

Statische Berechnung

Objekt : **Design Stele
Excellent Line Alpha
point source series**

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 Mai 2017



Der Nachweis umfasst 21 Seiten

Auftrags-Nr: 17137-1 alpha

 Positionspläne

Bearbeiter: Br

 Ausführungszeichnungen



1. Baubeschreibung

Gegenstand der vorliegenden Berechnung ist der Nachweis einer Mastkonstruktion (Steele) die dazu Dient Lautsprecher aufzunehmen. Die Konstruktion wird durch eine Bodenplatte mit entsprechendem Ballast stabilisiert.

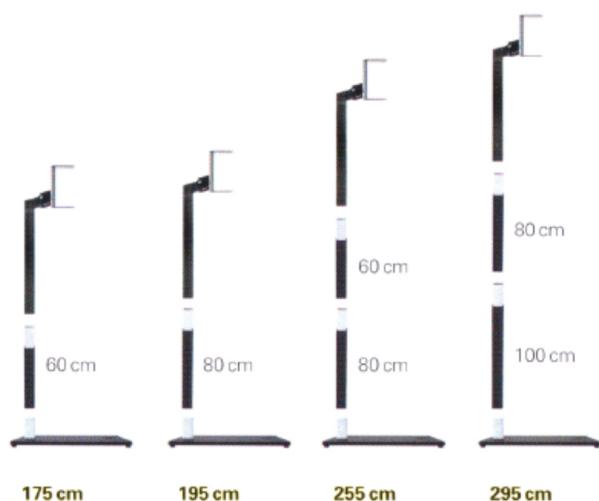
Untersucht werden folgende Anwendungsbereiche:

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

Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.



Baseplate and Mount
for d&b line source series





Baseplate

Color: RAL 9005



Hinge Element

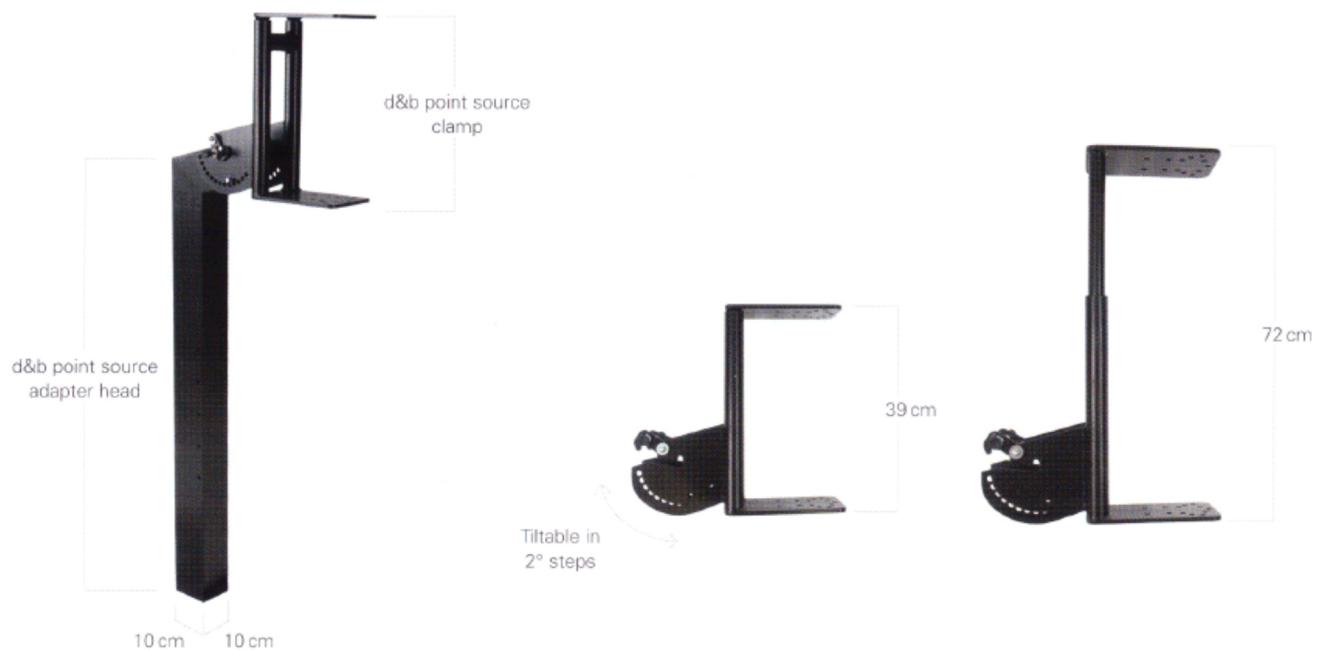
optional

Color: RAL 9005



Adapter Head for d&b point source series

Color: RAL 9005





Compatible with d&b point source series



The baseplate can carry all
subs from the complete
point source series.



