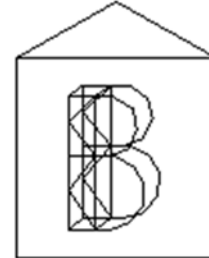




Statische Berechnung



Objekt : DesignStele S2

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 Januar 2016

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



Der Nachweis umfasst 22 Seiten

Auftrags-Nr: 15304-S2-a

 Positionspläne

Bearbeiter: Br

 Ausführungszeichnungen

1. Baubeschreibung

Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist der Nachweis einer Mastkonstruktion (Stele) die dazu dient 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)

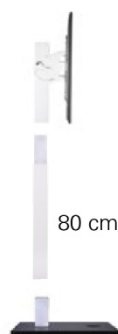
Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.



Montage 3
DM: 100 cm



Montage 3
DM: 120 cm



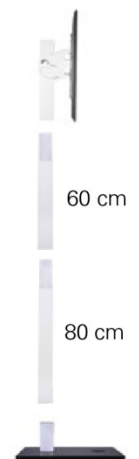
Montage 3
DM: 140 cm



Montage 3
DM: 160 cm



Montage 3
DM: 180 cm



Montage 3
DM: 200 cm

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: LF1 Eigengewicht der Konstruktion



Aufnahmen

1 x Displayadapter 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 80 cm | 5,2 kg

1 x 60 cm | 4,1 kg

1 x 40 cm | 3,4 kg



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

1 x 4 cm | 20 kg

Lastfall: LF2 "Schiefstellung"

L / 100

Lastfall: LF3 "Anrempeln"

$H = 0,50 \text{ KN}$ in $1,50\text{m}$ Höhe (bei Stele $1,00\text{m} \rightarrow H = 1,00\text{m}$)

Lastfall:LF4"Anwenderlasten"

Brookstraße 8

49497 Mettingen

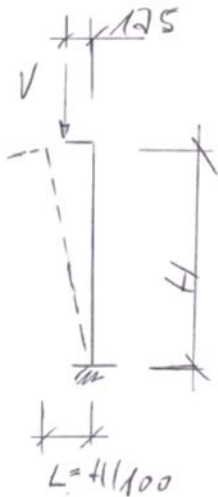
Telefon +49(0)5452/935082

Fax – 935083

ing.buero-brandt@osnanet.de

max V → Ermittlung siehe Pos. 4.2

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



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

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

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,47 \rightarrow \chi = 0,34$$

$$\lambda_{1,80} = 180,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,77 \rightarrow \chi = 0,25$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,16 \rightarrow \chi = 0,20$$

Eigengewichte:

aus Halterungen → G ≈ 0,025 KN

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,102 \text{ KN}$$

$$G_{1,80} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,80 + 0,025 = 0,117 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,138 \text{ KN}$$

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

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

$$V_{1,60} = 8,417 / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{17,22 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1720 \text{ kg})}$$

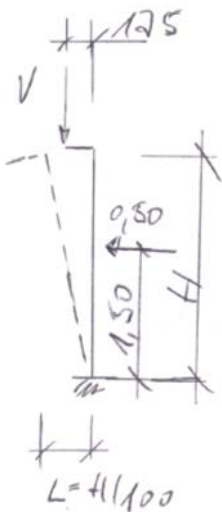
$$V_{1,80} = 8,417 / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{15,27 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1525 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = 8,417 / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{13,74 \text{ KN}} \quad \mathbf{(1370 \text{ kg})}$$

Verankerung/Stabilisierung

- ohne weiteren Nachweis; kein zusätzlicher Ballast erforderlich – Bodenplatte 650x550x20 mm

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



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

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

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \pi \times \sqrt{(25,0 / 7000)} = 1,47 \rightarrow \chi = 0,34$$

$$\lambda_{1,80} = 180,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \pi \times \sqrt{(25,0 / 7000)} = 1,77 \rightarrow \chi = 0,25$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \pi \times \sqrt{(25,0 / 7000)} = 2,16 \rightarrow \chi = 0,20$$

