Statische Berechnung/
Structural Report

Objekt/	**Design Stele S2**
Subject:	***Design Stele S2***
Entwicklung/	**SHOWEM Veranstaltungstechnik GmbH**
Developer:	**Gutenbergstraße 12**
	85098 Großmehring
Hersteller/	**H.O.F.-Alutec GmbH& Co. KG**
Manufacturer:	**Brookstr. 8**
	49497 Mettingen
Aufsteller/	**Dipl.- Ing. T. Brandt**
Structural Engineer:	**Brookstr. 8**
	49497 Mettingen
	Tel. 05452/ 935082 Fax. - / 935083

Aufgestellt: im Dezember 2017
Created in: December 2017

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

INGENIEURKAMMER-BAU NORDRHEIN-WESTFALEN
MITGLIED
316709

Der Nachweis umfasst 28 Seiten.
This report includes 28 pages.

Auftrags-Nr: 15304-S2
job numer: 15304-S2
Bearbeiter/ *case handler*: Br

Inhaltsverzeichnis/ *table of contents*

1. Vorbemerkungen/ *preliminary report*

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)
- Outdorvariante (mit Windbelastung)

alle Varianten inkl. ungewollter Ausmitte (Schiefstellung)

Abmessungen sind der nachfolgenden Zeichnung zu entnehmen.

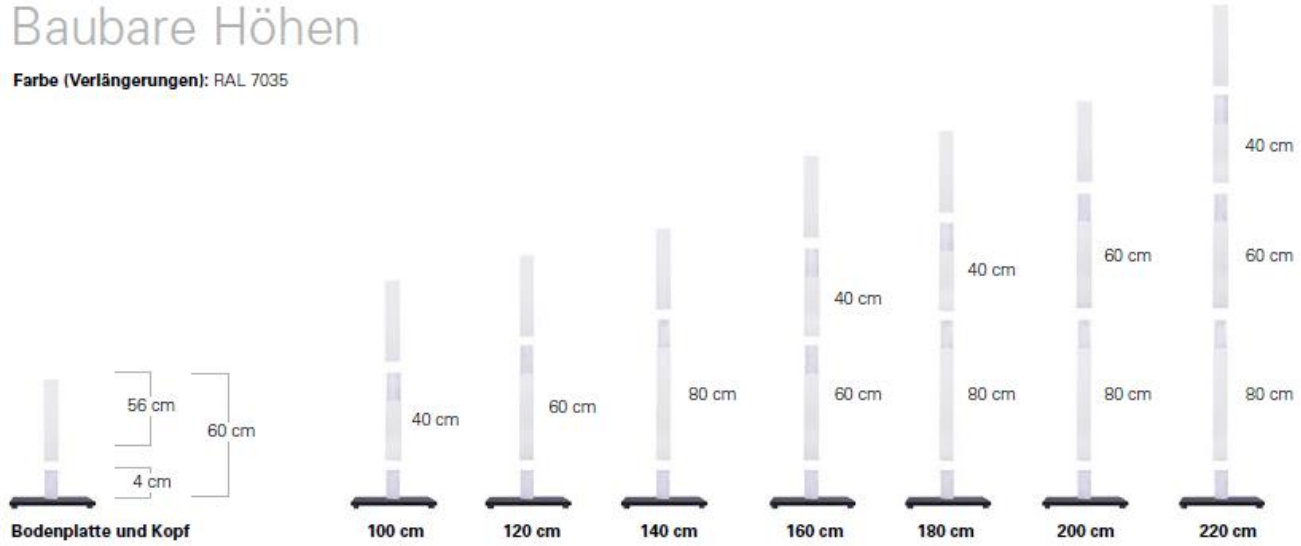
Subject of this structural report is a pole construction (stele), which is meant to carry loads like montitors. The construction is stabilized with ground plates and required ballast.

The following applications are examined:
- *With/without jostling factor*
- *With/without hall wind (fair construction)*
- *Outdoor version (with wind loads)*
- *All verions including undesired eccentricity (tilting)*

See the following drawings for dimensions.

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



2. Berechnungsgrundlagen/ *calculation basis*

DIN – Normen/ *norms*:

DIN EN 1991	Einwirkungen auf Tragwerke *actions on structures*
DIN EN 13814	Fliegende Bauten *temporary structures, fair-ground amusements*
DIN EN 1993-1-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten *steel structures, design and construction*
DIN EN 1999	Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen *aluminium constructions*

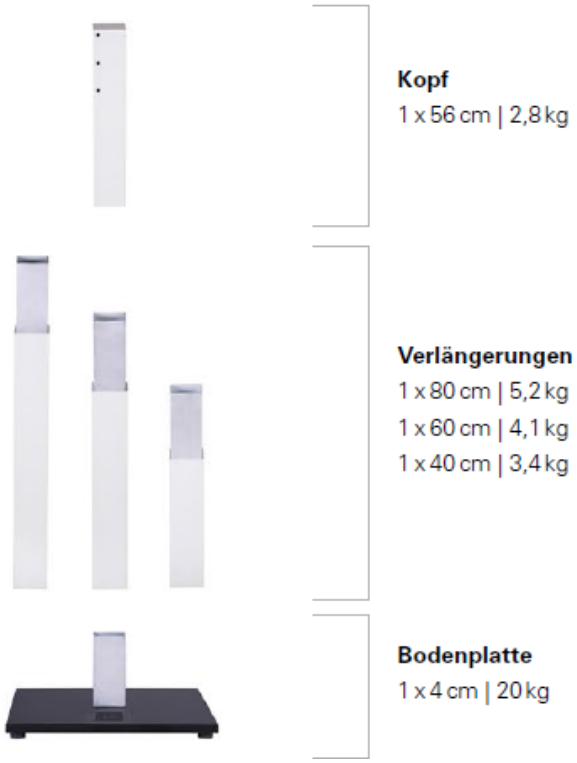
3. Baustoffe/ *materials*

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

4. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“/ *Stele – indoor with/ without „jostling factor“*

4.1. Belastungsannahemn/ *load assumptions*

Lastfall/ *loadcase*: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion/ *dead weight of construction*



