

Statische Berechnung

Objekt : Design Stele D2

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 Oktober 2015

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



Der Nachweis umfasst 27 Seiten

Auftrags-Nr: 15242-D2N

 Positionspläne

Bearbeiter: Br

 Ausführungszeichnungen

1. Baubeschreibung

Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist der Nachweis einer Mastkonstruktion (Stele) die dazu dient Licht, Ton, 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. gewollter Ausmitte (Schiefstellung)

Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.

DesignStele D2



Anwendung

Indoorstativ für Licht, Ton und Video



Baubare Höhe

60 cm | 100 cm | 120 cm | 140 cm
160 cm | 180 cm | 200 cm | 220 cm

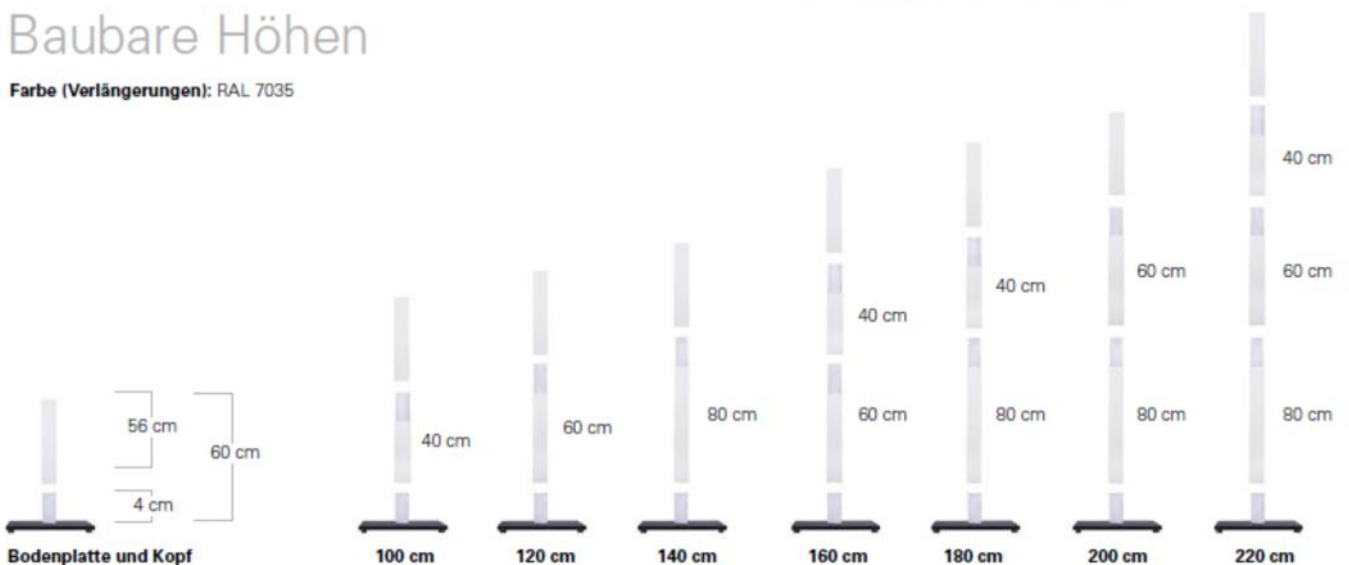


Aufnahmen

Universalplatte 35 cm x 45 cm
für Videoprojektoren und Moving Lights
Universalträger 120 cm x 5 cm
für Scheinwerfer und Lautsprecher

Baubare Höhen

Farbe (Verlängerungen): RAL 7035



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

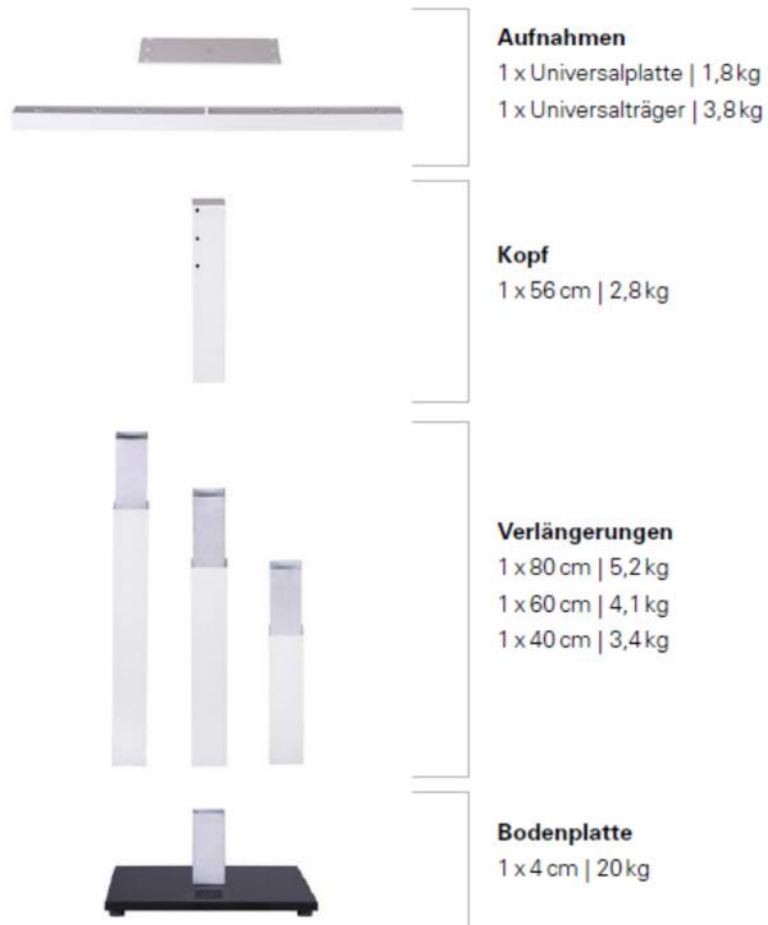
Stahl:	S235JR
Aluminium:	EN AW- 6082 (Al Mg Si 1,0 F31)

4. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“

4.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion

Elemente im D2 Set





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)

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 cm²

W = 57,32 cm³

I = 286,58 cm⁴

i = 3,88 cm

M = (V+G) x H/100

$$1,00 = 100,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \quad \times (25,0 / 7000) = 0,98 \quad = 0,66$$

$$1,60 = 160,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \quad \times (25,0 / 7000) = 1,57 \quad = 0,31$$

$$2,00 = 200,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \quad \times (25,0 / 7000) = 1,96 \quad = 0,22$$

$$2,20 = 220,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \quad \times (25,0 / 7000) = 2,16 \quad = 0,20$$

Eigengewichte:

$$G_{1,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN}$$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 = 0,082 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN}$$

$$G_{2,20} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,20 = 0,113 \text{ KN}$$

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

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

$$V_{1,00} = 8,417 / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00 / 57,32) - 0,051 = \mathbf{86,55 \text{ KN}} \quad \mathbf{(8655 \text{ kg})}$$

$$V_{1,60} = 8,417 / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60 / 57,32) - 0,082 = \mathbf{42,50 \text{ KN}} \quad \mathbf{(4250 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = 8,417 / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00 / 57,32) - 0,103 = \mathbf{30,60 \text{ KN}} \quad \mathbf{(3060 \text{ kg})}$$

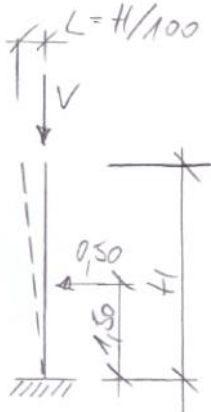
$$V_{2,20} = 8,417 / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20 / 57,32) - 0,113 = \mathbf{27,80 \text{ KN}} \quad \mathbf{(2780 \text{ kg})}$$



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

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

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

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

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

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

$$1,00 = 100,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 0,98 = 0,66$$

$$1,60 = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,57 = 0,31$$

$$2,00 = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,96 = 0,22$$

$$2,20 = 220,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 2,16 = 0,20$$

Eigengewichte:

$$G_{1,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN}$$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 = 0,082 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN}$$

$$G_{2,20} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,20 = 0,113 \text{ KN}$$

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

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

$$V_{1,00} = 8,417 / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051 = \mathbf{8,63 \text{ KN}} \quad \mathbf{(863 \text{ kg})}$$

$$V_{1,60} = 8,417 / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082 = \mathbf{5,51 \text{ KN}} \quad \mathbf{(551 \text{ kg})}$$

$$V_{2,00} = 8,417 / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103 = \mathbf{5,21 \text{ KN}} \quad \mathbf{(552 \text{ kg})}$$

$$V_{2,20} = 8,417 / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113 = \mathbf{5,11 \text{ KN}} \quad \mathbf{(511 \text{ kg})}$$

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

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

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

$$\kappa = M_V / M_H \quad 1,2$$

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,50244$$

erf. Ballast = 1,55 KN 155 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,7544$$

erf. Ballast = 2,34 KN 235 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,75592$$

erf. Ballast = 2,425 KN 240 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,756732$$

erf. Ballast = 2,42 KN 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: 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 0,50 m²

$$W = 0,50 \times 0,125 = 0,0625 \text{ KN} \quad (\text{ungünstig immer am Mastkopf angesetzt})$$



A 1,00 m²

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

A 1,50 m²

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

A 2,00 m²

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

A 2,50 m²

$$W = 2,50 \times 0,125 = 0,3125 \text{ KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)}$$

A 3,00 m²

$$W = 3,00 \times 0,125 = 0,375 \text{ KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)}$$

- 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

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

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

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

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

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

$$1,00 = 100,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 0,98 \quad = 0,66$$

$$1,60 = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,57 \quad = 0,31$$

$$2,00 = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,96 \quad = 0,22$$

$$2,20 = 220,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 2,16 \quad = 0,20$$



Eigengewichte:

$$G_{1,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN}$$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 = 0,082 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN}$$

$$G_{2,20} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,20 = 0,113 \text{ KN}$$

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

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,1090 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ x \times 19,00 + H/57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,1090 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{85,32 \text{ KN}}$$

(8530 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,1090 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{41,47 \text{ KN}}$$

(4150 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,1090 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{29,65 \text{ KN}}$$

(2965 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,1090 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{26,83 \text{ KN}}$$

(2680 kg)

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,2181 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{84,20 \text{ KN}}$$

(8420 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{40,59 \text{ KN}}$$

(4050 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{28,85 \text{ KN}}$$

(2885 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,2181 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{26,03 \text{ KN}}$$

(2600 kg)

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,3271 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{83,07 \text{ KN}}$$

