 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351		Pos. 0. Seite 1 Seiten 1
	Statische Berechnung	KG-09-031	31.08.2009

A-Hozmast-1226.xls

1226 A - Mast (Holz) nach DIN 48531


Inhaltsverzeichnis

Pos.	Seite	
1.	1	Grundlagen
2.		Mastberechnung
2.1	1 - 6	Allgemeine Werte
2.2	6 - 8	Windbelastung senkrecht zur A-Mastebene
2.3	9 - 12	Windbelastung in der A-Mastebene
2.4	12 - 14	Windbelastung über Eck
2.5	14 - 16	Lastfall H für WA-Mast
2.6	17 - 18	Zusammenfassung

Neu-Lindenberg den 31.08.2009



Klaus Güthler

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 1. Seite 1 Seiten 1
	Statische Berechnung	KG-09-031

1. Grundlagen

Für den Holzmast in der Ausführung als A-Mast nach DIN 48351 sollen die zulässigen charakteristischen Nutzzüge nach der geltenden Berechnungsvorschrift DIN EN 50423-1 Mai 2005 und -3-4 Mai 2005 sowie DIN EN 50341-1 und -3-4 März 2002 ermittelt werden.

Bislang sind die Nutzzüge nach DIN 48 351 Beiblatt 1, Juni 1967 (Anlage 5) ermittelt worden.

Danach waren die maßgeblichen Lastfälle derart, dass jeweils nur Belastungen in einer Ebene des A-Mastes (entweder in der A-Mastebene oder senkrecht zur A-Mastebene) auftraten.

Nach den jetzigen Vorschriften ist in den Lastfällen C und F mit Wind über Eck und dadurch mit Belastungen in beiden A-Mastebenen gleichzeitig zu rechnen.

Bei WE-Masten Belastungen treten generell Belastungen in beiden Ebenen auf, wenn der Verwendungszweck hinsichtlich Stellung in der Leitung und der auftretende Ansprungwinkel der Leitung nicht eingeschränkt werden.

Beim WA-Mast ist der Lastfall H zu beachten, und es gilt das zum WE-Mast gesagte.

Beim WA-Mast kommt im Lastfall H Verdrehungsbelastung hinzu.

Die Berechnungen werden auf der Grundlage der Musterstatik KG-08-074 durchgeführt.


Diese Berechnung wurde für die E.ON Thüringer Energie AG erstellt und einer unabhängigen Prüfung unterzogen.

Zu beachtende Vorschrift:

DIN EN 1995-1-1, Dezember 2005 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

Verwendete Literatur:

- [1] K. Girkmann und E. Königshofer Die Hochspannungsfreileitungen, Springer 1952
- [2] DIN 1052:2004-08 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauteilen
Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
Präsentation Fachgebiet Holzbau, Doz. Dr.-Ing. D. Steinbrecher

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351		Pos. 2. Seite 1 Seiten 18
	Statische Berechnung	KG-09-031	31.08.2009


A-Hozmast-1226.xls

2. Mastberechnung

2.1 Allgemeine Werte

2.1.1 Mastabmessungen

Gestänge	l	[m]	12
Kurzzeichen des Mastes			1226
Materialnummer			
freie Länge (ca.)	h	[m]	10,00
Eingrabetiefe	t ₁	[m]	2,00
Tiefe bis zur Zange	t ₂	[m]	1,75
Durchmesser (min)			
Zopfdurchmesser	z	[mm]	180
Fußdurchmesser	f	[mm]	260
Durchmesser am Stangenende	$f_u = f + 1,5 * a_n$	[mm]	271
Nenngröße nach DIN 48351			12 x 26
Spreizung der A-Maste			
	b ₁	[m]	2,30
	b ₂	[m]	1,96
Zange			
	Ø i	[cm]	18
	b ₃	[m]	3,5
Länge (ca.) des Mittelriegels	a _R	[cm]	90
Länge des Hartholzdübels	m	[cm]	18
Breite des Hartholzdübels	v = ca. z	[cm]	18
Dicke des Hartholzdübels	n	[cm]	8
Abstand der Mastmittellinie	e	[cm]	4
Gewindebolzen M20 x Länge			
	Nr. 1	[mm]	
	Nr. 2	[mm]	
	Nr. 3	[mm]	
	Nr. 4	[mm]	
Nennwert der Abholzigkeit	$a_n = \frac{f_{\min d} - z_{\min d}}{l - 1,5}$	[mm/m]	7,62
Durchmesser am Erdaustritt	$f_e = f - 0,5 * a_n$	[mm]	256
Durchmesser in Mitte der freien Mastlänge	$D = f - (0,5 + 0,5 * h) * a_n$	[mm]	218
Durchmesser in halber Eingrabetiefe	$D_e = f_e + 0,5 * t_1 * a_n$	[mm]	264
Knicklänge	$s_k = h - 0,5 + 0,5 * t_1$	[m]	10,50
Durchmesser in Mitte der Knicklänge	$D_m = z + (0,5 + 0,5 * s_k) * a_n$	[mm]	224

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 2
	Statische Berechnung	KG-09-031

Knickdurchmesser	$D_k = z + 0,65 * s_k * a_n$	[mm]	232
Querschnitt einer Stange	$A_1 = \pi * D_e^2 / 4$	[cm ²]	546,3
Widerstandsmoment einer Stange	$W_1 = \pi * D_e^3 / 32$	[cm ³]	1802
Widerstandsmoment einer Stange am Zopf	$W_{Zopf} = \pi * D_{Zopf}^3 / 32$	[cm ³]	572,265

Gewichtskräfte

	$V = 1,1 * \pi * (z^2 + fu^2) * (h + t_1) / 4$		1,099
Gewicht der Stangen	$G_{St} = V * \gamma_H$	[kN]	6,595
γ_H	Rohwichte für Nadelholz, anzusetzen zu	[kN/m ³]	6
Gewicht der Kopfausrüstung aus Querträgern, Isolatoren und Seilen (siehe Tabelle 1 der DIN 48351 Beiblatt 1			
	GK	[kN]	3,700
Gewicht des Riegelholzes: angenommen	GR	[kN]	0,100
Gewicht Mast ohne Zangen, anteilig am Kopf angreifend	$FGM = 0,5 * G_{St} + GK + GR$	[kN]	7,097
Gewicht der Zangen	$GZ = 2 * i^2 * \pi / 4 * b_3 * \gamma_H$	[kN]	1,068
Längskraft	$NG_{,d} = 0,5 * FGM * 1,35$	[kN]	4,791
	$\sigma_{NG,d} = NG_{,d} / A_1$	[kN/cm ²]	0,009

