

# Statische Berechnung

Objekt : DesignStele S3

Entwicklung : SHOWEM Veranstaltungstechnik GmbH  
Gutenbergstraße 12  
85098 Großmehring

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

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

Aufgestellt: im November 2015

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



Der Nachweis umfasst 23 Seiten

Auftrags-Nr: 15304-S3

           Positionspläne

Bearbeiter:   Br  

           Ausführungszeichnungen



## 2. Berechnungsgrundlagen

DIN - Normen:

DIN EN 1991	Lastannahmen für Bauten
DIN EN 13814	Fliegende Bauten
DIN EN 1999	Aluminiumkonstruktionen
DIN EN 1993	Stahlbau

## 3. Baustoffe

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

## 4. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“

### 4.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion

## Elemente im S3 Set



#### **Aufnahmen**

1 x Displayhalter für VESA Platte  
bis 30x30 cm oder Audipack L&S5 oder  
Aufnahme an M10 Gewinde | 2,6 kg

#### **Universalkopf**

1 x 56 cm | 2,8 kg

#### **Verlängerungen**

1 x 100 cm | 5,2 kg

1 x 80 cm | 5,2 kg

1 x 60 cm | 4,1 kg

#### **Bodenplatte mit dezentraler Aufnahme (-15 cm aus der Mitte)**

1 x 4 cm | 37 kg

### Lastfall: LF 2 "Schiefstellung"

L / 100

### Lastfall: LF 3 "Anrempeln"

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe (bei Stele 1,00m → H = 1,00m)

Brookstraße 8

49497 Mettingen

Telefon +49(0)5452/935082

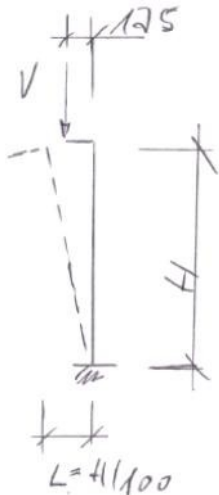
Fax – 935083

[ing.buero-brandt@osnanet.de](mailto:ing.buero-brandt@osnanet.de)

**Lastfall: LF 4 "Anwenderlasten"**

max V → Ermittlung siehe Pos. 4.2

**4.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“**



**Mast → QR 100 x 5 mm**

A = 19,00 cm<sup>2</sup>

W = 57,32 cm<sup>3</sup>

I = 286,58 cm<sup>4</sup>

i = 3,88 cm

**M = (V+G) x 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:**

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

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

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

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

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

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

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

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

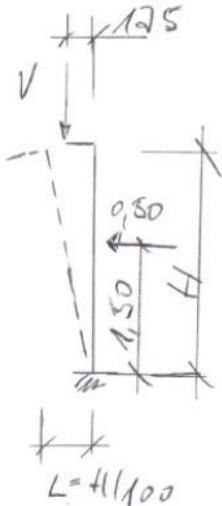
$$V_{2,40} = 8,417 / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{13,64 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1360 \text{ kg})}$$

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

**Verankerung / Stabilisierung**

**- ohne weiteren Nachweis; kein zusätzlicher Ballast erforderlich – Bodenplatte 800x800x20 mm**

### 4.3 Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“



**Mast** → 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Verankerung / Stabilisierung

– **Bodenplatte 800x800x20 mm**

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

Gewicht Mast – siehe oben

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



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

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

**für 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 = 1,73 KN → 175 kg - Nutzlast**

**für 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 = 1,72 KN → 170 kg - Nutzlast**

**für 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 = 1,71 KN → 170 kg - Nutzlast**

**für 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 = 1,71 KN → 170 kg - Nutzlast**

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

## **5. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Hallenwind“**

### **5.1. Belastung der Konstruktion**

#### **Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion**

wie vor Pos. 4

#### **Lastfall: LF 2 "Anrempeln"**

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

#### **Lastfall: LF 3 "Schiefstellung"**

L / 100

#### **Lastfall: LF 4 "Hallenwind"**

Je nach Messegesellschaft darf für Aufbauten H < 2,50m 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.