(8307 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{39,70 \text{ KN}}$$

(3970 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{28,05 \text{ KN}}$$

(2805 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,3271 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{25,24 \text{ KN}}$$

(2525 kg)

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,4361 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{81,95 \text{ KN}}$$

(8195 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{38,82 \text{ KN}}$$

(3880 kg)



$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{27,26 \text{ KN}}$$

(2725 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,4361 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{24,44 \text{ KN}}$$

(2440 kg)

5. Nutzlastkörper A 2,50 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,5452 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ \times 19,00 + H/57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,5452 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{80,83 \text{ KN}}$$

(8080 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,5452 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{37,94 \text{ KN}}$$

(3790 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,5452 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{26,46 \text{ KN}}$$

(2645 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,5452 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{23,65 \text{ KN}}$$

(2365 kg)

6. Nutzlastkörper A 3,00 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,6542 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ \times 19,00 + H/57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,6542 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{79,71 \text{ KN}}$$

(7970 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,6542 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{37,05 \text{ KN}}$$

(3705 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,6542 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{25,67 \text{ KN}}$$

(2565 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,6542 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{22,85 \text{ KN}}$$

(2285 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

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

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

$$\kappa = M_V / M_H \quad \mathbf{1,2}$$

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,0625 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,07119$$

erf. Ballast = 0,02 KN 2 kg – Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,0625 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,1204$$

erf. Ballast = 0,17 KN 17 kg – Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,0625 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2/2)$$



$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,15592$$

erf. Ballast = 0,28 KN 28 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,0625 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,174482$$

erf. Ballast = 0,34 KN 34 kg - Nutzlast

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,125 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,13369$$

erf. Ballast = 0,25 KN 25 kg – Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,2204$$

erf. Ballast = 0,54 KN 54 kg – Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,28092$$

erf. Ballast = 0,74 KN 74 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,125 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,311982$$

erf. Ballast = 0,85 KN 85 kg - Nutzlast

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,1875 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,19619$$

erf. Ballast = 0,48 KN 48 kg – Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,1875 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,3204$$

erf. Ballast = 0,91 KN 91 kg – Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,1875 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,40592$$

erf. Ballast = 1,20 KN 120 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,1875 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,449482$$

erf. Ballast = 1,35 KN 135 kg - Nutzlast

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,25 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$



$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,25869$$

erf. Ballast = 0,71 KN 71 kg – Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,25 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,4204$$

erf. Ballast = 1,28 KN 128 kg – Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,25 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,53092$$

erf. Ballast = 1,66 KN 166 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,25 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,586982$$

erf. Ballast = 1,86 KN 186 kg - Nutzlast

5. Nutzlastkörper A 2,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,3125 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,32119$$

erf. Ballast = 0,94 KN 94 kg – Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,3125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,5204$$

erf. Ballast = 1,65 KN 165 kg – Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,3125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,65592$$

erf. Ballast = 2,125 KN 212,5 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,3125 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,724482$$

erf. Ballast = 2,37 KN 237 kg - Nutzlast

6. Nutzlastkörper A 3,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,375 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,38369$$

erf. Ballast = 1,17 KN 117 kg – Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,375 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,6204$$

erf. Ballast = 2,02 KN 202 kg – Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,375 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$
$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,78092$$

erf. Ballast = 2,59 KN 259 kg - Nutzlast



für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,375 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,861982$$

erf. Ballast = 2,88 KN 288 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 Anwendug kommen sollen:

Nutzkörper A 0,50 m²

H = 1,00m	2 kg – erf. Nutzlast
H = 1,60m	17 kg – erf. Nutzlast
H = 2,00m	28 kg – erf. Nutzlast
H = 2,20m	34 kg – erf. Nutzlast

Nutzkörper A 1,00 m²

H = 1,00m	25 kg – erf. Nutzlast
H = 1,60m	54 kg – erf. Nutzlast
H = 2,00m	74 kg – erf. Nutzlast
H = 2,20m	85 kg – erf. Nutzlast

Nutzkörper A 1,50 m²

H = 1,00m	48 kg – erf. Nutzlast
H = 1,60m	91 kg – erf. Nutzlast
H = 2,00m	120 kg – erf. Nutzlast
H = 2,20m	135 kg – erf. Nutzlast

Nutzkörper A 2,00 m²

H = 1,00m	71 kg – erf. Nutzlast
H = 1,60m	128 kg – erf. Nutzlast
H = 2,00m	166 kg – erf. Nutzlast
H = 2,20m	186 kg – erf. Nutzlast

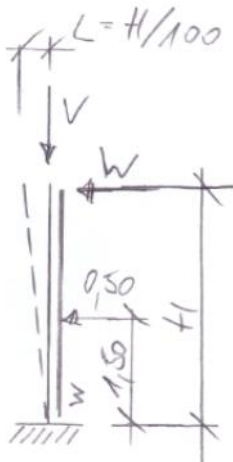
Nutzkörper A 2,50 m²

H = 1,00m	94 kg – erf. Nutzlast
H = 1,60m	165 kg – erf. Nutzlast
H = 2,00m	212,5 kg – erf. Nutzlast
H = 2,20m	237 kg – erf. Nutzlast

Nutzkörper A 3,00 m²

H = 1,00m	117 kg – erf. Nutzlast
H = 1,60m	202 kg – erf. Nutzlast
H = 2,00m	259 kg – erf. Nutzlast
H = 2,20m	288 kg – erf. Nutzlast

