,2$  berücksichtigt. Die Konstruktion wird durch Ballastgewichte gesichert. Alle Ballastgewichte müssen deart an die Fußpunkte der Konstruktion angeschlagen werden, daß alle Gewichte gleichzeitig für alle denkbaren Lastrichtungen aktiviert werden.

*Horizontal equivalent loads are treated like wind loads. According to DIN 13814 the favourable effects of the dead weights are factored with  $\gamma_f = 1,0$  while the unfavourable effects of the equivalent loads are factored with  $\gamma_f = 1,2$ . The construction is secured by ballast weights. All ballast weights needs to be attached to the base of the construction in a way that all weights are activated at the same time for every possible load direction.*



## **6.2. Kippen der Konstruktion/ *tilting of the construction***

Es werden keine Horizontallasten berücksichtigt, die ein Kippen der Konstruktion verursachen würden.  
Die horizontale Ersatzlast wird durch das Eigengewicht kompensiert.

*No horizontal loads which would cause the construction to tilt are considered.  
The horizontal equivalent load is compensated by the dead weight.*

$$M_{\text{Kipp}} = 1,2 \times 0,25 \times 1,0 = 0,30 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{Stand}} = 1,04 \times 0,4 = 0,416 \text{ KNm}$$

$$G_{\text{Bodenplatte}} = 104 \text{ kg}$$

Der Schwerpunkt des exzentrischen Lastangriffes am Mast liegt innerhalb der Bodenplatte.  
*The center of the eccentric load impact at the pole lies within the base plate.*

**Kein Kippen der Konstruktion**  
**No tilting of the construction**

## **6.3. Gleiten der Konstruktion/ *sliding of the construction***

aus horizontaler Ersatzlast folgt:  
*from horizontal equivalent load:*

$$\text{vorh. } F_H / \text{existing } F_H = 1,2 \times 0,25 = 0,30 \text{ KN}$$

$$\text{zul. } F_H / \text{allowed } F_H = 1,04 \times 0,4 = 0,416 \text{ KN}$$

$$\text{mit } G_{\text{Bodenplatte/ baseplate}} = 104 \text{ kg; } \mu = 0,4$$

## **7. Schlußbemerkung/ *final remark***

Die Konstruktion wurde hinsichtlich DIN 13814, DIN 1999, DIN 1991, DIN 1993, sowie aller mitgeltenden Normen untersucht. Sie ist hinreichend tragfähig und standsicher.

*The construction has been analyzed according to DIN 13814, DIN 1999, DIN 1991, DIN 1993, including other applicable norms. It is dimensioned sufficiently stable.*