Lastfall/ *loadcase*: LF 2 "Schiefstellung"/ *eccentricity*

L / 100

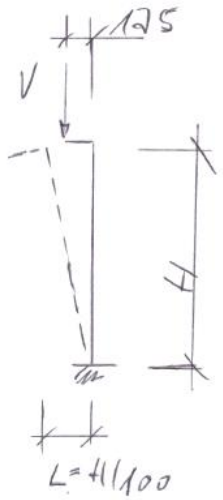
Lastfall/ *loadcase*: LF 3 "Anrempeln"/ *jostling*

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe/ *height* (bei/ *in case of* Stele 1,00m → H = 1,00m)

Lastfall/ *loadcase*: LF 4 "Anwenderlasten"/ *user loads*

max V → Ermittlung siehe/ *for calculation see* Pos. 4.2

4.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“/ *calculation (max. user loads) – without „jostling“*



Mast/ pole → 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 + V x 0,175

$\lambda_{1,60}$ = 160,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,47 → χ = 0,34
$\lambda_{1,80}$ = 180,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,77 → χ = 0,25
$\lambda_{2,00}$ = 200,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 2,16 → χ = 0,20

Eigengewichte/ *dead weights*:

aus Halterungen/ *from connectors* →G ≈ 0,025 KN

$G_{1,60}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,60 + 0,025 = 0,102 KN
$G_{1,80}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,80 + 0,025 = 0,117 KN
$G_{2,00}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 2,00 + 0,025 = 0,138 KN

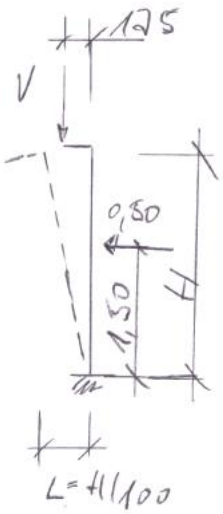
σ = 1,35 x ((V+G) / (χ x 19,00) + (V+G) x H/100 x 10² / 57,32 + V x 0,175 x 10² / 57,32) = 25,0/1,1 x 0,5 = 11,363 KN/cm²
→ V = (11,363/1,35) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = 8,417 / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 17,22 KN** **(1720 kg)**
$V_{1,80}$ = 8,417 / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 15,27 KN** **(1525 kg)**
$V_{2,00}$ = 8,417 / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 13,74 KN** **(1370 kg)**

Stabilisierung/ *stabilization*

- ohne weiteren Nachweis; kein zusätzlicher Ballast erforderlich – Bodenplatte 650x550x20 mm
- no further calculation; no additional ballast necessary – ground plate 650x550x20 mm

4.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“/ *calculation (max. user loads) – with „jostling“*



Mast/ pole → QR 100 x 5 mm
A = 19,00 cm²
W = 57,32 cm³
I = 286,58 cm^4
i = 3,88 cm

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

$\lambda_{1,60}$ = 160,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,47 → χ = 0,34
$\lambda_{1,80}$ = 180,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,77 → χ = 0,25
$\lambda_{2,00}$ = 200,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 2,16 → χ = 0,20

Eigengewichte/ *dead weigths*:

aus Halterungen/ *from connectors* →G ≈ 0,025 KN

$G_{1,60}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,60 + 0,025 = 0,102 KN
$G_{1,80}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,80 + 0,025 = 0,117 KN
$G_{2,00}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 2,00 + 0,025 = 0,138 KN

σ = 1,35 x ((V+G) / (χ x 19,00) + ((V+G) x H/100 + 0,5x1,50) x 10² / 57,32 + V x 0,175 x 10² / 57,32) =
25,0/1,1x0,5 = 11,363 KN/cm²
→ V = (11,363/1,35) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,5x1,50x10² / 57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = 8,417 / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 1,308 + 0,305) – 0,102 **= 4,59 KN** **(455 kg)**
$V_{1,80}$ = 8,417 / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 1,308 + 0,305) – 0,117 **= 4,42 KN** **(440 kg)**
$V_{2,00}$ = 8,417 / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 1,308 + 0,305) – 0,138 **= 4,26 KN** **(425 kg)**

Stabilisierung/ *stabilization*

– Bodenplatte/ *ground plate* 650x550x20 mm
G = 0,65x0,55x0,02 x 27,0 = 0,193 KN

Gewicht Mast – siehe oben/ *weights pole cf. above*
$M_H = G \times H/100 + 0{,}5 \times 1{,}50 + V \times 0{,}175$
$M_V = G_{Platte} \times 0{,}325 + Mast \times 0{,}175$
Annahme/*assumption* → V ≈ 0,25 KN

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

<u>für/ *for* H = 1,60m →</u>
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,102 x 0,175) / (0,102 x 0,016 + 0,5 x 1,5 – 0,25 x 0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 0,70778
erf. Ballast/ *required ballast* = 2,37 KN → 240 kg - Nutzlast/ *payload*

<u>für/ *for* H = 1,80m →</u>
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,117 x 0,175) / (0,117 x 0,018 + 0,5 x 1,5 – 0,25 x 0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 0,708356
erf. Ballast/ *required ballast* = 2,36 KN → 240 kg - Nutzlast/ *payload*/ *payload*

<u>für/ *for* H = 2,00m →</u>
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,138 x 0,175) / (0,138 x 0,020 + 0,5 x 1,5 – 0,25 x 0,175)
1,2 = (0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 0,709286
erf. Ballast/ *required ballast* = 2,35 KN → 240 kg - Nutzlast/ *payload*/ *payload*

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

The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!

5. Stele – Indoor mit / ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Hallenwind“/ *Stele – indoor with/without „jostling factor“ and with „hall wind“*

5.1. Belastungsannahmen/ *load assumptions*

Lastfall/ *loadcase*: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion/ *dead weight of construction*

wie in Pos. 4/ *same as in point 4*

Lastfall/ *loadcase*: LF 2 „Anrempeln“/ *jostling*

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe

Lastfall/ *loadcase*: LF 3 „Schiefstellung“/ eccentricity

L / 100

Lastfall/ *loadcase*: LF 4 „Hallenwind“/ hall wind

Je nach Messegesellschaft darf für Aufbauten H < 2,50m eine Ersatzlast von q_w = 0,063 KN/m² und darüber von q_w = 0,125 KN/m² angesetzt werden. Da diese Regelung nicht für alle Standorte gilt wird hier eine Last von **q_w = 0,125 KN/m²** angesetzt.

