 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351		Pos. 0. Seite 1 Seiten 1
	Statische Berechnung	KG-09-032	31.08.2009

A-Hozmast-1230.xls

1230 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 1230 DIN 48 351	Pos. 1. Seite 1 Seiten 1
	Statische Berechnung	KG-09-032

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

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351		Pos. 2. Seite 1 Seiten 18
	Statische Berechnung	KG-09-032	31.08.2009


A-Hozmast-1230.xls

2. Mastberechnung

2.1 Allgemeine Werte

2.1.1 Mastabmessungen

Gestänge	l	[m]	12
Kurzzeichen des Mastes			1230
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]	210
Fußdurchmesser	f	[mm]	300
Durchmesser am Stangenende	$f_u = f + 1,5 * a_n$	[mm]	313
Nenngröße nach DIN 48351			12 x 30
Spreizung der A-Maste			
	b ₁	[m]	2,30
	b ₂	[m]	1,96
Zange			
	Ø i	[cm]	21
	b ₃	[m]	3,6
Länge (ca.) des Mittelriegels	a _R	[cm]	90
Länge des Hartholzdübels	m	[cm]	22
Breite des Hartholzdübels	v = ca. z	[cm]	21
Dicke des Hartholzdübels	n	[cm]	8
Abstand der Mastmittellinie	e	[cm]	6
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]	8,57
Durchmesser am Erdaustritt	$f_e = f - 0,5 * a_n$	[mm]	296
Durchmesser in Mitte der freien Mastlänge	$D = f - (0,5 + 0,5 * h) * a_n$	[mm]	253
Durchmesser in halber Eingrabetiefe	$D_e = f_e + 0,5 * t_1 * a_n$	[mm]	304
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]	259

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 2
	Statische Berechnung	KG-09-032

Knickdurchmesser	$D_k = z + 0,65 * s_k * a_n$	[mm]	269
Querschnitt einer Stange	$A_1 = \pi * D_e^2 / 4$	[cm ²]	726,8
Widerstandsmoment einer Stange	$W_1 = \pi * D_e^3 / 32$	[cm ³]	2765
Widerstandsmoment einer Stange am Zopf	$W_{Zopf} = \pi * D_{Zopf}^3 / 32$	[cm ³]	908,735625

Gewichtskräfte

	$V = 1,1 * \pi * (z^2 + fu^2) * (h + t_1) / 4$		1,471
Gewicht der Stangen	$G_{St} = V * \gamma_H$	[kN]	8,827
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]	4,000
Gewicht des Riegelholzes: angenommen	GR	[kN]	0,100
Gewicht Mast ohne Zangen, anteilig am Kopf angreifend	$FGM = 0,5 * G_{St} + GK + GR$	[kN]	8,514
Gewicht der Zangen	$GZ = 2 * i^2 * \pi / 4 * b_3 * \gamma_H$	[kN]	1,496
Längskraft	$NG, d = 0,5 * FGM * 1,35$	[kN]	5,747
	$\sigma_{NG, d} = NG, d / A_1$	[kN/cm ²]	0,008

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]	51
	$a = a_R + D$	[cm]	115
	C_{Mast}		0,7

Bereich 1: $h \leq 7m$

Windlast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FW_{11} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * 2 * b_{o1} * 0,5 * h_1 / h$$

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

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 3
	Statische Berechnung	KG-09-032

h_1	[m]	7,00
$bo_1 = fe - 7 * an$	[m]	0,24
$bu_1 = fe$	[m]	0,30
FW_{11}	[kN]	0,50
FW_{12}	[kN]	0,09
FW_1	[kN]	0,59

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]	0,21
$bu_2 = bo_1$	[m]	0,24
FW_{21}	[kN]	0,47
FW_{22}	[kN]	0,027
FW_2	[kN]	0,50

Gesamtwindlast Mast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt

$$FWM_s = FW_1 + FW_2 \quad [kN] \quad 1,09$$

Wind auf den Riegel:

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

Winf auf die Kopfausrüstung:

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

Gesamte Windlast

$$FW_s = FWM_s + FWR_s + FWK_s \quad [kN] \quad 1,49$$

Biegemoment, Wind


$$MWS,d = 0,5 * FW_s * (h + 0,5 * t_1) * 1 \quad [kNcm] \quad 1104,0$$

$$\sigma MWS,d = MWS,d / W_1 \quad [kN/cm^2] \quad 0,399$$

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]	6,71

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 4
	Statische Berechnung	KG-09-032

