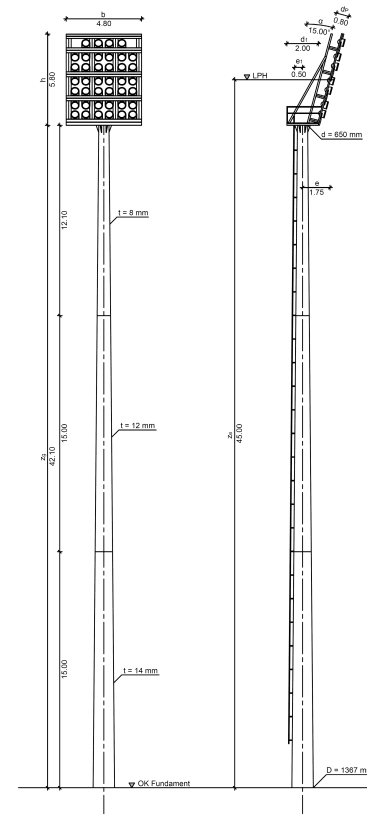


Windeinwirkungen auf schwingungsanfällige Tragwerke und deren Bemessung am Beispiel eines Flutlichtmastes



Flutlichtmast: Front- und Seitenansicht

Gegenüberstellung der Rechenverfahren

Diese Diplomarbeit zeigt exemplarisch für einen Flutlichtmast die Ermittlung der Windeinwirkungen nach der neuen Windlastnorm DIN 1055-4:2005-03. Neben dem Verfahren für nicht schwingungsanfällige Bauwerke stellt die Neufassung der Norm jetzt auch eine Methode zur Windlastermittlung bereit, die auf schwingungsempfindliche Tragwerke anzuwenden ist. Nach den Entscheidungskriterien der Norm zählt der betrachtete Flutlichtmast zu Letzteren.

In der Beispielrechnung wurden zu Vergleichszwecken beide Rechenverfahren gegenübergestellt und es zeigte sich, dass die Beanspruchung beim Übergang auf den schwingungsempfindlichen Fall nur um knapp 10% höher ausfiel. Eine solche Laststeigerung darf als nicht signifikant angesehen werden.

Windkraft nicht schwingungsanfällig	Windkraft schwingungsanfällig
Rechnung mit Böenstaudruck	Rechnung mit mittlerem Geschwindigkeitsstaudruck
$F_W = c_f \cdot q(z_e) \cdot A_{ref}$	$F_W = G \cdot c_f \cdot q_m(z_e) \cdot A_{ref}$
	$G = 1 + 2 \cdot g \cdot I_V(z_e) \cdot \sqrt{Q_0^2 + R_x^2}$



Foto: Pfeleiderer Eurocoles GmbH

Der Böenstaudruck $q(z)$ ist ein über die durchschnittliche Böendauer von einigen Sekunden gemittelter Wert, der mittlere Geschwindigkeitsstaudruck $q_m(z)$ wurde dagegen aus einem längeren Mittelungsintervall (10min) abgeleitet und ist daher kleiner. Er repräsentiert die sogenannte statische Grundlast, – die Wirkung der Windböigkeit ist damit noch nicht erfasst. Bei schwingungsanfälligen Bauwerken wird der Böenwirkung mit dem Böenresonanzfaktor G Rechnung getragen. Dabei ist G ein dynamischer Antwortfaktor des Systems, um den die windinduzierte durchschnittliche Grundlast erhöht wird.

Als die den Böenresonanzfaktor G bestimmenden Größen sind Geländerauigkeit, Turbulenzintensität, mittlere Windgeschwindigkeit oder auch die erste Bauwerkseigenfrequenz zu nennen. Turbulenzintensität und Windgeschwindigkeit hängen ihrerseits wieder von der Geländerauigkeit und der Bezugshöhe ab. Im Zuge der Berechnung wurde deutlich, dass die Tragwerkseigenfrequenz im vorliegenden Fall nur geringen Einfluss auf die Größe des Böenreaktionsfaktors hat. Deshalb bietet sich für Kragssysteme wie den Flutlichtmast ein sehr handlicher Näherungsansatz zur Bestimmung der ersten Eigenfrequenz an:

$$n_1 = 1000 \cdot \frac{D'}{H} \quad \text{mit } D' \text{ als mittlerem Durchmesser und } H \text{ als Systemhöhe}$$

Für die Vorbemessung liefert diese Übersichtsformel nach Zuranski hinreichend genaue Werte, zur Verformungsberechnung verwendet man indes besser die Formel nach Morleigh, welche Mastgeometrie und Massenverteilung genauer abbildet.

Bemessung am Mastfuß



Foto: Valmont Mastbau GmbH

Bei der am Mastfuß durchgeführten Bemessung stellte sich das Einspannmoment als die dominierende Bemessungsschnittgröße heraus. Sie wird im Wesentlichen durch die Windeinwirkungen bestimmt. Neben den Spannungsnachweisen für Material und Schweißnähte und der Untersuchung hinsichtlich Biegeknicksicherheit ist unbedingt der Nachweis für Schalenbeulen nach DIN 18 800-4 zu führen. Im vorliegenden Fall erfordert die Gefahr des Schalenbeulens beispielsweise die Anordnung von Steifen im unteren Mastsegment. Dies verringert gleichzeitig die Betonpressung zwischen Flansching und Fundamentoberkante.

Neben den Windkräften in Anströmrichtung treten auch Quertriebskräfte (Massenträgheitskräfte) infolge wechselseitiger, periodischer Wirbelablösungen an der Mantelfläche des Mastes auf. Diese vergleichsweise geringen Kräfte führen zu einer Dauerschwingbelastung quer zur Windrichtung, weshalb insbesondere für die Schweißnähte am Mastfuß ein Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN 4131 in Verbindung mit DIN 4132 zu führen ist.

Bei einer Entwurfslebensdauer von 50 Jahren wurde für die Betriebsfestigkeitsuntersuchung eine Lastspielzahl von ca. 33 Millionen Lastwechseln ermittelt. Die Ermüdungsfestigkeit von Material und Schweißnähten wird durch diese wirbelerregten Querschwingungen jedoch nicht eingeschränkt.