*Depending on different regulations by trade fair organizations equivalent loads of q_w = 0,063 KN/m² for constructions H < 2,50m and of q_w = 0,125 KN/m² for higher constructions are applied. Because this regulation is not applicable in some places and trade fairs, an equivalent load of **q_w = 0,125 KN/m²** is used in this report.*

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper/ *wind-exposed-areas of user loads*:

A ≤ 0,60 m² (≤ 46 Zoll)
→ W = 0,60 x 0,125 = 0,075 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

A ≤ 1,00 m² (≤ 60 Zoll)
→ W = 1,00 x 0,125 = 0,125 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

A ≤ 1,50 m² (≤ 75 Zoll)
→ W = 1,50 x 0,125 = 0,1875 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

A ≤ 2,00 m² (≤ 85 Zoll)
→ W = 2,00 x 0,125 = 0,25 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

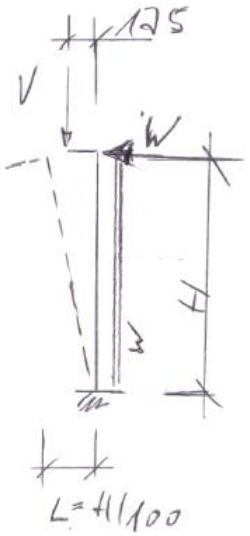
- Wind auf Mast/ *wind-exposed-areas of the pole*:

w = 0,10 x 0,125 = 0,0125 KN/m

Lastfall/ *loadcase*: LF 5 "Anwenderlasten"/ *user loads*

max V → Ermittlung siehe Pos. 5.2/ *max V calculated in point 5.2*

5.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Hallenwind/ *calculation (max. user loads) – without „jostling“ + hall wind*



Mast/ *pole* → QR 100 x 5 mm
A = 19,00 cm²
W = 57,32 cm³
I = 286,58 cm^4
i = 3,88 cm

M = (V+G) x H/100 + W x H + w x H²/2 + V x 0,175

$\lambda_{1,60}$ = 160,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,47 → χ = 0,34
$\lambda_{1,80}$ = 180,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,77 → χ = 0,25
$\lambda_{2,00}$ = 200,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 2,16 → χ = 0,20

Eigengewichte/ *dead weights*:

aus Halterungen/ *from connectors* →G ≈ 0,025 KN

$G_{1,60}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,60 + 0,025 = 0,102 KN
$G_{1,80}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,80 + 0,025 = 0,117 KN
$G_{2,00}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 2,00 + 0,025 = 0,138 KN

σ = 1,35 x ((V+G) / (χ x 19,00) + ((V+G) x H/100 + WxH + wxH²/2) x 10² / 57,32 + V x 0,175 x 10² / 57,32)
= 25,0/1,1x0,5 = 11,363 KN/cm²

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m² (≤ 46 Zoll)

→ V = ((11,363/1,35) – 0,1308xH -0,0218 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 0,1308x1,50 – 0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,50/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 16,76 KN (1675 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 0,1308x1,80 – 0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 14,78 KN (1475 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 0,1308x2,20 – 0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,20/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 13,18 KN (1315 kg)**

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m² **(≤ 60 Zoll)**

→ V = ((11,363/1,35) – 0,2181xH -0,0218 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 0,2181x1,50 – 0,0218x1,50²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 16,49 KN (1650 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 0,2181x1,80 – 0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 14,49 KN (1450 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 0,2181x2,20 – 0,0218x2,20²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 12,86 KN (1285 kg)**

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m² **(≤ 75 Zoll)**

→ V = ((11,363/1,35) – 0,3271xH -0,0218 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 0,3271x1,50 – 0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 16,16 KN (1615 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 0,3271x1,80 – 0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 14,13 KN (1410 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 0,3271x2,20 – 0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 12,47 KN (1245 kg)**

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m² **(≤ 85 Zoll)**

→ V = ((11,363/1,35) – 0,4361xH -0,0218 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 0,4361x1,60 – 0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 15,82 KN (3880 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 0,4361x1,80 – 0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 13,77 KN (1375 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 0,4361x2,00 – 0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 12,07 KN (1205 kg)**

Stabilisierung/ *stabilization*

– Bodenplatte/ *ground plate* 650x550x20 mm
G = 0,65x0,55x0,02 x 27,0 = 0,193 KN

Gewicht Mast – siehe oben/ *pole weight – cf. above*
M_H = G x H/100 + 0,1875xH + 0,0125xH2/2
M_V = G_{Platte} x 0,325 + Mast x 0,175

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

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,102x0,175) / (0,102x0,016 + 0,075x1,60 + 0,0125x1,60²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 0,0843425
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,065 KN → 6,5 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,117x0,175) / (0,117x0,018 + 0,075x1,80 + 0,0125x1,80²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 0,113606
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,165 KN → 16,5 kg - Nutzlast/ *payload/*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = (0,193+Ballast)x0,325 + 0,138x0,175) / (0,138x0,020 + 0,075x2,00 + 0,0125x2,00²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 0,154536
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,305 KN → 30,5 kg - Nutzlast/ *payload*

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,102x0,175) / (0,102x0,016 + 0,125x1,60 + 0,0125x1,60²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 0,1593425
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,34 KN → 34 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,117x0,175) / (0,117x0,018 + 0,125x1,80 + 0,0125x1,80²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 0,203606
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,50 KN → 50 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,138x0,175) / (0,138x0,020 + 0,125x2,00 + 0,0125x2,00²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 – 0,02415) / 0,264536
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,71 KN → 71 kg - Nutzlast/ *payload*

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,102x0,175) / (0,102x0,016 + 0,1875x1,6 + 0,0125x1,60²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 0,2530925
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,69 KN → 69 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,117x0,175) / (0,117x0,018 + 0,1875x1,8 + 0,0125x1,80²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 0,316106
erf. Ballast/ *required ballast* = 0,91 KN → 91 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,138x0,175)/ (0,138x0,020 + 0,1875x2,0 + 0,0125x2,00²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 0,402036
erf. Ballast/ *required ballast* = 1,28 KN → 130 kg - Nutzlast/ *payload*

