

Einleitung

WESTNETZ



- In der Westnetz / Beteiligungen sind noch Freileitungen in folgendem Umfang vorhanden

➤ 1 kV	ca. 20.000 km
➤ 10 – 30 kV	ca. 10.000 km

Das sind rund 500.000 Stützpunkte incl. Dachständer in der Niederspannung und rund 100.000 Stützpunkte in der Mittelspannung.

Holzmaße

WESTNETZ

Warum eigentlich A-Maste

- Bereits in den ersten Normen in der VDE 0210 01.1914 werden Vorschriften (ETZ 07.1903) zitiert die den Ordnungsgemäßen Umgang mit Holz und Holz-A-Masten beschreiben
- In den Anfängen des Freileitungsbaues in Europa waren zusammengesetzte Masten ein wichtiger Bauteil für den Normgerechten Betrieb. In älteren Literaturen wie z.B. von den Autoren K.Gierkmann+E.Koenigshofer „Die Hochspannungsfreileitung“ wurde intensiv auf diese Bauweisen eingegangen, Berechnungen und Versuche durchgeführt
- Durch die in der Norm (galt von 2 kV bis 50 kV) gegenüber heutigen Normen genannten Feldlängen und Zugspannungen war es möglich komplexe Leitungen in Holz zu bauen
- Die Bauweise des A-Mastes wurde in der DIN 48351 Erstausgabe vermutlich 1958 geregelt
- Als Verbindungsmittel der Masten wurde der Hartholzkeil bzw. nachweislich gleichwertige Verbindungsmittel (Einpressdübel) zugelassen diese waren auch schon im benannt und rechnerisch nachgewiesen

Warum eigentlich A-Maste

- Im Laufe der Jahrzehnte gewannen Alternative Mastsysteme aus Stahl bzw. Beton immer mehr an Bedeutung, da diese Systeme höhere Nutzlasten und somit höhere Feldlängen ermöglichten. In der Ursprungsnorm wurden Stahlmaste schon erwähnt und beschrieben in der VDE 0210 von 1951 (keine Spannungsbegrenzung mehr/Unterteilung nach ≤ 1 kV und < 1 kV) sind Stahl und Stahlbetonmaste benannt und die Statischen Anforderungen beschrieben
- Ferner wurden sogenannte Verbundleiter wie Aluminium-Stahlseile entwickelt mit denen höhere Zugspannung und somit Feldlängen erreicht werden konnten
- Durch diese beiden Entwicklungen konnte Alternative Maste mit höheren Nutzzügen insbesondere im Ländlichen Bereich verwendet werden
- Die Holzmaсте insbesondere der A-Mast verlor an Bedeutung

Warum eigentlich A-Maste

- Durch Normative Veränderungen verlor der A-Mast in der Mittelspannung immer mehr an Bedeutung, die Niederspannung blieb davon unberührt
- Spätestens mit der Inkraftsetzung der VDE 210 Ausgabe 1985 war es für einige Querschnitte Windzonen und erhöhte Eislasten nicht mehr möglich den A-Mast vollumfänglich als Winkelabspannmast bzw. Endmast einzusetzen da sich im Laufe der Jahre auch die Querschnitte der Leiterseile geändert hatten. Führend wurden Leiterseile aus Stahl-Aluminium nach DIN 48204 \geq Al/St 70/12 mm²

Anm.: Mit Einführung der DIN EN 50182 wurden die Leiterseile anders benannt

- Spätestens mit Einführung der DIN EN 50341 im Jahr 2005 und den Verweis auf die Eurocodes wurde es fast unmöglich den A-Mast als Endmast bzw. Winkelabspannmast zu verwenden

Übersicht der verfügbaren Alternativen

WESTNETZ

- Alternativen:
- Stahlmaste in Gitterbauweise bzw. U-Eisenbauweise
später auch Stahlvollwandmaste
- Betonmaste vorgespannt bzw. gerüttelt

Diese Mastsysteme mussten alle mit einer Gründung aus Beton versehen werden, was allerdings kaum eine preisliche Rolle spielte das Ortsbeton verwendet wurde.

Im Laufe der letzten Jahre hat sich allerdings der Preis für Gründungen da aus Fertigbeton sehr erhöht

Vorteile vom A-Mast

- A-Mastbauteile haben geringes Gewicht und werden vor Ort zusammengebaut
- Relativ günstige Preise zur „Konkurrenz“
- die Nachhaltigkeit, Holz ist ein nachwachsender Rohstoff
- Kann ohne aufwendige Fundamente gegründet werden
- Torsionsbelastungen werden aufgenommen
- Vogelschutz

WESTNETZ

Produktverbesserung / Entwicklung

WESTNETZ

- Da sich bei anstehenden Mastauswechslungen der Einfachheit halber ein gleicher oder ähnlicher Mast am gleichen Ort verwendet wurde mussten hier Lösungen geschaffen werden
 - Die erste Entwicklung die Statisch nach Eurocode nachgewiesen wurde entstand im Jahr 2008, der Nachweis das der Mast in Anlehnung an die Euler-Formeln funktioniert wurde durch die Firma Induo erbracht
 - Somit war der Mast zu mindestens in der Eiszone 1 für einen Großteil der Anforderungen wieder einsetzbar
-
- A-Mast
C30 = rd. 17 kN
 - A-Mast verstärkt
C35 = rd. 26 kN
 - Geänderte Anbindung /E-Modul = rd. 34 kN

Berechnung

- Bereits in 1914 wurde die Berechnung nach Euler durchgeführt. Diese Vorgehensweise wurde auch in nachfolgenden Berechnungen u.a. DIN 48351 fortgeführt.