Schlankheitsgrad $\lambda_s = l_{s_{ef}} / i_{mittel}$ 313

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 5,342$$

für Vollholz β_c 0,2

$$k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] \quad 15,27$$

$$k_c = \min \left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}} ; 1 \right) \quad kc,s \quad 0,0338$$

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] 51

$6 * D$ [cm] 152

Abstand zwischen zwei Maststangen auf halber Höhe des Stützpunktes $a = a_R + D$ [cm] 115

$C2_{Mast}$ 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)

$$FW_{11} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * bo_1 * 0,5 * h_1 / h$$

$$FW_{12} = C_{Mast} * q_1 * h_1 * (bu_1 - bo_1) * h_1 / 3 / h$$

h_1 [m] 7,00


$bo_1 = fe - 7 * an$ [m] 0,24

$bu_1 = fe$ [m] 0,30

FW_{11} [kN] 0,38

FW_{12} [kN] 0,06

FW_1 [kN] 0,44

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 5
	Statische Berechnung	KG-09-032

Bereich 2: $h > 7m$

Windlast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

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

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

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

$$b_{o2} = z \quad [m] \quad 0,21$$

$$b_{u2} = b_{o1} \quad [m] \quad 0,24$$

$$FW_{21} \quad [kN] \quad 0,35$$

$$FW_{22} \quad [kN] \quad 0,041$$

$$FW_2 \quad [kN] \quad 0,40$$

Gesamtwindlast Mast (bezogen auf die Mastspitze, Momentenbezugspunkt Erdaustritt)

$$FWM_p = FW \cdot [kN] \quad 0,84$$

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

$$FW_p = FWM_p + FWR_p + FWK_p \quad [kN] \quad 1,09$$

Längskraft aus Wind

$$NW_{p,d} = FW_p * (h + t_2) / b_1 * 1,35 \quad [kN] \quad 7,487$$

$$\sigma_{NW_{p,d}} = NW_{p,d} / A_1 \quad [kN/cm^2] \quad 0,010$$

Knicklänge

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

Stab mit veränderlichem Querschnitt

Mittlerer Trägheitsradius

$$i_{mittel} = D_k / 4 \quad [cm] \quad 6,71$$

Schlankheitsgrad

$$\lambda_s = l_{p,ef} / i_{mittel} \quad 156$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad 2,671$$

für Vollholz

$$\beta_c \quad 0,2$$


$$k = 0,5 * \left[1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2 \right] \quad 4,30$$

$$k_c = \min \left(\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right) \quad kc,p \quad 0,1302$$

$$F1 = \sigma_{NG,d} / kc,s / fc,d \quad 0,153$$

$$F2 = \sigma_{MWS,d} / fm,d \quad 0,200$$

$$F3 = \sigma_{NW_{p,d}} / kc,p / fc,d \quad 0,052$$

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 6
	Statische Berechnung	KG-09-032

$$fZ_{s,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / fm,d \quad 0,099474$$

$$fZ_{p,d} = (h + t2) / b1 / A1 / kc,p / fc,d \quad 0,035205$$

$$\alpha_z = Z_p / Z_s$$

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

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

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	0,153
F2	Wind senkrecht	0,200
F3	Wind parallel	0,000

$$fZ_{s,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / fm,d \quad 0,099474$$