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper:

**A ≤ 0,60 m<sup>2</sup> (≤ 46 Zoll)**

→ W = 0,60 x 0,125 = 0,075 KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

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

→  $W = 1,00 \times 0,125 = 0,125 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

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

→  $W = 1,50 \times 0,125 = 0,1875 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

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

→  $W = 2,00 \times 0,125 = 0,25 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

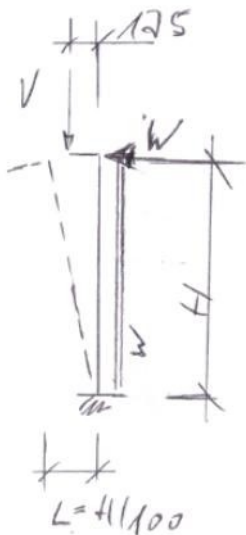
- Wind auf Mast:

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

**Lastfall: LF 5 "Anwenderlasten"**

max V → Ermittlung siehe Pos. 5.2

## **5.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Hallenwind**



**Mast → 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:

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

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

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

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





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

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

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

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

**(1650 kg)**

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

**(1385 kg)**

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

**(1300 kg)**

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

**(1200 kg)**

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{16,22 \text{ KN}}$$

**(1620 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{13,57 \text{ KN}}$$

**(1355 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,2181 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{12,69 \text{ KN}}$$

**(1265 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,2181 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{11,62 \text{ KN}}$$

**(1160 kg)**

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{15,87 \text{ KN}}$$

**(1585 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{13,20 \text{ KN}}$$

**(1320 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,3271 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{12,26 \text{ KN}}$$

**(1225 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,3271 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{11,11 \text{ KN}}$$

**(1110 kg)**

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,33 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,107 = \mathbf{15,51 \text{ KN}}$$

**(1550 kg)**

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,128 = \mathbf{12,82 \text{ KN}}$$

**(1280 kg)**

$$V_{2,40} = (8,417 - 0,4361 \times 2,40 - 0,0218 \times 2,40^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,40/57,32 + 0,305) - 0,148 = \mathbf{11,83 \text{ KN}}$$

**(1180 kg)**

$$V_{3,00} = (8,417 - 0,4361 \times 3,00 - 0,0218 \times 3,00^2/2) / (1/0,18 \times 19,0 + 3,00/57,32 + 0,305) - 0,179 = \mathbf{10,61 \text{ KN}}$$

**(1060 kg)**



## Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 800x800x20 mm

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

Gewicht Mast – siehe oben

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

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

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

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

für  $H = 1,60 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = -0,11 KN  $\rightarrow$  kein Ballast erforderlich !**

für  $H = 2,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0 KN  $\rightarrow$  kein Ballast erforderlich !**

für  $H = 2,40 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0,117 KN  $\rightarrow$  12,0 kg – Nutzlast**

für  $H = 3,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0,304 KN  $\rightarrow$  30,5 kg - Nutzlast**

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

für  $H = 1,60 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0,129 KN  $\rightarrow$  13 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0,299 KN  $\rightarrow$  30 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,40 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0,477 KN  $\rightarrow$  48 kg - Nutzlast**

für  $H = 3,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 0,754 KN  $\rightarrow$  76 kg - Nutzlast**