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,102x0,175) / (0,102x0,016 + 0,25x1,60 + 0,0125x1,60²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 0,3468425
erf. Ballast/ *required ballast* = 1,03 KN → 105 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,117x0,175) / (0,117x0,018 + 0,25x1,80 + 0,0125x1,80²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475 / 0,428606
erf. Ballast/ *required ballast* = 1,33 KN → 133 kg - Nutzlast/ *payload/ payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325 + 0,138x0,175) / (0,138x0,020 + 0,25x2,00 + 0,0125x2,00²/2 – 0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 0,539536
erf. Ballast/ *required ballast* = 1,73 KN → 173 kg - Nutzlast/ *payload*/ *payload*

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

The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!

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

These results mean, that for the following pole lenths H, following user loads are required if only the mentioned ground plates shall be used without additional ballast:

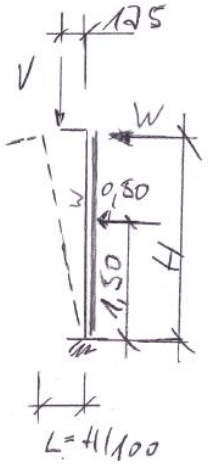
Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²
H = 1,60m → 6,5 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 1,80m → 16,5 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 2,00m → 30,5 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*

Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²
H = 1,60m → 34 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 1,80m → 50 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 2,00m → 71 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*

Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²
H = 1,60m → 69 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 1,80m → 91 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 2,00m → 130 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*

Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²
H = 1,60m → 105 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 1,80m → 133 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*
H = 2,00m → 173 kg – erf. Anwenderlast/ *required user load*

5.3. Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Hallenwind/ *calculation (max. user loads) – with „jostling“ + hall wind*



Mast/ *pole* → QR 100 x 5 mm
A = 19,00 cm²
W = 57,32 cm³
I = 286,58 cm^4
i = 3,88 cm

M = (V+G) x H/100 + 0,5 x 1,50 + W x H + w x H²/2 + V x 0,175

$\lambda_{1,60}$ = 160,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,47 → χ = 0,34
$\lambda_{1,80}$ = 180,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,77 → χ = 0,25
$\lambda_{2,00}$ = 200,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 2,16 → χ = 0,20

Eigengewichte/ *dead weights*:

aus Halterungen/ *from connectors* →G ≈ 0,025 KN

$G_{1,60}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,60 + 0,025 = 0,102 KN
$G_{1,80}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,80 + 0,025 = 0,117 KN
$G_{2,00}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 2,00 + 0,025 = 0,138 KN

σ = 1,35 x ((V+G) / (χ x 19,00) + ((V+G) x H/100 + 0,5x1,50 + W x H + w x H²/2) x 10² / 57,32 + V x 0175 x 10² / 57,32 = 25,0/1,1x0,5 = 11,363 KN/cm²

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 0,1090xH – 0,0218xH²/2) / (1/χx19,00+H/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – G

$V_{1,60}$ = (8,417–0,1308x1,50–0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,102
= 4,46 KN (445 kg)
$V_{1,80}$ = (8,417–0,1308x1,80–0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,117
= 4,27 KN (425 kg)
$V_{2,00}$ = (8,417–0,1308x2,20–0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,138
= 4,08 KN (405 kg)

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 0,2181xH – 0,0218xH²/2) / (1/χx19,00+H/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417–0,2181x1,50–0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,102
= 4,39 KN (435 kg)
$V_{1,80}$ = (8,417–0,2181x1,80–0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,117
= 4,19 KN (415 kg)
$V_{2,00}$ = (8,417–0,2181x2,20–0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,138
= 3,98 KN (395 kg)

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 0,3271xH – 0,0218xH²/2) / (1/χx19,00+H/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417–0,3271x1,50–0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,102
= 4,30 KN (430 kg)
$V_{1,80}$ = (8,417–0,3271x1,80–0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,117
= 4,08 KN (405 kg)
$V_{2,00}$ = (8,417–0,3271x2,20–0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,138
= 3,85 KN (385 kg)

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 0,4361xH – 0,0218xH²/2) / (1/χx19,00+H/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417–0,4361x1,60–0,0218x1,60²/2) / (1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,102
= 4,21 KN (420 kg)
$V_{1,80}$ = (8,417–0,4361x1,80–0,0218x1,80²/2) / (1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,117
= 3,98 KN (395 kg)
$V_{2,00}$ = (8,417–0,4361x2,00–0,0218x2,00²/2) / (1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305)–0,138
= 3,73 KN (370 kg)

Stabilisierung/ *stabilization*

– Bodenplatte/ *ground plate* 650x550x20 mm
G = 0,65x0,55x0,02 x 27,0 = 0,193 KN

Gewicht Mast – siehe oben/ *pole weight – cf. above*
M_H = G x H/100 + 0,5 x 1,50
M_V = G_{Platte} x 0,325 + Mast x 0,175

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

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,075x1,60+0,0125x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785 / 0,8343425
erf. Ballast/ *required ballast* = 2,83 KN → 285 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x 0,018+0,5x1,5+0,075x1,80x0,0125x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475)/ 0,86306
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,01 KN → 305 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325-0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,5x1,5+0,075x2,00+0,0125x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 0,904536
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,13 KN → 315 kg - Nutzlast/ *payload*

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+ Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,125x1,60+0,0125x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 – 0,01785) / 0,9093425
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,20 KN → 320 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325-0,117x0,175)/(0,117x 0,018+0,5x1,5+0,125x1,80x0,0125x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 – 0,020475) / 0,953606
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,27 KN → 330 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+ Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x 0,020+0,5x1,5+0,125x2,00+0,0125x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 1,014536
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,48 KN → 350 kg - Nutzlast/ *payload*

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,1875x1,60+0,0125x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 1,0030925
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,46 KN → 350 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x0,018+0,5x1,5+0,1875x1,80x0,0125x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 1,066106
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,69 KN → 370 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,5x1,5+0,1875x2,00+0,0125x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 1,152036
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,99 KN → 400 kg - Nutzlast/ *payload*

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,25x1,60+0,0125x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 – 0,01785) / 1,0968425
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,80 KN → 380 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x0,018+0,5x1,5+0,25x1,80x0,0125x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 1,178606
erf. Ballast/ *required ballast* = 4,10 KN → 410 kg - Nutzlast/ *payload*

<u>für/ *for* H = 2,00m →</u>
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,5x1,5+0,25x2,00+0,0125x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 1,289536
erf. Ballast/ *required ballast* = 4,50 KN → 450 kg - Nutzlast/ *payload*

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

The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!