E-Series (as of E8)

T-Series

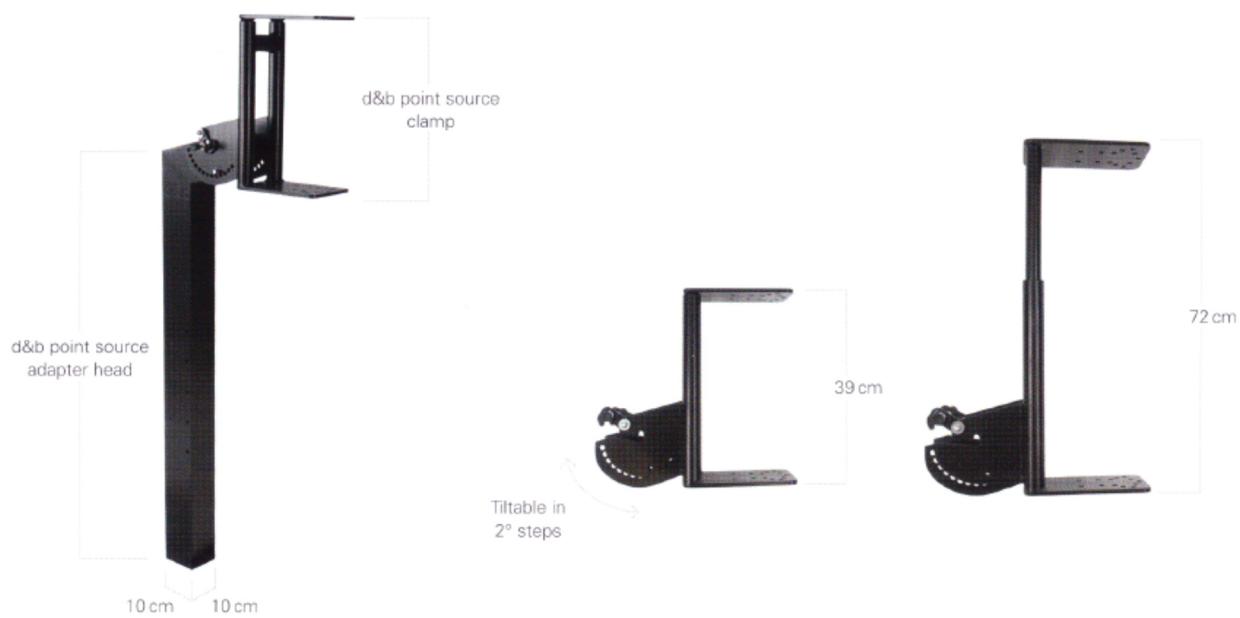
V-Series

Y-Series

Q-Series

Adapter Head for d&b point source series

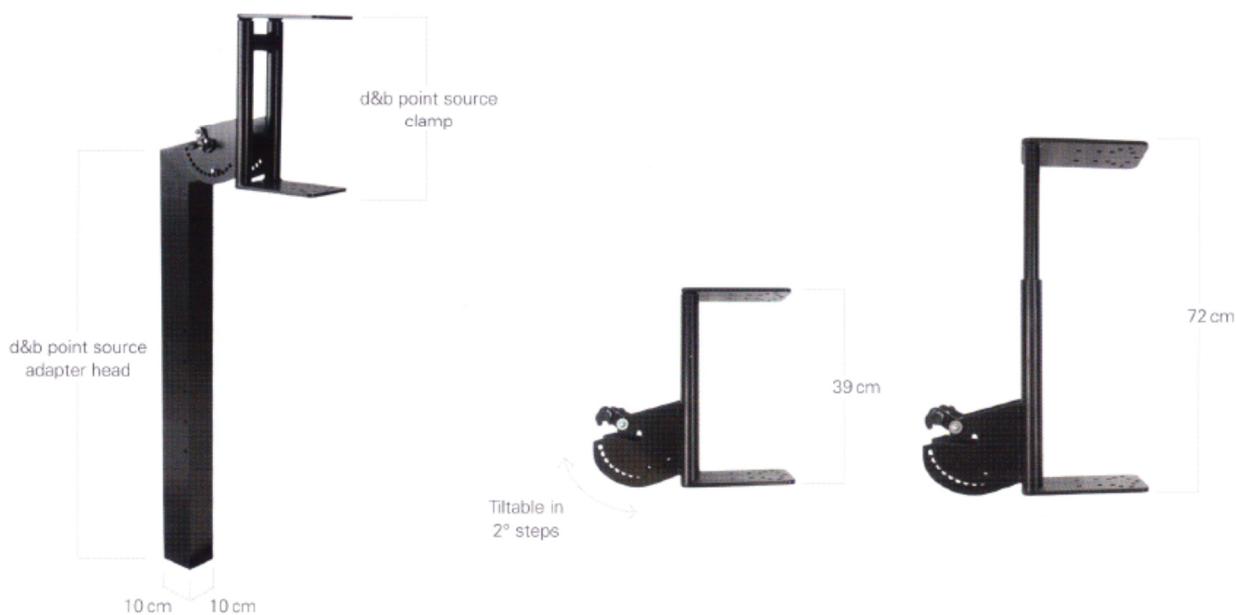
Color: RAL 9005





Adapter Head for d&b point source series

Color: RAL 9005



2. Berechnungsgrundlagen

DIN - Normen:

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

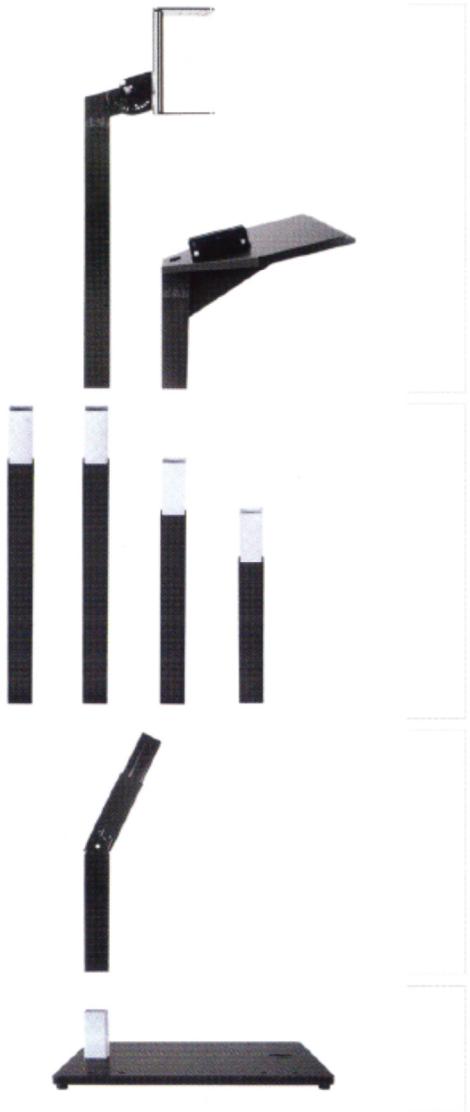
3. Baustoffe

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

4. Steele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“

4.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion



Adapter Heads

1 x d&b point source adapter head with point source clamp | 10.5 kg
1 x d&b line source adapter head with a d&b line source mounting device | 26 kg

Extensions

2 x 100 cm | 6.4 kg
1 x 80 cm | 5.4 kg
1 x 60 cm | 4.4 kg

Hinge Element (optional)

1 x 80 cm | 12 kg

**Baseplate with
Decentralized Mount**

1 x 5 cm | 61 kg

Lastfall: LF 2 "Schiefstellung"

L / 100

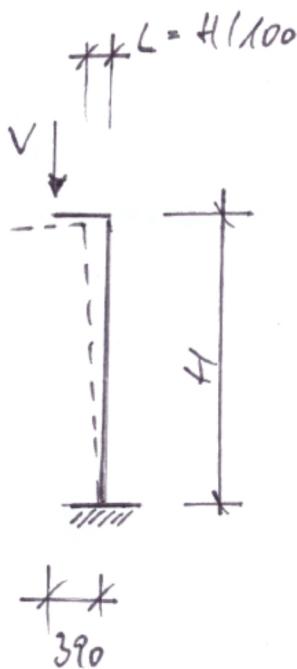
Lastfall: LF 3 "Anrempeln"

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

Lastfall: LF 4 "Anwenderlasten"

Herstellerbegrenzung max V → 170 kg = 1,70 KN

4.2. Bemessung – ohne „Anrempeln“



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

$$M = V \times (0,39 + H/100) + G \times H/100$$

Maximale Höhe $H \leq 4,00 \text{ m}$

$$\lambda_{4,00} = 400,0 \times 2 / 3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0 / 7000)} = 3,92 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

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

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

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 = 0,154 \text{ KN}$$

$$G_{4,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 4,00 = 0,205 \text{ KN}$$

aus Boxenhalter $\approx 0,10 \text{ KN}$

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 + 0,205 + 0,10) / (0,15 \times 19,0) + 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100) \times 10^2 / 57,32 = 0,950 + 1,750 = 2,700 \text{ KN/cm}^2 < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 1000x750x20 mm

$$G = 1,00 \times 0,75 \times 0,02 \times 27,0 = 0,405 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 1,70 \times (0,39 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,50 + G_{\text{Mast}} \times 0,90$$

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



für H = 1,00m →

$$(0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01)) \geq 1,2$$

$$(0,2025 + 0,1359 + \text{Nutzlast} \times 0,90) / (0,00151 + \text{Nutzlast} \times 0,40) \geq 1,2$$

$$(0,3384 + \text{Nutzlast} \times 0,90) / (0,00151 + \text{Nutzlast} \times 0,40)$$

