

**Dipl.-Ing. Björn Dirlack**

Thulestraße 13  
13189 Berlin  
Tel: 030 / 69 40 19 94  
Fax: 030 / 69 40 19 98  
eMail: dirlack@t-online.de

---

## **Statische Berechnung**

**Bauvorhaben:**

**Antennentragkonstruktionen**

**Standort-Nr.:**

1 23 99 0708

**Netzelement-Nr.:**

1 01 30 0464.A

**Netzelement-Name:**

Wardersee

**Adresse:**

23821 Rohlstorf  
Gut Rohlstorf

**Bauherr:**

O<sub>2</sub> Germany  
Projektbüro Hamburg  
Hohenzollernring 127-129  
22763 Hamburg

**Planungsbüro:**

infra.tel GmbH  
Münchener Str. 43-44  
10779 Berlin

---

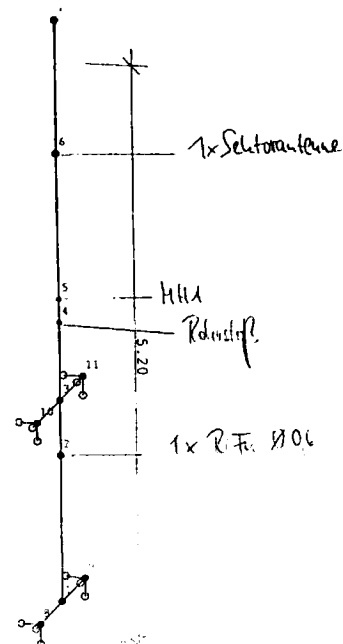
Berlin, den 21.09.2006

Für die Seiten 1-20:



<b>Standortname:</b>	Wardersee	Statik vom
<b>Standortnummer:</b>	1 23 99 0708	21.09.2006
<b>Netzelement-Nummer:</b>	1 01 30 0464.A	

	AT 1 - 3
<b>Gebrauchstauglichkeit</b> Berechnung und Nachweis mit: - mit vollem Staudruck (Neubau)	ja
<b>Richtfunk (UK)</b> - Anzahl Richtfunk laut AP - statisch berücksichtigt - Max. zul. Verdrehwinkel - Max. vorh. Verdrehwinkel / Knoten	22,90 m 1 x 0,6 m 1 x 0,6 m 1,00 Grad 0,09 Grad / Knoten 2
<b>Sektorantennen (Unterkante)</b> - Anzahl Sektorantennen/Typ laut AP - Max. zul. Verdrehwinkel - Max. vorh. Verdrehwinkel / Knoten	25,00 m 1 x CTSDG-0615-XD 2,00 Grad 0,65 Grad / Knoten 6
<b>Tragsicherheit</b> <b>Nachweis des Antennenträgers</b> - Max. Auslastung Schuß 1 (D x t) - Max. Auslastung Schuß 2 (D x t) - Max. Auslastung Querträger <b>Nachweis der Flanschstöße</b> - Max. Auslastung bei Schuß 1 / 2	 42 % / 114,3x5 mm 46 % / 88,9x5 mm 56 % / U 160  76%
<b>Lasteinleitung / -weiterleitung</b> <b>Gebäudedaten</b> - Stahlträger: - Wellblech: - Max. Auflagerkräfte Horizontal H = Vertikal V = - Lasteinleitung / -weiterleitung - Nachweis erbracht durch - Befestigung durch - Max. Auslastung	 U 50 StE 350 -3Z 350, Profil 76x18 gamma-fach 3,0 kN 1,1 kN Ja Direkte Lasteinleitung 4 Gewi.-St. M12, 8.8, FV = 50% 37%



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Deckblatt	1
Zusammenfassung der Ergebnisse	2
Inhaltsverzeichnis	3
Verwendete Literatur und Normen	4
Vorgaben der Berechnung	4
Verwendete Materialien	4
Vorbemerkungen	5
Lastabtrag im Bauwerk	5
Übersicht	6
Querschnitte und Anschlüsse	7
Lastannahmen	8-9
Antennenträger	
Lasteingaben, Auflagerkräfte, Schnittgrößen, Spannungen	10-18
Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	16
Spannungsnachweise	18
Nachweis der Verbindungen und Anschlüsse	19-20