6. Stele – Outdoor mit/ ohne „Anrempelfaktor“ und mit „Wind“ (Sturm)/ *Stele – outdoor with/ without „jostling“ and with wind (storm)*

6.1. Belastungsannahmen/ *load assumptions*

Lastfall/ *loadcase*: LF 1 Eigengewicht der Konstruktion/ *dead weight of construction*

wie in Pos. 4/ *same as in point 4*

Lastfall/ *loadcase*: LF 2 "Anrempeln"/ *jostling*

H = 0,50 KN in 1,50m Höhe/ *height*

Lastfall/ *loadcase*: LF 3 "Schiefstellung"/ *eccentricity*

L / 100

Lastfall/ *loadcase*: LF 4 "Wind"/ *wind*

WZ 1+2 → q_w = 1,5 x 0,39x 0,7 = 0,4095 KN/m²

- Windangriffsfläche Nutzlastkörper/ *wind-exposed-areas of user loads*:

A ≤ 0,60 m²
→ W = 0,60 x 1,4 x 0,4095 = 0,344 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

A ≤ 1,00 m²
→ W = 1,00 x 1,4 x 0,4095 = 0,573 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

A ≤ 1,50 m²
→ W = 1,50 x 1,4 x 0,4095 = 0,860 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

A ≤ 2,00 m²
→ W = 2,00 x 1,4 x 0,4095 = 1,147 KN (ungünstigt immer am Mastkopf angesetzt/ *always placed unfavorably at the poles top*)

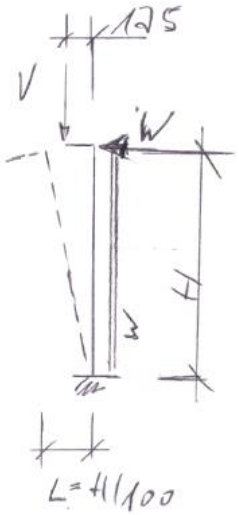
- Wind auf Mast/ *wind-exposed-areas of the pole*:

w = 0,10 x 1,4 x 0,4095 = 0,057 KN/m

Lastfall/ *loadcase*: LF 5 "Anwenderlasten"/ *user loads*

max V → Ermittlung siehe Pos. 6.2/ *max V calculated in point 6.2*

6.2. Bemessung (max. Anwenderlasten) – ohne „Anrempeln“ + Wind/ *calculation (max. user loads) – without „jostling“ + wind*



Mast/ *pole* → QR 100 x 5 mm
A = 19,00 cm²
W = 57,32 cm³
I = 286,58 cm^4
i = 3,88 cm

M = (V+G) x H/100 + W x H + w x H²/2 + V x 0,175

$\lambda_{1,60}$ = 160,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,47 → χ = 0,34
$\lambda_{1,80}$ = 180,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,77 → χ = 0,25
$\lambda_{2,00}$ = 200,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 2,16 → χ = 0,20

Eigengewichte/ *dead weights*:

aus Halterungen/ *from connectors* →G ≈ 0,025 KN

$G_{1,60}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,60 + 0,025 = 0,102 KN
$G_{1,80}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,80 + 0,025 = 0,117 KN
$G_{2,00}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 2,00 + 0,025 = 0,138 KN

σ = 1,35 x ((V+G) / (χ x 19,00) + ((V+G) x H/100 + WxH + wxH²/2) x 10² / 57,32 + V x 0,175 x 10² / 57,32)
= 25,0/1,1x0,5 = 11,363 KN/cm²

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 0,60xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 0,60x1,60 – 0,0994x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 15,13 KN (1510 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 0,60x1,80 – 0,0994x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 13,00 KN (1300 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 0,60x2,00 – 0,0994x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 11,17 KN (1115 kg)**

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 1,00xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 1,00x1,60 – 0,0994x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 13,90 KN (1390 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 1,00x1,80 – 0,0994x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 11,69 KN (1165 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 1,00x2,00 – 0,0994x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 9,71 KN (970 kg)**

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 1,50xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 1,50x1,60 – 0,0994x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 12,35 KN (1235 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 1,50x1,80 – 0,0994x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 10,04 KN (1000 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 1,50x2,00 – 0,0994x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 7,90 KN (790 kg)**

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 2,00xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$V_{1,60}$ = (8,417 – 2,00x1,60 – 0,0994x1,60²/2) / (1/0,34x19,0 + 1,60/57,32 + 0,305) – 0,102 **= 10,81 KN (1080 kg)**
$V_{1,80}$ = (8,417 – 2,00x1,80 – 0,0994x1,80²/2) / (1/0,25x19,0 + 1,80/57,32 + 0,305) – 0,117 **= 8,40 KN (840 kg)**
$V_{2,00}$ = (8,417 – 2,00x2,00 – 0,0994x2,00²/2) / (1/0,20x19,0 + 2,00/57,32 + 0,305) – 0,138 **= 6,09 KN (610 kg)**

Stabilisierung/ *stabilization*

– Bodenplatte/ *ground plate* 650x550x20 mm
G = 0,65x0,55x0,02 x 27,0 = 0,193 KN

Gewicht Mast – siehe oben/ *pole weight – cf. above*
M_H = G x H/100 + 0,5 x 1,50
M_V = G_{Platte} x 0,325 + Mast x 0,175

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

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x 0,016+0,344x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 0,537905
erf. Ballast/ *required ballast* = 1,74 KN → 175 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x 0,018+0,344x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 0,669896
erf. Ballast/ *required ballast* = 2,20 KN → 220 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175/(0,138x0,020+0,344x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 – 0,02415 / 0,854026
erf. Ballast/ *required ballast* = 2,87 KN → 290 kg - Nutzlast/ *payload*

