

# Statische Berechnung/ *Structural Report*

**Objekt/  
Subject:** Design Stele S3  
Design Stele S3

**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

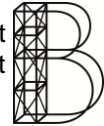
Aufgestellt: im Dezember 2017  
Created in: December 2017

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



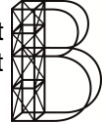
Der Nachweis umfasst 28 Seiten.  
*This report includes 28 pages.*

Auftrags-Nr.: 15304-S3  
job numer: 15304-S3  
Bearbeiter/ case handler: Br



## **Inhaltsverzeichnis/ table of contents**

Inhaltsverzeichnis/ <i>table of contents</i> .....	2
1. Vorbemerkungen/ <i>preliminary report</i> .....	3
2. Berechnungsgrundlagen/ <i>calculation basis</i> .....	4
3. Baustoffe/ <i>materials</i> .....	4
4. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“/ <i>Stele – indoor with/ without „jostling factor“</i> .....	5
4.1. Belastungsannahmen/ <i>load assumptions</i> .....	5
4.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“/ <i>calculation (max. user loads) – without „jostling“</i> .....	6
4.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“/ <i>calculation (max. user loads) – with „jostling“</i> .....	7
5. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Hallenwind“/ <i>Stele – indoor with/without „jostling factor“ and with „hall wind“</i> .....	9
5.1. Belastungsannahmen/ <i>load assumptions</i> .....	9
5.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Hallenwind/ <i>calculation (max. user loads) – without „jostling“ + hall wind</i> .....	10
5.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Hallenwind/ <i>calculation (max. user loads) – with „jostling“ + hall wind</i> .....	14
6. Stele – Outdoor mit/ ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Wind“ (Sturm)/ <i>Stele – outdoor with/ without „jostling“ and with wind (storm)</i> .....	18
6.1. Belastungsannahmen/ <i>load assumptions</i> .....	18
6.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Wind/ <i>calculation (max. user loads) – without „jostling“ + wind</i> .....	19
6.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Wind/ <i>calculation (max. user loads) – with „jostling“ + wind</i> .....	22
7. Aufnahmerahmen und -Scheiben für Anhängelasten (Stützenkopf)/ <i>mounting frame and disk for hanging loads (pole head)</i> .....	26
8. Bodenplatte/ <i>ground plate</i> .....	27
9. Schlußbemerkung/ <i>final remark</i> .....	28



## 1. Vorbemerkungen/ preliminary report

Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist der Nachweis einer Mastkonstruktion (Stele) die dazu dient Licht, Ton und Monitore etc. aufzunehmen. Die Konstruktion wird durch eine Bodenplatte mit entsprechendem Ballast stabilisiert.

Untersucht werden folgende Anwendungsbereiche:

- mit/ohne Anrempelfaktor
  - mit/ohne Hallenwind (Messebau)
  - Outdoorvariante (mit Windbelastung)
- alle Varianten inkl. ungewollter Ausmitte (Schiefstellung)

Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.

*Subject of this structural report is a pole construction (stele), which is meant to carry loads like lights, audio equipment and montitors. The construction is stabilized with ground plates and required ballast.*

*The following applications are examined:*

- *With/without jostling factor*
- *With/without hall wind (fair construction)*
- *Outdoor version (with wind loads)*
- *All verions including undesired eccentricity (tilting)*

*See the following drawings for dimensions.*



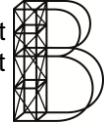
### Anwendung

Indoorstativ für Licht, Ton und Video



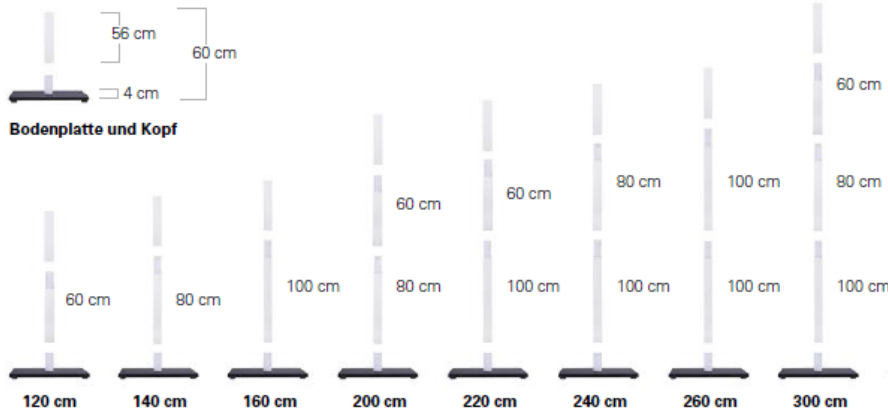
### Baubare Höhe

120 cm | 140 cm | 160 cm | 200 cm  
220 cm | 240 cm | 260 cm | 300 cm



## Baubare Höhen

Farbe (Verlängerungen): RAL 7035



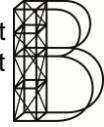
## 2. Berechnungsgrundlagen/ calculation basis

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

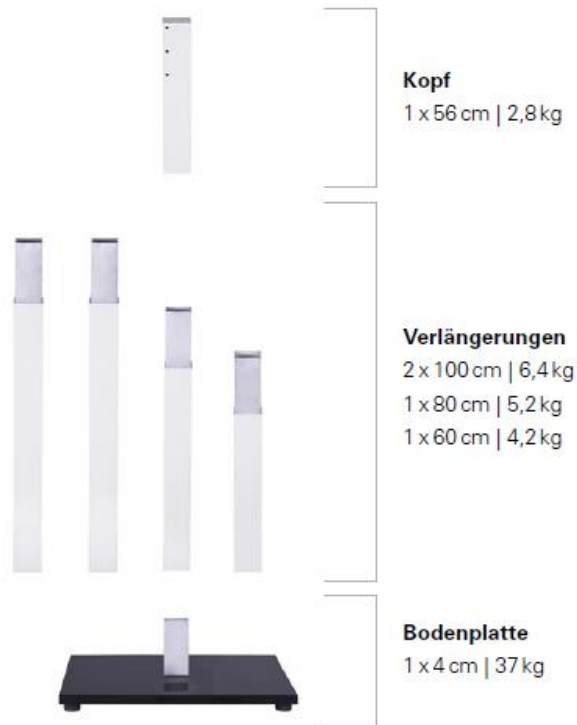
Stahl/ steel:	S235JR
Aluminium/ aluminium:	EN AW- 6082 (Al Mg Si 1,0 F31)