$$fZ_{p,d} = (h + t2) / b1 / A1 / kc,p / fc,d \quad 0,035205$$


$$\alpha_z = Z_p / Z_s$$

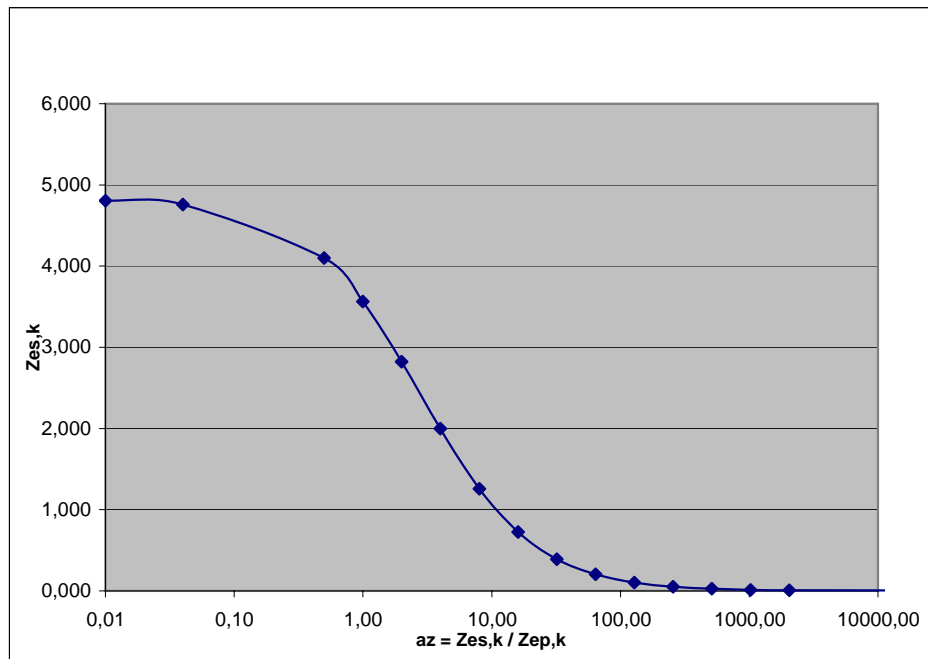
$$fZ_{,d} = fZ_{s,d} + \alpha_z * fZ_{p,d}$$

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

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

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,099	4,824	0,000
	0,01	0,100	4,807	0,048
	0,04	0,101	4,757	0,190
	0,50	0,117	4,099	2,049
	1,00	0,135	3,563	3,563
Zp = Zs	2,00	0,170	2,825	5,649
	4,00	0,240	1,997	7,988
	8,00	0,381	1,259	10,072
	16,00	0,663	0,724	11,584
	32,00	1,226	0,391	12,524
	64,00	2,353	0,204	13,054
	128,00	4,606	0,104	13,336
	256,00	9,112	0,053	13,481
	512,00	18,125	0,026	13,555
	1024,00	36,150	0,013	13,592
Zs = 0	2048,00	72,200	0,007	13,611
	10000000,00	352053,901	0,000	13,630

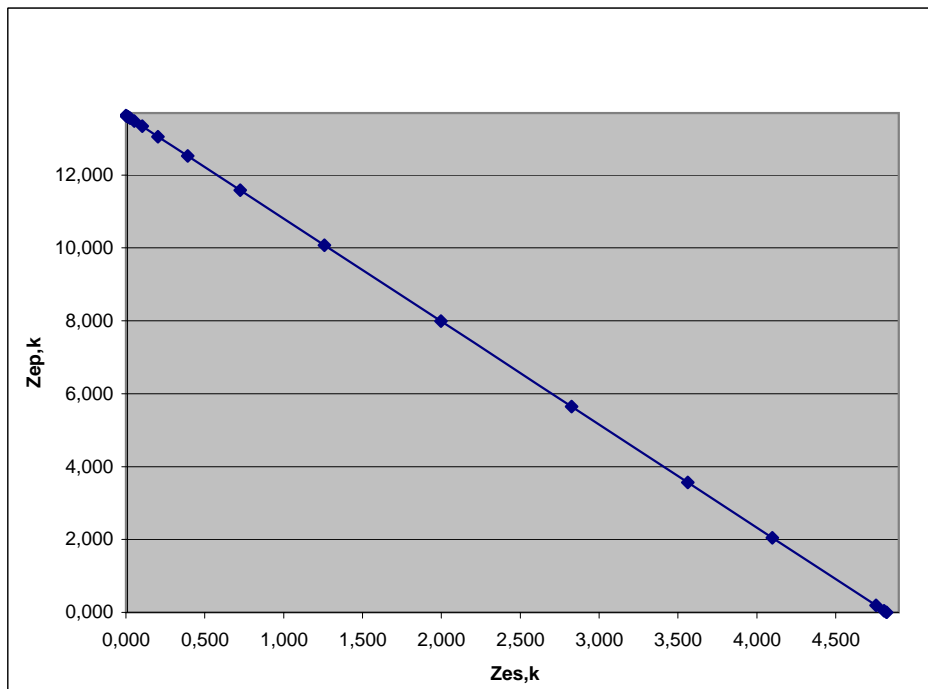
	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	KG-09-032
		31.08.2009




c1 = 13,630

c2 = 2,826

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



	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 8
	Statische Berechnung	KG-09-032