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175/(0,102x0,016+0,573x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 – 0,01785) / 0,881405
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,00 KN → 300 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x0,018+0,573x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 1,082096
erf. Ballast/ *required ballast* = 3,74 KN → 375 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,573x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 1,357826
erf. Ballast/ *required ballast* = 4,75 KN → 475 kg - Nutzlast/ *payload*

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.) x 0,325+0,102x0,175)/(0,102x 0,016+0,86x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 1,311905
erf. Ballast/ *required ballast* = 460 KN → 460 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x0,018+0,86x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 1,59896
erf. Ballast/ *required ballast* = 5,65 KN → 565 kg - Nutzlast/ *payload*
für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,86x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 1,989226
erf. Ballast/ *required ballast* = 7,08 KN → 710 kg - Nutzlast/ *payload*

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = (0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x 0,016+1,147x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 1,742405
erf. Ballast/ *required ballast* = 6,19 KN → 620 kg - Nutzlast/ *payload*

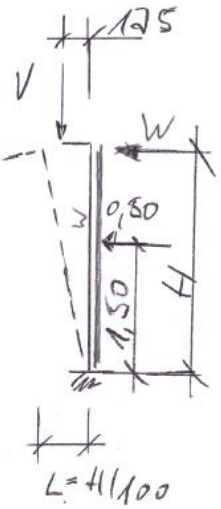
für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x0,018+1,147x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 2,115296
erf. Ballast/ *required ballast* = 7,55 KN → 755 kg - Nutzlast/ *payload*

<u>für/ *for* H = 2,00m →</u>
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+1,147x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 2,620626
erf. Ballast/ *required ballast* = 9,41 KN → 945 kg - Nutzlast/ *payload*

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

The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!

6.3. <u>Bemessung (max. Anwenderlasten) – mit „Anrempeln“ + Wind/</u> <u>*calculation (max. user loads) – with „jostling“ + wind*</u>



Mast/ *pole* → QR 100 x 5 mm
A = 19,00 cm²
W = 57,32 cm³
I = 286,58 cm^4
i = 3,88 cm

M = (V+G) x H/100 + 0,5 x 1,50 + W x H + w x H²/2 + V x 0,175

$\lambda_{1,60}$ = 160,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,47 → χ = 0,34
$\lambda_{1,80}$ = 180,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 1,77 → χ = 0,25
$\lambda_{2,00}$ = 200,0x2/3,88 x 1/π x √(25,0/7000) = 2,16 → χ = 0,20

<u>Eigengewichte/ *dead weights*</u>:

aus Halterungen/ *from connectors* →G ≈ 0,025 KN

$G_{1,60}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,60 + 0,025 = 0,102 KN
$G_{1,80}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 1,80 + 0,025 = 0,117 KN
$G_{2,00}$ = 19,00 x 27,0 x 10^{-4} x 2,00 + 0,025 = 0,138 KN

σ = 1,35 x ((V+G) / (χ x 19,00) + ((V+G) x H/100 + 0,5x1,50 + WxH + wxH²/2)x10²/57,32 + Vx0,175x10²/ 57,32) = 25,0/1,1x0,5 = 11,363 KN/cm²

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 0,60xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$\mathbf{V_{1,60}}$ = (8,417 – 0,60x1,60 – 0,0994x1,60²/2)/(1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,102
= 4,02 KN (400 kg)
$\mathbf{V_{1,80}}$ = (8,417 – 0,60x1,80 – 0,0994x1,80²/2)/(1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,117
= 3,75 KN (375 kg)
$\mathbf{V_{2,00}}$ = (8,417 – 0,60x2,00 – 0,0994x2,00²/2)/(1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,138
= 3,44 KN (340 kg)

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 1,00xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$\mathbf{V_{1,60}}$ = (8,417 – 1,00x1,50 – 0,0994x1,60²/2)/(1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,102
= 3,69 KN (365 kg)
$\mathbf{V_{1,80}}$ = (8,417 – 1,00x1,80 – 0,0994x1,80²/2)/(1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,117
= 3,36 KN (335 kg)
$\mathbf{V_{2,00}}$ = (8,417 – 1,00x2,20 – 0,0994x2,00²/2)/(1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,138
= 2,98 KN (295 kg)

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 1,50xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$\mathbf{V_{1,60}}$ = (8,417 – 1,50x1,60 – 0,0994x1,60²/2)/(1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,102
= 3,27 KN (325 kg)
$\mathbf{V_{1,80}}$ = (8,417 – 1,50x1,80 – 0,0994x1,80²/2)/(1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,117
= 2,90 KN (290 kg)
$\mathbf{V_{2,00}}$ = (8,417 – 1,50x2,00 – 0,0994x2,00²/2)/(1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,138
= 2,41 KN (240 kg)

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

→ V = ((11,363/1,35) – 2,00xH – 0,0994 xH²/2) / (1/χx19,00 + H/57,32 + 0,305) - G

$\mathbf{V_{1,60}}$ = (8,417 – 2,00x1,60 – 0,0994x1,60²/2)/(1/0,34x19,0+1,60/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,102
= 2,83 KN (280 kg)
$\mathbf{V_{1,80}}$ = (8,417 – 2,00x1,80 – 0,0994x1,80²/2)/(1/0,25x19,0+1,80/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,117
= 2,39 KN (235 kg)
$\mathbf{V_{2,00}}$ = (8,417 – 2,00x2,00 – 0,0994x2,00²/2)/(1/0,20x19,0+2,00/57,32+0,5x1,50x10²/57,32+0,305) – 0,138
= 1,83 KN (180 kg)

Stabilisierung/ *stabilization*

– Bodenplatte/ *ground plate* 650x550x20 mm
G = 0,65x0,55x0,02 x 27,0 = 0,193 KN

Gewicht Mast – siehe oben/ *pole weight – cf. above*
M_H = G x H/100 + 0,5 x 1,50
M_V = G_{Platte} x 0,325 + Mast x 0,175