## Verwendete Literatur und Normen

- Schneider „Bautabellen“, 12. Auflage, 1996, Werner-Verlag, Düsseldorf

Gültige Normen, insbesondere

- DIN 18800: Stahlbauten  
Teil 1: Bemessung und Konstruktion 11/90
- DIN 1055: Lastannahmen für Bauten
- DIN 4131: Antennentragwerke aus Stahl

## Vorgaben der Berechnung

- Entwurfsplanung
- Antennendatenblätter
- Planungsrichtlinien O<sub>2</sub>
- Bestandsunterlagen:  
/1/ Prüfbescheid vom 22.07.1987, 10 Seiten + Anlagen  
zum Typenentwurf: Wellblechsilo mit Wandstützen

## Verwendete Materialien

- Stahl: S 235 (JRH / JRG2), feuerverzinkt
- Schrauben DIN 6914
- Gewindestangen Güte 8.8

## Vorbemerkungen

An den Silostützen werden 3 baugleiche Antennentragkonstruktionen angeordnet.

Die Anschlüsse an das Bauwerk erfolgen über Anschlussplatten mit an der Innenseite gekonterten Gewindestangen.

Es wird davon ausgegangen, dass das vorhandene Bauwerk nach den anerkannten Normen und Regeln des Bauwesens errichtet wurde und dass die uns übergebenen Unterlagen und Angaben den gegenwärtigen Zustand des Bauwerkes getreu wiedergeben.

Die Anschlusspunkte der Antennen sowie der anderen Anbauten an die Tragkonstruktionen sind entsprechend den Herstelleranforderungen auszuführen.

Die Systemtechnik wird separat neben dem Gebäude aufgestellt. Rechnerische Nachweise sind dazu nicht erforderlich.

## Lastabtrag im Bauwerk

Die Vertikallasten werden direkt in die Stützen eingeleitet.

Die Wellblechwände des Rundsilos gewährleisten ohne weitere Nachweise den Lastabtrag der Horizontalkräfte.

Die einzuleitenden Lasten pro Antennenträger sind bezogen auf das Gesamtlastniveau des Bauwerkes gering. Wegen des Standortes des Silos (teilweise windabgeschattet von ringsum angeordneten weiteren Silos) kann die Lastableitung der zusätzlichen Windlasten aus den Antennenanbauten im Bauwerk als problemlos eingeschätzt werden.

Der Lastabtrag ist damit ohne weitere Nachweise gewährleistet.



M 1:20

## Lastannahmen für den Antennenträger

### LF 1: Eigenlasten

- Antennentragrohre	vom Rechenprogramm	
- Kabel	$g =$	$= 0,10 \text{ kN/m}$
- 1 x Sektorantenne CTSDG-06515-XDM	$G =$	$= 0,14 \text{ kN}$
- 1 x Dual MHA	$G =$	$= 0,06 \text{ kN}$
- 1 x RiFu-Antenne $\varnothing 0,6$	$G =$ $M = 0,10 \cdot 0,30$	$= 0,10 \text{ kN}$ $= 0,03 \text{ kNm}$

### LF 2: Eislasten (Dicke der allseitigen Aneisung: $d = 3 \text{ cm}$ ; Eisgewicht: $7,0 \text{ kN/m}^3$ )

- Antennenträger: Rohr 114,3:	$g_{\text{Eis}} = \pi/4 \cdot 7,0 \cdot (0,1743^2 - 0,1143^2)$	$= 0,10 \text{ kN/m}$
- Antennenträger: Rohr 88,9:	$g_{\text{Eis}} = \pi/4 \cdot 7,0 \cdot (0,1489^2 - 0,0889^2)$	$= 0,08 \text{ kN/m}$
- Kabel	$g_{\text{Eis}} =$	$= 0,05 \text{ kN/m}$
- 1 x Sektorantenne CTSDG-06515-XDM	$G_{\text{Eis}} = 7,0 \cdot (0,327 \cdot 0,187 - 0,267 \cdot 0,127) \cdot 1,990$	$= 0,38 \text{ kN}$
- 1 x Dual MHA ( $A_{\text{Eis}} = 0,05 \text{ m}^2$ )	$G_{\text{Eis}} = 7,0 \cdot 0,06 \cdot 0,05$	$= 0,02 \text{ kN}$
- 1 x RiFu-Antenne $\varnothing 0,6$	$G_{\text{Eis}} =$ $M_{\text{Eis}} = 0,15 \cdot 0,30$	$= 0,15 \text{ kN}$ $= 0,05 \text{ kN}$