Eigengewichte:

aus Halterungen → $G \approx 0,025 \text{ KN}$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,102 \text{ KN}$$

$$G_{1,80} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,80 + 0,025 = 0,117 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,138 \text{ KN}$$

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

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

$$V_{1,60} = 8,417 / (1 / 0,34 \times 19,0 + 1,60 / 57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{4,59 \text{ KN}} \quad \mathbf{(455 \text{ kg})}$$

$$V_{1,80} = 8,417 / (1 / 0,25 \times 19,0 + 1,80 / 57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{4,42 \text{ KN}} \quad \mathbf{(440 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = 8,417 / (1 / 0,20 \times 19,0 + 2,00 / 57,32 + 1,308 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{4,26 \text{ KN}} \quad \mathbf{(425 \text{ kg})}$$

Verankerung/Stabilisierung

– **Bodenplatte 650x550x20 mm**

$$G = 0,65 \times 0,55 \times 0,02 \times 27,0 = 0,193 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

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

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,325 + \text{Mast} \times 0,175$$



Annahme $\rightarrow V \approx 0,25 \text{ KN}$

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

für H=1.60m \rightarrow

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,70778$$

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

für H=1.80m \rightarrow

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,708356$$

erf. Ballast = 2,36 KN \rightarrow 240 kg - Nutzlast

für H=2.00m \rightarrow

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = (0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 0,709286$$

erf. Ballast = 2,35 KN \rightarrow 240 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: LF1 Eigengewicht der Konstruktion

wie vor Pos. 4

Lastfall: LF2 "Anrempeln"

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

Lastfall: LF3 "Schiefstellung"

L / 100

Lastfall: LF4 "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:

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

$\rightarrow W = 0,60 \times 0,125 = 0,075 \text{ KN}$ (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

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

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

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

$\rightarrow W = 1,50 \times 0,125 = 0,1875 \text{ KN}$ (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)

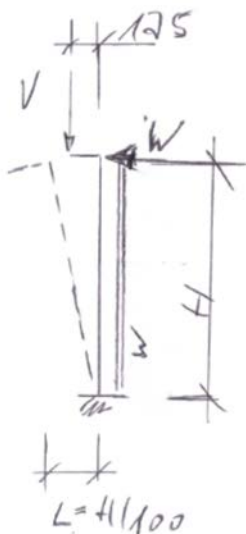
- Wind auf Mast:

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

Lastfall: LF5 "Anwenderlasten"

max V → Ermittlung siehe Pos. 5.2

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



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

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

$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,47 \rightarrow \chi = 0,34$

$\lambda_{1,80} = 180,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,77 \rightarrow \chi = 0,25$

$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,16 \rightarrow \chi = 0,20$

Eigengewichte:

aus Halterungen → $G \approx 0,025 \text{ KN}$

$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,102 \text{ KN}$

$G_{1,80} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,80 + 0,025 = 0,117 \text{ KN}$

$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,138 \text{ KN}$

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

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



$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,1308xH - 0,0218 xH^2/2) / (1/\chi x19,00 + H/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,1308x1,50 - 0,0218x1,60^2/2) / (1/0,34x19,0 + 1,50/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{16,76\ KN}$$

(1675 kg)

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,1308x1,80 - 0,0218x1,80^2/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{14,78\ KN}$$

(1475 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,1308x2,20 - 0,0218x2,00^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,20/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{13,18\ KN}$$

(1315 kg)

2.NutzlastkörperA≤1.00m² (≤ 60 Zoll)

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181x1,50 - 0,0218x1,50^2/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{16,49\ KN}$$

(1650 kg)

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,2181x1,80 - 0,0218x1,80^2/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{14,49\ KN}$$

(1450 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181x2,20 - 0,0218x2,20^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{12,86\ KN}$$

(1285 kg)

3.NutzlastkörperA≤1.50m² (≤ 75 Zoll)