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



Mast QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

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

$$1,00 = 100,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 0,98 \quad = 0,66$$

$$1,60 = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,57 \quad = 0,31$$

$$2,00 = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,96 \quad = 0,22$$

$$2,20 = 220,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 2,16 \quad = 0,20$$

Eigengewichte:

$$G_{1,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN}$$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 = 0,082 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN}$$

$$G_{2,20} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,20 = 0,113 \text{ KN}$$

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

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,1090 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051$$

= 8,51 KN (850 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,1090 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

= 5,37 KN (537 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,1090 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

= 5,05 KN (505 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,1090 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

= 4,93 KN (493 kg)

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

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



$$V_{1,00} = (8,417 - 0,2181 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051$$

= 8,39 KN (839 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,2181 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

= 5,25 KN (525 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,2181 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

= 4,91 KN (490 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,2181 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

= 4,78 KN (478 kg)

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,3271 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ x19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,3271 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051$$

= 8,28 KN (828 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,3271 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

= 5,14 KN (514 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,3271 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

= 4,78 KN (478 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,3271 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

= 4,635 KN (463,5 kg)

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,4361 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ x19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,4361 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051$$

= 8,17 KN (817 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,4361 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

= 5,02 KN (502 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,4361 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

= 4,635 KN (463,5 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,4361 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

= 4,485 KN (448,5 kg)

5. Nutzlastkörper A 2,50 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,5452 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ x19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,5452 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051$$

= 8,05 KN (805 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,5452 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

= 4,91 KN (491 kg)

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,5452 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

= 4,50 KN (450 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,5452 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

= 4,335 KN (433,5 kg)

6. Nutzlastkörper A 3,00 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 0,6542 \times H - 0,0218 \times H^2/2) / (1/ x19,00 + H/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,6542 \times 1,00 - 0,0218 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051$$

= 7,94 KN (794 kg)

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,6542 \times 1,60 - 0,0218 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

= 4,78 KN (478 kg)



$$V_{2,00} = (8,417 - 0,6542 \times 2,00 - 0,0218 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

= 4,36 KN (436 kg)

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,6542 \times 2,20 - 0,0218 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

= 4,19 KN (419 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

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

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

$$\kappa = M_V / M_H \quad 1,2$$

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,0625 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,57119$$

erf. Ballast = 1,865 KN 186,5 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,0625 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,869904$$

erf. Ballast = 2,94 KN 294 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,0625 \times 2,00 \times 0,0125 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,90592$$

erf. Ballast = 3,05 KN 305 kg – Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,0625 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,924482$$

erf. Ballast = 3,11 KN 311 kg - Nutzlast

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,125 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,63369$$

erf. Ballast = 2,10 KN 210 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,9704$$

erf. Ballast = 3,31 KN 331 kg - Nutzlast



für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 2,00 \times 0,0125 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,03092$$

erf. Ballast = 3,51 KN 351 kg – Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,125 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,061982$$

erf. Ballast = 3,615 KN 361,5 kg - Nutzlast

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,1875 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,69619$$

erf. Ballast = 2,325 KN 230 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,0704$$

erf. Ballast = 3,68 KN 368 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 2,00 \times 0,0125 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,15592$$

erf. Ballast = 3,97 KN 395 kg – Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,1875 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,199482$$

erf. Ballast = 4,12 KN 410 kg - Nutzlast

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,25 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,75869$$

erf. Ballast = 2,56 KN 256 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,1704$$

erf. Ballast = 4,05 KN 405 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 2,00 \times 0,0125 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,28092$$

erf. Ballast = 4,43 KN 443 kg – Nutzlast



für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,25 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,336982$$

erf. Ballast = 4,63 KN 463 kg - Nutzlast

5. Nutzlastkörper A 2,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,3125 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,82119$$

erf. Ballast = 2,79 KN 279 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,3125 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,2704$$

erf. Ballast = 4,42 KN 442 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,3125 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,40592$$

erf. Ballast = 4,895 KN 489,5 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,3125 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,474482$$

erf. Ballast = 5,14 KN 514 kg - Nutzlast

6. Nutzlastkörper A 3,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,375 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,88369$$

erf. Ballast = 3,02 KN 302 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,375 \times 1,60 + 0,0125 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,3704$$

erf. Ballast = 4,785 KN 478,5 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,375 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,53092$$

erf. Ballast = 5,36 KN 536 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,375 \times 2,20 + 0,0125 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,611982$$



erf. Ballast = 5,66 KN 566 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: 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 0,50 m²

W = 0,50 x 1,4 x 0,4095 = 0,287 KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

A 1,00 m²

W = 1,00 x 1,4 x 0,4095 = 0,573 KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

A 1,50 m²

W = 1,50 x 1,4 x 0,4095 = 0,860 KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

A 2,00 m²

W = 2,00 x 1,4 x 0,4095 = 1,147 KN (ungünstig immer am Mastkopf angesetzt)

- Wind auf Mast:

w = 0,10 x 1,4 x 0,4095 = 0,057 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

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

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

$1,00 = 100,0 \times 2/3,88 \times 1/$	$\times (25,0/7000) = 0,98$	$= 0,66$
$1,60 = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/$	$\times (25,0/7000) = 1,57$	$= 0,31$
$2,00 = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/$	$\times (25,0/7000) = 1,96$	$= 0,22$
$2,20 = 220,0 \times 2/3,88 \times 1/$	$\times (25,0/7000) = 2,16$	$= 0,20$