#### **4. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“/ Stele – indoor with/ without „jostling factor“**

##### **4.1. Belastungsannahmen/ load assumptions**

**Lastfall/ loadcase: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion/ dead weight of construction**



**Lastfall/ loadcase: LF 2 "Schiefstellung"/ eccentricity**

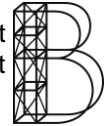
L / 100

**Lastfall/ loadcase: LF 3 "Anrempeln"/ jostling**

H = 0,50 kN in 1,50m Höhe/ height (bei/ in case of Stele 1,00m → H = 1,00m)

**Lastfall/ loadcase: LF 4 "Anwenderlasten"/ user loads**

max V → Ermittlung siehe/ for calculation see Pos. 4.2



#### 4.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“/ calculation (max. user loads) – without „jostling“



**Mast/ pole** → QR 100 x 5 mm

$$A = 19,00 \text{ cm}^2$$

$$W = 57,32 \text{ cm}^3$$

$$I = 286,58 \text{ cm}^4$$

$$i = 3,88 \text{ cm}$$

$$M = (V+G) \times H/100$$

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,57 \rightarrow \chi = 0,33$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,96 \rightarrow \chi = 0,22$$

$$\lambda_{2,40} = 240,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,35 \rightarrow \chi = 0,20$$

$$\lambda_{3,00} = 300,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,94 \rightarrow \chi = 0,18$$

Eigengewichte/ dead weights:

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,107 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,128 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,40 + 0,025 = 0,148 \text{ KN}$$

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 + 0,025 = 0,179 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times ((V+G) / (\chi \times 19,00) + (V+G) \times H/100 \times 10^2 / 57,32 + V \times 0,175 \times 10^2 / 57,32) = 25,0/1,1 \times 0,5 = 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

$$\rightarrow V = (11,363/1,35) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = 8,417 / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{16,98 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1695 \text{ kg})}$$

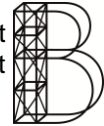
$$V_{2,00} = 8,417 / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{14,40 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1440 \text{ kg})}$$

$$V_{2,40} = 8,417 / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{13,64 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1360 \text{ kg})}$$

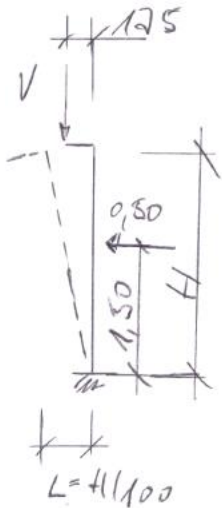
$$V_{3,00} = 8,417 / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,154 = \mathbf{12,77 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1275 \text{ kg})}$$

#### Stabilisierung/ stabilization

- ohne weiteren Nachweis; kein zusätzlicher Ballast erforderlich – Bodenplatte 650x550x20 mm  
- no further calculation; no additional ballast necessary – ground plate 650x550x20 mm



### 4.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“/ calculation (max. user loads) – with „jostling“



**Mast/ pole → QR 100 x 5 mm**

$$A = 19,00 \text{ cm}^2$$

$$W = 57,32 \text{ cm}^3$$

$$I = 286,58 \text{ cm}^4$$

$$i = 3,88 \text{ cm}$$

$$M = (V+G) \times H/100 + 0,5 \times 1,50$$

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,57 \rightarrow \chi = 0,33$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,96 \rightarrow \chi = 0,22$$

$$\lambda_{2,40} = 240,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,35 \rightarrow \chi = 0,20$$

$$\lambda_{3,00} = 300,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,94 \rightarrow \chi = 0,18$$

Eigengewichte/ dead weights:

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,107 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,128 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,40 + 0,025 = 0,148 \text{ KN}$$

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 + 0,025 = 0,179 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times ((V+G) / (\chi \times 19,00)) + ((V+G) \times H/100 + 0,5 \times 1,50) \times 10^2 / 57,32 + V \times 0,175 \times 10^2 / 57,32 = 25,0/1,1 \times 0,5 = 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

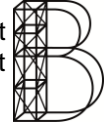
$$\rightarrow V = (11,363/1,35) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = 8,417 / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{4,56 \text{ KN}} \quad \mathbf{(455 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = 8,417 / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{4,33 \text{ KN}} \quad \mathbf{(430 \text{ kg})}$$

$$V_{2,40} = 8,417 / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{4,24 \text{ KN}} \quad \mathbf{(420 \text{ kg})}$$

$$V_{3,00} = 8,417 / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{4,12 \text{ KN}} \quad \mathbf{(410 \text{ kg})}$$



## **Stabilisierung/ stabilization**

### **– Bodenplatte/ ground plate 800x800x20 mm**

$$G = 0,8 \times 0,8 \times 0,02 \times 27,0 = 0,346 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben/ *pole weight – cf. above*

$$M_H = G \times H/100 + 0,5 \times 1,50 + V \times 0,175$$

$$M_V = G_{\text{Platte} + \text{Mast}} \times 0,40 + \text{Mast} \times 0,175$$

$$\eta_K = M_V / M_H \geq 1,2$$

### **für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,707962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,73 KN → 175 kg - Nutzlast/ payload**

### **für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,70881$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,72 KN → 170 kg - Nutzlast/ payload**

### **für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,709802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,71 KN → 170 kg - Nutzlast/ payload**

### **für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

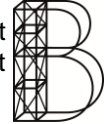
$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 0,71162$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,71 KN → 170 kg - Nutzlast/ payload**

Der Momentenanteil aus Schiefstellung durch die Nutzlast beträgt weniger als 5,3% und wurde für die Ermittlung des erf. Ballastes vernachlässigt!

*The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!*





## **5. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Hallenwind“/ Stele – indoor with/without „jostling factor“ and with „hall wind“**

### **5.1. Belastungsannahmen/ load assumptions**

#### **Lastfall/ loadcase: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion/ dead weight of construction**

wie in Pos. 4/ same as in point 4

#### **Lastfall/ loadcase: LF 2 „Anrempeln“/ jostling**

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

#### **Lastfall/ loadcase: LF 3 „Schiefstellung“/ eccentricity**

L / 100

#### **Lastfall/ loadcase: LF 4 „Hallenwind“/ hall wind**

Je nach Messegesellschaft darf für Aufbauten  $H < 2,50\text{m}$  eine Ersatzlast von  $q_w = 0,063 \text{ KN/m}^2$  und darüber von  $q_w = 0,125 \text{ KN/m}^2$  angesetzt werden. Da diese Regelung nicht für alle Standorte gilt wird hier eine Last von  $q_w = 0,125 \text{ KN/m}^2$  angesetzt.