Staudruck

Windzone	1
q_0	= 600 N/m ²

Staudruck nach EN 50423-2-4 (Mai 2005)

Bereich 1: $h \leq 7m$	$q_1 = q_0 + 3 * 7$	[kN/m ²]	0,621
Bereich 2: $h > 7m$	$q_2 = q_0 + 3 * h$	[kN/m ²]	0,630

2.1.2 Windlasten senkrecht zur A-Mastebene

Windrichtung a (\perp) bei WE-, WA-Mast Lastfälle A, D
Windrichtung b (\parallel) bei T-, WT-, W-Masten Lastfälle B, E

Voller Wind


C_{Mast}	=	0,8 für $a \leq 2 * D$ 0,7 für $a > 2 * D$	
Mittelwert der mittleren Durchmesser der Abstand zwischen zwei Maststangen auf halber Höhe des Stützpunktes	$2 * D$	[cm]	44
	$a = a_R + D$	[cm]	112
	C_{Mast}		0,7

Bereich 1: $h \leq 7m$

Windlast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FW_{11} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * 2 * b_{01} * 0,5 * h_1 / h$$

$$FW_{12} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * 2 * (b_{u1} - b_{o1}) * h_1 / 3 / h$$

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 3
	Statische Berechnung	KG-09-031

h_1	[m]	7,00
$bo_1 = fe - 7 * an$	[m]	0,20
$bu_1 = fe$	[m]	0,26
FW_{11}	[kN]	0,43
FW_{12}	[kN]	0,08
FW_1	[kN]	0,51

Bereich 2: $h > 7m$

Windlast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FW_{21} = C_{Mast} * q_2 * h_2 * 2 * bo_2 * (h - 0,5 * h_2) / h$$

$$FW_{22} = C_{Mast} * q_2 * h_2 * 2 * (bu_2 - bo_2) * (h - 2 * h_2 / 3) / h$$

$h_2 = h - h_1$	[m]	3,00
$bo_2 = z$	[m]	0,18
$bu_2 = bo_1$	[m]	0,20
FW_{21}	[kN]	0,40
FW_{22}	[kN]	0,024
FW_2	[kN]	0,43

Gesamtwindlast Mast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt

$$FWM_s = FW_1 + FW_2 \quad [kN] \quad 0,94$$

Wind auf den Riegel:

$$FWR_s \quad [kN] \quad 0,15$$

Winf auf die Kopfausrüstung:

$$FWK_s \quad [kN] \quad 0,25$$

Gesamte Windlast

$$FW_s = FWM_s + FWR_s + FWK_s \quad [kN] \quad 1,34$$

Biegemoment, Wind


$$MWS,d = 0,5 * FW_s * (h + 0,5 * t_1) * 1 \quad [kNcm] \quad 992,6$$

$$\sigma MWS,d = MWS,d / W_1 \quad [kN/cm^2] \quad 0,551$$

Bemessungswert einer Festigkeitseigenschaft

$$X_d = k_{mod} * X_K / \gamma_m$$

	k_{mod}		1
	γ_m		1,5
Elastizitätsmodul	$E_{0,mean}$	[kN/cm ²]	1200
charakteristische Steifigkeit	$E_{0,05} = 2/3 * E_{0,mean}$	[kN/cm ²]	800
Druck	$f_{c,0,k}$	[kN/cm ²]	2,3
	$f_{c,0,d}$	[kN/cm ²]	1,5
Schub	$f_{v,k}$	[kN/cm ²]	0,34
Hartholz, Festigkeitsklasse mindestens D35	$f_{v,d}$	[kN/cm ²]	0,2
Biegung	$f_{m,k}$	[kN/cm ²]	3,0
	$f_{m,d}$	[kN/cm ²]	2,0
Knicklänge	$l_{ef} = 2 * s_k$	[cm]	2100
Stab mit veränderlichem Querschnitt			
Mittlerer Trägheitsradius	$i_{mittel} = D_k / 4$	[cm]	5,80

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 4
	Statische Berechnung	KG-09-031

Schlankheitsgrad $\lambda_s = l_{s_{ef}} / i_{mittel}$ 362

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 6,183$$

für Vollholz β_c 0,2

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] \quad 20,20$$

$$k_c = \min \left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} ; 1 \right) \quad k_{c,s} \quad 0,0254$$

2.1.3 Windlasten in der A-Mastebene

Windrichtung b bei WE-, WA-Mast **Lastfälle B, E**
 Windrichtung a bei T, WT, W-Masten **Lastfälle A, D**

Voller Wind

auf die dem Wind ausgesetzte Maststange
 $C1_{Mast} =$ 0,7

auf die dem Wind abgewandte Maststange
 $C2_{Mast} =$ 0 für $a \leq 2 * D$
 0,35 für $2D \leq a \leq 6 * D$
 0,7 für $a > 6 * D$

Mittelwert der mittleren Durchmesser der Einzelmaststangen $2 * D$ [cm] 44

$6 * D$ [cm] 131

Abstand zwischen zwei Maststangen auf halber Höhe des Stützpunktes $a = a_R + D$ [cm] 112

$C2_{Mast}$ 0,35

Für gesamten Mast $C_{Mast} = C1_{Mast} + C2_{Mast}$ 1,05

Bereich 1: $h \leq 7m$

Windlast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FW_{11} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * b_{o1} * 0,5 * h_1 / h$$

$$FW_{12} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * (b_{u1} - b_{o1}) * h_1 / 3 / h$$

h_1 [m] 7,00


$b_{o1} = f_e - 7 * a_n$ [m] 0,20

$b_{u1} = f_e$ [m] 0,26

FW_{11} [kN] 0,32

FW_{12} [kN] 0,06

FW_1 [kN] 0,38

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 5
	Statische Berechnung	KG-09-031