2.2.2 Halber Wind

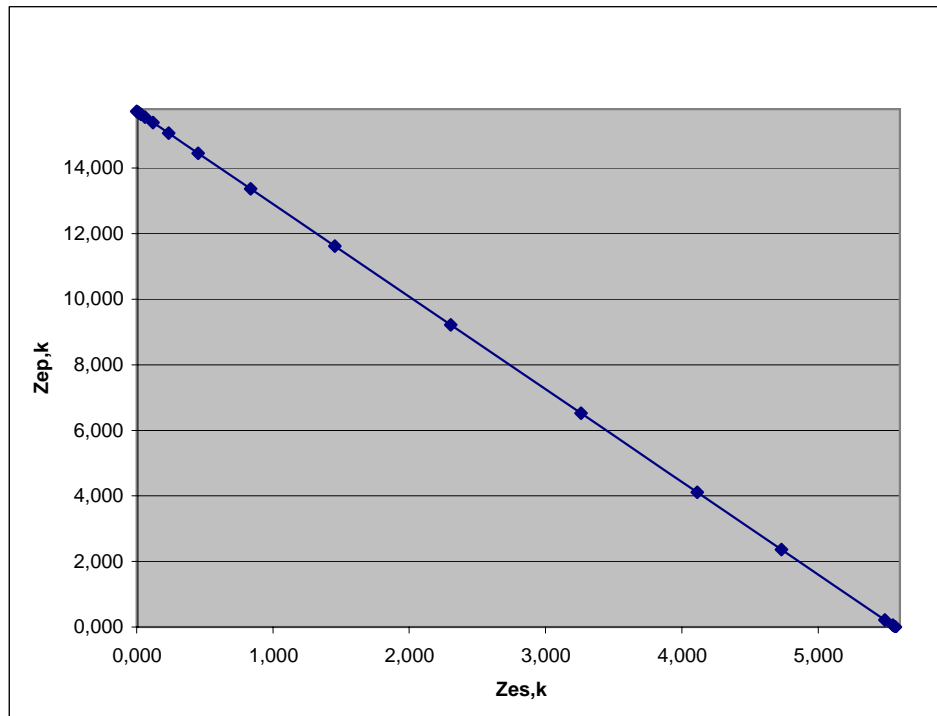
F1	Gewicht		0,153
F2	Wind senkrecht	$F2 = 0,5 * F1$	0,100
F3	Wind parallel	$F3 = 0,5 * F3$	0,000


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

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,099	5,567	0,000
	0,01	0,100	5,548	0,055
	0,04	0,101	5,490	0,220
	0,50	0,117	4,730	2,365
Zp = Zs	1,00	0,135	4,112	4,112
	2,00	0,170	3,260	6,520
	4,00	0,240	2,305	9,219
	8,00	0,381	1,453	11,625
	16,00	0,663	0,836	13,369
	32,00	1,226	0,452	14,454
	64,00	2,353	0,235	15,065
	128,00	4,606	0,120	15,391
	256,00	9,112	0,061	15,559
	512,00	18,125	0,031	15,644
Zs = 0	1024,00	36,150	0,015	15,687
	2048,00	72,200	0,008	15,709
	10000000,00	352053,901	0,000	15,730

c1 = 15,730 c2 = 2,826

Zp,k = c1 - c2 * Zs,k



	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 9
	Statische Berechnung	KG-09-032

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	0,153
F2	Wind senkrecht	0,000
F3	Wind parallel	0,052

$$f_{Zs,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / f_{m,d} \quad 0,099474$$

$$f_{Zp,d} = (h + t2) / b1 / A1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,035205$$