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

1. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 0,60 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,344x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 1,287905
erf. Ballast/ *required ballast* = 4,51 KN → 455 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x0,018+0,5x1,5+0,344x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 1,419896
erf. Ballast/ *required ballast* = 4,99 KN → 500 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,5x1,5+0,344x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 1,604026
erf. Ballast/ *required ballast* = 5,66 KN → 565 kg - Nutzlast/ *payload*

2. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,573x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 1,631405
erf. Ballast/ *required ballast* = 5,78 KN → 580 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175/(0,117x0,018+0,5x1,5+0,573x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 1,832096
erf. Ballast/ *required ballast* = 6,51 KN → 650 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,5x1,5+0,573x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 2,107826
erf. Ballast/ *required ballast* = 7,52 KN → 755 kg - Nutzlast/ *payload*

3. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 1,50 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x0,016+0,5x1,5+0,86x1,60+0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,01785) / 2,061905
erf. Ballast/ *required ballast* = 7,37 KN → 740 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = (0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x 0,018+0,5x1,5+0,86x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,20475) / 2,348696
erf. Ballast/ *required ballast* = 8,42 KN → 845 kg - Nutzlast/ *payload*
für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ballast)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x0,020+0,5x1,5+0,86x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = (0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415 / 2,739226
erf. Ballast/ *required ballast* = 9,85 KN → 985 kg - Nutzlast/ *payload*

4. Nutzlastkörper/ *payload surface* A ≤ 2,00 m²

für/ *for* H = 1,60m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,102x0,175)/(0,102x 0,016+0,5x1,5+1,147x1,60 + 0,057x1,60²/2-0,25x0,175)
1,2 = (0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,1785) / 2,492405
erf. Ballast/ *required ballast* = 8,95 KN → 895 kg - Nutzlast/ *payload*

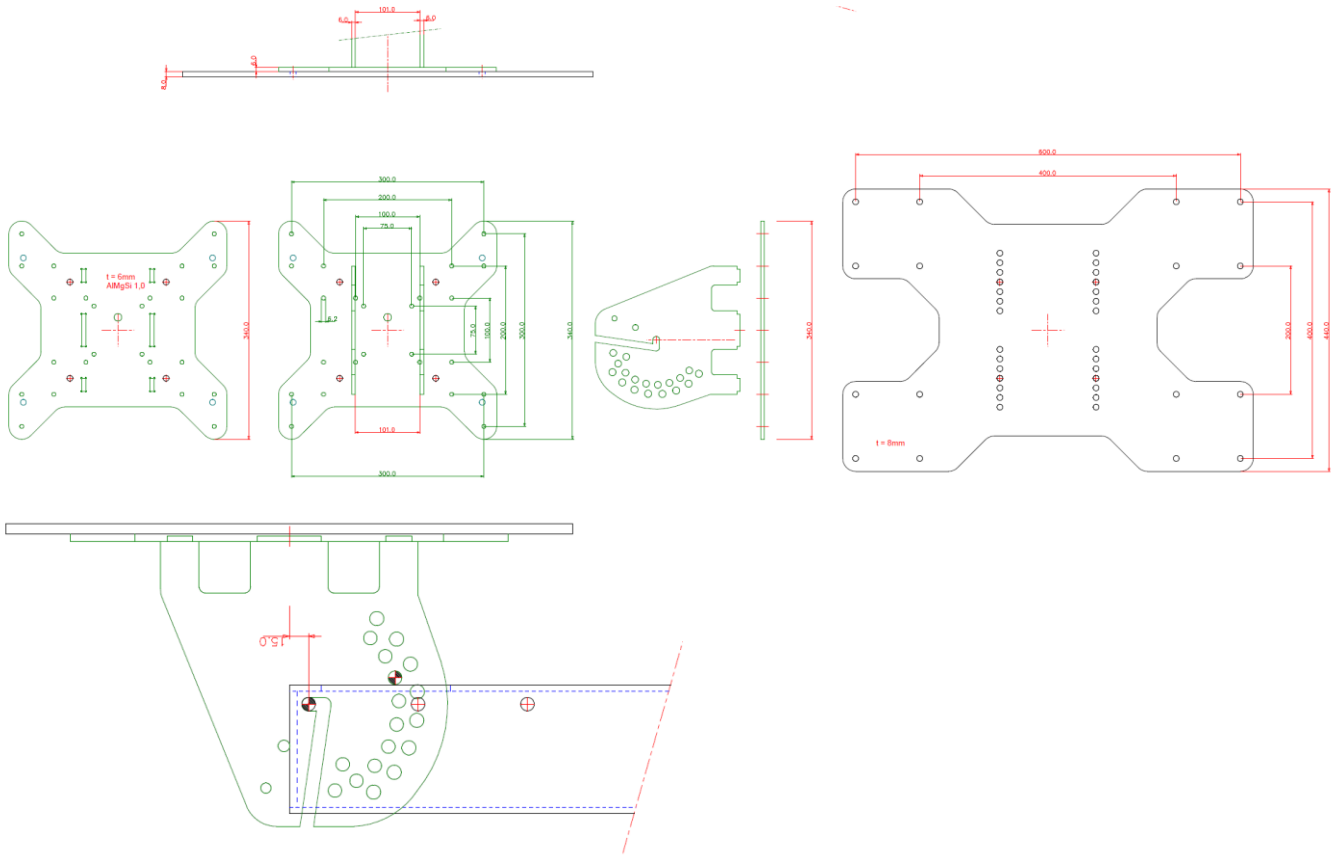
für/ *for* H = 1,80m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,117x0,175)/(0,117x 0,018+0,5x1,5+1,147x1,80+0,057x1,80²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,020475) / 2,865296
erf. Ballast/ *required ballast* = 10,32 KN → 1035 kg - Nutzlast/ *payload*

für/ *for* H = 2,00m →
1,2 = ((0,193+Ball.)x0,325+0,138x0,175)/(0,138x 0,020+0,5x1,5+1,147x2,00+0,057x2,00²/2-0,25x0,175)
1,2 = ((0,193 + Ballast) x 0,325 + 0,02415) / 3,370626
erf. Ballast/ *required ballast* = 12,18 KN → 1220 kg - Nutzlast/ *payload*

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

The torque ratio from payload eccentricity is less than 5,3% and has not been considered for the ballast calculation!