3. Berechnung des Nutzzuges an der Mastspitze

In A-Mastebene:

$$Z_L = Z_g - (W_1 + W_K) = \left(\frac{\pi \cdot d_m^4 \cdot 10^3}{64 \cdot 20 \cdot s_k^2} - \frac{G_{St} + G_R}{4} - \frac{G_K}{2} \right) \cdot \frac{b_1}{h + t_2} - (W_1 + W_K) \text{ in kp}$$

darin: Z_g gesamter zulässiger Zug

$$Z_g = \left(\frac{\pi \cdot 22,86^4 \cdot 10^3}{1280 \cdot 12,5^2} - \frac{798 + 10}{4} - \frac{310}{2} \right) \cdot \frac{2,65}{13,75} - (77,2 + 25)$$

Senkrecht zur A-Mastebene:

$$W_L = 2 \cdot \frac{\pi \cdot f_e^3}{32} \cdot \frac{\sigma_{b \text{ zul}} - \sigma_d}{h \cdot 10^2} - \left(W_2 + W_K + \frac{W_R}{2} \right) \text{ in kp} = \frac{\pi \cdot 26,64^3}{16} \cdot \frac{145 - 1}{1200} - \left(96,5 + 25 + \frac{15}{2} \right)$$

darin: $\sigma_{b \text{ zul}} = 145 \text{ kp/cm}^2$, nach VDE 0210 § 22

$$\sigma_d = \frac{G_{St} + G_R + G_K}{\frac{\pi}{2} \cdot f_e^2} \text{ in kp/cm}^2 = \frac{798 + 10 + 310}{\frac{\pi}{2} \cdot 26,64^2} = 1 \text{ kp/cm}^2$$

$\kappa = 0,22$ für eine zulässige Biegungsspannung von 145 kg/cm^2 (s. § 22),
 $k = 0,19$ für eine zulässige Biegungsspannung von 190 kg/cm^2 (s. § 22).

e) Bei A-Masten muß das in halber Knicklänge vorhandene Trägheitsmoment I in cm^4 mindestens sein:

$$I = n \cdot 5 P l^2.$$

Nur bei Buchenholz ist $I = n \cdot 3 P l^2$ zulässig.

Hierin ist:

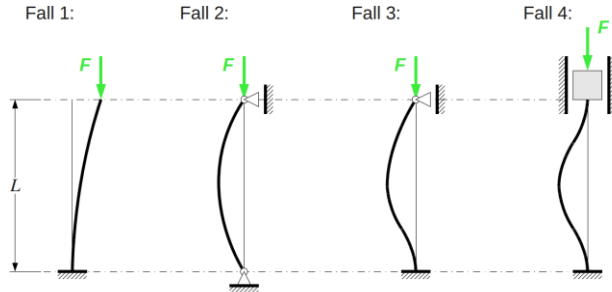
P = Druckkraft in t,
 l = Knicklänge in m,
 n = Knicksicherheit.

Als Knicklänge gilt bei eingegrabenen Masten die Entfernung von Mitte Dübel bzw. Schraubenbolzen bis zur halben Eingrabetiefe.

d) Bei Doppelmasten ist das doppelte Widerstandsmoment eines einfachen Mastes

Berechnung

- Falldarstellung nach Euler



Knickfall	1	2	3	4
Knicklänge	$2L$	L	$0,7L$	$0,5L$

Quelle Prof. Wandlinger

Wenn man sich die Zeichnungen ansieht kann für Freileitungsstützpunkte im nur der Fall 3 (Formel DIN 48351) in Betracht kommen.

(Momentenbezugspunkt Zangenmitte)
auf die Stangen:

$$W_1 = (1 + \varphi) \cdot c \cdot q \frac{h}{2(h + t_2)} \left[\frac{h}{3} (f_e + 2z) + t_2 (f_e + z) \right] \cdot 10^{-2} \text{ in kp}$$

$$W_1 = (1 + 0,398) \cdot 0,7 \cdot 55 \frac{12}{2(12 + 1,75)} \left[\frac{12}{3} (26,64 + 36) + 1,75 (26,64 + 18) \right] \cdot 10^{-2}$$

