

Statische Berechnung

Objekt : PG3 Neo

Entwicklung : H.O.F. - Alutec GmbH & Co. KG

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 Mai 2023

Ingenieurbüro Brandt GmbH
Dipl.-Ing. Thomas Brandt
Brookstraße 8 49497 Mettingen
Tel. +49 5452 935082 info@statik-brandt.de



Der Nachweis umfasst 15 Seiten

Auftrags-Nr: 23334

 Positionspläne

Bearbeiter: Br

 Ausführungszeichnungen



1. Baubeschreibung

Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist der Nachweis einer Mastkonstruktion (Steele) die dazu dient Lautsprecher, Monitore, Beleuchtung etc. aufzunehmen. Die Konstruktion wird durch eine Bodenplatte stabilisiert.

Untersucht werden folgende Anwendungsbereiche:

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

Die Konstruktion kann in den nachfolgenden Aufbauhöhen aufgestellt werden:

H = 1,40m

H = 1,80m

H = 2,00m

H = 2,20m

H = 2,40m

H = 2,60m

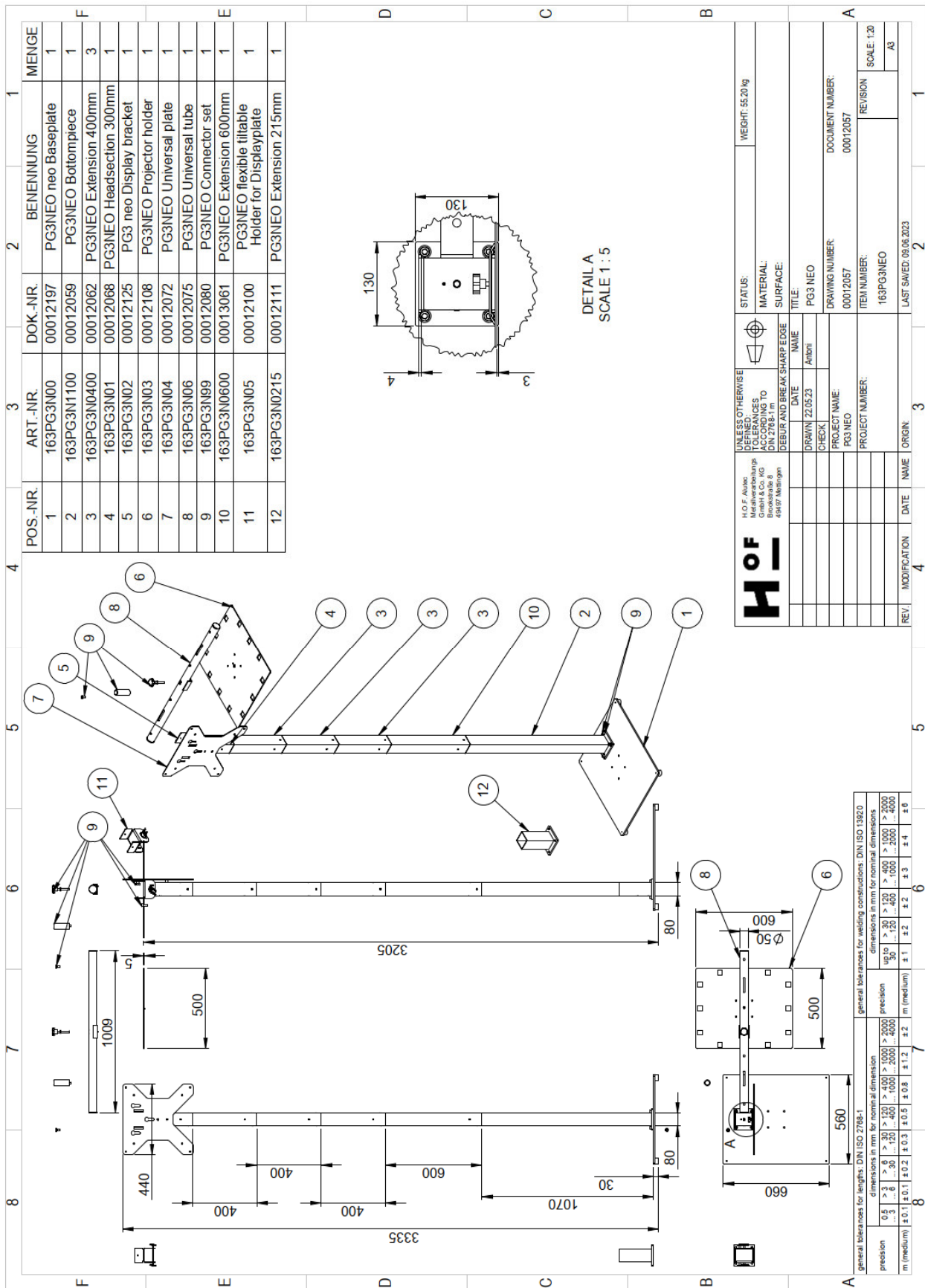
H = 2,80m

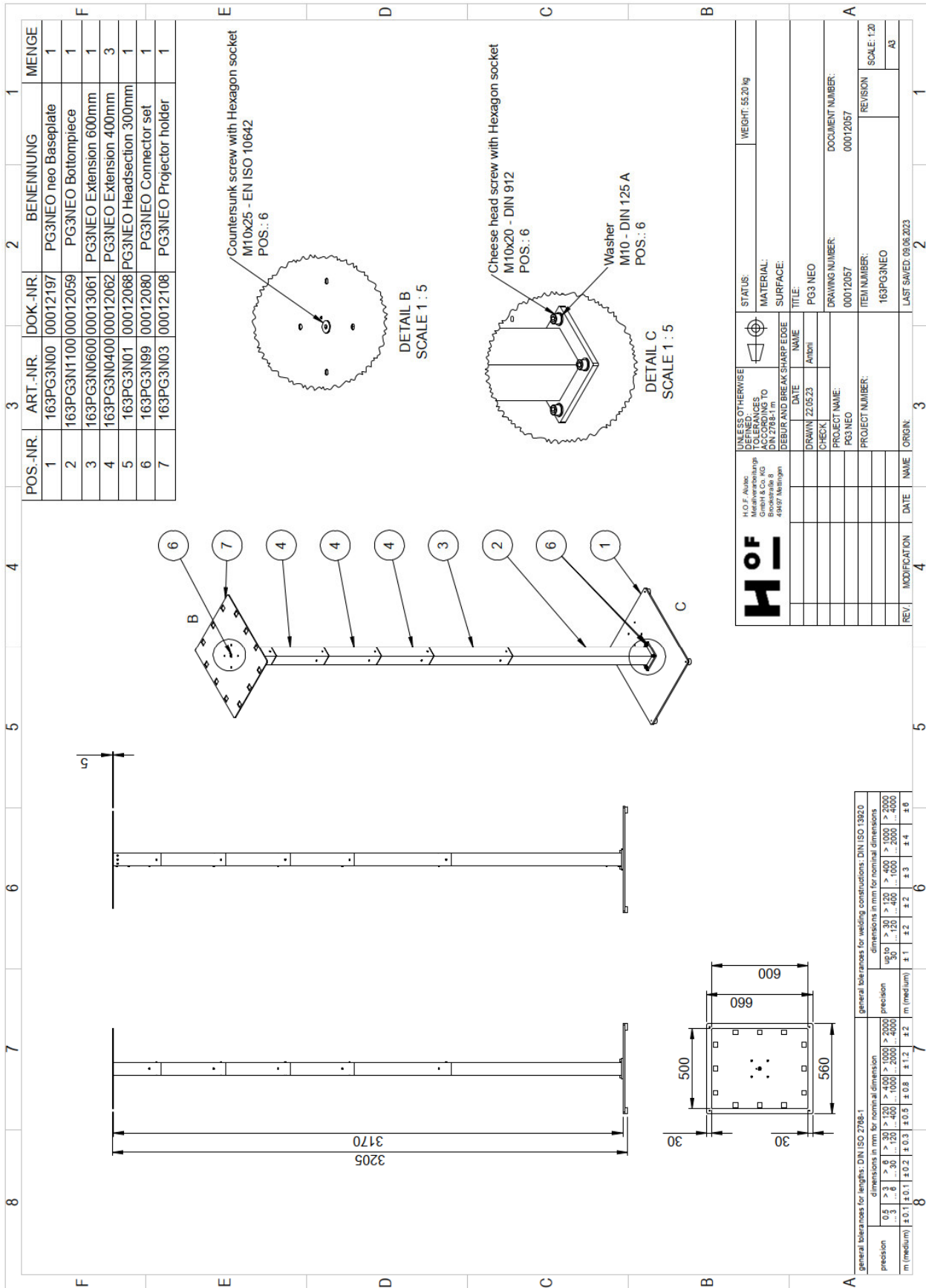
H = 3,00m

H = 3,20m

Die maximal aufzunehmende Belastung wird vom Hersteller auf $P \leq 60,0$ kg begrenzt.

Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.







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- 6060 T6 (Al Mg Si 0,5 F22)

4. Steele – Indoor ohne „Anrempelfaktor“

4.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion

Mast QR 80x2 inkl. Anschlußrohr QR 75,7x2 → = 0,0195 KN/m
Bodenplatte 560x660x10 → = 0,29 KN
Anbauteile → ≈ 0,05 KN

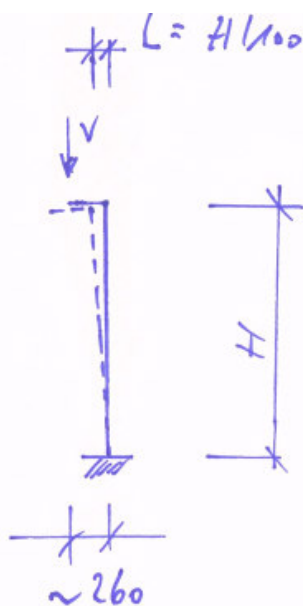
Lastfall: LF 2 "Schiefstellung"

$L / 100$

Lastfall: LF 3 "Anwenderlasten"

Herstellerbegrenzung max V → 60 kg = 0,60 KN

4.2. Bemessung – ohne „Anrempeln“





Mast → QR 80 x 2 mm

$A = 6,24 \text{ cm}^2$
 $W = 15,83 \text{ cm}^3$
 $I = 63,32 \text{ cm}^4$
 $i = 3,19 \text{ cm}$

$$M = V \times (0,26 + H/100) + G \times H/100$$

Maximale Höhe $H \leq 3,20 \text{ m}$

$$\lambda_{3,20} = 320,0 \times 2/3,19 \times 1/\pi \times \sqrt{(14,0/7000)} = 2,86 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

$G_{1,40} = 0,05 + 0,0195 \times 1,40 = 0,077 \text{ KN}$
 $G_{2,40} = 0,05 + 0,0195 \times 2,40 = 0,097 \text{ KN}$
 $G_{3,20} = 0,05 + 0,0195 \times 3,20 = 0,112 \text{ KN}$

$$\sigma = 1,35 \times (0,60 + 0,112) / (0,15 \times 6,24) + 1,35 \times (0,60 \times (0,26 + 3,20/100) + 0,112 \times 3,20/100) \times 10^2 / 15,83 = 1,027 + 1,525 = 2,552 \text{ KN/cm}^2 < 14,0/1,1 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 660x560x10 mm

$$G = 0,66 \times 0,56 \times 0,01 \times 78,5 = 0,29 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 0,60 \times (0,26 + H/100)$$
$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,33 + G_{\text{Mast}} \times 0,33$$

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

für $H = 3,20 \text{ m} \rightarrow$

$$(0,29 \times 0,33 + 0,112 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,13) / (0,112 \times 0,032 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,02)) \geq 1,2$$
$$1,85 > 1,2$$

kein Ballast erforderlich

5. Steele – Indoor ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Hallenwind“

5.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion

wie vor Pos. 4

Lastfall: LF 3 "Schiefstellung"

$L / 100$

Lastfall: LF 4 "Hallenwind"

Je nach Messgesellschaft 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.

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper:

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

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

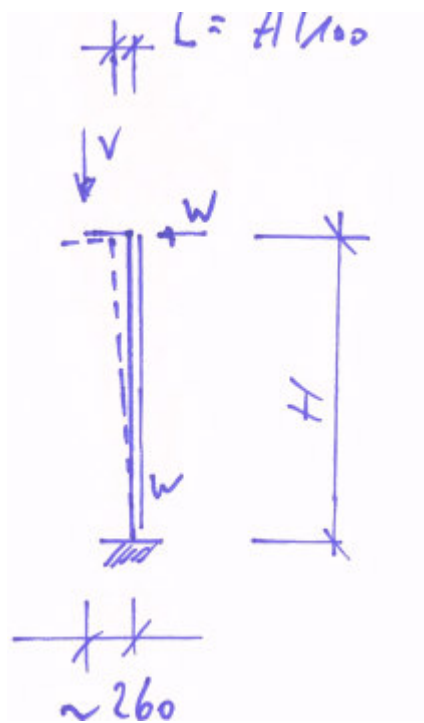
- Wind auf Mast:

$$w = 0,08 \times 0,125 = 0,01 \text{ KN/m}$$

Lastfall: LF 5 "Anwenderlasten"