*Depending on different regulations by trade fair organizations equivalent loads of  $q_w = 0,063 \text{ KN/m}^2$  for constructions  $H < 2,50\text{m}$  and of  $q_w = 0,125 \text{ KN/m}^2$  for higher constructions are applied. Because this regulation is not applicable in some places and trade fairs, an equivalent load of  $q_w = 0,125 \text{ KN/m}^2$  is used in this report.*

#### **- Windangriffsfläche Nutzlastkörper/ wind-exposed-areas of user loads:**

**$A \leq 0,60 \text{ m}^2$  ( $\leq 46 \text{ Zoll}$ )**

→  $W = 0,60 \times 0,125 = 0,075 \text{ KN}$

(ungünstig immer am Mastkopf angesetzt/  
always placed unfavorably at the poles top)

**$A \leq 1,00 \text{ m}^2$  ( $\leq 60 \text{ Zoll}$ )**

→  $W = 1,00 \times 0,125 = 0,125 \text{ KN}$

(ungünstig immer am Mastkopf angesetzt/  
always placed unfavorably at the poles top)

**$A \leq 1,50 \text{ m}^2$  ( $\leq 75 \text{ Zoll}$ )**

→  $W = 1,50 \times 0,125 = 0,1875 \text{ KN}$

(ungünstig immer am Mastkopf angesetzt/  
always placed unfavorably at the poles top)

**$A \leq 2,00 \text{ m}^2$  ( $\leq 85 \text{ Zoll}$ )**

→  $W = 2,00 \times 0,125 = 0,25 \text{ KN}$

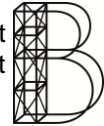
(ungünstig immer am Mastkopf angesetzt/  
always placed unfavorably at the poles top)

#### **- Wind auf Mast/ wind-exposed-areas of the pole:**

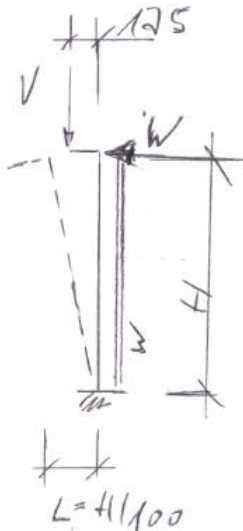
$w = 0,10 \times 0,125 = 0,0125 \text{ KN/m}$

#### **Lastfall/ loadcase: LF 5 "Anwenderlasten"/ user loads**

max V → Ermittlung siehe Pos. 5.2/ max V calculated in point 5.2



## 5.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Hallenwind/ calculation (max. user loads) – without „jostling“ + hall wind



**Mast/ pole → QR 100 x 5 mm**

$A = 19,00 \text{ cm}^2$   
 $W = 57,32 \text{ cm}^3$   
 $I = 286,58 \text{ cm}^4$   
 $i = 3,88 \text{ cm}$

$$M = (V+G) \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2$$

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,57 \rightarrow \chi = 0,33$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,96 \rightarrow \chi = 0,22$$

$$\lambda_{2,40} = 240,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,35 \rightarrow \chi = 0,20$$

$$\lambda_{3,00} = 300,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,94 \rightarrow \chi = 0,18$$

Eigengewichte/ dead weights:

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,107 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,128 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,40 + 0,025 = 0,148 \text{ KN}$$

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 + 0,025 = 0,179 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times ((V+G) / (\chi \times 19,00) + ((V+G) \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2) \times 10^2 / 57,32 + V \times 0,175 \times 10^2 / 57,32)$$

$$= 25,0/1,1 \times 0,5 = 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

**1. Nutzlastkörper/ payload surface  $A \leq 0,60 \text{ m}^2$**

**( $\leq 46 \text{ Zoll}$ )**

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,1308 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,1308 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,00 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{16,50 \text{ KN}}$$

**(1650 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,1308 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,00 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{13,88 \text{ KN}}$$

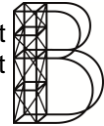
**(1385 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,1308 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,00 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{13,03 \text{ KN}}$$

**(1300 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,1308 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,00 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{12,02 \text{ KN}}$$

**(1200 kg)**



**2. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,00 m<sup>2</sup>** (≤ 60 Zoll)

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,2181xH - 0,0218 xH^2/2) / (1/\chi x19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181x1,60 - 0,0218x1,60^2/2) / (1/0,33x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{16,22\ KN}$$

(1620 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181x2,00 - 0,0218x2,00^2/2) / (1/0,22x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{13,57\ KN}$$

(1355 kg)

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,2181x2,40 - 0,0218x2,40^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{12,69\ KN}$$

(1265 kg)

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,2181x3,00 - 0,0218x3,00^2/2) / (1/0,18x19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{11,62\ KN}$$

(1160 kg)

**3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>** (≤ 75 Zoll)

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,3271xH - 0,0218 xH^2/2) / (1/\chi x19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271x1,60 - 0,0218x1,60^2/2) / (1/0,33x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{15,87\ KN}$$

(1585 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271x2,00 - 0,0218x2,00^2/2) / (1/0,22x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{13,20\ KN}$$

(1320 kg)

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,3271x2,40 - 0,0218x2,40^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{12,26\ KN}$$

(1225 kg)

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,3271x3,00 - 0,0218x3,00^2/2) / (1/0,18x19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{11,11\ KN}$$

(1110 kg)

**4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>** (≤ 85 Zoll)

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,4361xH - 0,0218 xH^2/2) / (1/\chi x19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361x1,60 - 0,0218x1,60^2/2) / (1/0,33x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{15,51\ KN}$$

(1550 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361x2,00 - 0,0218x2,00^2/2) / (1/0,22x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{12,82\ KN}$$

(1280 kg)

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,4361x2,40 - 0,0218x2,40^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{11,83\ KN}$$

(1180 kg)

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,4361x3,00 - 0,0218x3,00^2/2) / (1/0,18x19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{10,61\ KN}$$

(1060 kg)

**Stabilisierung/ stabilization**

– Bodenplatte/ ground plate 800x800x20 mm

$$G = 0,8x0,8x0,02 x 27,0 = 0,346\ KN$$

Gewicht Mast – siehe oben/ pole weight – cf. above

$$M_H = G x H/100 + 0,1875xH + 0,0125xH^2/2$$

$$M_V = G_{Platte} x 0,40 + Mast x 0,175$$

$$\eta_K = M_V / M_H \geq 1,2$$

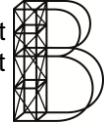
**1. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 0,60 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m** →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) x 0,4 + 0,107x0,175 / (0,107x0,016 + 0,075x1,60 + 0,0125x1,60^2/2 - 0,25x0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) x 0,4 + 0,018725 / 0,093962$$