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271x1,50 - 0,0218x1,60^2/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{16,16\ KN}$$

(1615 kg)

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,3271x1,80 - 0,0218x1,80^2/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{14,13\ KN}$$

(1410 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271x2,20 - 0,0218x2,00^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{12,47\ KN}$$

(1245 kg)

4.NutzlastkörperA≤2.00m² (≤ 85 Zoll)

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361x1,60 - 0,0218x1,60^2/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{15,82\ KN}$$

(3880 kg)

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,4361x1,80 - 0,0218x1,80^2/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{13,77\ KN}$$

(1375 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361x2,00 - 0,0218x2,00^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{12,07\ KN}$$

(1205 kg)

Verankerung/Stabilisierung

– Bodenplatte 650x550x20 mm

$$G = 0,65x0,55x0,02 x 27,0 = 0,193\ KN$$

Gewicht Mast – siehe oben

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

$$M_V = G_{Platte} x 0,325 + Mast x 0,175$$

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

1.NutzlastkörperA≤0.60m²



für H=1.60m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,075 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,0843425$$

erf. Ballast = 0,065 KN → 6,5 kg – Nutzlast

für H=1.80m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,075 \times 1,80 + 0,0125 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,113606$$

erf. Ballast = 0,165 KN → 16,5 kg - Nutzlast

für H=2.00m→

$$1,2 = (0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,075 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 0,154536$$

erf. Ballast = 0,305 KN → 30,5 kg - Nutzlast

2.Nutzlastkörper A≤1.00m²

für H=1.60m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,1593425$$

erf. Ballast = 0,34 KN → 34 kg – Nutzlast

für H=1.80m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,125 \times 1,80 + 0,0125 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,203606$$

erf. Ballast = 0,50 KN → 50 kg - Nutzlast

für H=2.00m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 - 0,02415) / 0,264536$$

erf. Ballast = 0,71 KN → 71 kg - Nutzlast

3.Nutzlastkörper A≤1.50m²

für H=1.60m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,1875 \times 1,6 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,2530925$$

erf. Ballast = 0,69 KN → 69 kg – Nutzlast

für H=1.80m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,1875 \times 1,8 + 0,0125 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,316106$$

erf. Ballast = 0,91 KN → 91 kg - Nutzlast

für H=2.00m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,1875 \times 2,0 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 0,402036$$

erf. Ballast = 1,28 KN → 130 kg - Nutzlast

4.Nutzlastkörper A≤2.00m²

für H=1.60m→

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,25 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,3468425$$

erf. Ballast = 1,03 KN → 105 kg – Nutzlast



für H=1.80m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,25 \times 1,80 + 0,0125 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,428606$$

erf. Ballast = 1,33 KN → 133 kg - Nutzlast

für H=2.00m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,25 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 0,539536$$

erf. Ballast = 1,73 KN → 173 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 ≤ 0.60m²

H = 1,60m → 6,5 kg – erf. Nutzlast

H = 1,80m → 16,5 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 30,5 kg – erf. Nutzlast

Nutzkörper A ≤ 1.00m²

H = 1,60m → 34 kg – erf. Nutzlast

H = 1,80m → 50 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 71 kg – erf. Nutzlast

Nutzkörper A ≤ 1.50m²

H = 1,60m → 69 kg – erf. Nutzlast

H = 1,80m → 91 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 130 kg – erf. Nutzlast

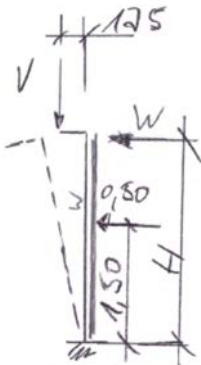
Nutzkörper A ≤ 2.00m²

H = 1,60m → 105 kg – erf. Nutzlast

H = 1,80m → 133 kg – erf. Nutzlast

H = 2,00m → 173 kg – erf. Nutzlast

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



$$L = 41100$$

Mast → QR 100 x 5 mm

A = 19,00 cm²



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

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

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,47 \rightarrow \chi = 0,34$$

$$\lambda_{1,80} = 180,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,77 \rightarrow \chi = 0,25$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,16 \rightarrow \chi = 0,20$$