Bedingung erfüllt! $\eta \approx 0,9 / 0,4 = 2,25 > 1,2$

kein Ballast erforderlich

für H = 2,00m →

$$(0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02)) \geq 1,2$$

s.o. **kein Ballast erforderlich**

für H = 3,00m →

$$(0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03)) \geq 1,2$$

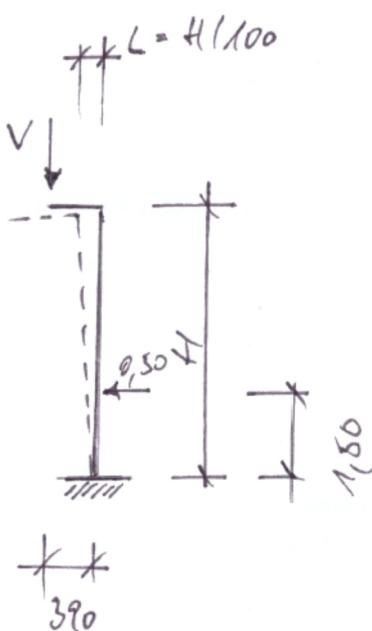
s.o. **kein Ballast erforderlich**

für H = 4,00m →

$$(0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04)) \geq 1,2$$

s.o. **kein Ballast erforderlich**

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



Mast → QR 100 x 5 mm

A = 19,00 cm²



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

$$M = V \times (0,39 + H/100) + G \times H/100 + 0,50 \times 1,50$$

Maximale Höhe $H \leq 4,00 \text{ m}$

$$\lambda_{4,00} = 400,0 \times 2 / 3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 3,92 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

$$\begin{aligned} G_{1,00} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 1,00 = 0,051 \text{ KN} \\ G_{2,00} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 2,00 = 0,103 \text{ KN} \\ G_{3,00} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 = 0,154 \text{ KN} \\ G_{4,00} &= 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 4,00 = 0,205 \text{ KN} \\ \text{aus Boxenhalter} &\approx 0,10 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 + 0,205 + 0,10) / (0,15 \times 19,0) + 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100 + 0,50 \times 1,50) \times 10^2 / 57,32 = 0,950 + 3,517 = 4,467 \text{ KN/cm}^2 < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 1000x750x20 mm

$$G = 1,00 \times 0,75 \times 0,02 \times 27,0 = 0,405 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 1,70 \times (0,39 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,50 + G_{\text{Mast}} \times 0,90$$

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

1. Horizontallasten von vorne:

für $H = 1,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,5 \times 1,00)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,3842 - 0,58 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für $H = 2,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6821 - 0,592 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für $H = 3,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6812 - 0,604 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für $H = 4,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6816 - 0,616 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

2. Horizontallasten von hinten:

für $H = 1,00 \text{ m}$ →



$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,5 \times 1,00)$

erf. Ballast = $(0,2634 - 0,42 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 2,00m →

$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,5 \times 1,50)$

erf. Ballast = $(0,5197 - 0,408 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 3,00m →

$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,5 \times 1,50)$

erf. Ballast = $(0,4810 - 0,396 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 4,00m →

$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,5 \times 1,50)$

erf. Ballast = $(0,4376 - 0,384 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

- Es ist immer mit dem aus den beiden Lastfällen größeren Wert zu ballastieren !

- Negative Ergebnisse bedeuten das kein Ballast erforderlich ist !

5. Steele – 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 "Schieffstellung"

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

- Wind auf Mast:

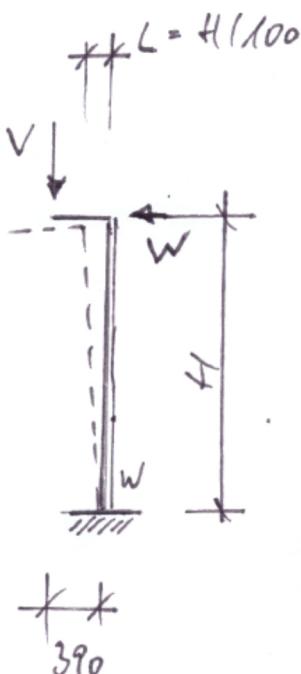
w = $0,10 \times 0,125 = 0,0125 \text{ KN/m}$

Lastfall: LF 5 "Anwenderlasten"



Herstellerbegrenzung max V → 170 kg = 1,70 KN

5.2. Bemessung – ohne „Anrempeln“ + Hallenwind



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

$$M = V \times (0,39 + H/100) + G \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2$$

Maximale Höhe H ≤ 4,00 m

Nutzlastkörper A ≤ 0,50 m²

$$\lambda_{4,00} = 400,0 \times 2 / 3,88 \times 1 / \pi \times \sqrt{(25,0 / 7000)} = 3,92 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

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

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

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 = 0,154 \text{ KN}$$

$$G_{4,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 4,00 = 0,205 \text{ KN}$$

aus Boxenhalter ≈ 0,10 KN

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 + 0,205 + 0,10) / (0,15 \times 19,0) + 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100 + 0,0625 \times 4,00 + 0,0125 \times 4,00^2 / 2) \times 10^2 / 57,32 = 0,950 + 2,575 = 3,525 \text{ KN/cm}^2 < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 1000x750x20 mm

$$G = 1,00 \times 0,75 \times 0,02 \times 27,0 = 0,405 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben



$$M_H = G \times H/100 + 1,70 \times (0,39 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,50 + G_{\text{Mast}} \times 0,90$$

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

1. Horizontallasten von vorne:

für $H = 1,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,0625 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (-0,1333 - 0,58 \times \text{Nutzlast}) / 0,60 \rightarrow \text{ergibt immer negative Werte} \rightarrow \text{kein Ballast erf.}$$

für $H = 2,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,0625 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (-0,0367 - 0,592 \times \text{Nutzlast}) / 0,60 \rightarrow \text{ergibt immer negative Werte} \rightarrow \text{kein Ballast erf.}$$

für $H = 3,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,0625 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,0737 - 0,604 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für $H = 4,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,0625 \times 4,00 + 0,0125 \times 4,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,2016 - 0,616 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