**erf. Ballast/ required ballast = -0,11 KN → kein Ballast erforderlich!! no ballast necessary!**



**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,075 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,13381$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0 KN → kein Ballast erforderlich! no ballast necessary!**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,075 \times 2,40 + 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,175802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,117 KN → 12,0 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,075 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 0,24287$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,304 KN → 30,5 kg - Nutzlast/ payload**

**2. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,00 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,173962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,129 KN → 13 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,23381$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,299 KN → 30 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,125 \times 2,40 + 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,295802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,477 KN → 48 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,125 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 0,39287$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,754 KN → 76 kg - Nutzlast/ payload**

**3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,1875 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,273962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,429 KN → 43 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,1875 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,35881$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,674 KN → 67,5 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,1875 \times 2,40 + 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,445802$$

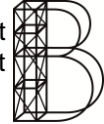
**erf. Ballast/ required ballast = 0,927 KN → 93 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,1875 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 0,58037$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,317 KN → 132 kg - Nutzlast/ payload**



#### **4. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 2,00 \text{ m}^2$**

**für/ for  $H = 1,60\text{m} \rightarrow$**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,25 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,373962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 0,729 KN  $\rightarrow$  73 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for  $H = 2,00\text{m} \rightarrow$**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,25 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,48381$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,049 KN  $\rightarrow$  105 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for  $H = 2,40\text{m} \rightarrow$**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,25 \times 2,40 + 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,595802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,377 KN  $\rightarrow$  138 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for  $H = 4,00\text{m} \rightarrow$**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,25 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 0,76787$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,879 KN  $\rightarrow$  190 kg - Nutzlast/ payload**

Der Momentenanteil aus Schiefstellung durch die Nutzlast beträgt weniger als 5,3% und wurde für die Ermittlung des erf. Ballastes vernachlässigt!

*The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!*

**Diese Ergebnisse bedeuten, daß bei nachfolgend aufgeführten Mastlängen folgende Anwenderlasten notwendig sind wenn nur die Bodenplatte ohne zusätzlichen Ballast zur Anwendung kommen sollen:**

***These results mean, that for the following pole lengths  $H$ , following user loads are required if only the mentioned ground plates shall be used without additional ballast:***

**Nutzlastkörper/ payload surface  $A \leq 0,60 \text{ m}^2$**

**$H = 1,00\text{m} \rightarrow$  kein Ballast erforderlich/ no ballast necessary**

**$H = 2,00\text{m} \rightarrow$  kein Ballast erforderlich/ no ballast necessary**

**$H = 2,40\text{m} \rightarrow$  12 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 3,00\text{m} \rightarrow$  30,5 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**Nutzlastkörper/ payload surface  $A \leq 1,00 \text{ m}^2$**

**$H = 1,60\text{m} \rightarrow$  13 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 2,00\text{m} \rightarrow$  30 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 2,40\text{m} \rightarrow$  48 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 3,00\text{m} \rightarrow$  76 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**Nutzlastkörper/ payload surface  $A \leq 1,50 \text{ m}^2$**

**$H = 1,60\text{m} \rightarrow$  43 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 2,00\text{m} \rightarrow$  67,5 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 2,40\text{m} \rightarrow$  93 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 3,00\text{m} \rightarrow$  132 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

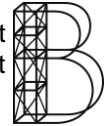
**Nutzlastkörper/ payload surface  $A \leq 2,00 \text{ m}^2$**

**$H = 1,60\text{m} \rightarrow$  73 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

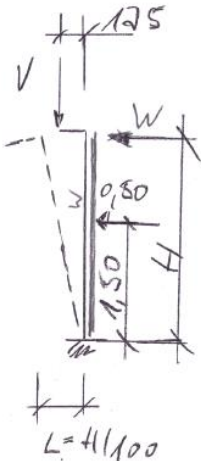
**$H = 2,00\text{m} \rightarrow$  105 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 2,40\text{m} \rightarrow$  138 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**

**$H = 3,00\text{m} \rightarrow$  190 kg – erf. Anwenderlast/ required user load**



### 5.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Hallenwind/ calculation (max. user loads) – with „jostling“ + hall wind



**Mast/ pole → QR 100 x 5 mm**

$A = 19,00 \text{ cm}^2$   
 $W = 57,32 \text{ cm}^3$   
 $I = 286,58 \text{ cm}^4$   
 $i = 3,88 \text{ cm}$

$$M = (V+G) \times H/100 + 0,5 \times 1,50 + W \times H + w \times H^2/2$$

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,57 \rightarrow \chi = 0,33$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,96 \rightarrow \chi = 0,22$$

$$\lambda_{2,40} = 240,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,35 \rightarrow \chi = 0,20$$

$$\lambda_{3,00} = 300,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,94 \rightarrow \chi = 0,18$$

Eigengewichte/ dead weights:

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,107 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,128 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,40 + 0,025 = 0,148 \text{ KN}$$

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 + 0,025 = 0,179 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times ((V+G) / (\chi \times 19,00) + ((V+G) \times H/100 + 0,5 \times 1,50 + W \times H + w \times H^2/2) \times 10^2 / 57,32 + V \times 0,175 \times 10^2 / 57,32 = 25,0/1,1 \times 0,5 = 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

#### 1. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 0,60 \text{ m}^2$

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,1308 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,1308 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,00 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

**= 4,43 KN (440 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,1308 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,00 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

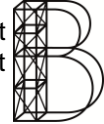
**= 4,17 KN (415 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,1308 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,00 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

**= 4,04 KN (400 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,1308 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,00 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

**= 3,87 KN (385 kg)**



## 2. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,00 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,2181 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

**= 4,36 KN (435 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

**= 4,07 KN (405 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,2181 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

**= 3,93 KN (390 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,2181 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

**= 3,73 KN (370 kg)**

## 3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,3271 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

**= 4,26 KN (425 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

**= 3,96 KN (395 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,3271 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

**= 3,80 KN (380 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,3271 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

**= 3,57 KN (355 kg)**

## 4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,4361 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

**= 4,16 KN (415 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

**= 3,84 KN (380 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,4361 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

**= 3,66 KN (365 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,4361 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

**= 3,40 KN (340 kg)**

## Stabilisierung/ stabilization

– Bodenplatte/ ground plate 800x800x20 mm

$$G = 0,8 \times 0,8 \times 0,02 \times 27,0 = 0,346 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben/ pole weight – cf. above

$$M_H = G \times H/100 + 0,1875 \times H + 0,0125 \times H^2/2$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,40 + \text{Mast} \times 0,175$$

$$\eta_K = M_V / M_H \geq 1,2$$

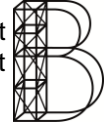
## 1. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 0,60 m<sup>2</sup>

für/ for H = 1,60m →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,843962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,14 KN → 215 kg - Nutzlast/ payload**