Bereich 2: $h > 7m$

Windlast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FW_{21} = C_{Mast} * q_2 * h_2 * b_{o2} * (h - 0,5 * h_2) / h$$

$$FW_{22} = C_{Mast} * q_2 * h_2 * (b_{u2} - b_{o2}) * (h - 2 * h_2 / 3) / h$$

$$h_2 = h - h_1 \quad [m] \quad 3,00$$

$$b_{o2} = z \quad [m] \quad 0,18$$

$$b_{u2} = b_{o1} \quad [m] \quad 0,20$$

$$FW_{21} \quad [kN] \quad 0,30$$

$$FW_{22} \quad [kN] \quad 0,036$$

$$FW_2 \quad [kN] \quad 0,34$$

Gesamtwindlast Mast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FWM_p = FW \cdot [kN] \quad 0,72$$

Wind auf den Riegel: angenommen

$$FWR_p \quad [kN] \quad 0$$

Winf auf die Kopfausrüstung: angenommen

$$FWK_p \quad [kN] \quad 0,25$$

Gesamte Windlast

$$FW_p = FWM_p + FWR_p + FWK_p \quad [kN] \quad 0,97$$

Längskraft aus Wind

$$NW_{p,d} = FW_p * (h + t_2) / b_1 * 1,35 \quad [kN] \quad 6,695$$

$$\sigma_{NW_{p,d}} = NW_{p,d} / A_1 \quad [kN/cm^2] \quad 0,012$$

Knicklänge

$$l_{p,ef} = s_k \quad [cm] \quad 1050$$

Stab mit veränderlichem Querschnitt

Mittlerer Trägheitsradius

$$i_{mittel} = D_k / 4 \quad [cm] \quad 5,80$$

Schlankheitsgrad

$$\lambda_s = l_{s,ef} / i_{mittel} \quad 181$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 3,091$$

für Vollholz

$$\beta_c \quad 0,2$$


$$k = 0,5 * \left[1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2 \right] \quad 5,56$$

$$k_c = \min \left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right) \quad kc,p \quad 0,0983$$

$$F1 = \sigma_{NG,d} / kc,s / fc,d \quad 0,226$$

$$F2 = \sigma_{MWS,d} / fm,d \quad 0,275$$

$$F3 = \sigma_{NW_{p,d}} / kc,p / fc,d \quad 0,081$$

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 6
	Statische Berechnung	KG-09-031

$$fZ_{s,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / f_{m,d} \quad 0,152645$$

$$fZ_{p,d} = (h + t2) / b1 / A1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,062056$$

$$\alpha_z = Z_p / Z_s$$

$$fZ_{,d} = fZ_{s,d} + \alpha_z * fZ_{p,d}$$

$$Z_{s,d} = \frac{1 - (F1 + F2 + F3)}{f_{Z_{s,d}} + f_{z_{p,d}} * \alpha_z}$$

2.2 Windbelastung senkrecht zur A-Mastebene

Windrichtung b (||) bei T, WT, W-Masten Lastfälle B, E
 Windrichtung a (⊥) bei WE-, WA-Mast Lastfälle A, D

2.2.1 Voller Wind

F1	Gewicht	0,226
F2	Wind senkrecht	0,275
F3	Wind parallel	0,000

$$fZ_{s,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / f_{m,d} \quad 0,152645$$

$$fZ_{p,d} = (h + t2) / b1 / A1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,062056$$


$$\alpha_z = Z_p / Z_s$$

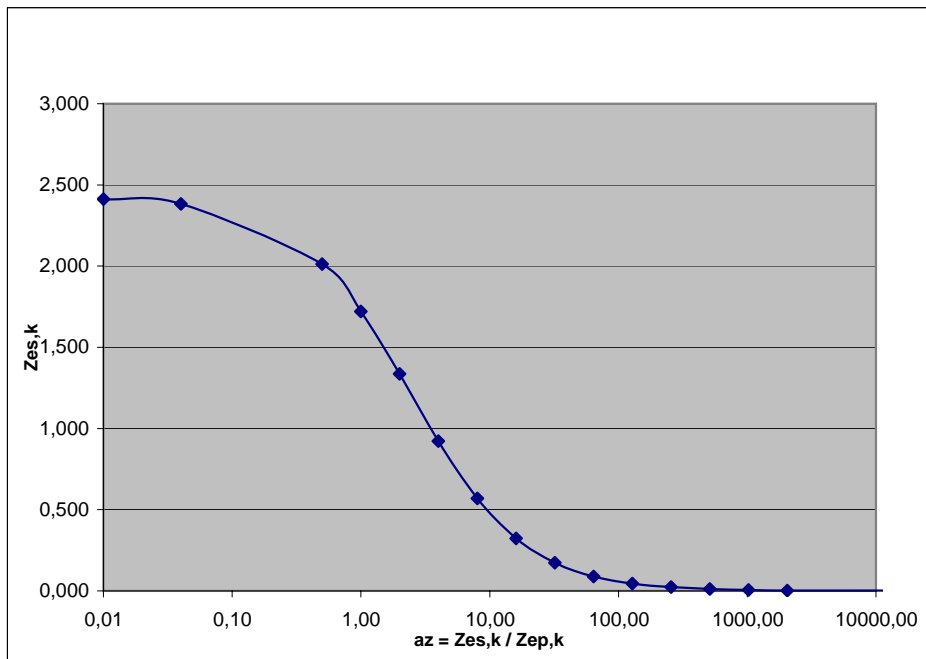
$$fZ_{,d} = fZ_{s,d} + \alpha_z * fZ_{p,d}$$

$$Z_{s,d} = \frac{1 - (F1 + F2 + F3)}{f_{Z,d}}$$

$$Z_{s,k} = Z_{s,d} / 1,35$$

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,153	2,421	0,000
	0,01	0,153	2,412	0,024
	0,04	0,155	2,383	0,095
	0,50	0,184	2,012	1,006
	1,00	0,215	1,722	1,722
Zp = Zs	2,00	0,277	1,336	2,671
	4,00	0,401	0,922	3,688
	8,00	0,649	0,569	4,556
	16,00	1,146	0,323	5,163
	32,00	2,138	0,173	5,531
	64,00	4,124	0,090	5,736
	128,00	8,096	0,046	5,844
	256,00	16,039	0,023	5,900
	512,00	31,925	0,012	5,928
	1024,00	63,698	0,006	5,942
Zs = 0	2048,00	127,244	0,003	5,949
	10000000,00	620562,950	0,000	5,956