$$a_z = Z_p / Z_s$$

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

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

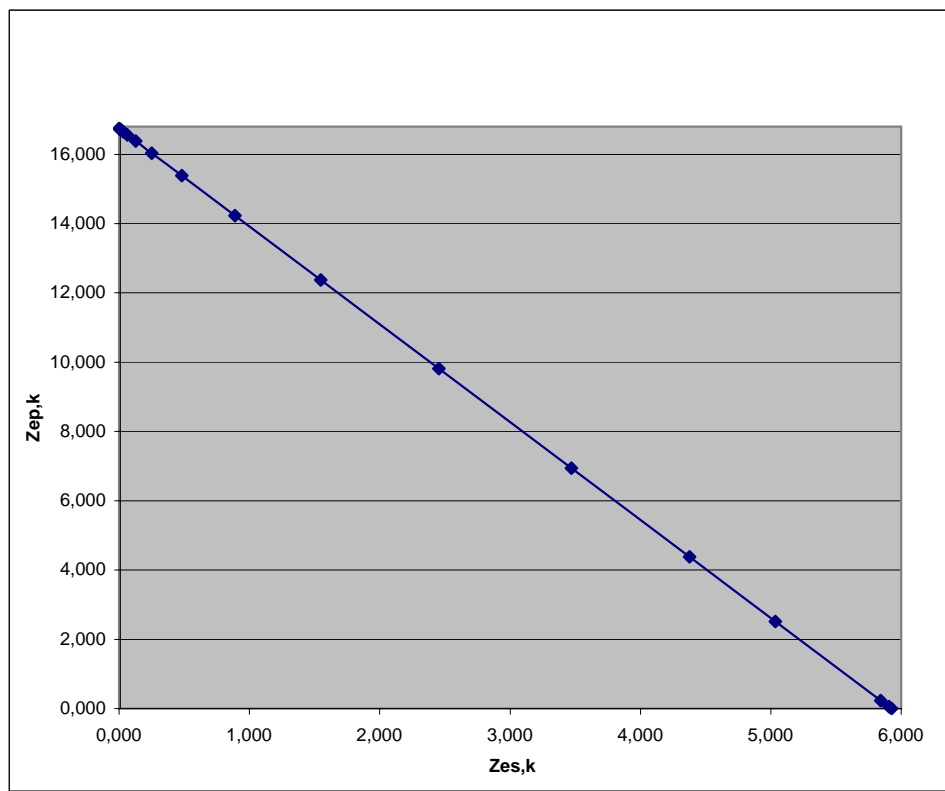
$$Z_{s,k} = Z_{s,d} / 1,35$$

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,099	5,926	0,000
	0,01	0,100	5,906	0,059
	0,04	0,101	5,844	0,234
	0,50	0,117	5,035	2,518
Zp = Zs	1,00	0,135	4,377	4,377
	2,00	0,170	3,470	6,940
	4,00	0,240	2,453	9,813
	8,00	0,381	1,547	12,375
	16,00	0,663	0,890	14,232
	32,00	1,226	0,481	15,387
	64,00	2,353	0,251	16,037
	128,00	4,606	0,128	16,384
	256,00	9,112	0,065	16,563
	512,00	18,125	0,033	16,654
	1024,00	36,150	0,016	16,699
	2048,00	72,200	0,008	16,722
Zs = 0	10000000,00	352053,901	0,000	16,745

 <p>KG Statikbüro</p>	<p>20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351</p>		<p>Pos. 2.</p>
	<p>Statische Berechnung KG-09-032</p>		<p>Seite 10</p>

$c1 = 16,745$ $c2 = 2,826$


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



2.3.2 Halber Wind

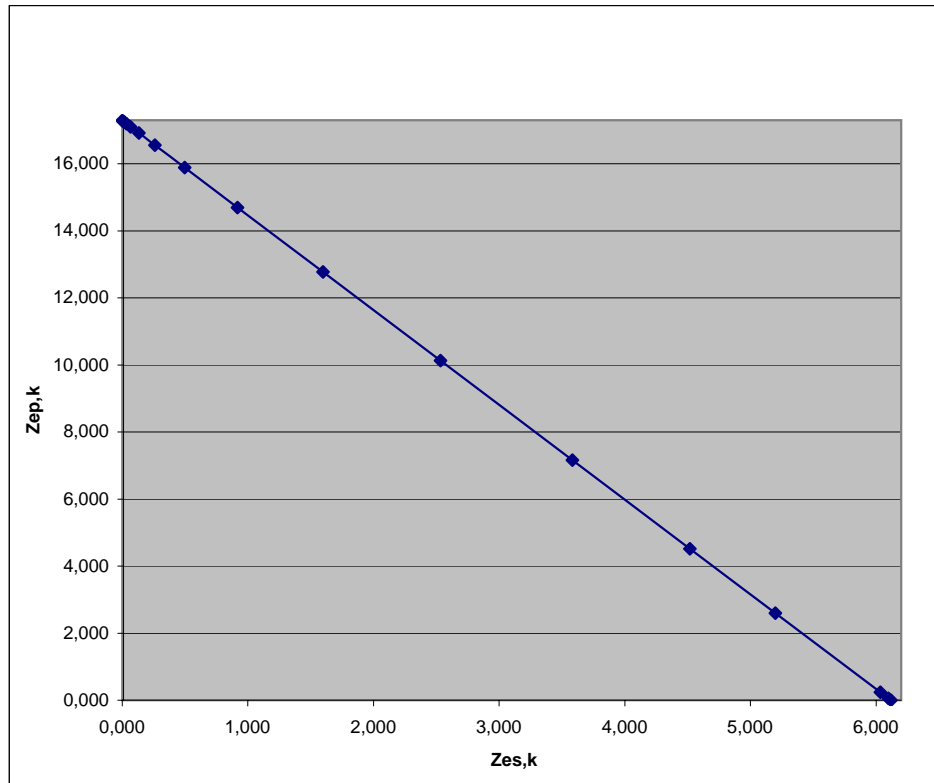
F1	Gewicht			0,153
F2	Wind senkrecht	$F2 = 0,5 * F1$		0,000
F3	Wind parallel	$F3 = 0,5 * F3$		0,026