**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,88381$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,25 KN → 225 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 2,40 \times 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,925802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,37 KN → 240 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 0,99287$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,57 KN → 260 kg - Nutzlast/ payload**

**2. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,00 m²**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,923962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,38 KN → 240 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,98381$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,55 KN → 255 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 2,40 \times 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 1,045802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,73 KN → 275 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 1,14287$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,00 KN → 300 kg - Nutzlast/ payload**

**3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m²**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 1,023962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,68 KN → 270 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 1,10881$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,92 KN → 295 kg - Nutzlast/ payload**

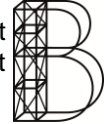
**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 2,40 \times 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 1,195802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,18 KN → 320 kg - Nutzlast/ payload**





**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,075)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 1,33037$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,57 KN → 360 kg - Nutzlast/ payload**

**4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,3346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 1,123962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,98 KN → 300 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 1,23381$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,30 KN → 330 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 2,40 + 0,0125 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 1,345802$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,63 KN → 365 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

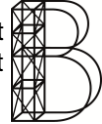
$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 1,51787$$

**erf. Ballast/ required ballast = 4,13 KN → 415 kg - Nutzlast/ payload**

Der Momentenanteil aus Schiefstellung durch die Nutzlast beträgt weniger als 5,3% und wurde für die Ermittlung des erf. Ballastes vernachlässigt!

*The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!*



## **6. Stele – Outdoor mit/ ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Wind“ (Sturm)/ Stele – outdoor with/ without „jostling“ and with wind (storm)**

### **6.1. Belastungsannahmen/ load assumptions**

#### **Lastfall/ loadcase: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion/ dead weight of construction**

wie in Pos. 4/ *same as in point 4*

#### **Lastfall/ loadcase: LF 2 "Anrempeln"/ jostling**

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe/ *height*

#### **Lastfall/ loadcase: LF 3 "Schiefstellung"/ eccentricity**

L / 100

#### **Lastfall/ loadcase: LF 4 "Wind"/ wind**

WZ 1+2 →  $q_w = 1,5 \times 0,39 \times 0,7 = 0,4095 \text{ KN/m}^2$

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper/ *wind-exposed-areas of user loads:*

**A ≤ 0,60 m<sup>2</sup>**

→ W = 0,60 x 1,4 x 0,4095 = 0,344 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/  
*always placed unfavorably at the poles top*)

**A ≤ 1,00 m<sup>2</sup>**

→ W = 1,00 x 1,4 x 0,4095 = 0,573 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/  
*always placed unfavorably at the poles top*)

**A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>**

→ W = 1,50 x 1,4 x 0,4095 = 0,860 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/  
*always placed unfavorably at the poles top*)

**A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>**

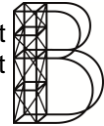
→ W = 2,00 x 1,4 x 0,4095 = 1,147 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/  
*always placed unfavorably at the poles top*)

- Wind auf Mast/ *wind-exposed-areas of the pole:*

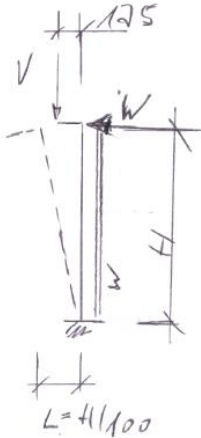
w = 0,10 x 1,4 x 0,4095 = 0,057 KN/m

#### **Lastfall/ loadcase: LF 5 "Anwenderlasten"/ user loads**

max V → Ermittlung siehe Pos. 6.2/ *max V calculated in point 6.2*



## 6.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Wind/ calculation (max. user loads) – without „jostling“ + wind



**Mast/ pole** → QR 100 x 5 mm

$$A = 19,00 \text{ cm}^2$$

$$W = 57,32 \text{ cm}^3$$

$$I = 286,58 \text{ cm}^4$$

$$i = 3,88 \text{ cm}$$

$$M = (V+G) \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2 + V \times 0,175$$

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,57 \rightarrow \chi = 0,33$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,96 \rightarrow \chi = 0,22$$

$$\lambda_{2,40} = 240,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,35 \rightarrow \chi = 0,20$$

$$\lambda_{3,00} = 300,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,94 \rightarrow \chi = 0,18$$

Eigengewichte/ dead weights:

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,107 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,128 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,40 + 0,025 = 0,148 \text{ KN}$$

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 + 0,025 = 0,179 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times ((V+G) / (\chi \times 19,00) + ((V+G) \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2) \times 10^2 / 57,32 + V \times 0,175 \times 10^2 / 57,32) \\ = 25,0/1,1 \times 0,5 = 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

### 1. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 0,60 \text{ m}^2$

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,60 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,60 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,00 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = 14,78 \text{ KN (1475 kg)}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,60 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,00 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = 11,99 \text{ KN (1200 kg)}$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,60 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,00 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = 10,82 \text{ KN (1080 kg)}$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,60 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,00 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = 9,32 \text{ KN (930 kg)}$$

### 2. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 1,00 \text{ m}^2$

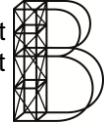
$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 1,00 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,00 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = 13,48 \text{ KN (1345 kg)}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,00 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = 12,08 \text{ KN (1205 kg)}$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 1,00 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,00 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = 9,25 \text{ KN (925 kg)}$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 1,00 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,00 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = 7,47 \text{ KN (745 kg)}$$



### 3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 1,50 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{11,85 \text{ KN} \quad (1185 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{8,88 \text{ KN} \quad (885 \text{ kg})}$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 1,50 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{7,28 \text{ KN} \quad (725 \text{ kg})}$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 1,50 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{5,16 \text{ KN} \quad (515 \text{ kg})}$$

### 4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 2,00 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 2,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{10,23 \text{ KN} \quad (1020 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 2,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{7,15 \text{ KN} \quad (715 \text{ kg})}$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 2,00 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{5,31 \text{ KN} \quad (530 \text{ kg})}$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 2,00 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{2,85 \text{ KN} \quad (285 \text{ kg})}$$