Eigengewichte:

$G_{1,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN}$
 $G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 = 0,082 \text{ KN}$
 $G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN}$
 $G_{2,20} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,20 = 0,113 \text{ KN}$

$$= 1,35 \times ((V+G) / (\times 19,00) + ((V+G) \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2) \times 10^2 / 57,32) = 25,0/1,1 \times 0,5$$

$$= 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

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

$V_{1,00} = (8,417 - 0,50 \times 1,00 - 0,0994 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 =$	80,90 KN	(8090 kg)
$V_{1,60} = (8,417 - 0,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 =$	37,80 KN	(3780 kg)
$V_{2,00} = (8,417 - 0,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 =$	26,23 KN	(2620 kg)
$V_{2,20} = (8,417 - 0,50 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 =$	23,47 KN	(2345 kg)

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

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

$V_{1,00} = (8,417 - 1,00 \times 1,00 - 0,0994 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 =$	75,75 KN	(7575 kg)
$V_{1,60} = (8,417 - 1,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 =$	33,75 KN	(3375 kg)
$V_{2,00} = (8,417 - 1,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 =$	22,58 KN	(2255 kg)
$V_{2,20} = (8,417 - 1,00 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 =$	19,70 KN	(1970 kg)



3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 1,50xH - 0,0994 xH^2/2) / (1/ x19,00 + H/57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 1,50x1,00 - 0,0994x1,00^2/2) / (1/0,66x19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{70,60 KN} \quad \mathbf{(7060 kg)}$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,50x1,60 - 0,0994x1,60^2/2) / (1/0,31x19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{29,71 KN} \quad \mathbf{(2970 kg)}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,50x2,00 - 0,0994x2,00^2/2) / (1/0,22x19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{18,93 KN} \quad \mathbf{(1890 kg)}$$

$$V_{2,20} = (8,417 - 1,50x2,20 - 0,0994x2,20^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{16,06 KN} \quad \mathbf{(1600 kg)}$$

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

$$V = ((11,363/1,35) - 2,00xH - 0,0994 xH^2/2) / (1/ x19,00 + H/57,32) - G$$

$$V_{1,00} = (8,417 - 2,00x1,00 - 0,0994x1,00^2/2) / (1/0,66x19,0 + 1,00/57,32) - 0,051 = \mathbf{65,47 KN} \quad \mathbf{(6545 kg)}$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 2,00x1,60 - 0,0994x1,60^2/2) / (1/0,31x19,0 + 1,60/57,32) - 0,082 = \mathbf{25,66 KN} \quad \mathbf{(2565 kg)}$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 2,00x2,00 - 0,0994x2,00^2/2) / (1/0,22x19,0 + 2,00/57,32) - 0,103 = \mathbf{15,28 KN} \quad \mathbf{(1525 kg)}$$

$$V_{2,20} = (8,417 - 2,00x2,20 - 0,0994x2,20^2/2) / (1/0,20x19,0 + 2,20/57,32) - 0,113 = \mathbf{12,41 KN} \quad \mathbf{(1240 kg)}$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 650x550x20 mm

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

Gewicht Mast – siehe oben

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

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

$$\kappa = M_V / M_H \quad \mathbf{1,2}$$

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) x 0,325 / ((0,193 + 0,051) x 0,01 + 0,287x1,00 + 0,057x1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) x 0,325 / 0,31794$$

$$\mathbf{\text{erf. Ballast} = 0,93 KN} \quad \mathbf{93 kg - Nutzlast}$$

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) x 0,325 / ((0,193 + 0,082) x 0,016 + 0,287x1,60 + 0,057x1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) x 0,325 / 0,53656$$

$$\mathbf{\text{erf. Ballast} = 1,71 KN} \quad \mathbf{170 kg - Nutzlast}$$

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) x 0,325 / ((0,193 + 0,103) x 0,02 + 0,287x2,00 + 0,057x2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) x 0,325 / 0,69392$$

$$\mathbf{\text{erf. Ballast} = 2,27 KN} \quad \mathbf{227 kg - Nutzlast}$$

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) x 0,325 / ((0,193 + 0,113) x 0,022 + 0,287x2,20 + 0,057x2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) x 0,325 / 0,776072$$

$$\mathbf{\text{erf. Ballast} = 2,56 KN} \quad \mathbf{255 kg - Nutzlast}$$

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) x 0,325 / ((0,193 + 0,051) x 0,01 + 0,573x1,00 + 0,057x1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) x 0,325 / 0,60394$$



erf. Ballast = 1,99 KN 199 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,573 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,99416$$

erf. Ballast = 3,40 KN 340 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,573 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,26592$$

erf. Ballast = 4,38 KN 438 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,573 \times 2,20 + 0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,405272$$

erf. Ballast = 4,88 KN 488 kg - Nutzlast

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,86 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,89094$$

erf. Ballast = 3,05 KN 300 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,86 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,45336$$

erf. Ballast = 5,09 KN 510 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,86 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,83992$$

erf. Ballast = 6,50 KN 650 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,86 \times 2,20 + 0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,036672$$

erf. Ballast = 7,21 KN 720 kg - Nutzlast

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 1,147 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,17794$$