	az	fZ,d	Zs,k	Zp,k
$Z_p = 0$	0,00	0,099	6,119	0,000
	0,01	0,100	6,097	0,061
	0,04	0,101	6,033	0,241
	0,50	0,117	5,199	2,599
$Z_p = Z_s$	1,00	0,135	4,519	4,519
	2,00	0,170	3,583	7,165
	4,00	0,240	2,533	10,131
	8,00	0,381	1,597	12,776
	16,00	0,663	0,918	14,693
	32,00	1,226	0,496	15,886
	64,00	2,353	0,259	16,557
	128,00	4,606	0,132	16,915
	256,00	9,112	0,067	17,099
	512,00	18,125	0,034	17,193
	1024,00	36,150	0,017	17,241
	2048,00	72,200	0,008	17,264
$Z_s = 0$	10000000,00	352053,901	0,000	17,288

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	KG-09-032


$$c1 = 17,288 \qquad c2 = 2,826$$

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



Bemessung des Hartholzdübels

	$\max Z_{p,d}$	[kN]	23,339
	$H_d = \max Z_{p,d} + 0,5 * F_{Wp} * 1,35$	[kN]	24,072
	$V_d = H_d * (h + t_2) / b_1$	[kN]	122,975
Schub	$t_d = V_d / v / m$	[kN/cm ²]	0,266
	$t_d / f_{v,d} \leq 1$		1,174

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 12
	Statische Berechnung	KG-09-032

	$Z_{p,d} = b_1 \cdot v \cdot m \cdot f_{v,d} / (h + t_2) - 0,5 \cdot FW_p \cdot 1,35$	[kN]	19,766
Dübel wird nicht maßgebend	$Z_{p,k} = Z_d / 1,35$	[kN]	14,641
Druck	$s_d = 2 \cdot V_d / n / v$	[kN/cm ²]	1,464
	$s_d / f_{c,0,d} \leq 1$		0,955

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		0,153
F2	Wind senkrecht	$F_2 = 0,707 \cdot F_1$	0,141
F3	Wind parallel	$F_3 = 0,707 \cdot F_3$	0,036

$$f_{Zs,d} = 0,5 \cdot (h + 0,5 \cdot t_1) / W_1 / f_{m,d} \quad 0,099474$$

$$f_{Zp,d} = (h + t_2) / b_1 / A_1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,035205$$