2. Horizontallasten von hinten:

für $H = 1,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,0625 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (-0,2541 - 0,42 \times \text{Nutzlast}) / 0,40 \rightarrow \text{ergibt immer negative Werte} \rightarrow \text{kein Ballast erf.}$$

für $H = 2,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,0625 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (-0,2003 - 0,408 \times \text{Nutzlast}) / 0,40 \rightarrow \text{ergibt immer negative Werte} \rightarrow \text{kein Ballast erf.}$$

für $H = 3,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,0625 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (-0,1305 - 0,396 \times \text{Nutzlast}) / 0,40 \rightarrow \text{ergibt immer negative Werte} \rightarrow \text{kein Ballast erf.}$$

für $H = 4,00\text{m} \rightarrow$

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,0625 \times 4,00 + 0,0125 \times 4,00^2 / 2)$$

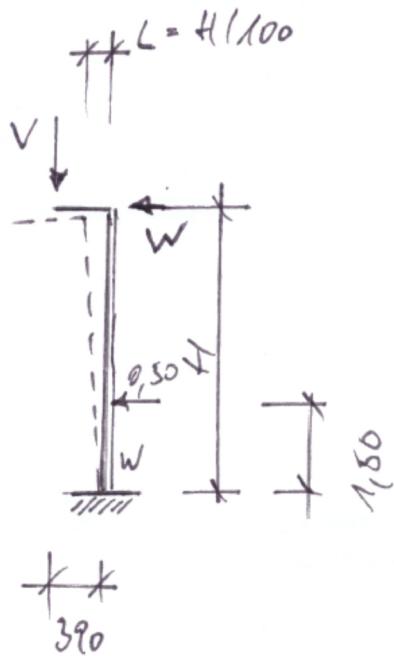
$$\text{erf. Ballast} = (-0,0424 - 0,384 \times \text{Nutzlast}) / 0,40 \rightarrow \text{ergibt immer negative Werte} \rightarrow \text{kein Ballast erf.}$$

- Es ist immer mit dem aus den beiden Lastfällen größeren Wert zu ballastieren !

- Negative Ergebnisse bedeuten das kein Ballast erforderlich ist !



5.3 Bemessung – mit „Anrempeln“ + Hallenwind



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

$$M = V \times (0,39 + H/100) + G \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2 + 0,5 \times 1,50$$

$$\lambda_{4,00} = 400,0 \times 2 / 3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0 / 7000)} = 3,92 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

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

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

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 = 0,154 \text{ KN}$$

$$G_{4,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 4,00 = 0,205 \text{ KN}$$

aus Boxenhalter ≈ 0,10 KN

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 + 0,205 + 0,10) / (0,15 \times 19,0) + 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100 + 0,0625 \times 4,00 + 0,0125 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50) \times 10^2 / 57,32 = 0,950 + 3,703 = 4,653 \text{ KN/cm}^2 \\ < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 1000x750x20 mm

$$G = 1,00 \times 0,75 \times 0,02 \times 27,0 = 0,405 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 1,70 \times (0,39 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,50 + G_{\text{Mast}} \times 0,90$$

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



1. Horizontallasten von vorne:

für H = 1,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,0625 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,00)$$

erf. Ballast = $(0,4667 - 0,58 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$

für H = 2,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,0625 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(0,8633 - 0,592 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$

für H = 3,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,0625 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(0,9737 - 0,604 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$

für H = 4,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,0625 \times 4,00 + 0,0125 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(1,1016 - 0,616 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$

2. Horizontallasten von hinten:

für H = 1,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,0625 \times 1,00 + 0,0125 \times 1,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,00)$$

erf. Ballast = $(0,3459 - 0,42 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 2,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,0625 \times 2,00 + 0,0125 \times 2,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(0,6997 - 0,408 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 3,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,0625 \times 3,00 + 0,0125 \times 3,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(0,7695 - 0,396 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 4,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,0625 \times 4,00 + 0,0125 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(0,8576 - 0,384 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$ → ergibt immer negative Werte → kein Ballast erf.

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

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

6.1. Belastung der Konstruktion

Lastfall: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion



wie vor Pos. 4

Lastfall: LF 2 "Anrempeln"

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

Lastfall: LF 3 "Schiefstellung"

L / 100

Lastfall: LF 4 "Wind"

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

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper:

$$A \leq 0,50\ m^2$$

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

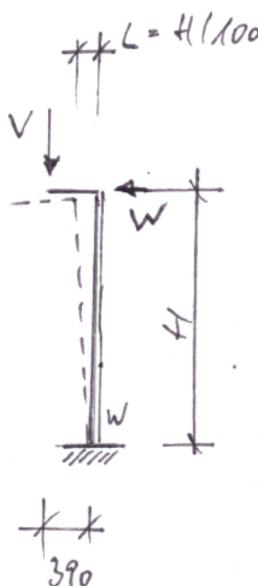
- Wind auf Mast:

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

Lastfall: LF 5 "Anwenderlasten"

Herstellerbegrenzung max V → 170 kg = 1,70 KN

6.2. Bemessung – ohne „Anrempeln“ + Wind



Mast → QR 100 x 5 mm

$$A = 19,00\ cm^2$$

$$W = 57,32\ cm^3$$

$$I = 286,58\ cm^4$$

$$i = 3,88\ cm$$

$$M = V \times (0,39 + H/100) + G \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2$$



Maximale Höhe $H \leq 4,00$ m
Nutzlastkörper $A \leq 0,50$ m²

$$\lambda_{4,00} = 400,0 \times 2 / 3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 3,92 \rightarrow \chi = 0,15$$

Eigengewichte:

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

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

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 = 0,154 \text{ KN}$$

$$G_{4,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 4,00 = 0,205 \text{ KN}$$

aus Boxenhalter $\approx 0,10 \text{ KN}$

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 + 0,205 + 0,10) / (0,15 \times 19,0) + 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100 + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2) \times 10^2 / 57,32 = 0,950 + 5,528 = 6,478 \text{ KN/cm}^2 < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 1000x750x20 mm

$$G = 1,00 \times 0,75 \times 0,02 \times 27,0 = 0,405 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 1,70 \times (0,39 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,50 + G_{\text{Mast}} \times 0,90$$

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

1. Horizontallasten von vorne:

für $H = 1,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,287 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,1628 - 0,58 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für $H = 2,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,287 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6077 - 0,592 \times \text{Nutzlast}) / 0,60 \rightarrow$$

für $H = 3,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,287 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (1,1222 - 0,604 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für $H = 4,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 - \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (1,7064 - 0,616 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

2. Horizontallasten von hinten:

für $H = 1,00 \text{ m}$ →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,287 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2 / 2)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,0420 - 0,42 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$$



für H = 2,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,287 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2)$$

erf. Ballast = $(0,4453 - 0,408 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 3,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,287 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2)$$

erf. Ballast = $(0,9190 - 0,396 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

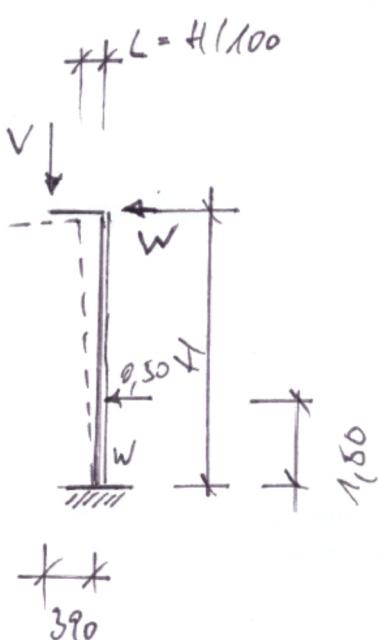
für H = 4,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2)$$

erf. Ballast = $(1,4624 - 0,384 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

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

6.3 Bemessung – mit „Anrempeln“ + Wind



Mast → QR 100 x 5 mm

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

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

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

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

$$M = V \times (0,39 + H/100) + G \times H/100 + W \times H + w \times H^2/2 + 0,5 \times 1,50$$

Maximale Höhe H ≤ 4,00 m

Nutzlastkörper A ≤ 0,50 m²

$$\lambda_{4,00} = 400,0 \times 2 / 3,88 \times 1/\pi \times \sqrt{(25,0/7000)} = 3,92 \rightarrow \chi = 0,15$$



Eigengewichte:

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

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

$$G_{3,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 3,00 = 0,154 \text{ KN}$$

$$G_{4,00} = 19,00 \times 27,0 \times 10^{-4} \times 4,00 = 0,205 \text{ KN}$$

aus Boxenhalter $\approx 0,10 \text{ KN}$

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 + 0,205 + 0,10) / (0,15 \times 19,0) + 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100)) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100 + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50 \times 10^2 / 57,32 = 0,950 + 6,836 = 7,786 \text{ KN/cm}^2 < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

Verankerung / Stabilisierung

– Bodenplatte 1000x750x20 mm

$$G = 1,00 \times 0,75 \times 0,02 \times 27,0 = 0,405 \text{ KN}$$

Gewicht Mast – siehe oben

$$M_H = G \times H/100 + 1,70 \times (0,39 + H/100)$$

$$M_V = G_{\text{Platte}} \times 0,50 + G_{\text{Mast}} \times 0,90$$

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

1. Horizontallasten von vorne:

für H = 1,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 -$$

$$\text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,287 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,0)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,7628 - 0,58 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für H = 2,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 -$$

$$\text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,287 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (1,5077 - 0,592 \times \text{Nutzlast}) / 0,60 \rightarrow$$

für H = 3,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 -$$

$$\text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,287 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (2,022 - 0,604 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

für H = 4,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,10 + \text{Nutzlast} \times 0,10 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 -$$

$$\text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (2,6064 - 0,616 \times \text{Nutzlast}) / 0,60$$