### Windlasten

Windzone:	II
Antennenhöhe über Gelände:	$H = 28 \text{ m}$
Böenreaktionsfaktor:	$\varphi = 1,05$

Abminderung bei gleichzeitigem Ansatz  
von Wind und Eis:

Grundkraftbeiwerte:	$0,75$ (DIN 4131; A.1.5.)
	$c_{f0} = 0,85$ (Rohre, bei vorhandenen Anbauten)
	$c_{f0} = 1,6$ (Anbauten)

### Nachweise der Gebrauchstauglichkeit:

Staudruck ohne Böenreaktionsfaktor:  $q = 1,05 + 0,003 \cdot 28 = 1,13 \text{ kN/m}^2$

### Nachweise der Tragfähigkeit:

Staudruck mit Böenreaktionsfaktor:  $q = 1,05 \cdot (1,05 + 0,003 \cdot 28) = 1,19 \text{ kN/m}^2$



Gemäß Petersen „Stahlbau“ (3. Auflage, Abschn. 23.3.4.7 a, S. 1024) ist eine Gefährdung durch Querschwingung erst ab ca. 20 m Masthöhe zu erwarten. Anbauten an die Rohre (Leitern, Antennen) führen zu Dämpfung, so dass der Einfluss der Querschwingung (Betriebsfestigkeitsnachweis) nicht erbracht werden muss.

### LF 3: Wind ohne Eis

- Antennenträger: Rohr 114,3:  $w_{oE} = 0,85 \cdot 1,13 \cdot 0,1143 = 0,11 \text{ kN/m}$
- Antennenträger: Rohr 88,9:  $w_{oE} = 0,85 \cdot 1,13 \cdot 0,0889 = 0,09 \text{ kN/m}$
- Kabel:  $b \approx 0,08 \text{ m}$ :  $w_{oE} = 1,6 \cdot 1,13 \cdot 0,08 = 0,14 \text{ kN/m}$

CTSDG-06515-XDM								*v=161 km/h (q=1,25 kN/m <sup>2</sup> )
ohne Eis	l	b	h	A	F*	c	c*A	
	mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	N	-	m <sup>2</sup>	
frontal	1930	267	127	0,515	978,5	1,519	0,783	
mit Eis*	l	b	h	A	F	c	c*A	*allseitig 3 cm
	mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	N	-	m <sup>2</sup>	
frontal	1990	327	187	0,651	-	1,519	0,989	

- 1 x Sektorantenne CTSDG-06515-XDM:  $W_{oE} = 1,13 \cdot 0,783 = 0,88 \text{ kN}$
- 1 x Dual MHA ( $A_{\text{ohne Eis}} = 0,03 \text{ m}^2$ ):  $W_{oE} = 1,6 \cdot 1,13 \cdot 0,03 = 0,05 \text{ kN}$
- 1 x RiFu-Antenne Ø 0,6:
  - Umrechnung von  $q=1,93 \text{ kN/m}^2$  ( $v = 56 \text{ m/s}$ ) auf  $q=1,13 \text{ kN/m}^2$
  - $W_{oE} = 1,005 \cdot 1,13 / 1,93 = 0,59 \text{ kN}$
  - $M_{oE} = 0,358 \cdot 1,13 / 1,93 = 0,21 \text{ kNm}$

### LF 4: Wind mit Eis

- Antennenträger: Rohr 114,3:  $w_{mE} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,19 \cdot 0,1743 = 0,13 \text{ kN/m}$
- Antennenträger: Rohr 88,9:  $w_{mE} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot 1,19 \cdot 0,1489 = 0,11 \text{ kN/m}$
- Kabel:  $b \approx 0,08 \text{ m}$ :  $w_{mE} = 0,75 \cdot 1,6 \cdot 1,19 \cdot (0,08+0,06) = 0,20 \text{ kN/m}$
- 1 x Sektorantenne CTSDG-06515-XDM:  $W_{mE} = 0,75 \cdot 1,19 \cdot 0,989 = 0,88 \text{ kN}$
- 1 x Dual MHA ( $A_{\text{mit Eis}} = 0,05 \text{ m}^2$ ):  $W_{mE} = 0,75 \cdot 1,6 \cdot 1,19 \cdot 0,05 = 0,07 \text{ kN}$
- 1 x RiFu-Antenne Ø 0,6
  - $A_{mE} / A_{oE} = 0,66^2 / 0,60^2 = 1,21$
  - $W_{mE} = 0,75 \cdot 1,21 \cdot 0,59 \cdot 1,19 / 1,13 = 0,56 \text{ kN}$
  - $M_{mE} = 0,75 \cdot 1,21 \cdot 0,21 \cdot 1,19 / 1,13 = 0,20 \text{ kNm}$