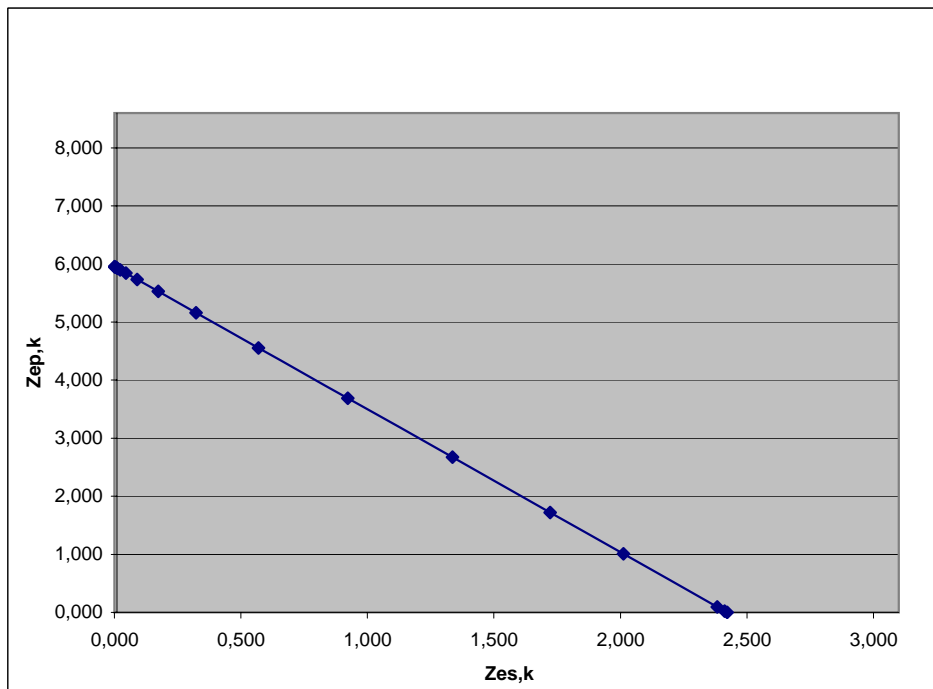
	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 7
	Statische Berechnung	KG-09-031




c1 = 5,956

c2 = 2,460

$$Z_{p,k} = c1 - c2 * Z_{s,k}$$



	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 8
	Statische Berechnung	KG-09-031

2.2.2 Halber Wind

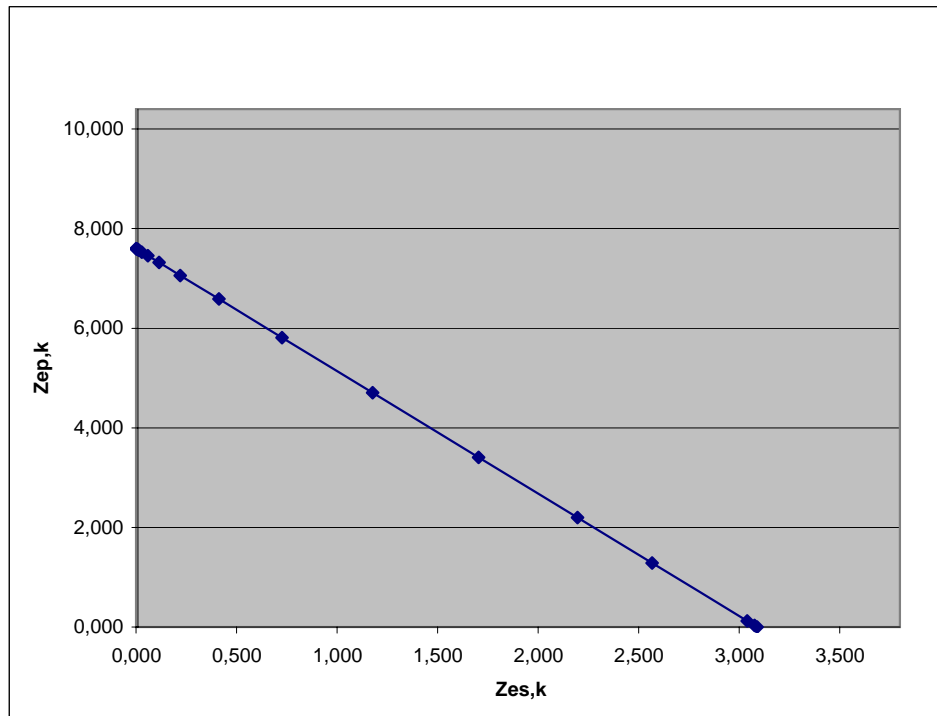
F1	Gewicht		0,226
F2	Wind senkrecht	$F2 = 0,5 * F1$	0,138
F3	Wind parallel	$F3 = 0,5 * F3$	0,000


$$Z_{s,d} = (1 - (F1 + 0,5 * F2 + 0,5 * F3)) / fZ,d$$

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,153	3,090	0,000
	0,01	0,153	3,077	0,031
	0,04	0,155	3,040	0,122
	0,50	0,184	2,568	1,284
Zp = Zs	1,00	0,215	2,197	2,197
	2,00	0,277	1,704	3,408
	4,00	0,401	1,177	4,706
	8,00	0,649	0,727	5,813
	16,00	1,146	0,412	6,588
	32,00	2,138	0,221	7,058
	64,00	4,124	0,114	7,319
	128,00	8,096	0,058	7,457
	256,00	16,039	0,029	7,528
	512,00	31,925	0,015	7,564
Zs = 0	1024,00	63,698	0,007	7,582
	2048,00	127,244	0,004	7,591
	10000000,00	620562,950	0,000	7,601

c1 = 7,601 c2 = 2,460

Zp,k = c1 - c2 * Zs,k



 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 9
	Statische Berechnung	KG-09-031