$$a_z = Z_p / Z_s$$

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

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

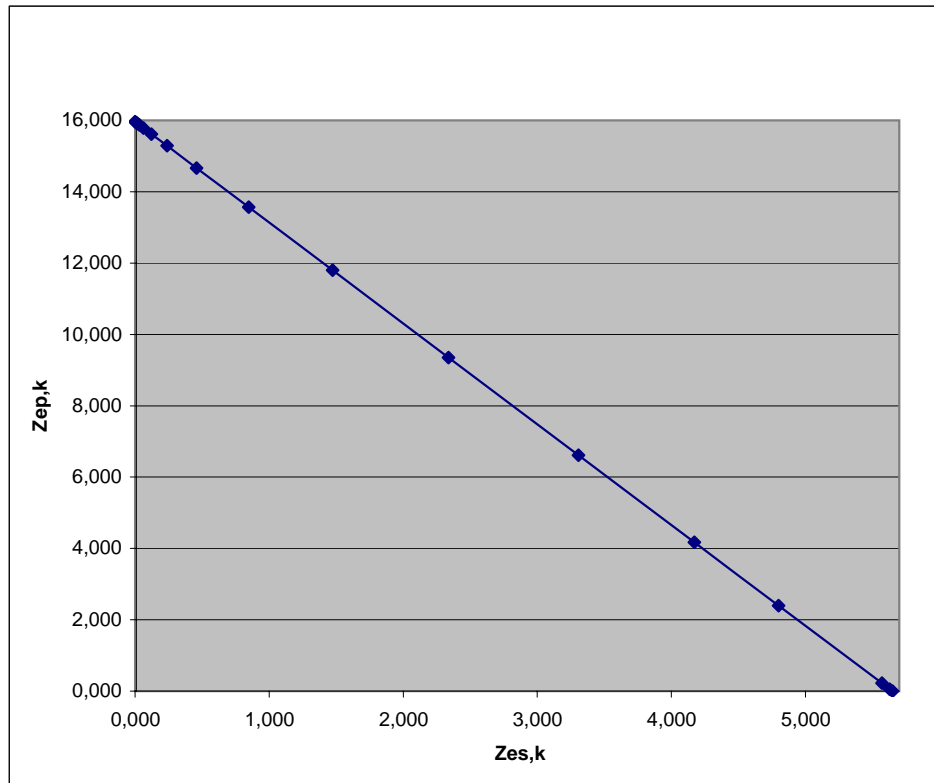
$$Z_{s,k} = Z_{s,d} / 1,35$$

	az	fZd	Zs,k	Zp,k
Zp = 0	0,00	0,099	4,988	0,000
	0,01	0,100	4,970	0,050
	0,04	0,101	4,918	0,197
	0,50	0,117	4,238	2,119
Zp = Zs	1,00	0,135	3,684	3,684
	2,00	0,170	2,921	5,841
	4,00	0,240	2,065	8,259
	8,00	0,381	1,302	10,415
	16,00	0,663	0,749	11,978
	32,00	1,226	0,405	12,950
	64,00	2,353	0,211	13,497
	128,00	4,606	0,108	13,789
	256,00	9,112	0,054	13,940
	512,00	18,125	0,027	14,016
Zs = 0	1024,00	36,150	0,014	14,055
	2048,00	72,200	0,007	14,074
	10000000,00	352053,901	0,000	14,093

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	KG-09-032

$$c1 = 15,962 \quad c2 = 2,826$$

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



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	0,153
F2	Wind senkrecht	0,000
F3	Wind parallel	0,000

$$f_{Zs,d} = 0,5 * (h + 0,5 * t1) / W1 / f_{m,d} \quad 0,099474$$


$$f_{Zp,d} = (h + t2) / b1 / A1 / k_{c,p} / f_{c,d} \quad 0,035205$$

$$a_z = Z_p / Z_s$$

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

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

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

	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2.
	Statische Berechnung	KG-09-032

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 $maxM_b = Z_p * b_t * (h + 0,5 * t_1) / 7 / b_1$