Eigengewichte:

aus Halterungen $\rightarrow G \approx 0,025 \text{ KN}$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,102 \text{ KN}$$

$$G_{1,80} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,80 + 0,025 = 0,117 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,138 \text{ KN}$$

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

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

$$\rightarrow V = ((11,363/1,35) - 0,1090 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/\chi \times 19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - G$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,1308 \times 1,50 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102$$

$$= 4,46 \text{ KN} \quad (445 \text{ kg})$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,1308 \times 1,80 - 0,0218 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117$$

$$= 4,27 \text{ KN} \quad (425 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,1308 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138$$

$$= 4,08 \text{ KN} \quad (405 \text{ kg})$$

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181 \times 1,50 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102$$

$$= 4,39 \text{ KN} \quad (435 \text{ kg})$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,2181 \times 1,80 - 0,0218 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117$$

$$= 4,19 \text{ KN} \quad (415 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138$$

$$= 3,98 \text{ KN} \quad (395 \text{ kg})$$

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271 \times 1,50 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102$$

$$= 4,30 \text{ KN} \quad (430 \text{ kg})$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,3271 \times 1,80 - 0,0218 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117$$

$$= 4,08 \text{ KN} \quad (405 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138$$

$$= 3,85 \text{ KN} \quad (385 \text{ kg})$$

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

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



$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102$$

= **4,21 KN** (420 kg)

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,4361 \times 1,80 - 0,0218 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117$$

= **3,98 KN** (395 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138$$

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

Verankerung/Stabilisierung

– Bodenplatte 650x550x20 mm

$$G = 0,65 \times 0,55 \times 0,02 \times 27,0 = 0,193 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

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

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,325 + \text{Mast} \times 0,175$$

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

1. Nutzlastkörper A ≤ 0.60m²

für H=1.60m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,8343425$$

erf. Ballast = **2,83 KN** → **285 kg - Nutzlast**

für H=1.80m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 1,80 + 0,0125 \times 1,80^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,86306$$

erf. Ballast = **3,01 KN** → **305 kg - Nutzlast**

für H=2.00m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 - 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,075 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 0,904536$$

erf. Ballast = **3,13 KN** → **315 kg - Nutzlast**

2. Nutzlastkörper A ≤ 1.00m²

für H=1.60m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 - 0,01785) / 0,9093425$$

erf. Ballast = **3,20 KN** → **320 kg - Nutzlast**

für H=1.80m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 - 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 1,80 + 0,0125 \times 1,80^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 - 0,020475) / 0,953606$$

erf. Ballast = **3,27 KN** → **330 kg - Nutzlast**

für H=2.00m →

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2/2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 1,014536$$

erf. Ballast = **3,48 KN** → **350 kg - Nutzlast**

3. Nutzlastkörper A ≤ 1.50m²

für H=1.60m →



$$1,2 = ((0,193+Ball.) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + Ballast) \times 0,325 + 0,01785) / 1,0030925$$

erf. Ballast = 3,46 KN → 350 kg - Nutzlast

für H=1.80m →

$$1,2 = ((0,193+Ball.) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 1,80 \times 0,0125 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + Ballast) \times 0,325 + 0,020475) / 1,066106$$

erf. Ballast = 3,69 KN → 370 kg - Nutzlast

für H=2.00m →

$$1,2 = ((0,193+Ball.) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + Ballast) \times 0,325 + 0,02415) / 1,152036$$

erf. Ballast = 3,99 KN → 400 kg - Nutzlast

4. Nutzlastkörper A ≤ 2,00m²

für H=1.60m →

$$1,2 = ((0,193+Ball.) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + Ballast) \times 0,325 - 0,01785) / 1,0968425$$