### Stabilisierung/ stabilization

#### **- Bodenplatte/ ground plate 800x800x20 mm**

$$G = 0,8 \times 0,8 \times 0,02 \times 27,0 = 0,346 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben/ pole weight – cf. above

$$M_H = G \times H/100 + 0,1875 \times H + 0,0125 \times H^2/2$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,40 + \text{Mast} \times 0,175$$

$$\eta_K = M_V / M_H \geq 1,2$$

### 1. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 0,60 m<sup>2</sup>

#### für/ for H = 1,60m →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,344 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,581322$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,35 KN → 135 kg - Nutzlast/ payload**

#### für/ for H = 2,00m →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,344 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 0,76081$$

**erf. Ballast/ required ballast = 1,88 KN → 190 kg - Nutzlast/ payload**

#### für/ for H = 2,40m →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,344 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 0,949562$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,44 KN → 245 kg - Nutzlast/ payload**

#### für/ for H = 3,00m →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,344 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 1,25012$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,33 KN → 335 kg - Nutzlast/ payload**

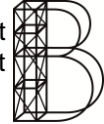
### 2. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,00 m<sup>2</sup>

#### für/ for H = 1,00m →

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,573 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 0,947722$$

**erf. Ballast/ required ballast = 2,45 KN → 245 kg - Nutzlast/ payload**



**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,573 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 1,21881$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,25 KN → 325 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,573 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 1,499162$$

**erf. Ballast/ required ballast = 4,09 KN → 410 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,573 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 1,93712$$

**erf. Ballast/ required ballast = 5,39 KN → 540 kg - Nutzlast/ payload**

**3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,860 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 1,406922$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,83 KN → 385 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,860 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 1,79281$$

**erf. Ballast/ required ballast = 4,98 KN → 500 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,860 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 2,187962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 6,15 KN → 615 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,860 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 2,79812$$

**erf. Ballast/ required ballast = 7,97 KN → 800 kg - Nutzlast/ payload**

**4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 1,147 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 1,866122$$

**erf. Ballast/ required ballast = 5,21 KN → 520 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 1,147 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 2,36681$$

**erf. Ballast/ required ballast = 6,70 KN → 670 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 1,147 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 2,876762$$

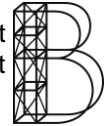
**erf. Ballast/ required ballast = 8,22 KN → 825 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 1,147 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 3,65912$$

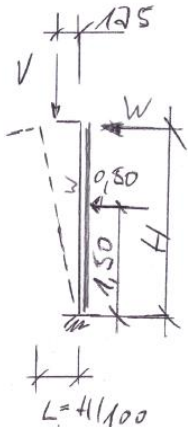
**erf. Ballast/ required ballast = 10,55 KN → 1055 kg - Nutzlast/ payload**



Der Momentenanteil aus Schiefstellung durch die Nutzlast beträgt weniger als 5,3% und wurde für die Ermittlung des erf. Ballastes vernachlässigt!

*The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!*

### **6.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Wind/** **calculation (max. user loads) – with „jostling“ + wind**



**Mast/ pole → QR 100 x 5 mm**

$A = 19,00 \text{ cm}^2$   
 $W = 57,32 \text{ cm}^3$   
 $I = 286,58 \text{ cm}^4$   
 $i = 3,88 \text{ cm}$

$$M = (V+G) \times H/100 + 0,5 \times 1,50 + W \times H + w \times H^2/2 + V \times 0,175$$

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,57 \rightarrow \chi = 0,33$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,96 \rightarrow \chi = 0,22$$

$$\lambda_{2,40} = 240,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,35 \rightarrow \chi = 0,20$$

$$\lambda_{3,00} = 300,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,94 \rightarrow \chi = 0,18$$

Eigengewichte/ dead weights:

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,107 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,128 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,40 + 0,025 = 0,148 \text{ KN}$$

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 + 0,025 = 0,179 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times ((V+G) / (\chi \times 19,00)) + ((V+G) \times H/100 + 0,5 \times 1,50 + W \times H + w \times H^2/2) \times 10^2 / 57,32 + V \times 0,175 \times 10^2 / 57,32 = 25,0 / 1,1 \times 0,5 = 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

#### **1. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 0,60 \text{ m}^2$**

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,60 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,60 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,00 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32 + 0,305) - 0,107$$

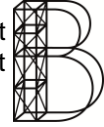
**= 3,96 KN (395 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,60 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,00 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32 + 0,305) - 0,128$$

**= 3,59 KN (360 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,60 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,00 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32 + 0,305) - 0,148$$

**= 3,34 KN (335 kg)**



$$V_{3,00} = (8,417 - 0,60 \times 3,00 - 0,0994 \times 4,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

$$= 2,97 \text{ KN} \quad (300 \text{ kg})$$

## 2. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,00 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 1,00 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

$$= 3,61 \text{ KN} \quad (360 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

$$= 3,17 \text{ KN} \quad (315 \text{ kg})$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 1,00 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

$$= 2,84 \text{ KN} \quad (285 \text{ kg})$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 1,00 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

$$= 2,36 \text{ KN} \quad (235 \text{ kg})$$

## 3. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 1,50 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 1,50 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

$$= 3,16 \text{ KN} \quad (315 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

$$= 2,64 \text{ KN} \quad (265 \text{ kg})$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 1,50 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

$$= 2,21 \text{ KN} \quad (220 \text{ kg})$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 1,50 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

$$= 1,59 \text{ KN} \quad (160 \text{ kg})$$

## 4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 2,00 \times H - 0,0994 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 2,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,107$$

$$= 2,72 \text{ KN} \quad (270 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 2,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,128$$

$$= 2,11 \text{ KN} \quad (210 \text{ kg})$$

$$V_{2,40} = (8,417 - 2,00 \times 2,40 - 0,0994 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,148$$

$$= 1,59 \text{ KN} \quad (160 \text{ kg})$$

$$V_{3,00} = (8,417 - 2,00 \times 3,00 - 0,0994 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,179$$

$$= 0,83 \text{ KN} \quad (80 \text{ kg})$$

## Stabilisierung/ stabilization

– Bodenplatte/ ground plate 800x800x20 mm

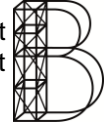
$$G = 0,8 \times 0,8 \times 0,02 \times 27,0 = 0,346 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben/ pole weight – cf. above

$$M_H = G \times H/100 + 0,1875 \times H + 0,0125 \times H^2/2$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,40 + \text{Mast} \times 0,175$$

$$\eta_K = M_V / M_H \geq 1,2$$



### 1. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 0,60 \text{ m}^2$

für/ for  $H = 1,60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 1,331322$$