Beispielrechnung

WESTNETZ

Ermittlung der Nutzzugkraft für A-Holzmasten

$q=0,55 \text{ kN/m}^2$

$c=0,7$

$y_H=$

600 kp/m^3

q_B

$14,5 \text{ N/mm}^2 \text{ (C24)}$

E-Modul = 13000 N/mm^2 Nach DIN EN 338 Tab.1

q_B

$22,5 \text{ N/mm}^2 \text{ (C35)}$

E-Modul = 9000 N/mm^2 DHMV

(Berechnung nach DIN 48351 6/67)

umr. KP = **KN**

981

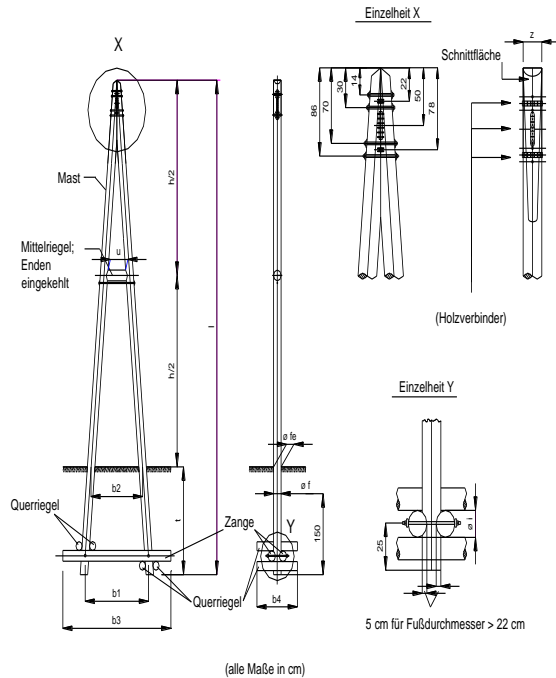
1,89

Gesamt- länge l	Höhe über EOK h	Durchmesser	f _{mind}	z _{mind}	an	Abstand Zange b1	Abstand bei EOK b2	Länge Zange b3	Ø Zange i	b4	Ø am Erdaustritt fe	Ø Mitte freie Mastlänge D	Ø Mitte Knicklänge dm	Mitte bis Mitte freie Mast a	W2	Wk	Nutzzug an Mastspitze	
																	In A-Mast- Ebene ZL	Senkrecht zur A-Ebene WL
12,00 m	10,00 m	30	0,30 m	0,22 m	0,01 m	2,30 m	1,96 m	4,00 m	0,20 m	0,65 m	0,30 m	0,26 m	0,26 m	0,99 m	0,945 kN	0,250 kN	26,09 kN	6,08 kN
12,00 m	10,00 m	30	0,30 m	0,22 m	0,01 m	2,30 m	1,96 m	4,00 m	0,22 m	0,65 m	0,30 m	0,26 m	0,26 m	0,99 m	0,945 kN	0,250 kN	17,45 kN	6,08 kN
12,00 m	10,00 m	30	0,30 m	0,22 m	0,01 m	2,88 m	2,45 m	4,50 m	0,24 m	0,69 m	0,30 m	0,26 m	0,26 m	1,22 m	0,945 kN	0,250 kN	32,85 kN	6,08 kN

- Anhand der Berechnung kann man beispielhaft sehen das sich der Nutzzug in A-Mast Ebene bei veränderung des E-Modules um ca. 8,5 kN erhöht
- Verändert man die Spreizung kann noch mehr Nutzzug erreicht werden
- Zu beachten ist allerdings das ebenfalls die Bodenpressung nachgewiesen werden muss

Anm.: Eine Neuberechnung der Kraft senkrecht zur A-Mast Ebene ist hier nicht durchgeführt worden 0

Abspannmaste



WESTNETZ

Einige Jahre später wurde mit der Firma Carl Scholl KG (Design abgestimmt mit dem Satatikbüro Ebenau-Karavanek) in Abstimmung mit dem DHMV und der Firma Kronenberg gemeinsam eine neue A-Mast Anbindung entwickelt. Mit max. Ausnutzung des E-Modules kann der Nutzzug dieses Mastes bei rd. 34 kN liegen



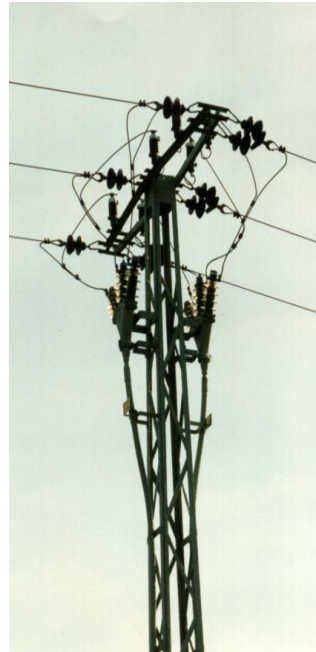
In der Windzone 2
und Eiszone 2 liegt
der Nutzzug bei rd.
34 kN

Anwendungsfälle für neu entwickelte Masten

WESTNETZ



Gittermast



- Mit zunehmender Teilverkabelungen werden viele Stützpunkte statisch überlastet, da für den Fall nicht konzipiert.
- Hier kann Kostengünstig mit einem A-Mast und einer Zugspannungsreduzierung Abhilfe geschaffen werden.
- Ferner kann man durch einen A-Mast einen Gittermast ersetzen z.B. im Rahmen einer Verkabelung wenn ein Abspannabschnitt wegfällt.