erf. Ballast = 3,80 KN → 380 kg - Nutzlast

für H=1.80m →

$$1,2 = ((0,193+Ball.) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 1,80 \times 0,0125 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + Ballast) \times 0,325 + 0,020475) / 1,178606$$

erf. Ballast = 4,10 KN → 410 kg - Nutzlast

für H=2.00m →

$$1,2 = ((0,193+Ball.) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + Ballast) \times 0,325 + 0,02415) / 1,289536$$

erf. Ballast = 4,50 KN → 450 kg - Nutzlast

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

6. Stele-Outdoor mit/ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Wind“ (Sturm)

6.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF1 Eigengewicht der Konstruktion

wie vor Pos. 4

Lastfall: LF2 "Anrempeln"

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

Lastfall: LF3 "Schiefstellung"

L / 100

Lastfall: LF4 "Wind"

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

- 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)

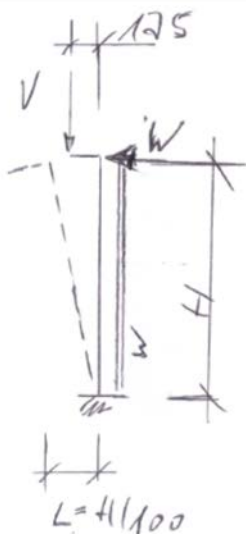
- Wind auf Mast:

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

Lastfall: LF5 "Anwenderlasten"

max V → Ermittlung siehe Pos. 6.2

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



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

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

$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,47 \rightarrow \chi = 0,34$

$\lambda_{1,80} = 180,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,77 \rightarrow \chi = 0,25$

$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,16 \rightarrow \chi = 0,20$

Eigengewichte:



aus Halterungen $\rightarrow G \approx 0,025 \text{ KN}$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,102 \text{ KN}$$

$$G_{1,80} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,80 + 0,025 = 0,117 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,138 \text{ KN}$$

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

1. Nutzlastkörper $A \leq 0.60 \text{ m}^2$

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,60 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{15,13 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1510 \text{ kg})}$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 0,60 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{13,00 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1300 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,60 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{11,17 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1115 \text{ kg})}$$

2. Nutzlastkörper $A \leq 1.00 \text{ m}^2$

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{13,90 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1390 \text{ kg})}$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 1,00 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{11,69 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1165 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{9,71 \text{ KN}} \\ \mathbf{(970 \text{ kg})}$$

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{12,35 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1235 \text{ kg})}$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 1,50 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{10,04 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1000 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{7,90 \text{ KN}} \\ \mathbf{(790 \text{ kg})}$$

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

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

$$V_{1,60} = (8,417 - 2,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) - 0,102 = \mathbf{10,81 \text{ KN}} \\ \mathbf{(1080 \text{ kg})}$$

$$V_{1,80} = (8,417 - 2,00 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) - 0,117 = \mathbf{8,40 \text{ KN}} \\ \mathbf{(840 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 2,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) - 0,138 = \mathbf{6,09 \text{ KN}} \\ \mathbf{(610 \text{ kg})}$$

Verankerung/Stabilisierung

– Bodenplatte **650x550x20 mm**

$$G = 0,65 \times 0,55 \times 0,02 \times 27,0 = 0,193 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben



$$M_H = G \times H/100 + 0,5 \times 1,50$$
$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,325 + \text{Mast} \times 0,175$$

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

1. Nutzlastkörper $A \leq 0.60\text{m}^2$

für $H=1.60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,344 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 0,537905$$

erf. Ballast = 1,74 KN \rightarrow 175 kg - Nutzlast

für $H=1.80\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,344 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 0,669896$$

erf. Ballast = 2,20 KN \rightarrow 220 kg - Nutzlast

für $H=2.00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,344 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 - 0,02415) / 0,854026$$

erf. Ballast = 2,87 KN \rightarrow 290 kg - Nutzlast

2. Nutzlastkörper $A \leq 1.00\text{m}^2$

für $H=1.60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,573 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 - 0,01785) / 0,881405$$