2. Horizontallasten von hinten:

für H = 1,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,051 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,051 + 0,10) \times 0,01 +$$

$$\text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,01) + 0,287 \times 1,00 + 0,057 \times 1,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,0)$$

$$\text{erf. Ballast} = (0,6420 - 0,42 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$$

für H = 2,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,103 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,103 + 0,10) \times 0,02 +$$

$$\text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,02) + 0,287 \times 2,00 + 0,057 \times 2,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

$$\text{erf. Ballast} = (1,3453 - 0,408 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$$



für H = 3,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,154 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,154 + 0,10) \times 0,03 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,03) + 0,287 \times 3,00 + 0,057 \times 3,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(1,819 - 0,396 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

für H = 4,00m →

$$1,2 = (0,405 \times 0,50 + (0,205 + 0,10) \times 0,90 + \text{Nutzlast} \times 0,90 + \text{Ballast} \times 0,60) / ((0,205 + 0,10) \times 0,04 + \text{Nutzlast} \times (0,39 + 0,04) + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50)$$

erf. Ballast = $(2,3624 - 0,384 \times \text{Nutzlast}) / 0,40$

- Es ist immer mit dem aus den beiden Lastfällen größeren Wert zu ballastieren !

- Negative Ergebnisse bedeuten das kein Ballast erforderlich ist !

7. Bodenplatte

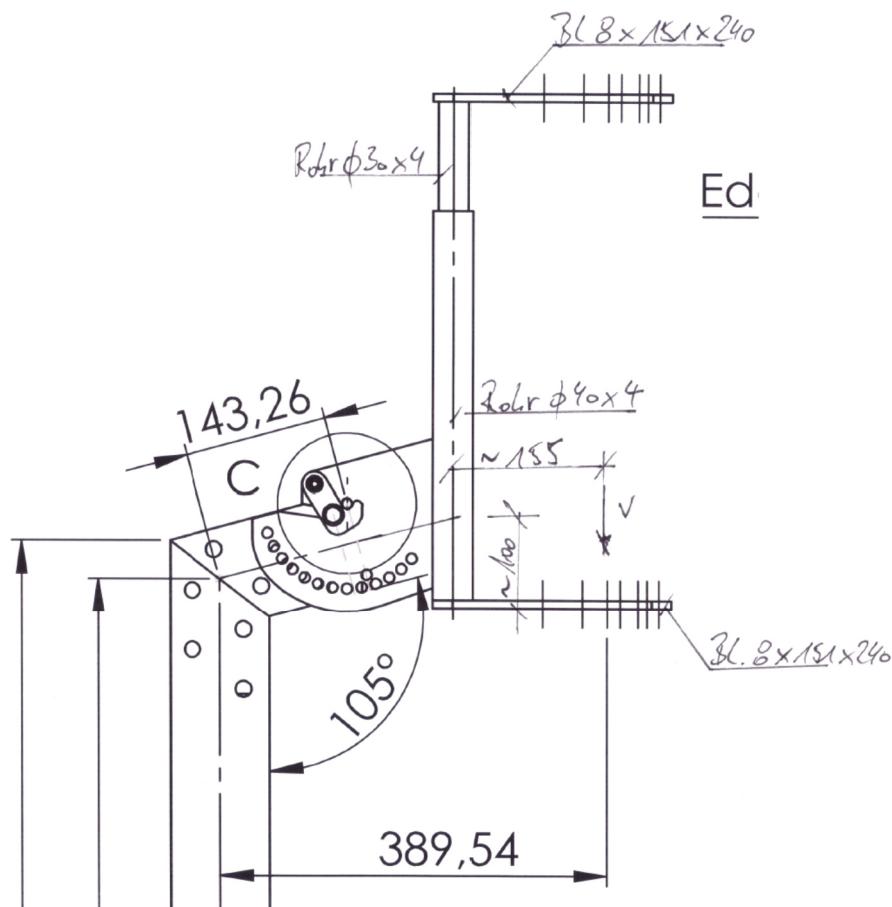
Bodenplatte 750 x 1000 x 20 mm

$$A = 75,0 \times 2,0 = 150,0 \text{ cm}^2$$

$$W = 75,0 \times 2,0^2 / 6 = 50,0 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 1,35 \times (1,70 \times (0,39 + 4,00/100) + (0,205 + 0,10) \times 4,00/100 + 0,287 \times 4,00 + 0,057 \times 4,00^2 / 2 + 0,5 \times 1,50) \times 10^2 / 50,0 = 8,362 \text{ KN/cm}^2 < 11,363 \text{ KN/cm}^2$$

8. Boxenaufnahme





Bl 8x151x240 mm

$$A = 15,1 \times 0,8 = 12,08 \text{ cm}^2$$

$$W = 15,1 \times 0,8^2 / 6 = 1,611 \text{ cm}^3$$

$$M = 1,70 \times 0,155 = 0,2635 \text{ KNm}$$

$$\sigma = 1,35 \times 0,2635 \times 10^2 / 1,611 = 22,081 \text{ KN/cm}^2 < 25,0/1,1$$

Rohr ø 40x4 mm 2x

$$A = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$W = 3,71 \text{ cm}^3$$

$$M = 0,2635 \text{ KNm}$$

$$\sigma = 1,35 \times 0,2635 \times 10^2 / (2 \times 3,71) = 4,794 \text{ KN/cm}^2 < 25,0/1,1$$