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

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 1,147 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,91256$$

erf. Ballast = 6,79 KN 679 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 1,147 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,41392$$

erf. Ballast = 8,62 KN 860 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

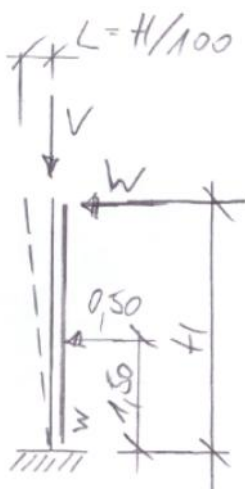
$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 1,147 \times 2,20 + 0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,668072$$

erf. Ballast = 9,55 KN 955 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

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

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

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

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

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

$$1,00 = 100,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 0,98 \quad = 0,66$$

$$1,60 = 160,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,57 \quad = 0,31$$

$$2,00 = 200,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 1,96 \quad = 0,22$$

$$2,20 = 220,0 \times 2/3,88 \times 1/ \times (25,0/7000) = 2,16 \quad = 0,20$$

Eigengewichte:

$$G_{1,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN}$$

$$G_{1,60} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,60 = 0,082 \text{ KN}$$

$$G_{2,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN}$$

$$G_{2,20} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,20 = 0,113 \text{ KN}$$

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

1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 0,50 \times 1,00 - 0,0994 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,32) - 0,051 = \mathbf{8,06 \text{ KN} \quad (806 \text{ kg})}$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 0,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$



$$= 4,89 \text{ KN} \quad (489 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 0,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

$$= 4,46 \text{ KN} \quad (446 \text{ kg})$$

$$V_{2,20} = (8,417 - 0,50 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

$$= 4,28 \text{ KN} \quad (428 \text{ kg})$$

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 1,00 \times 1,00 - 0,0994 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,52) - 0,051$$

$$= 7,55 \text{ KN} \quad (755 \text{ kg})$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

$$= 4,36 \text{ KN} \quad (436 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

$$= 3,825 \text{ KN} \quad (382,5 \text{ kg})$$

$$V_{2,20} = (8,417 - 1,00 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

$$= 3,60 \text{ KN} \quad (360 \text{ kg})$$

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 1,50 \times 1,00 - 0,0994 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,52) - 0,051$$

$$= 7,03 \text{ KN} \quad (703 \text{ kg})$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 1,50 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

$$= 3,83 \text{ KN} \quad (380 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 1,50 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

$$= 3,19 \text{ KN} \quad (320 \text{ kg})$$

$$V_{2,20} = (8,417 - 1,50 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

$$= 2,92 \text{ KN} \quad (290 \text{ kg})$$

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

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

$$V_{1,00} = (8,417 - 2,00 \times 1,00 - 0,0994 \times 1,00^2/2) / (1/0,66 \times 19,0 + 1,00/57,32 + 0,5 \times 1,00 \times 10^2/57,52) - 0,051$$

$$= 6,51 \text{ KN} \quad (651 \text{ kg})$$

$$V_{1,60} = (8,417 - 2,00 \times 1,60 - 0,0994 \times 1,60^2/2) / (1/0,31 \times 19,0 + 1,60/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,082$$

$$= 3,30 \text{ KN} \quad (330 \text{ kg})$$

$$V_{2,00} = (8,417 - 2,00 \times 2,00 - 0,0994 \times 2,00^2/2) / (1/0,22 \times 19,0 + 2,00/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,103$$

$$= 2,56 \text{ KN} \quad (256 \text{ kg})$$

$$V_{2,20} = (8,417 - 2,00 \times 2,20 - 0,0994 \times 2,20^2/2) / (1/0,20 \times 19,0 + 2,20/57,32 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2/57,32) - 0,113$$

$$= 2,23 \text{ KN} \quad (223 \text{ kg})$$

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

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

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

$$\kappa = M_V / M_H \quad 1,2$$



1. Nutzlastkörper A 0,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,287 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 0,81794$$

$$\text{erf. Ballast} = 2,78 \text{ KN} \quad 278 \text{ kg - Nutzlast}$$

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,287 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,28656$$

$$\text{erf. Ballast} = 4,475 \text{ KN} \quad 447,5 \text{ kg - Nutzlast}$$

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,287 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,44392$$

$$\text{erf. Ballast} = 5,035 \text{ KN} \quad 503,5 \text{ kg - Nutzlast}$$

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,287 \times 2,20 + 0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,526072$$

$$\text{erf. Ballast} = 5,33 \text{ KN} \quad 533 \text{ kg - Nutzlast}$$

2. Nutzlastkörper A 1,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,573 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,10394$$

$$\text{erf. Ballast} = 3,83 \text{ KN} \quad 383 \text{ kg - Nutzlast}$$

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,74416$$

$$\text{erf. Ballast} = 6,165 \text{ KN} \quad 616,5 \text{ kg - Nutzlast}$$

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,01592$$

$$\text{erf. Ballast} = 7,15 \text{ KN} \quad 715 \text{ kg - Nutzlast}$$

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,573 \times 2,20 + 0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,155272$$

$$\text{erf. Ballast} = 7,65 \text{ KN} \quad 765 \text{ kg - Nutzlast}$$

3. Nutzlastkörper A 1,50 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 0,86 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,39094$$