2.3 Windbelastungelastung in der A-Mastebene

Windrichtung a bei T, WT, W-Masten
Windrichtung b bei WE-Mast

Lastfälle A, D
Lastfälle B, E

2.3.1 Voller Wind

F1	Gewicht	0,226
F2	Wind senkrecht	0,000
F3	Wind parallel	0,081

$$f_{Zs,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / f_{m,d} \quad 0,152645$$

$$f_{Zp,d} = (h + t2) / b1 / A1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,062056$$


$$a_z = Z_p / Z_s$$

$$f_{Z,d} = f_{Zs,d} + a_z * f_{Zp,d}$$

$$Z_{s,d} = \frac{1 - (F1 + F2 + F3)}{f_{Z,d}}$$

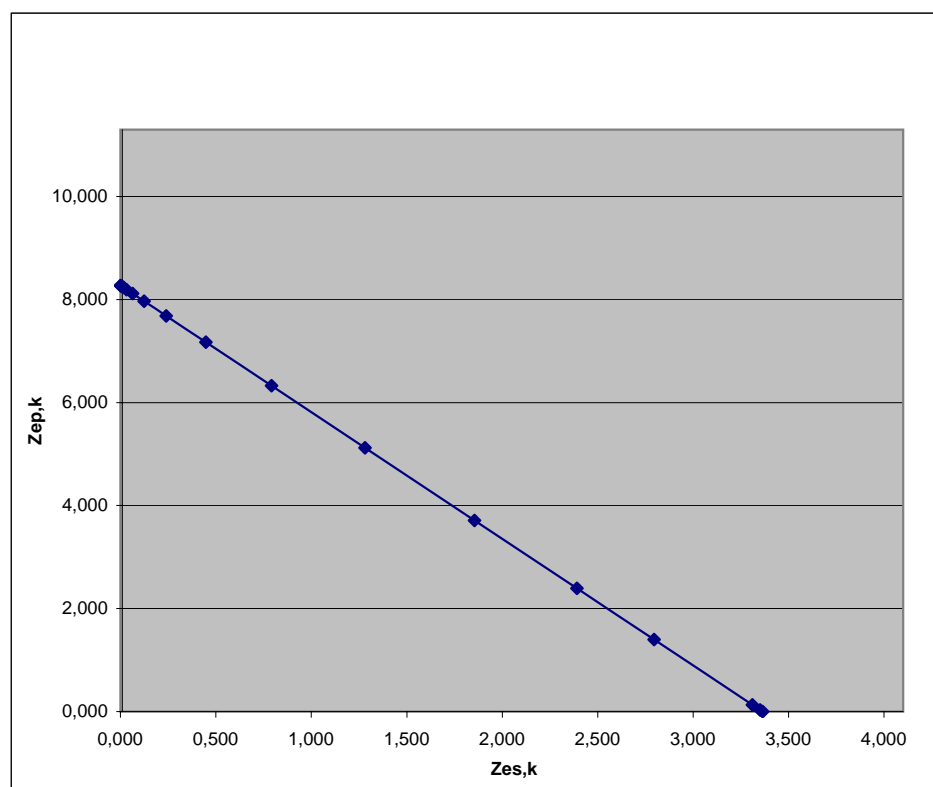
$$Z_{s,k} = Z_{s,d} / 1,35$$

	az	f _{Z,d}	Z _{s,k}	Z _{p,k}
Z _p = 0	0,00	0,153	3,364	0,000
	0,01	0,153	3,350	0,034
	0,04	0,155	3,310	0,132
	0,50	0,184	2,795	1,398
Z _p = Z _s	1,00	0,215	2,391	2,391
	2,00	0,277	1,855	3,710
	4,00	0,401	1,281	5,123
	8,00	0,649	0,791	6,328
	16,00	1,146	0,448	7,171
	32,00	2,138	0,240	7,683
	64,00	4,124	0,124	7,968
	128,00	8,096	0,063	8,118
	256,00	16,039	0,032	8,195
	512,00	31,925	0,016	8,234
Z _s = 0	1024,00	63,698	0,008	8,254
	2048,00	127,244	0,004	8,264
	10000000,00	620562,950	0,000	8,274

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung KG-09-031	Seite 10

$$c1 = 8,274 \qquad c2 = 2,460$$


$$Z_{p,k} = c1 - c2 * Z_{s,k}$$



2.3.2 Halber Wind

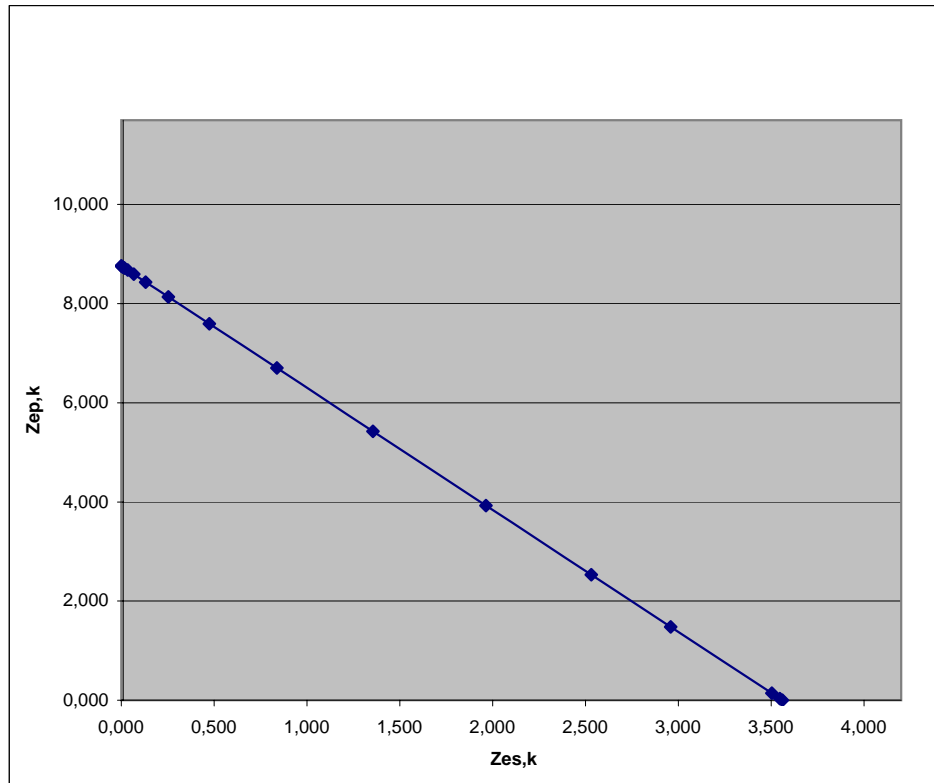
F1	Gewicht		0,226
F2	Wind senkrecht	$F2 = 0,5 * F1$	0,000
F3	Wind parallel	$F3 = 0,5 * F3$	0,041

