

Rechnerischer Nachweis der Sicherheit

Angelehnt an DIN EN 13814:2019

Stehleuchte
Padura® StandLight

LED-Säule mit 2 Strahlern

Erstellt durch:

Johannes Pradler
Pradler Veranstaltungstechnik GmbH und Co. KG
Ludwig-Erhard-Straße 17
33397 Rietberg

Am 11.07.25

Veröffentlichung: 12.07.2025

Revision: 1

Stand: 26.01.2026

Übersicht über die Konstruktion

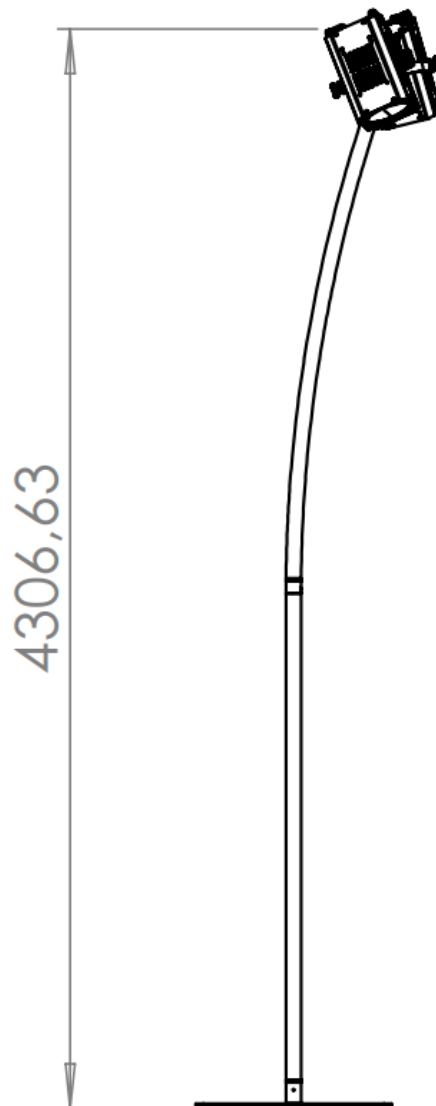


Abbildung 1: Seitenansicht der Variante „2-Strahler“

Technische Eigenschaften

Verwendetes Material:	Stahlrohr, nahtlos 60x2, S235 Bodenplatte Stahl S235 Verbindungsstücke S355
Bodenplatte Breite (L_{Breite}):	0,78 m
Bodenplatte Tiefe (L_{Tiefe}):	0,78 m
Höhe gesamt (H):	4,31 m
Höhe Säule (H_s):	4,00 m

Details zur Durchführung

Aufstellort:	Variabel
Innen/Außen:	Innen
Zeitraum:	Variabel
Veranstaltung:	Variabel

Eigenmasse und Nutzlasten

Eigengewicht der Konstruktion: 103 kg

Nutzlast Scheinwerfer: 20 kg

Gesamtgewicht: 123 kg

Einwirkungen

Einwirkungen auf die Konstruktion werden entsprechend den üblichen technischen Richtlinien für die Aufstellung in Messe- und Ausstellungshallen (hier laut Technischer Richtlinie der Messe Frankfurt von 2024) festgesetzt:

Ersatzflächenlast bis 4 m	0,125 kN/m ²
Ersatzflächenlast ab 4 m	0,063 kN/m ²

Standmoment

Die Bodenplatte kann in zwei Positionen den senkrechten Stiel aufnehmen.

Position A: Mittig in der Bodenplatte

Position B: Seitlich in der Bodenplatte

Wenn die Position B, seitlich, verwendet wird, so ist die Bodenplatte mit dem Untergrund zu verschrauben.

Somit ist die Position A, mittig, mit variabler Ausrichtung maßgebend. Der Gesamtschwerpunkt der Konstruktion befindet sich durch die Krümmung des Stiels mit zwei montierten Padura® Re-400 Strahlern 65 mm außerhalb der Plattenmitte in Richtung der Krümmung.

Das kleinste Standmoment ergibt sich somit, wenn die Krümmung senkrecht zu einer Seite ausgerichtet ist, wie folgt:

$$M_{Stand} = F_{Gesamt} * \left(\frac{L_{Tiefe}}{2} - 0,065 \text{ m} \right)$$

$$M_{Stand} = 1,23 \text{ kN} * 0,325 \text{ m} = 0,4 \text{ kNm}$$

Kippmoment

Annahme: Die Konstruktion kippt über die Seite. Es wirken die Kräfte aus der Ersatzflächenlast laut Anforderung auf die Konstruktion.