Herstellerbegrenzung max V \rightarrow 60 kg = 0,60 KN

5.2. Bemessung – ohne „Anrempeln“ + Hallenwind



Mast \rightarrow QR 80 x 2 mm

$$A = 6,24 \text{ cm}^2$$

$$W = 15,83 \text{ cm}^3$$

$$I = 63,32 \text{ cm}^4$$

$$i = 3,19 \text{ cm}$$

$$M = V \times (0,26 + H/100) + G \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2$$

Maximale Höhe $H \leq 3,20 \text{ m}$

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

$$\lambda_{3,20} = 320,0 \times 2/3,19 \times 1/\pi \times \sqrt{(14,0/7000)} = 2,86 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

$$G_{1,40} = 0,05 + 0,0195 \times 1,40 = 0,077 \text{ KN}$$

$$G_{2,40} = 0,05 + 0,0195 \times 2,40 = 0,097 \text{ KN}$$

$$G_{3,20} = 0,05 + 0,0195 \times 3,20 = 0,112 \text{ KN}$$

$$\sigma = 1,35 \times (0,60 + 0,112) / (0,15 \times 6,24) + 1,35 \times (0,60 \times (0,26 + 3,20/100) + 0,112 \times 3,20/100 + 0,1875 \times 3,20 + 0,01 \times 3,20^2 / 2) \times 10^2 / 15,83 = 1,027 + 7,078 = 8,105 \text{ KN/cm}^2 < 14,0/1,1 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 660x560x10 mm

$$G = 0,66 \times 0,56 \times 0,01 \times 78,5 = 0,29 \text{ KN}$$

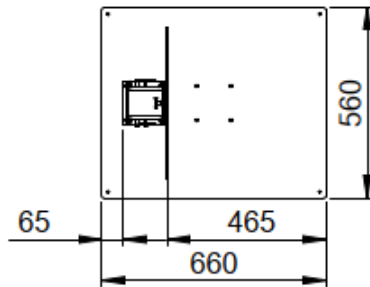
Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 0,60 \times (0,26 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,33 + G_{\text{Mast}} \times 0,33$$

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

Mast auf Bodenplatte aussermittig



1. Hallenwind von vorne:

für H = 1,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,077 \times 0,13 + \text{Nutzlast} \times 0,13 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,077 \times 0,014 - \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,014) + 0,1875 \times 1,40 + 0,01 \times 1,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,2223 - 0,4588 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 2,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,097 \times 0,13 + \text{Nutzlast} \times 0,13 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,097 \times 0,024 - \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,024) + 0,1875 \times 2,40 + 0,01 \times 2,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,4690 - 0,4708 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 3,20m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,112 \times 0,13 + \text{Nutzlast} \times 0,13 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,112 \times 0,032 - \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,032) + 0,1875 \times 3,20 + 0,01 \times 3,20^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6755 - 0,4804 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

2. Hallenwind von hinten:

für H = 1,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,077 \times 0,53 + \text{Nutzlast} \times 0,53 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,077 \times 0,014 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,014) + 0,1875 \times 1,40 + 0,01 \times 1,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,1915 - 0,2012 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 2,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,097 \times 0,53 + \text{Nutzlast} \times 0,53 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,097 \times 0,024 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,024) + 0,1875 \times 2,40 + 0,01 \times 2,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,4302 + 0,1892 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$



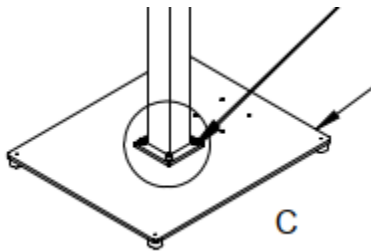
für H = 3,20m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,112 \times 0,53 + \text{Nutzlast} \times 0,53 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,112 \times 0,032 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,032) + 0,1875 \times 3,20 + 0,01 \times 3,20^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6307 - 0,180 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

- Es ist immer mit dem aus den beiden Lastfällen größeren Wert zu ballastieren !
- Negative Ergebnisse bedeuten das kein Ballast erforderlich ist !