### 3. Nutzlastkörper $A \leq 1.50 \text{ m}^2$

#### für $H = 1.60\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 0,429 KN  $\rightarrow$  43 kg - Nutzlast

#### für $H = 2.00\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 0,674 KN  $\rightarrow$  67,5 kg - Nutzlast

#### für $H = 2.40\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 0,927 KN  $\rightarrow$  93 kg - Nutzlast

#### für $H = 3.00\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 1,317 KN  $\rightarrow$  132 kg - Nutzlast

### 4. Nutzlastkörper $A \leq 2.00 \text{ m}^2$

#### für $H = 1.60\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 0,729 KN  $\rightarrow$  73 kg - Nutzlast

#### für $H = 2.00\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 1,049 KN  $\rightarrow$  105 kg - Nutzlast

#### für $H = 2.40\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 1,377 KN  $\rightarrow$  138 kg - Nutzlast

#### für $H = 4.00\text{m} \rightarrow$

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

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

erf. Ballast = 1,879 KN  $\rightarrow$  190 kg - Nutzlast

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

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

#### Nutzkörper $A \leq 0.60 \text{ m}^2$

H = 1,00m  $\rightarrow$  kein Ballast erforderlich

H = 2,00m  $\rightarrow$  kein Ballast erforderlich

H = 2,40m  $\rightarrow$  12 kg – erf. Nutzlast

H = 3,00m  $\rightarrow$  30,5 kg – erf. Nutzlast



**Nutzkörper  $A \leq 1.00 \text{ m}^2$**

H = 1,60m → 13 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 30 kg – erf. Nutzlast

H = 2,40m → 48 kg – erf. Nutzlast

H = 3,00m → 76 kg – erf. Nutzlast

**Nutzkörper  $A \leq 1.50 \text{ m}^2$**

H = 1,60m → 43 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 67,5 kg – erf. Nutzlast

H = 2,40m → 93 kg – erf. Nutzlast

H = 3,00m → 132 kg – erf. Nutzlast

**Nutzkörper  $A \leq 2.00 \text{ m}^2$**

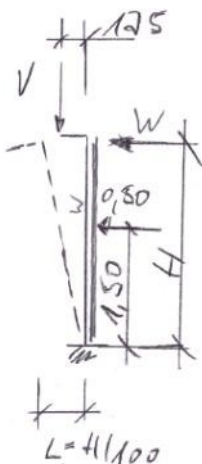
H = 1,60m → 73 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 105 kg – erf. Nutzlast

H = 2,40m → 138 kg – erf. Nutzlast

H = 3,00m → 190 kg – erf. Nutzlast

**5.3 Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Hallenwind**



**Mast → QR 100 x 5 mm**

A = 19,00 cm<sup>2</sup>

W = 57,32 cm<sup>3</sup>

I = 286,58 cm<sup>4</sup>

i = 3,88 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:**

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

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

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

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



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

### 1. Nutzlastkörper A ≤ 0,60 m²

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 2. Nutzlastkörper A ≤ 1,00 m²

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

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

**= 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 A ≤ 1,50 m²

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

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

**= 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 A ≤ 2,00 m²

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

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

**= 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)**



## Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 800x800x20 mm

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

Gewicht Mast – siehe oben

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

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

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

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

für  $H = 1,60 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,14 KN  $\rightarrow$  215 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,25 KN  $\rightarrow$  225 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,40 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,37 KN  $\rightarrow$  240 kg - Nutzlast**

für  $H = 3,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,57 KN  $\rightarrow$  260 kg - Nutzlast**

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

für  $H = 1,60 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,38 KN  $\rightarrow$  240 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,55 KN  $\rightarrow$  255 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,40 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,73 KN  $\rightarrow$  275 kg - Nutzlast**

für  $H = 3,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,00 KN  $\rightarrow$  300 kg - Nutzlast**



### 3. Nutzlastkörper $A \leq 1.50 \text{ m}^2$

für  $H = 1.60\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,68 KN  $\rightarrow$  270 kg – Nutzlast**

für  $H = 2.00\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,92 KN  $\rightarrow$  295 kg - Nutzlast**

für  $H = 2.40\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,18 KN  $\rightarrow$  320 kg – Nutzlast**

für  $H = 3.00\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,57 KN  $\rightarrow$  360 kg - Nutzlast**