$$\text{erf. Ballast} = 4,89 \text{ KN} \quad 490 \text{ kg - Nutzlast}$$



für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 0,86 \times 1,60 + 0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,20336$$

erf. Ballast = 7,86 KN 785 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 0,86 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,58992$$

erf. Ballast = 9,27 KN 925 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 0,86 \times 2,20 + 0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,786672$$

erf. Ballast = 9,98 KN 998 kg - Nutzlast

4. Nutzlastkörper A 2,00 m²

für H = 1,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,051 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,051) \times 0,01 + 0,5 \times 1,0 + 1,147 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,244 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 1,67794$$

erf. Ballast = 5,95 KN 595 kg - Nutzlast

für H = 1,60m

$$1,2 = (0,193 + 0,082 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,082) \times 0,016 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 1,60 +$$

$$0,057 \times 1,60^2/2)$$

$$1,2 = (0,275 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 2,66256$$

erf. Ballast = 9,56 KN 956 kg - Nutzlast

für H = 2,00m

$$1,2 = (0,193 + 0,103 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,103) \times 0,02 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2/2)$$

$$1,2 = (0,296 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 3,16392$$

erf. Ballast = 11,39 KN 1139 kg - Nutzlast

für H = 2,20m

$$1,2 = (0,193 + 0,113 + \text{Ballast}) \times 0,325 / ((0,193 + 0,113) \times 0,022 + 0,5 \times 1,5 + 1,147 \times 2,20 +$$

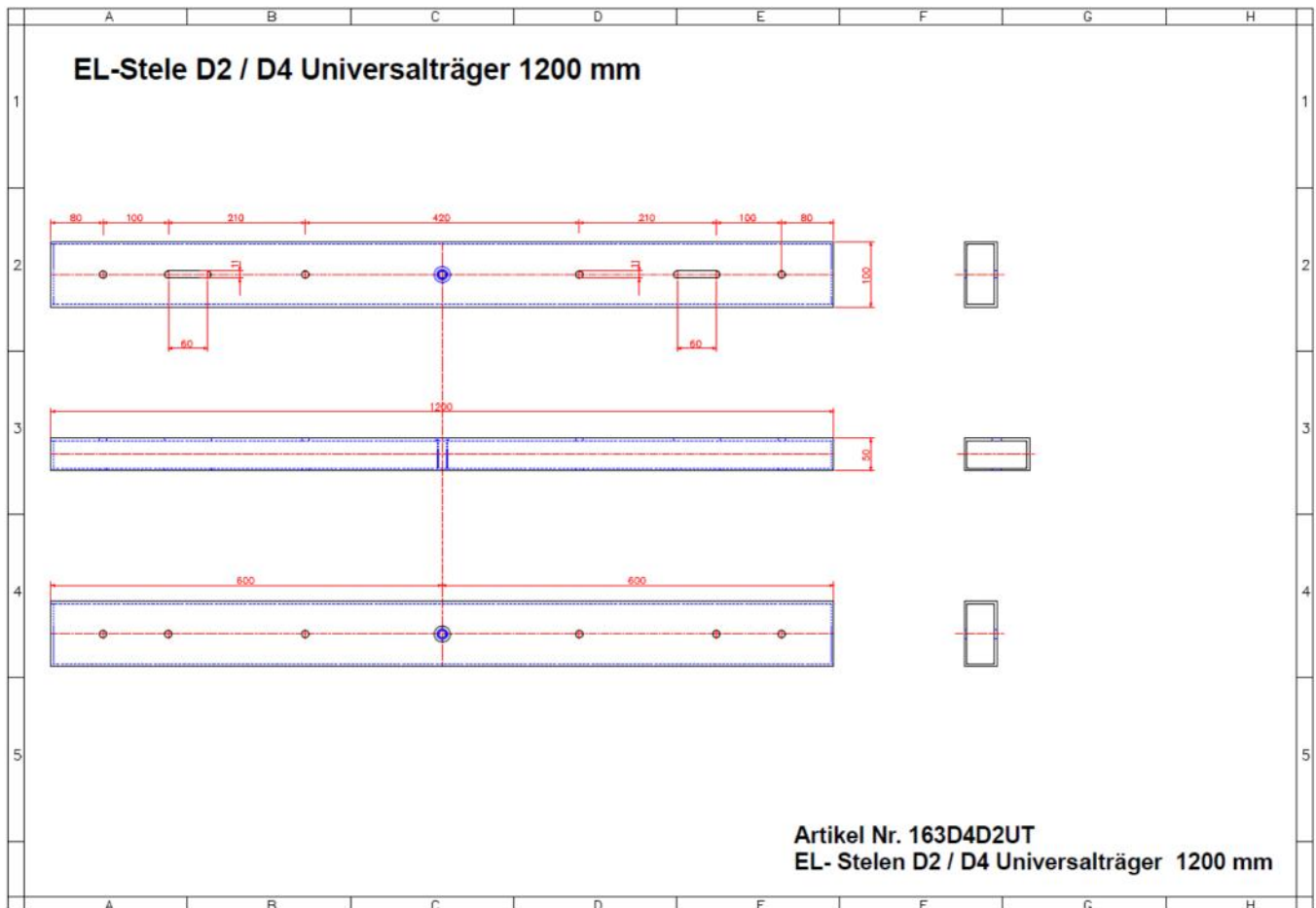
$$0,057 \times 2,20^2/2)$$

$$1,2 = (0,306 + \text{Ballast}) \times 0,325 / 3,418072$$

erf. Ballast = 12,31 KN 1230 kg - Nutzlast

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

7. Aufnahmeträger für Anhängelasten (Stützenkopf)



RR 100x50x4 mm (liegend)