Mast auf Bodenplatte mittig



1. Hallenwind von vorne:

für H = 1,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,077 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,33 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,077 \times 0,014 - \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,014) + 0,1875 \times 1,40 + 0,01 \times 1,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,2069 - 0,6588 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 2,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,097 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,33 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,097 \times 0,024 - \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,024) + 0,1875 \times 2,40 + 0,01 \times 2,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,4496 - 0,6708 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 3,20m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,112 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,33 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,112 \times 0,032 - \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,032) + 0,1875 \times 3,20 + 0,01 \times 3,20^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6531 - 0,6804 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

2. Hallenwind von hinten:

für H = 1,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,077 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,33 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,077 \times 0,014 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,014) + 0,1875 \times 1,40 + 0,01 \times 1,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,2069 - 0,0012 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 2,40m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,097 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,33 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,097 \times 0,024 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,024) + 0,1875 \times 2,40 + 0,01 \times 2,40^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,4496 + 0,0108 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

für H = 3,20m →

$$1,2 = (0,29 \times 0,33 + 0,112 \times 0,33 + \text{Nutzlast} \times 0,33 + \text{Ballast} \times 0,33) / (0,112 \times 0,032 + \text{Nutzlast} \times (0,26 + 0,032) + 0,1875 \times 3,20 + 0,01 \times 3,20^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6531 + 0,0204 \times \text{Nutzlast}) / 0,33$$

- Es ist immer mit dem aus den beiden Lastfällen größeren Wert zu ballastieren !
- Negative Ergebnisse bedeuten das kein Ballast erforderlich ist !

7. Bodenplatte

Bodenplatte 660 x 560 x 10 mm

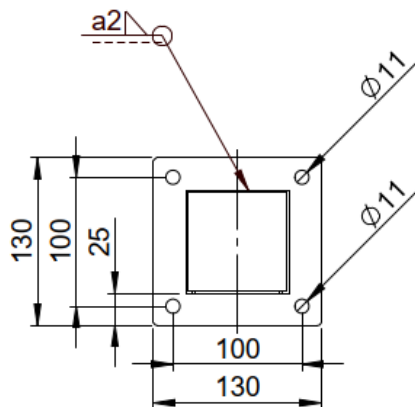
$$A = 56,0 \times 1,0 = 56,0 \text{ cm}^2$$

$$W = 56,0 \times 1,0^2 / 6 = 9,33 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 1,35 \times (0,60 \times 0,292 + 0,112 \times 0,032 + 0,1875 \times 3,20 + 0,01 \times 3,20^2 / 2) \times 10^2 / 9,33 = 12,009 \text{ KN/cm}^2$$

$$< 21,82 \text{ KN/cm}^2$$

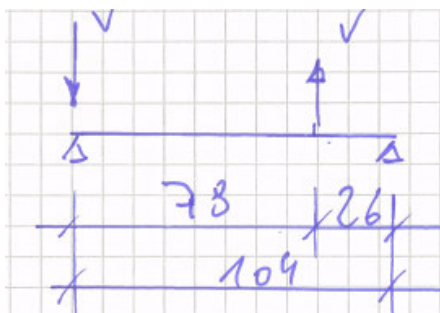
Anschluß Mast / Bodenplatte



FI 130x10-130 mm

$$A = 13,0 \times 12,0 = 13,0 \text{ cm}^2$$

$$W = 13,0 \times 1,0^2 / 6 = 2,17 \text{ cm}^2$$



$$H = 0,22 \times 1,35 = 0,30 \text{ KN}$$

$$M = 0,83 \times 1,35 = 1,12 \text{ KNm}$$

$$D = Z = 1,12 / 0,078 = 14,36 \text{ KN}$$

$$M = 14,36 \times 0,078 \times 0,026 / 0,104 = 0,28 \text{ KNm}$$

$$\sigma = 0,30 / 13,0 + 0,28 \times 10^2 / 2,17 = 12,926 \text{ KN/cm}^2 \approx 14,0/1,1$$

Senkkopfschraube M10 8.8

$$N_{R,d} = 0,6 \times 33,75 = 20,25 \text{ KN} > 14,36/2$$



8. Schlußbemerkung

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

Maximale Nutzlast → **$P \leq 60,0 \text{ kg}$**
Aufbauhöhe → **$H = 1,40 \text{ bis } 3,20\text{m}$**
Maximale Größe (Fläche) der Nutzlast → **$A \leq 1,50 \text{ m}^2$**

Eventuelle Balastierung gem. Angaben Seite 12 - 14 (Zwischenhöhen sind zu interpolieren)

Aufbau nur Indoor (Hallenwind wurde berücksichtigt)