**erf. Ballast/ required ballast = 3,60 KN  $\rightarrow$  360 kg - Nutzlast/ payload**

für/ for  $H = 2,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 1,51081$$

**erf. Ballast/ required ballast = 4,13 KN  $\rightarrow$  415 kg - Nutzlast/ payload**

für/ for  $H = 2,40\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 1,699562$$

**erf. Ballast/ required ballast = 4,69 KN  $\rightarrow$  470 kg - Nutzlast/ payload**

für/ for  $H = 3,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 2,00012$$

**erf. Ballast/ required ballast = 5,58 KN  $\rightarrow$  560 kg - Nutzlast/ payload**

### 2. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 1,00 \text{ m}^2$

für/ for  $H = 1,60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 1,697722$$

**erf. Ballast/ required ballast = 4,70 KN  $\rightarrow$  470 kg - Nutzlast/ payload**

für/ for  $H = 2,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 1,96881$$

**erf. Ballast/ required ballast = 5,50 KN  $\rightarrow$  550 kg - Nutzlast/ payload**

für/ for  $H = 2,40\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 2,249162$$

**erf. Ballast/ required ballast = 6,34 KN  $\rightarrow$  635 kg - Nutzlast/ payload**

für/ for  $H = 3,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 2,68712$$

**erf. Ballast/ required ballast = 7,64 KN  $\rightarrow$  765 kg - Nutzlast/ payload**

### 3. Nutzlastkörper/ payload surface $A \leq 1,50 \text{ m}^2$

für/ for  $H = 1,60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,860 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 2,156922$$

**erf. Ballast/ required ballast = 6,08 KN  $\rightarrow$  610 kg - Nutzlast/ payload**

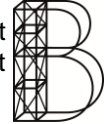
für/ for  $H = 2,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,860 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 2,54281$$

**erf. Ballast/ required ballast = 7,23 KN  $\rightarrow$  725 kg - Nutzlast/ payload**





**für/ for H = 2,40m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 0,860 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 2,937962$$

**erf. Ballast/ required ballast = 8,40 KN → 840 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 3,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 0,5 \times 1,5 + 0,860 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,031325 / 3,54812$$

**erf. Ballast/ required ballast = 10,22 KN → 1025 kg - Nutzlast/ payload**

**4. Nutzlastkörper/ payload surface A ≤ 2,00 m<sup>2</sup>**

**für/ for H = 1,60m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,107 \times 0,175 / (0,107 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,018725 / 2,616122$$

**erf. Ballast/ required ballast = 7,45 KN → 745 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,00m →**

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,128 \times 0,175 / (0,128 \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0224 / 3,11681$$

**erf. Ballast/ required ballast = 8,95 KN → 895 kg - Nutzlast/ payload**

**für/ for H = 2,40m →**

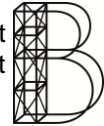
$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,0259 / 3,626762$$

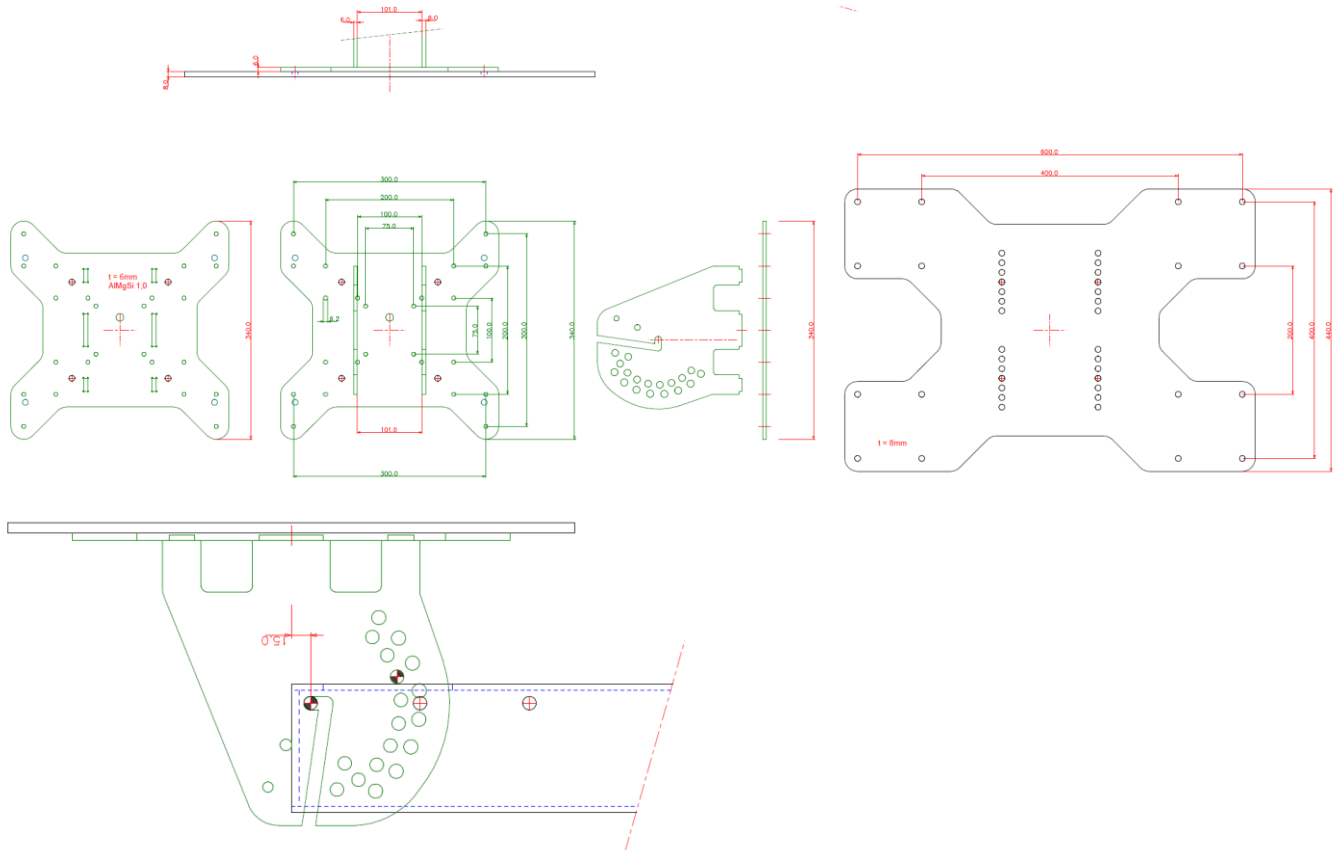
**erf. Ballast/ required ballast = 10,47 KN → 1050 kg - Nutzlast/ payload**

Der Momentenanteil aus Schiefstellung durch die Nutzlast beträgt weniger als 5,3% und wurde für die Ermittlung des erf. Ballastes vernachlässigt!