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

für $H=1.80\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,573 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 1,082096$$

erf. Ballast = 3,74 KN \rightarrow 375 kg - Nutzlast

für $H=2.00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,573 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 1,357826$$

erf. Ballast = 4,75 KN \rightarrow 475 kg - Nutzlast

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

für $H=1.60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,86 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 1,311905$$

erf. Ballast = 460 KN \rightarrow 460 kg - Nutzlast

für $H=1.80\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,86 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 1,59896$$

erf. Ballast = 5,65 KN \rightarrow 565 kg - Nutzlast

für $H=2.00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,86 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 1,989226$$

erf. Ballast = 7,08 KN \rightarrow 710 kg - Nutzlast

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

für $H=1,60 \text{ m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 1,147 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 1,742405$$

erf. Ballast = 6,19 KN \rightarrow 620 kg - Nutzlast

für $H=1,80 \text{ m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 1,147 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 2,115296$$

erf. Ballast = 7,55 KN \rightarrow 755 kg - Nutzlast

für $H=2,00 \text{ m} \rightarrow$

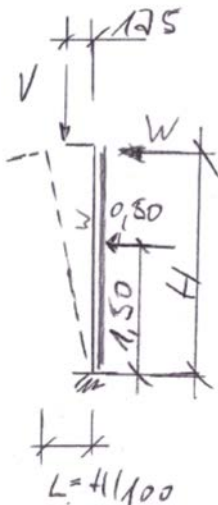
$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 1,147 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 2,620626$$

erf. Ballast = 9,41 KN \rightarrow 945 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 \rightarrow QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

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

$$\lambda_{1,60} = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,47 \rightarrow \chi = 0,34$$

$$\lambda_{1,80} = 180,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 1,77 \rightarrow \chi = 0,25$$

$$\lambda_{2,00} = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 2,16 \rightarrow \chi = 0,20$$

Eigengewichte:

aus Halterungen $\rightarrow G \approx 0,025 \text{ KN}$



$$\begin{aligned}G_{1,60} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 + 0,025 = 0,102 \text{ KN} \\G_{1,80} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,80 + 0,025 = 0,117 \text{ KN} \\G_{2,00} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 + 0,025 = 0,138 \text{ KN}\end{aligned}$$

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

1. Nutzlastkörper $A \leq 0.60 \text{m}^2$

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

$$\begin{aligned}V_{1,60} &= (8,417 - 0,60 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102 \\&= \mathbf{4,02 \text{ KN}} \quad (\mathbf{400 \text{ kg}}) \\V_{1,80} &= (8,417 - 0,60 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117 \\&= \mathbf{3,75 \text{ KN}} \quad (\mathbf{375 \text{ kg}}) \\V_{2,00} &= (8,417 - 0,60 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138 \\&= \mathbf{3,44 \text{ KN}} \quad (\mathbf{340 \text{ kg}})\end{aligned}$$