Zunächst wird die reale Fläche des Stiels berechnet. Diese teilt sich in den Anteil der geraden Stielhälfte und der gekrümmten Stielhälfte (Innenradius 6 m).

$$A_{Stiel} = 0,06 \text{ m} * 2 \text{ m} + \left(\frac{\theta}{2} (R^2 + r^2) \right) = 0,12 \text{ m}^2 + 0,1206 \text{ m}^2 = 0,2406 \text{ m}^2$$

Zusätzlich wird die projizierte Fläche der beiden Scheinwerfer ermittelt:

$$A_{Scheinwerfer} = 2 * (0,37 \text{ m} * 0,23 \text{ m}) = 0,17 \text{ m}^2$$

Die relevante Angriffsfläche der Konstruktion wird überschlägig für alle Bauteile mit der Einwirkung für Flächen bis 4 m Höhe berechnet.

Das Kippmoment an der Konstruktion für Einwirkungen an Stiel und Scheinwerfern:

$$M_{Kipp} = A_{Stiel} * 0,125 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 2 \text{ m} + A_{Scheinwerfer} * 0,125 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 4,15 \text{ m} = 0,139 \text{ kNm}$$

Vergleich von Kippmoment und Standmoment

$$(M_{Kipp} * \gamma) < M_{Stand} = (0,139 \text{ kNm} * 1,35) < 0,4 \text{ kNm} = 0,188 \text{ kNm} < 0,4 \text{ kNm}$$

Die Konstruktion ist gegen Kippen **sicher** und benötigt **keine Ballastierung**.

Berechnung der notwendigen Ballastierung:

Entfällt

Nachweis der maximalen Spannung

Die Konstruktion ist vollständig aus Stahl gefertigt. Die höchste Materialbeanspruchung ergibt sich im Stiel an der Einspannung bei der Einwirkung aus den o. g. Annahmen. Nachgewiesen wird die Spannung im Hauptrohr.

$$\sigma_{max} = \frac{M * C}{I}$$

Außendurchmesser des Rohrs: 60 mm

Wandstärke des Rohrs: 2 mm, d. h. Innendurchmesser 56 mm

Biegemoment: 0,188 kNm = 180 Nm = 180,000 Nmm

$C = d * 0,5 = 30 \text{ mm}$

Flächenträgheitsmoment des Rohrs:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 + d^4) = \frac{\pi}{64} (60^4 + 56^4) = 153,423 \text{ mm}^4$$

Damit:

$$\sigma_{max} = \frac{180000 * 30}{153,423} = 36,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 36,8 \text{ MPa}$$

Für Fertigungsungenauigkeiten wird ein hoher Sicherheitsfaktor von 2,00 angenommen. Damit ergibt sich eine maximale Spannung von **73,6 MPa**. Der Anschluss des Rohrs erfolgt durch eine umlaufende Stumpfnah. Die Naht wird als tragfähiger als das Basismaterial angenommen.

Die zulässige Spannung des Werkstoffs beträgt 235 MPa. Die maximale Spannung liegt weit darunter.

Nachweis der Schraubverbindung Bodenplatte – Hülse

Das gesamte Moment aus dem Stiel wird über die Hülse, die mit 4 Schrauben befestigt ist, in die Bodenplatte übertragen.

Die Schrauben sind auf einem Radius von 50 mm angeordnet.

Es werden Schrauben mit der Güte 8.8 und dem Nenndurchmesser M8 verwendet.

$$F_{t,max} = \frac{M}{2r}$$

$$F_{t,max} = \frac{180000}{2 * 50} = 1880N$$

Zugtragfähigkeit nach DIN EN 1993-1-8: M8 = 21,1 kN

$$\gamma_s = \frac{1880N}{21100N} = 0,089$$

Die an der stärksten belasteten Schraube wirkende Belastung liegt nur bei ca. 9% der maximalen Zugtragfähigkeit.

Ergebnis

Diese statische Berechnung betrachtet die Sicherheit gegen Kippen unter Annahme der durch übliche technische Richtlinien vorgegebenen Ersatzflächenlasten und einer Mindestsicherheit nach DIN EN 13814:2019. Die Berechnung weist außerdem die Gebrauchstüchtigkeit des verwendeten Materials nach, und betrachtet internen Belastungen.

Die Konstruktion **ist standsicher und gebrauchstüchtig**.