### 4. Nutzlastkörper $A \leq 2.00 \text{ m}^2$

für  $H = 1.60\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,98 KN  $\rightarrow$  300 kg - Nutzlast**

für  $H = 2.00\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,30 KN  $\rightarrow$  330 kg - Nutzlast**

für  $H = 2.40\text{m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,63 KN  $\rightarrow$  365 kg – Nutzlast**

für  $H = 3.00\text{m} \rightarrow$

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

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

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

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

## 6. Steele – Outdoor mit / ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Wind“ (Sturm)

### 6.1. Belastung der Konstruktion

#### Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion

wie vor Pos. 4

**Lastfall: LF 2 "Anrempeln"**

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

**Lastfall: LF 3 "Schiefstellung"**

L / 100

**Lastfall: LF 4 "Wind"**

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

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper:

$A \leq 0,60 \text{ m}^2$

→  $W = 0,60 \times 1,4 \times 0,4095 = 0,344 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

$A \leq 1,00 \text{ m}^2$

→  $W = 1,00 \times 1,4 \times 0,4095 = 0,573 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

$A \leq 1,50 \text{ m}^2$

→  $W = 1,50 \times 1,4 \times 0,4095 = 0,860 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

$A \leq 2,00 \text{ m}^2$

→  $W = 2,00 \times 1,4 \times 0,4095 = 1,147 \text{ KN}$  (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

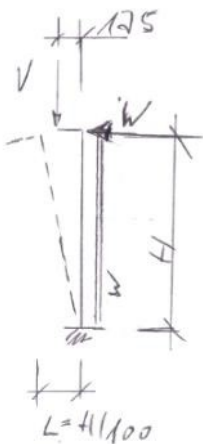
- Wind auf Mast:

$w = 0,10 \times 1,4 \times 0,4095 = 0,057 \text{ KN/m}$

**Lastfall: LF 5 "Anwenderlasten"**

max V → Ermittlung siehe Pos. 6.2

**6.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Wind**



**Mast → QR 100 x 5 mm**

A = 19,00 cm<sup>2</sup>

W = 57,32 cm<sup>3</sup>

I = 286,58 cm<sup>4</sup>

i = 3,88 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:

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

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

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

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

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

**1. Nutzlastkörper A ≤ 0.60 m²**

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

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

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

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

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

**2. Nutzlastkörper A ≤ 1.00 m²**

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

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

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

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

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

**3. Nutzlastkörper A ≤ 1.50 m²**

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

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

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

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

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

**4. Nutzlastkörper A ≤ 2.00 m²**

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

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

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

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

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

**Verankerung / Stabilisierung**

– Bodenplatte 800x800x20 mm

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



Gewicht Mast – siehe oben

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

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

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

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

für  $H = 1,60 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 1,35 KN  $\rightarrow$  135 kg – Nutzlast**

für  $H = 2,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 1,88 KN  $\rightarrow$  190 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,40 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,44 KN  $\rightarrow$  245 kg - Nutzlast**

für  $H = 3,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,33 KN  $\rightarrow$  335 kg – Nutzlast**

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

für  $H = 1,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 2,45 KN  $\rightarrow$  245 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,25 KN  $\rightarrow$  325 kg - Nutzlast**

für  $H = 2,40 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 4,09 KN  $\rightarrow$  410 kg - Nutzlast**

für  $H = 3,00 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 5,39 KN  $\rightarrow$  540 kg - Nutzlast**

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

für  $H = 1,60 \text{ m} \rightarrow$

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

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

**erf. Ballast = 3,83 KN  $\rightarrow$  385 kg - Nutzlast**

**für 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 = 4,98 KN → 500 kg - Nutzlast

**für 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 = 6,15 KN → 615 kg - Nutzlast

**für 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 = 7,97 KN → 800 kg - Nutzlast

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

**für 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 = 5,21 KN → 520 kg - Nutzlast

**für 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 = 6,70 KN → 670 kg - Nutzlast

**für 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 = 8,22 KN → 825 kg - Nutzlast

**für H = 3.00m →**

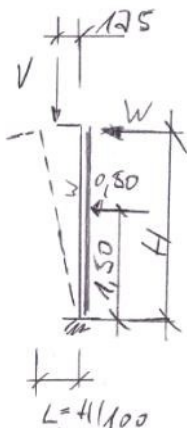
$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,179 \times 0,175 / (0,179 \times 0,03 + 1,147 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