2. Nutzlastkörper $A \leq 1.00 \text{m}^2$

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

$$\begin{aligned}V_{1,60} &= (8,417 - 1,00 \times 1,50 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102 \\&= \mathbf{3,69 \text{ KN}} \quad (\mathbf{365 \text{ kg}}) \\V_{1,80} &= (8,417 - 1,00 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117 \\&= \mathbf{3,36 \text{ KN}} \quad (\mathbf{335 \text{ kg}}) \\V_{2,00} &= (8,417 - 1,00 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138 \\&= \mathbf{2,98 \text{ KN}} \quad (\mathbf{295 \text{ kg}})\end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}V_{1,60} &= (8,417 - 1,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102 \\&= \mathbf{3,27 \text{ KN}} \quad (\mathbf{325 \text{ kg}}) \\V_{1,80} &= (8,417 - 1,50 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117 \\&= \mathbf{2,90 \text{ KN}} \quad (\mathbf{290 \text{ kg}}) \\V_{2,00} &= (8,417 - 1,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138 \\&= \mathbf{2,41 \text{ KN}} \quad (\mathbf{240 \text{ kg}})\end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}V_{1,60} &= (8,417 - 2,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,34 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,102 \\&= \mathbf{2,83 \text{ KN}} \quad (\mathbf{280 \text{ kg}}) \\V_{1,80} &= (8,417 - 2,00 \times 1,80 - 0,0994 \times 1,80^2/2) / (1/0,25 \times 19,0 + 1,80/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,117 \\&= \mathbf{2,39 \text{ KN}} \quad (\mathbf{235 \text{ kg}}) \\V_{2,00} &= (8,417 - 2,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32 + 0,305) - 0,138 \\&= \mathbf{1,83 \text{ KN}} \quad (\mathbf{180 \text{ kg}})\end{aligned}$$

Verankerung/Stabilisierung

– Bodenplatte 650x550x20 mm

$$G = 0,65 \times 0,55 \times 0,02 \times 27,0 = 0,193 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

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



$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,325 + \text{Mast} \times 0,175$$

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

1.Nutzlastkörper $A \leq 0.60\text{m}^2$

für $H=1.60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 1,287905$$

erf. Ballast = 4,51 KN \rightarrow 455 kg - Nutzlast

für $H=1.80\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 1,419896$$

erf. Ballast = 4,99 KN \rightarrow 500 kg - Nutzlast

für $H=2.00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,344 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 1,604026$$

erf. Ballast = 5,66 KN \rightarrow 565 kg - Nutzlast

2.Nutzlastkörper $A \leq 1.00\text{m}^2$

für $H=1.60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 1,631405$$

erf. Ballast = 5,78 KN \rightarrow 580 kg - Nutzlast

für $H=1.80\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 1,832096$$

erf. Ballast = 6,51 KN \rightarrow 650 kg - Nutzlast

für $H=2.00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 2,107826$$

erf. Ballast = 7,52 KN \rightarrow 755 kg - Nutzlast

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

für $H=1.60\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,102 \times 0,175) / (0,102 \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,86 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,01785) / 2,061905$$

erf. Ballast = 7,37 KN \rightarrow 740 kg - Nutzlast

für $H=1.80\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ball.}) \times 0,325 + 0,117 \times 0,175) / (0,117 \times 0,018 + 0,5 \times 1,5 + 0,86 \times 1,80 + 0,057 \times 1,80^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,020475) / 2,348696$$

erf. Ballast = 8,42 KN \rightarrow 845 kg - Nutzlast

für $H=2.00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,138 \times 0,175) / (0,138 \times 0,020 + 0,5 \times 1,5 + 0,86 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 - 0,25 \times 0,175)$$