*The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!*



## 7. Aufnahmerahmen und -Scheiben für Anhängelasten (Stützenkopf)/ mounting frame and disk for hanging loads (pole head)



**Aufnahmeplatte/ mounting plate BI 8x440x600 mm**

**EN AW 6082T5**

$$A = 44,0 \times 0,8 = 35,20 \text{ cm}^2$$

$$W = 44,0 \times 0,8^2 / 6 = 4,69 \text{ cm}^3$$

$$M = 0,5 \times F \times 0,175$$

$$\sigma = F \times 0,175 \times 10^2 / 4,69 = 25,0 / 1,1$$

$$\rightarrow \text{zul } F = 22,727 \times 4,69 / (0,175 \times 100) = 6,09 \text{ KN}$$

**Lochscheibenplatte/ perforated disk plate BI 6x190x210 mm**

**EN AW 6082T5**

$$A = 19,0 \times 0,6 = 11,40 \text{ cm}^2$$

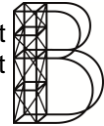
$$W = 0,6 \times 19,0^2 / 6 = 36,10 \text{ cm}^3$$

$$M = F \times 0,175$$

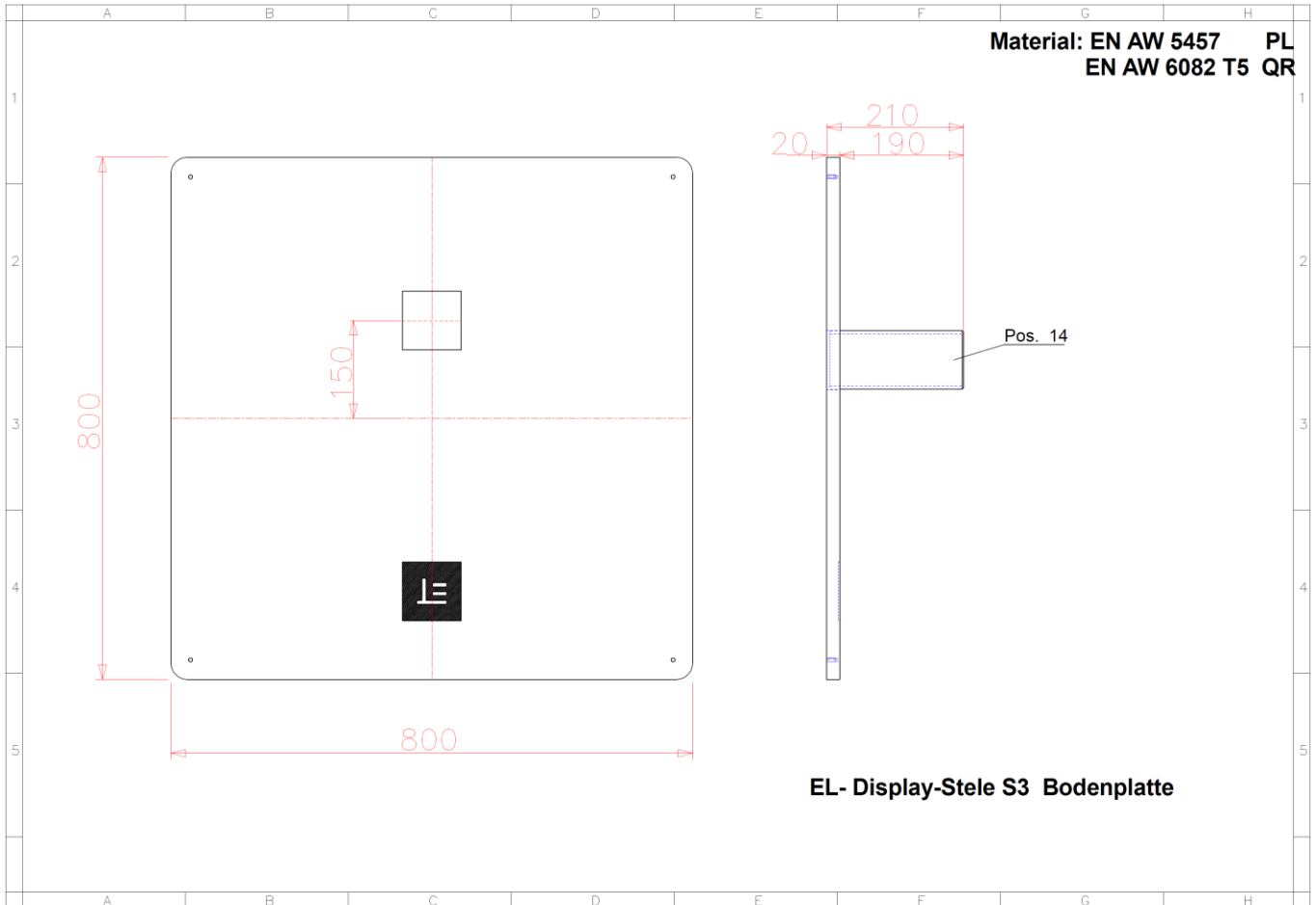
$$\sigma = F \times 0,175 \times 10^2 / 36,10 = 25,0 / 1,1$$

$$\rightarrow \text{zul } F = 22,727 \times 36,10 / (0,175 \times 100) = 46,88 \text{ KN}$$

**zul. Anhängelast P/ allowed hanging load P = 600 kg**



## 8. Bodenplatte/ ground plate



**BI 20x800x800 mm**                      **EN AW 5754**

$$A = 80,0 \times 2,0 = 160,0 \text{ cm}^2$$

$$W = 80,0 \times 2,0^2 / 6 = 53,33 \text{ cm}^3$$

aus Schiefstellung/ *eccentricity* →  $\sim 0,14 \times 0,022$                       = 0,003 KNm

aus Anrempeln/ *jostling* →  $0,5 \times 1,50$                                       = 0,750 KNm

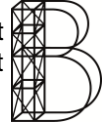
aus Wind/ *wind* →  $1,147 \times 3,00$     = 3,441 KNm

aus Wind auf Mast/ *wind on pole* →  $0,057 \times 3,00^2 / 2$                       = 0,256 KNm

aus Anwenderlast/ *user load* →  $6,00 \times 0,175$                               = 1,050 KNm

$$\text{max } M = 5,500 \text{ KNm}$$

$$\sigma = \sim 0,70 \times 5,50 \times 10^2 / 53,33 = 7,219 \text{ KN/cm}^2 < 16,0 / 1,1$$



## **9. 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.*