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


$$f_{zd} = \frac{b_t * W_1}{3,5 * b_1 * W_{Zopf}} f_{zs,d} + f_{zp,d} = 0,083$$

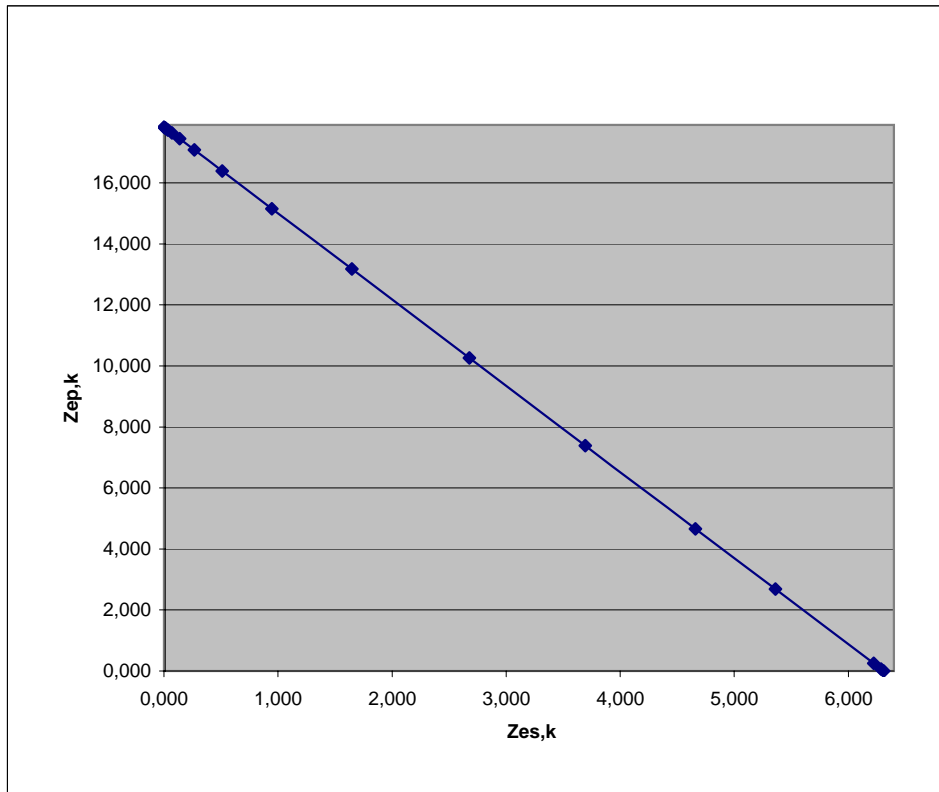
max Z_p = (1 - F₁) / f_{zd} = 10,263 kN


	az	fZ,d	Zes,k	Zep,k
Z _p = 0	0,00	0,099	6,311	0,000
	0,01	0,100	6,288	0,063
	0,04	0,101	6,223	0,249
	0,50	0,117	5,362	2,681
	1,00	0,135	4,661	4,661
Z _p = Z _s	2,00	0,170	3,695	7,390
	3,832	0,234	2,678	10,263
	8,00	0,381	1,647	13,177
	16,00	0,663	0,947	15,155
	32,00	1,226	0,512	16,384
	64,00	2,353	0,267	17,077
	128,00	4,606	0,136	17,446
	256,00	9,112	0,069	17,636
	512,00	18,125	0,035	17,733
	1024,00	36,150	0,017	17,782
2048,00	72,200	0,009	17,806	
Z _s = 0	10000000,00	352053,901	0,000	17,831

c1 = 17,831 c2 = 2,826

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

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 16
	Statische Berechnung KG-09-032	



	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351	Pos. 2. Seite 17
	Statische Berechnung	KG-09-032

2.6 Zusammenfassung

Die Tabelle enthält die charakteristischen (zulässigen) Nutzlaster 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

$$\mathbf{ZNp} = \mathbf{c1} - \mathbf{c2} * \mathbf{ZNs} \qquad \text{mit } \mathbf{c2} = \mathbf{2,826}$$

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)	16,745			17,288		
WT, W	⊥	ZNs = ZN (x)		4,824	4,988		5,567	5,649
		ZNp = ZN _⊥ (y) bzw. c1	16,745	13,630	14,093	17,288	15,730	15,962
WA		ZNp = ZN (x) bzw. c1		16,745	14,093		17,288	15,962
		ZNs = ZN _⊥ (y)	4,824		4,988	5,567		5,649
WE		ZNp = ZN (x) bzw. c1	13,630	16,745	14,093	15,730	17,288	15,962
		ZNs = ZN _⊥ (y)	4,824		4,988	5,567		5,649

Masttyp	Richtung der A-Mastebene	Charakteristischer Nutzzug [kN]	Lastfall
			H [kN]
WA		ZNp = ZN (x)	10,263
		ZNs = ZN _⊥ (y)	

 Statikbüro	20 - kV - Mittelspannungsmaste Ermittlung der Nutzzüge für A-Maste (Holz) A-Mast 1230 DIN 48 351					Pos. 2. Seite 18
	Statische Berechnung					KG-09-032

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	16,745	17,288	13,630	15,730	14,093	15,962	17,831

c2	2,826
----	-------

Nachweis

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

$$\leq \text{Grenzwert} \geq 0$$

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	16,745	17,288	13,630	15,730	14,093	15,962	10,263
max ZNs für ZNp = 0	5,926	6,119	4,824	5,567	4,988	5,649	3,632