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,153	3,561	0,000
	0,01	0,153	3,547	0,035
	0,04	0,155	3,504	0,140
	0,50	0,184	2,959	1,480
Zp = Zs	1,00	0,215	2,532	2,532
	2,00	0,277	1,964	3,928
	4,00	0,401	1,356	5,424
	8,00	0,649	0,837	6,699
	16,00	1,146	0,475	7,592
	32,00	2,138	0,254	8,134
	64,00	4,124	0,132	8,435
	128,00	8,096	0,067	8,594
	256,00	16,039	0,034	8,676
	512,00	31,925	0,017	8,717
	1024,00	63,698	0,009	8,738
	2048,00	127,244	0,004	8,749
	Zs = 0	10000000,00	620562,950	0,000

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	KG-09-031


$$c1 = 8,759 \qquad c2 = 2,460$$

$$Z_{p,k} = c1 - c2 * Z_{s,k}$$



Bemessung des Hartholzdübels

	$\max Z_{p,d}$	[kN]	11,825
	$H_d = \max Z_{p,d} + 0,5 * F_{Wp} * 1,35$	[kN]	12,480
	$V_d = H_d * (h + t_2) / b_1$	[kN]	63,758
Schub	$t_d = V_d / v / m$	[kN/cm ²]	0,197
	$t_d / f_{v,d} \leq 1$		0,868

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung KG-09-031	Seite 12

	$Z_{p,d} = b_1 \cdot v \cdot m \cdot f_{v,d} / (h + t_2) - 0,5 \cdot FW_p \cdot 1,35$	[kN]	13,720
Dübel wird nicht maßgebend	$Z_{p,k} = Z_d / 1,35$	[kN]	10,163
Druck	$s_d = 2 \cdot V_d / n / v$	[kN/cm ²]	0,886
	$s_d / f_{c,0,d} \leq 1$		0,578

2.4 Windbelastungelastung über Eck

Durch die Windbelastung über Eck entstehen bei W-Masten Differenzzüge aus der Seilbelegung. Dadurch entsteht gleichzeitige Belastung parallel und senkrecht zur A-Mastebene.

2.4.1 Voller Wind, Lastfall C

F1	Gewicht		0,226
F2	Wind senkrecht	$F_2 = 0,707 \cdot F_1$	0,195
F3	Wind parallel	$F_3 = 0,707 \cdot F_3$	0,057

$$f_{Zs,d} = 0,5 \cdot (h + 0,5 \cdot t_1) / W_1 / f_{m,d} \quad 0,152645$$

$$f_{Zp,d} = (h + t_2) / b_1 / A_1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,062056$$


$$a_z = Z_p / Z_s$$

$$f_{Z,d} = f_{Zs,d} + a_z \cdot f_{Zp,d}$$

$$Z_{s,d} = \frac{1 - (F_1 + F_2 + F_3)}{f_{Z,d}}$$

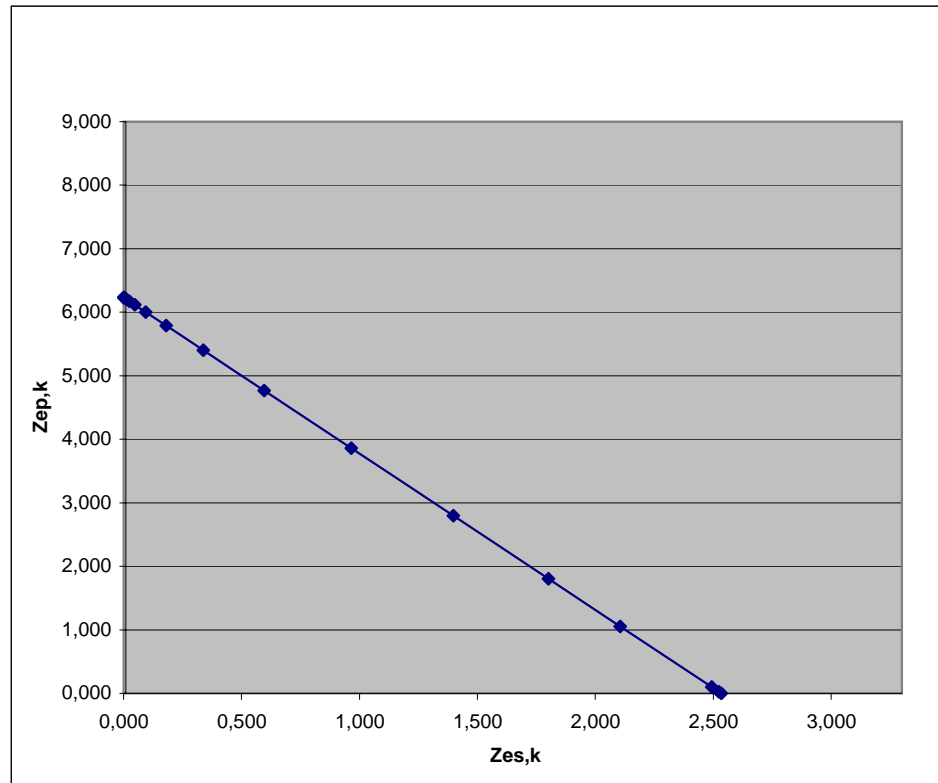
$$Z_{s,k} = Z_{s,d} / 1,35$$

	az	fZd	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,153	2,534	0,000
	0,01	0,153	2,524	0,025
	0,04	0,155	2,494	0,100
	0,50	0,184	2,106	1,053
Zp = Zs	1,00	0,215	1,802	1,802
	2,00	0,277	1,398	2,795
	4,00	0,401	0,965	3,860
	8,00	0,649	0,596	4,768
	16,00	1,146	0,338	5,403
	32,00	2,138	0,181	5,789
	64,00	4,124	0,094	6,003
	128,00	8,096	0,048	6,116
	256,00	16,039	0,024	6,174
	512,00	31,925	0,012	6,204
Zs = 0	1024,00	63,698	0,006	6,219
	2048,00	127,244	0,003	6,226
	10000000,00	620562,950	0,000	6,233