$$1,2 = ((0,193 + \text{Ballast}) \times 0,325 + 0,02415) / 2,739226$$

erf. Ballast = 9,85 KN \rightarrow 985 kg - Nutzlast

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

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

Lochscheibenplatte BI 6x190x210 mm EN AW 6082T5

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

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

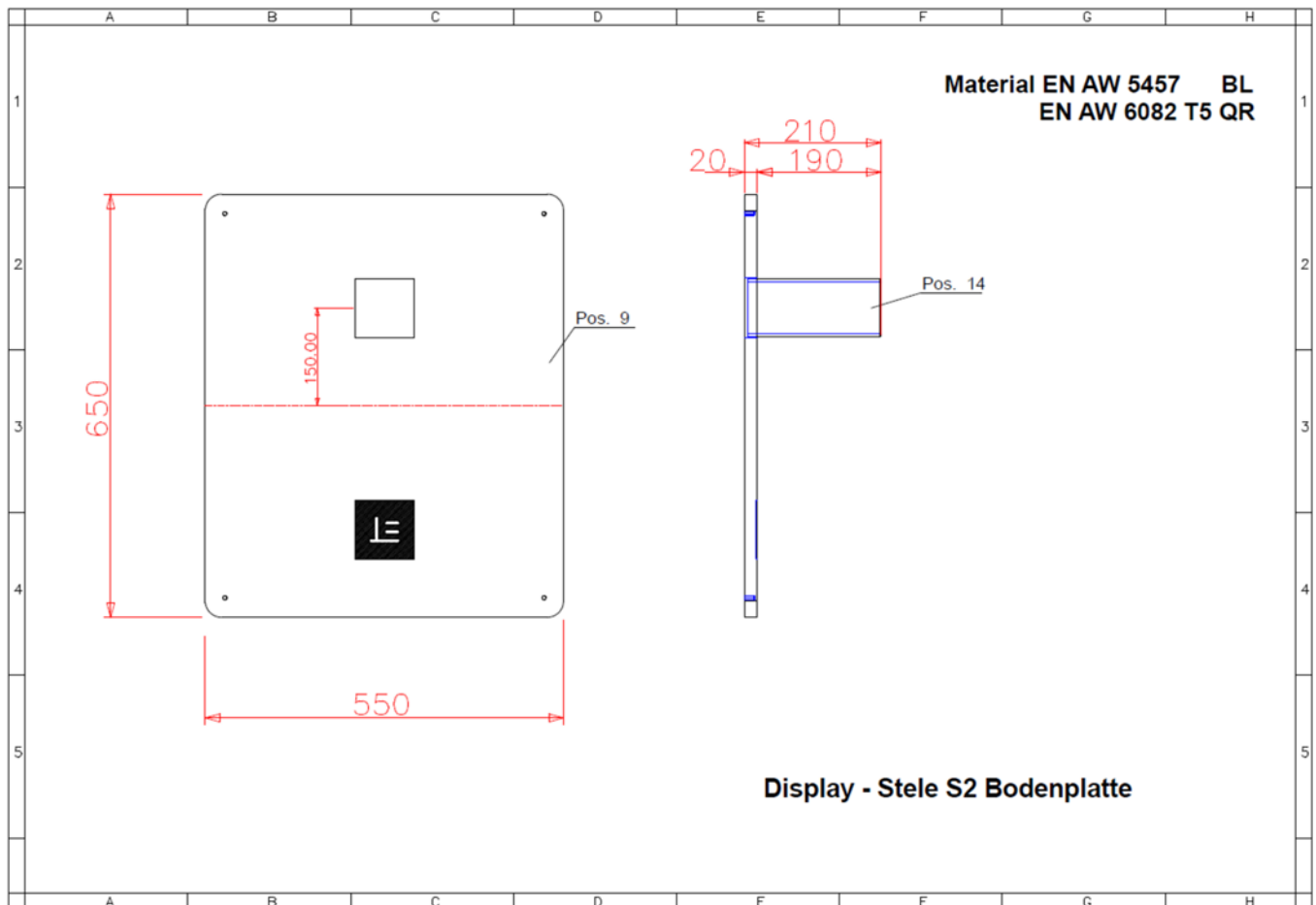
$$M = F \times 0,175$$

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

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

zul. Anhängelast P = 600 kg

8. Bodenplatte



BI 20x550x650 mm EN AW 5754

$$A = 55,0 \times 2,0 = 110,0 \text{ cm}^2$$

$$W = 55,0 \times 2,0^2 / 6 = 36,67 \text{ cm}^3$$

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

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

$$\text{aus Wind} \rightarrow 1,147 \times 2,20 = 2,523 \text{ KNm}$$

$$\text{aus Wind auf Mast} \rightarrow 0,057 \times 2,20^2 / 2 = 0,138 \text{ KNm}$$



aus Anwenderlast $\rightarrow 6,00 \times 0,175$ $= 1,050 \text{ KNm}$
max M = 4,464 KNm

$\sigma = 0,73 \times 4,464 \times 10^2 / 36,67 = 8,887 \text{ KN/cm}^2 < 16,0 / 1,1$

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.