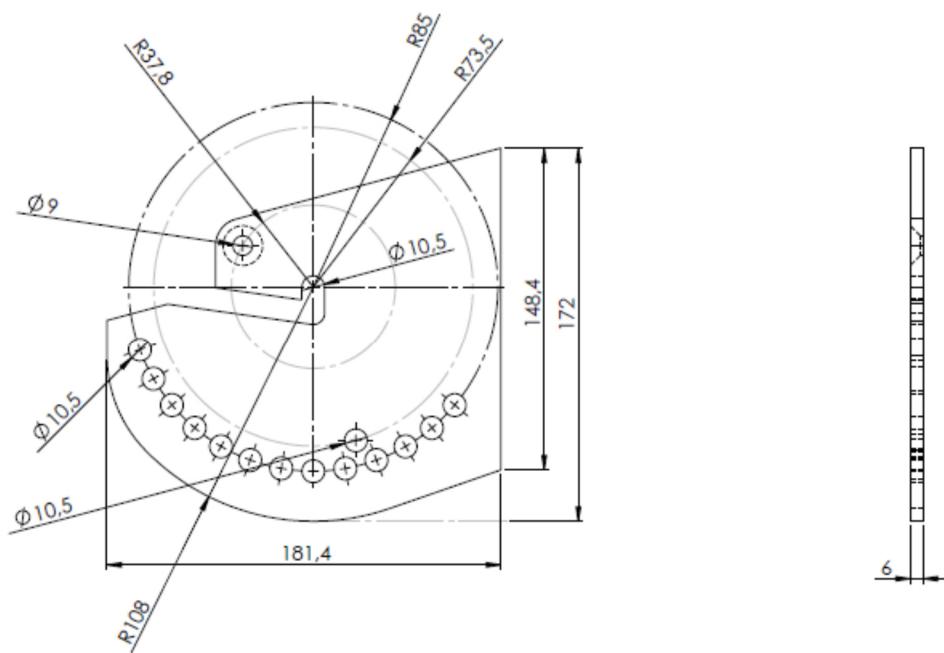
Gelenkscheibe 2x ø170x6 mm

$$A = 17,0 \times 0,6 = 10,2 \text{ cm}^2$$

$$W = 0,6 \times 17,0^2 / 6 = 28,9 \text{ cm}^3$$

$$M \approx 1,70 \times 0,389 = 0,6613 \text{ KNm}$$

$$\sigma = 1,35 \times 0,6613 \times 10^2 / 28,9 = 3,089 \text{ KN/cm}^2 < 25,0/1,1$$



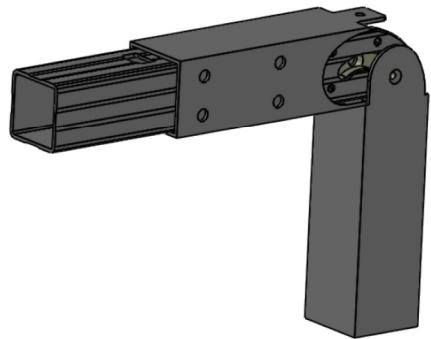
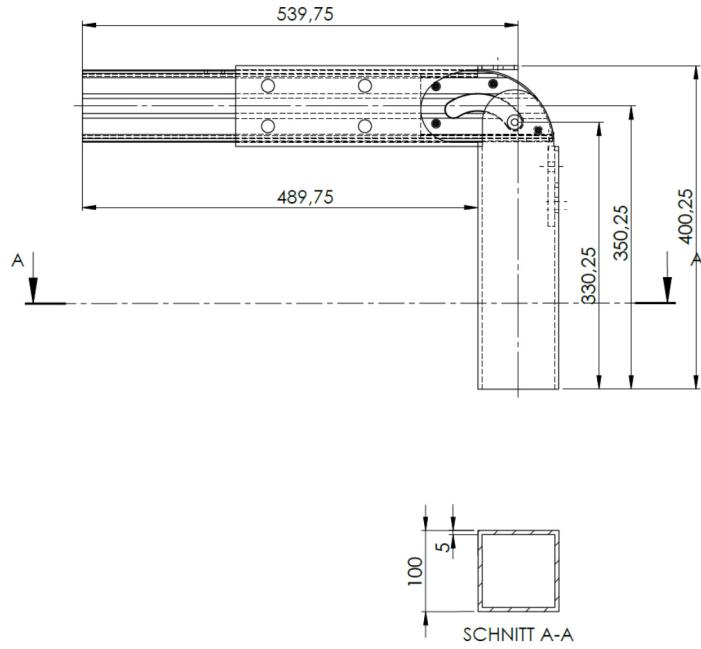
Schrauben M10 8.8

$$V_d = 1,35 \times 0,6613 / 0,085 = 10,50 \text{ KN}$$

$$V_{a,R,d} = 34,27 \text{ KN}$$

$$\eta = 10,50 / 34,27 = 0,306 < 1,0$$

9. Universalgelenk (Mast)



Ohne weiteren Nachweis o.k.

10. Schlußbemerkung

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