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	Seite 13
	KG-09-031	

$$c1 = 6,233 \quad c2 = 2,460$$


$$Z_{p,k} = c1 - c2 * Z_{s,k}$$



2.4.2 Halber Wind, Lastfall F

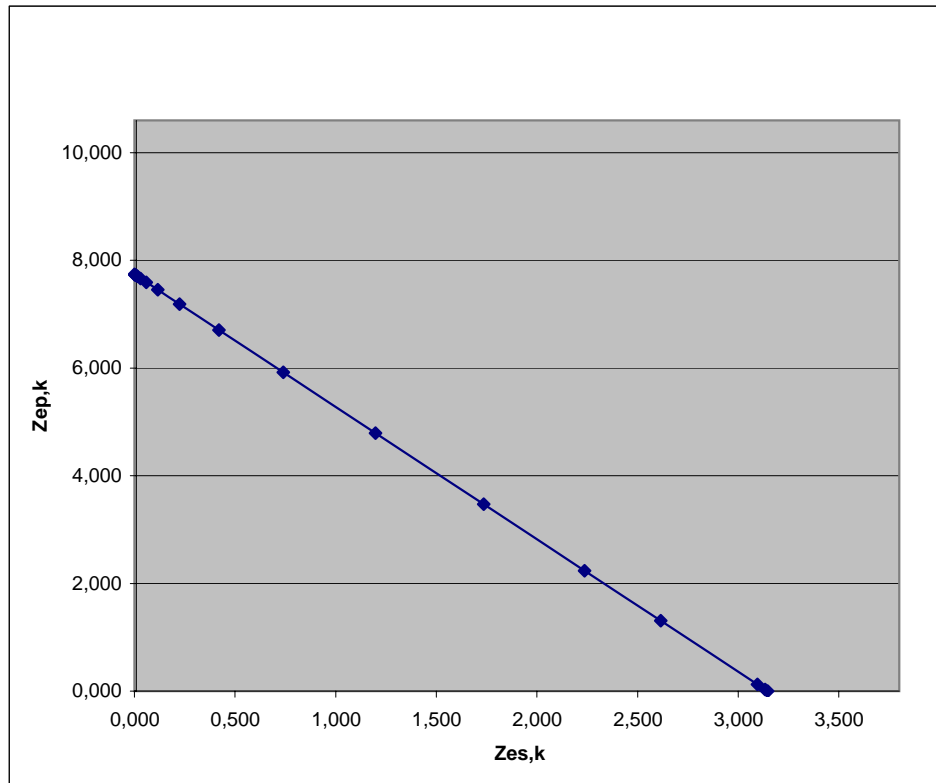
F1	Gewicht		0,226
F2	Wind senkrecht	$F2 = 0,5 * 0,707 * F1$	0,097
F3	Wind parallel	$F3 = 0,5 * 0,707 * F3$	0,029

	az	fZe	Zes,k	Zep,k
Zp = 0	0,00	0,153	3,146	0,000
	0,01	0,153	3,134	0,031
	0,04	0,155	3,096	0,124
	0,50	0,184	2,615	1,307
Zp = Zs	1,00	0,215	2,237	2,237
	2,00	0,277	1,735	3,471
	4,00	0,401	1,198	4,792
	8,00	0,649	0,740	5,919
	16,00	1,146	0,419	6,708
	32,00	2,138	0,225	7,187
	64,00	4,124	0,116	7,453
	128,00	8,096	0,059	7,593
	256,00	16,039	0,030	7,665
	512,00	31,925	0,015	7,702
Zs = 0	1024,00	63,698	0,008	7,721
	2048,00	127,244	0,004	7,730
	10000000,00	620562,950	0,000	7,739

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	KG-09-031

$$c1 = 7,739 \quad c2 = 2,460$$

$$Z_{p,k} = c1 - c2 * Z_{s,k}$$



2.5 Lastfall H für WA-Mast

2.5.1 Ermittlung des Nutzzuges

a) max. Moment an Einspannstelle infolge Nutzzugkomponente quer zur A-Mastebene

ohne Windlasten

F1	Gewicht	0,226
F2	Wind senkrecht	0,000
F3	Wind parallel	0,000

$$f_{Zs,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / f_{m,d} \quad 0,152645$$


$$f_{Zp,d} = (h + t2) / b1 / A1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,062056$$

$$a_z = Z_p / Z_s$$

$$f_{Z,d} = f_{Zs,d} + a_z * f_{Zp,d}$$

$$Z_{s,d} = \frac{1 - (F1 + F2 + F3)}{f_{Z,d}}$$

$$Z_{s,k} = Z_{s,d} / 1,35$$

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 15
	Statische Berechnung	KG-09-031

b) max. Moment am Kopf infolge Querkraft quer zur A-Mastebene aus Verdrehung

Belegung mit 3 Leiterseilen vorausgesetzt:

resultierender Zug in A-Mastebene $Z_p = 7/3 * Z$

Verdrehung infolge $1/3 * Z = Z_p / 7$

Drehmoment $M_t = Z_p * b_t / 7$

Hebelarm am Querträger **QAH** b_t [m] 1,26

max. Biegemoment am Zopf $maxM_b = Z_p * b_t * (h + 0,5 * t_1) / 7 / b_1$

$$Z_p * \left[\frac{b_t * W_1 * 0,5 * (h + 0,5 * t_1)}{7 * b_1 * 0,5 * W_{Zopf} * W_1 * f_{m,d}} + f_{zp,d} \right] = 1 - F_1$$


$$f_{zd} = \frac{b_t * W_1}{3,5 * b_1 * W_{Zopf}} f_{zs,d} + f_{zp,d} = 0,137$$

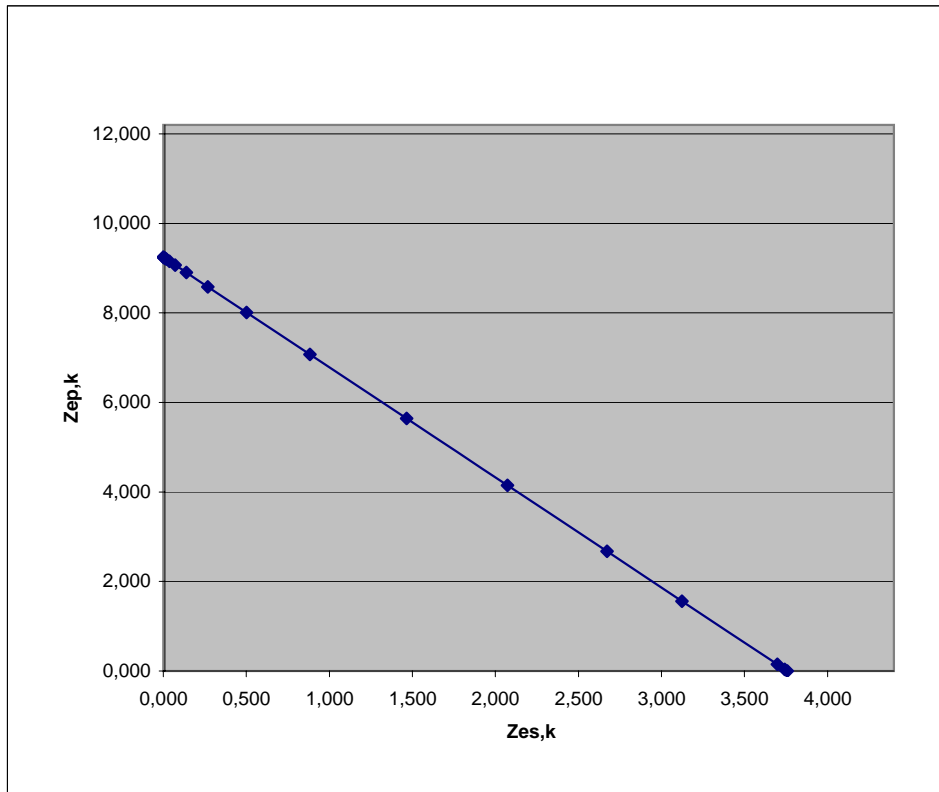
max $Z_p = (1 - F_1) / f_{zd}$ = 5,642 kN