7. Aufnahmerahmen und -Scheiben für Anhängelasten (Stützenkopf)/ *mounting frame and disk for hanging loads (pole head)*



Aufnahmeplatte/ *mounting plate* Bl 8x440x600 mm **EN AW 6082T5**
A = 44,0 x 0,8 = 35,20 cm²
W = 44,0 x 0,8² / 6 = 4,69 cm³

M = 0,5 x F x 0,175

σ = F x 0,175 x 10² / 4,69 = 25,0 /1,1
→ zul F = 22,727 x 4,69 / (0,175 x 100) = 6,09 KN

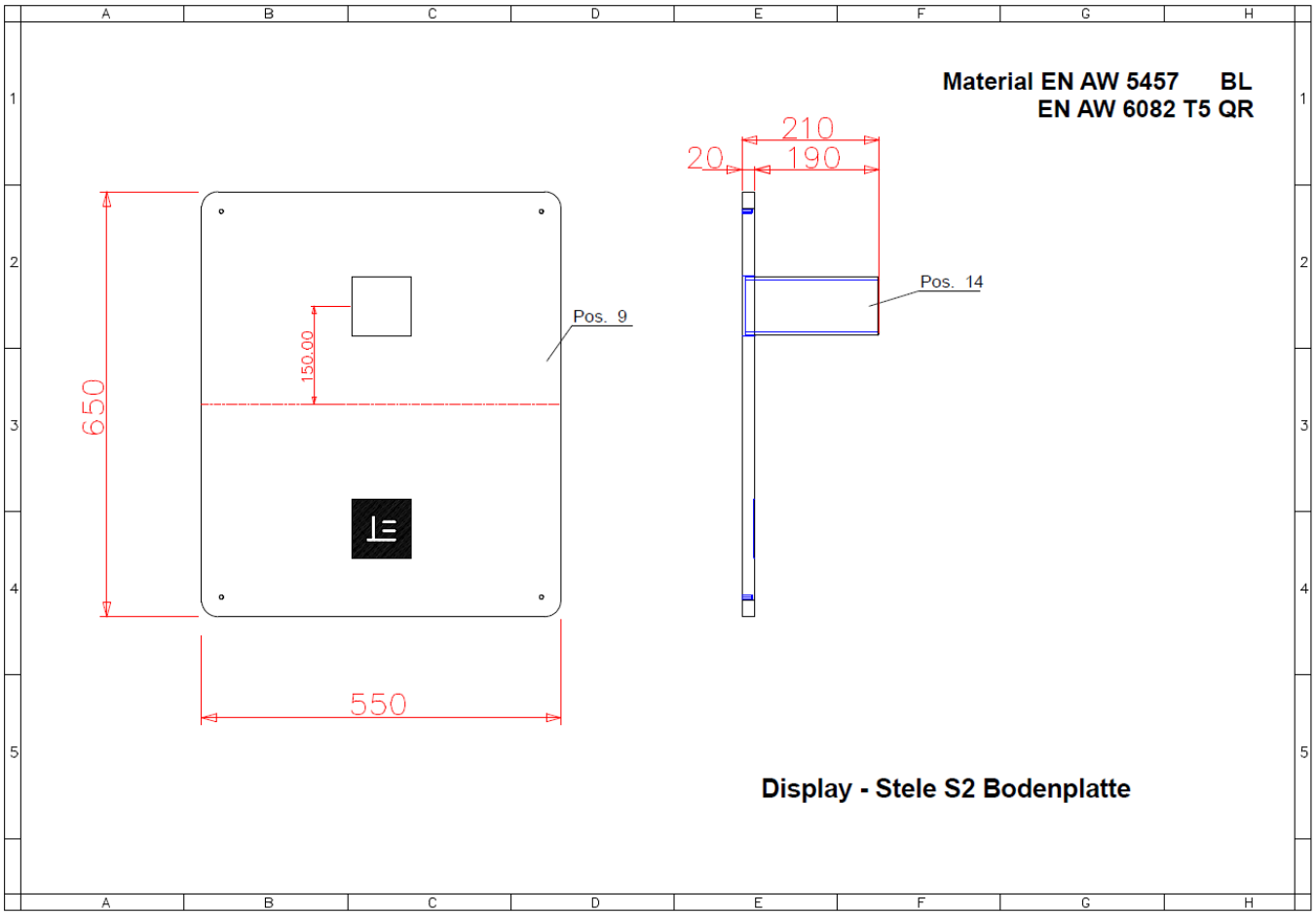
Lochscheibenplatte/ *perforated disk plate* Bl 6x190x210 mm **EN AW 6082T5**
A = 19,0 x 0,6 = 11,40 cm²
W = 0,6 x 19,0² / 6 = 36,10 cm³

M = F x 0,175

σ = F x 0,175 x 10² / 36,10 = 25,0 /1,1
→ zul F = 22,727 x 36,10 / (0,175 x 100) = 46,88 KN

zul. Anhängelast P/ *allowed hanging load P* = 600 kg

8. Bodenplatte/ *ground plate*



Bl 20x550x650 mm **EN AW 5754**
A = 55,0 x 2,0 = 110,0 cm²
W = 55,0 x 2,0² / 6 = 36,67 cm³

aus Schiefstellung/ *eccentricity* → ~0,14 x 0,022	= 0,003 KNm
aus Anrempeln/ *jostling* → 0,5 x 1,50	= 0,750 KNm
aus Wind/ *wind* → 1,147 x 2,20	= 2,523 KNm
aus Wind auf Mast/ *wind on pole* → 0,057 x 2,20² / 2	= 0,138 KNm
aus Anwenderlast/ *user load* → 6,00 x 0,175	= 1,050 KNm
	max M = 4,464 KNm

σ = 0,73 x 4,464 x 10² / 36,67 = 8,887 KN/cm² < 16,0 /1,1

9. Schlußbemerkung/ *final remark*

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

The construction has been analyzed according to DIN 13814, DIN 1999, DIN 1991, DIN 1993, including other applicable norms. It is dimensioned sufficiently stable.