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

erf. Ballast = 10,55 KN → 1055 kg - Nutzlast

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

**6.3 Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Wind**





**Mast** → 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:

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

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

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

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

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

### 1. Nutzlastkörper A ≤ 0.60 m²

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

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

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

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

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

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

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

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

**= 2,97 KN (300 kg)**

### 2. Nutzlastkörper A ≤ 1.00 m²

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

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

**= 3,61 KN (360 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 KN (315 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 KN (285 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 KN (235 kg)**

### 3. Nutzlastkörper A ≤ 1.50 m²

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

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

**= 3,16 KN (315 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 KN (265 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 KN (220 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 KN (160 kg)**

#### 4. Nutzlastkörper A ≤ 2.00 m²

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

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

**= 2,72 KN (270 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 KN (210 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 KN (160 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 KN (80 kg)**

### Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 800x800x20 mm

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

Gewicht Mast – siehe oben

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

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

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

#### 1. Nutzlastkörper A ≤ 0.60 m²

für H = 1.60m →

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

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

**erf. Ballast = 3,60 KN → 360 kg - Nutzlast**

für H = 2.00m →

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

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

**erf. Ballast = 4,13 KN → 415 kg - Nutzlast**

für H = 2.40m →

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

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

**erf. Ballast = 4,69 KN → 470 kg - Nutzlast**

für H = 3.00m →

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

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

**erf. Ballast = 5,58 KN → 560 kg - Nutzlast**

#### 2. Nutzlastkörper A ≤ 1.00 m²

für H = 1.60m →

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

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

**erf. Ballast = 4,70 KN → 470 kg - Nutzlast**



**für H = 2.00m →**

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

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

**erf. Ballast = 5,50 KN → 550 kg - Nutzlast**

**für H = 2.40m →**

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

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

**erf. Ballast = 6,34 KN → 635 kg - Nutzlast**

**für H = 3.00m →**

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

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

**erf. Ballast = 7,64 KN → 765 kg - Nutzlast**

**3. Nutzlastkörper A ≤ 1,50 m²**

**für H = 1.60m →**

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

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

**erf. Ballast = 6,08 KN → 610 kg - Nutzlast**

**für H = 2.00m →**

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

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

**erf. Ballast = 7,23 KN → 725 kg - Nutzlast**

**für 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 = 8,40 KN → 840 kg - Nutzlast**

**für 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 = 10,22 KN → 1025 kg - Nutzlast**

**4. Nutzlastkörper A ≤ 2,00 m²**

**für 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 = 7,45 KN → 745 kg - Nutzlast**

**für 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 = 8,95 KN → 895 kg - Nutzlast**

**für H = 2.40m →**

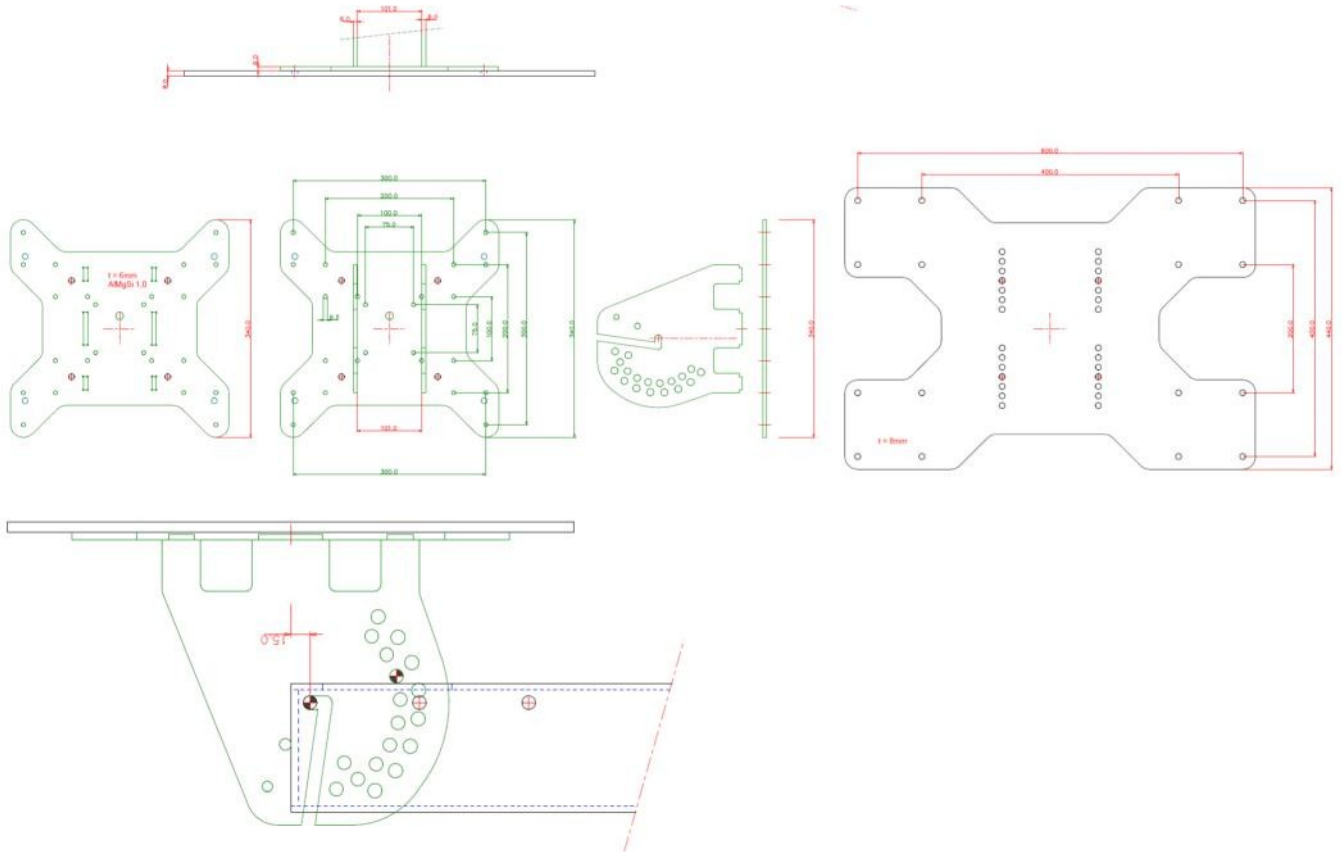
$$1,2 = (0,346 + \text{Ballast}) \times 0,4 + 0,148 \times 0,175 / (0,148 \times 0,024 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 2,40 + 0,057 \times 2,40^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