	az	fZ,d	Zes,k	Zep,k
Zp = 0	0,00	0,153	3,758	0,000
	0,01	0,153	3,743	0,037
	0,04	0,155	3,698	0,148
	0,50	0,184	3,123	1,562
	1,00	0,215	2,672	2,672
Zp = Zs	2,00	0,277	2,073	4,146
	3,852	0,392	1,465	5,642
	8,00	0,649	0,884	7,071
	16,00	1,146	0,501	8,013
	32,00	2,138	0,268	8,585
	64,00	4,124	0,139	8,903
	128,00	8,096	0,071	9,070
	256,00	16,039	0,036	9,157
	512,00	31,925	0,018	9,200
	1024,00	63,698	0,009	9,223
2048,00	127,244	0,005	9,234	
Zs = 0	10000000,00	620562,950	0,000	9,245

c1 = 9,245 c2 = 2,460

Zp,k = c1 - c2 * Zs,k

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 16
	Statische Berechnung KG-09-031	



	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 17
	Statische Berechnung	KG-09-031

2.6 Zusammenfassung

Die Tabelle enthält die charakteristischen (zulässigen) Nutzlasten ZNs und ZNp für die 2 Ebenen des A-Mastes.

Diese sind den am Maststandort tatsächlich auftretenden Komponenten ZSs und ZSp des Spitzenzuges gegenüberzustellen.

$$\begin{matrix} \mathbf{ZSs} & \leq & \mathbf{ZNs} \\ \mathbf{ZSp} & \leq & \mathbf{ZNp} \end{matrix}$$

s Richtung senkrecht zur A-Mastebene

p Richtung parallel zur A-Mastebene

⊥ Richtung senkrecht zur Leitung y-Richtung

|| Richtung parallel zur Leitung x-Richtung

$$\mathbf{ZNp} = \mathbf{c1} - \mathbf{c2} * \mathbf{ZNs} \qquad \text{mit } \mathbf{c2} = \mathbf{2,460}$$

Für WT- und W-Maste gilt:


$$\begin{matrix} \mathbf{ZNp} & = & \mathbf{ZN_{\perp}(y)} & \text{zulässiger Nutzzug senkrecht zur Leitung} & \text{y - Komponente} \\ \mathbf{ZNs} & = & \mathbf{ZN_{||}(x)} & \text{zulässiger Nutzzug parallel zur Leitung} & \text{x - Komponente} \end{matrix}$$

Für WE-, WA-Maste gilt:

$$\begin{matrix} \mathbf{ZNs} & = & \mathbf{ZN_{\perp}(y)} & \text{zulässiger Nutzzug senkrecht zur Leitung} & \text{y - Komponente} \\ \mathbf{ZNp} & = & \mathbf{ZN_{||}(x)} & \text{zulässiger Nutzzug parallel zur Leitung} & \text{x - Komponente} \end{matrix}$$

Masttyp	Richtung der A-Mastebene	Charakteristischer Nutzzug [kN]	Lastfall					
			A [kN]	B [kN]	C [kN]	D [kN]	E [kN]	F [kN]
T	⊥	ZNp = ZN _⊥ (y)	8,274			8,759		
WT, W	⊥	ZNs = ZN (x)		2,421	2,534		3,090	3,146
		ZNp = ZN _⊥ (y) bzw. c1	8,274	5,956	6,233	8,759	7,601	7,739
WA		ZNp = ZN (x) bzw. c1		8,274	6,233		8,759	7,739
		ZNs = ZN _⊥ (y)	2,421		2,534	3,090		3,146
WE		ZNp = ZN (x) bzw. c1	5,956	8,274	6,233	7,601	8,759	7,739
		ZNs = ZN _⊥ (y)	2,421		2,534	3,090		3,146

Masttyp	Richtung der A-Mastebene	Charakteristischer Nutzzug [kN]	Lastfall
			H [kN]
WA		ZNp = ZN (x)	5,642
		ZNs = ZN _⊥ (y)	

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1226 DIN 48 351					Pos. 2. Seite 18
	Statische Berechnung					KG-09-031

Beliebige Stellung des Mastes

	T, WT, W, WA, WE-Mast						WA-Mast
	Wind in der A-Mast-Ebene		Wind senkrecht zur A-Mast-Ebene		Wind über Eck		Lastfall H
	voll	halb	voll	halb	voll	halb	belegt mit 3 Seilen Hebelarm bt = 1,26 m
c1	8,274	8,759	5,956	7,601	6,233	7,739	9,245

c2	2,460
----	-------

Nachweis

$$\text{vorh ZNp} \leq \text{zul ZNp} = c1 - c2 * \text{vorh ZNs} \leq \text{Grenzwert} \geq 0$$

Grenzwerte

	T, WT, W, WA, WE-Mast						WA-Mast
	Wind in der A-Mast-Ebene		Wind senkrecht zur A-Mast-Ebene		Wind über Eck		Lastfall H
	voll	halb	voll	halb	voll	halb	belegt mit 3 Seilen Hebelarm bt = 1,26 m
max ZNp für ZNs = 0	8,274	8,759	5,956	7,601	6,233	7,739	5,642
max ZNs für ZNp = 0	3,364	3,561	2,421	3,090	2,534	3,146	2,294