EN AW 6082T5

$A = 10,90 \text{ cm}^2$

$W = 18,00 \text{ cm}^3$

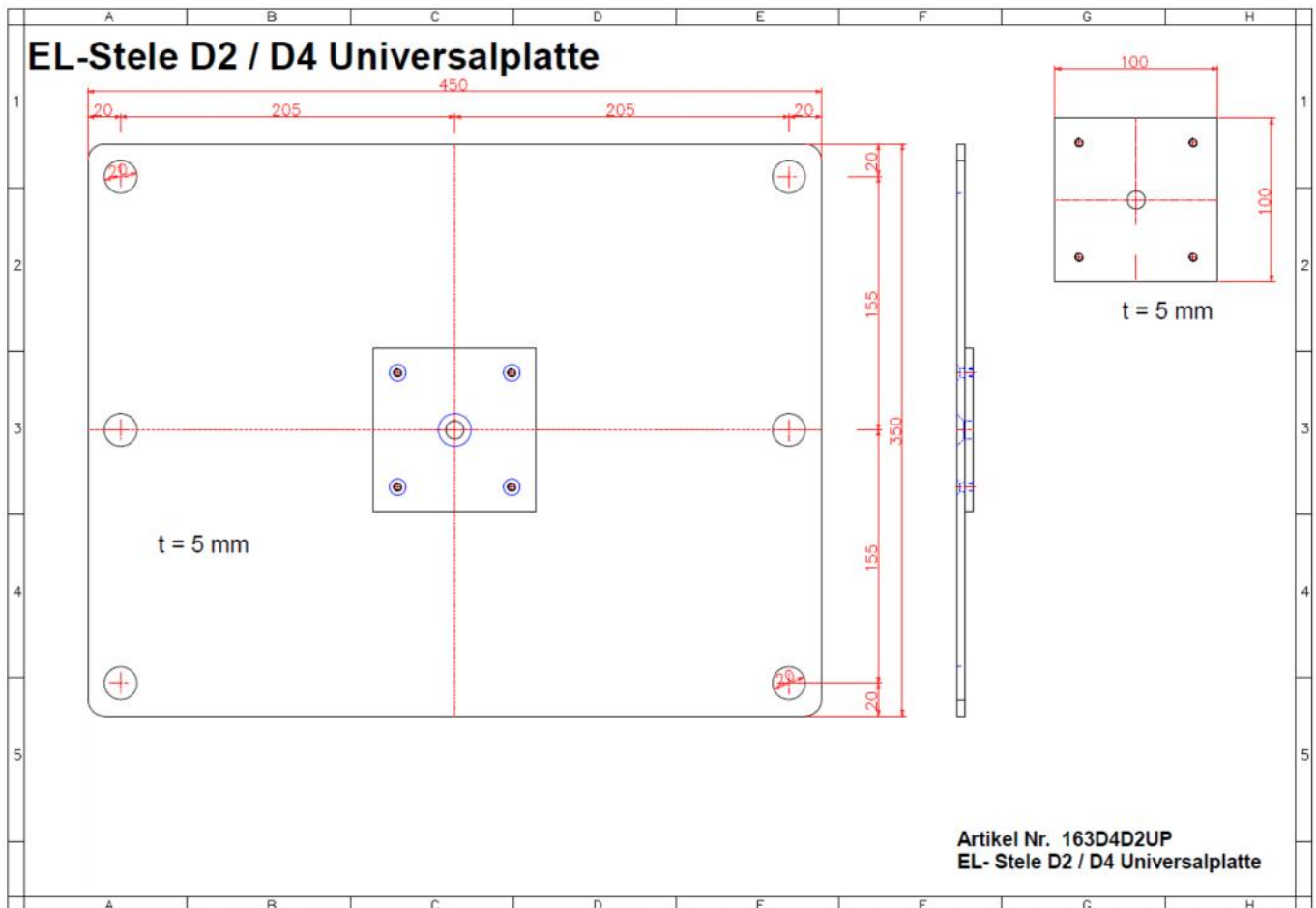
$M = F \times 0,52$

$= F \times 0,52 \times 10^2 / 18,00 = 25,0 / 1,1$

zul $F = 22,727 \times 18,00 / (0,52 \times 100) = 7,86 \text{ KN}$

zul. Anhängelast je Seite 750 kg – Es ist zwingend drauf zu achten, daß beide Seiten des Armes gleichmäßig belastet werden!

8. Aufnahmeplatte für Anhängelasten (Stützenkopf)



BI 5x350x450 mm

EN AW 5754

$A = 35,0 \times 0,5 = 17,5 \text{ cm}^2$

$W = 35,0 \times 0,5^2 / 6 = 1,458 \text{ cm}^3$

$M = F \times 0,205$

$= F \times 0,205 \times 10^2 / 18,00 = 8,0 / 1,1$

zul $F = 7,273 \times 1,483 / (0,205 \times 100) = 0,525 \text{ KN}$

zul. mittige Last = $2 \times 52,5 = 105 \text{ kg}$ – Es ist zwingend drauf zu achten, daß die Last mittig angeordnet wird!

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.