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

**erf. Ballast = 10,47 KN → 1050 kg - Nutzlast**

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

## 7. Aufnahmerahmen und -Scheiben für Anhängelasten (Stützenkopf)



### **Aufnahmeplatte 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 BI 6x190x210 mm EN AW 6082T5**

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

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

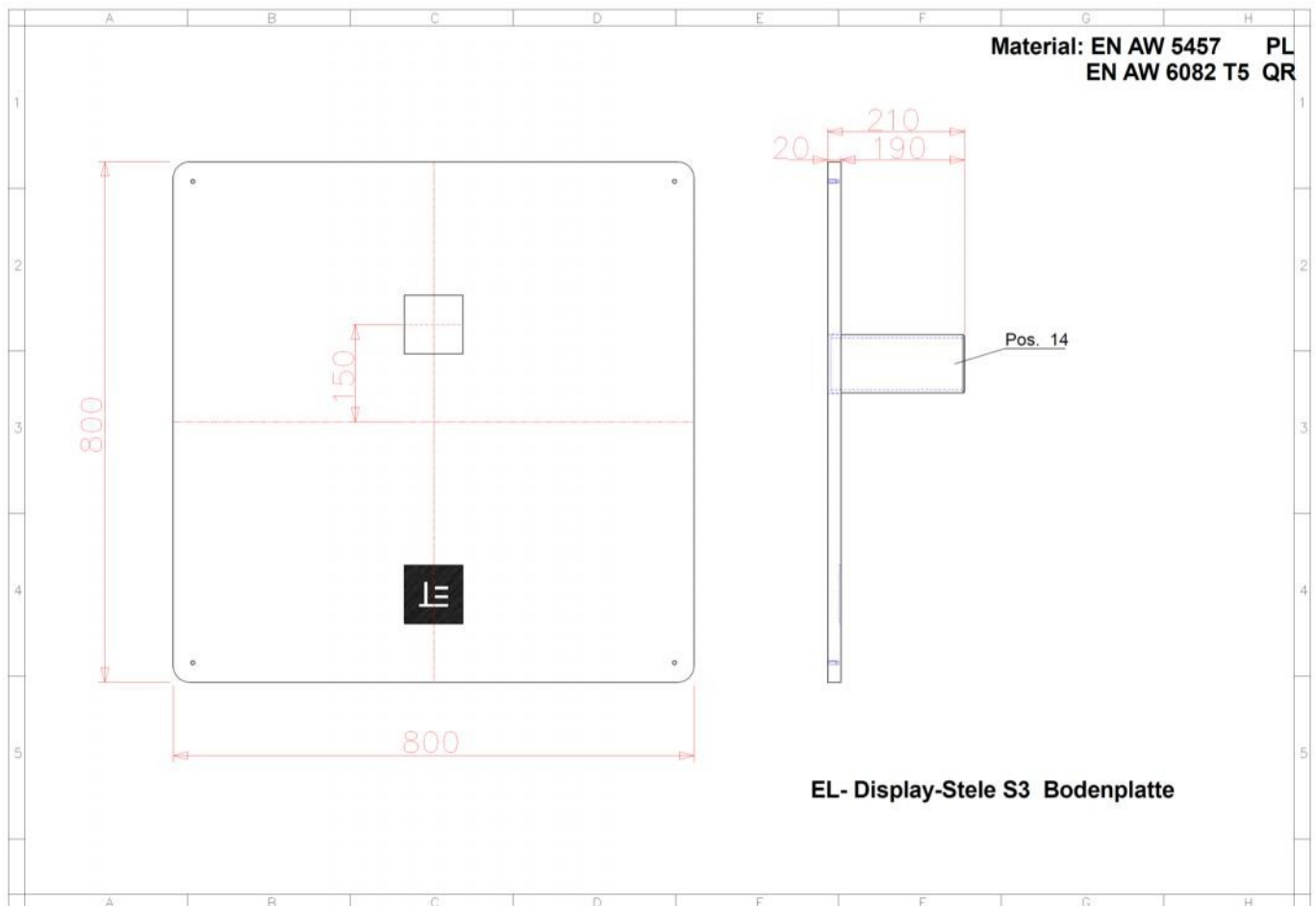
$$M = F \times 0,175$$

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

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

**zul. Anhängelast P = 600 kg**

## 8. Bodenplatte



### BI 20x800x800 mm EN AW 5754

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

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

$$\text{aus Schiefstellung} \rightarrow \sim 0,14 \times 0,022 = 0,003 \text{ KNm}$$

$$\text{aus Anrempeln} \rightarrow 0,5 \times 1,50 = 0,750 \text{ KNm}$$

$$\text{aus Wind} \rightarrow 1,147 \times 3,00 = 3,441 \text{ KNm}$$

$$\text{aus Wind auf Mast} \rightarrow 0,057 \times 3,00^2 / 2 = 0,256 \text{ KNm}$$

$$\text{aus Anwenderlast} \rightarrow 6,00 \times 0,175 = 1,050 \text{ KNm}$$

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

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

## 9. Schlußbemerkung

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