### Lastfall-Überlagerungen

- Gebrauchstauglichkeit LFK 1:  $1,00 \cdot (LF1 + LF3)$
- Tragfähigkeit: LFK 2:  $1,35 \cdot LF1 + 1,50 \cdot (LF2 + LF4)$

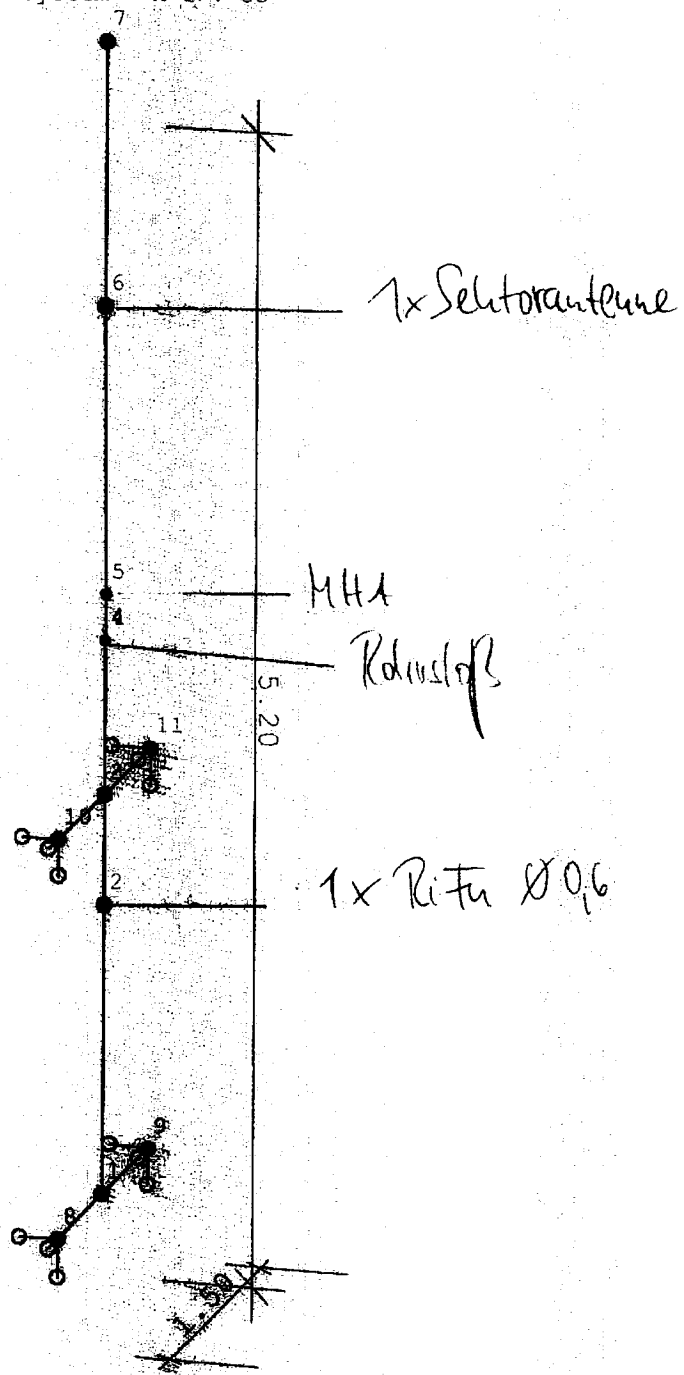
Dipl.-Ing. Björn Dirlack - Thulestr. 13 - 13189 Berlin - Tel: 030 / 694019-94 - Fax: -98

RÄUMLICHES STABWERK RS1 01/2003 Win XP

PROJEKT: 06-156

POS: 06-156-1

System M.1 : 33



BAUSTOFF	S 235	E-Modul E =	21000 kN/cm <sup>2</sup>	GammaM =	1.00
		Schub-Modul G =	8100 kN/cm <sup>2</sup>		
		spez. Gewicht :	7.85 kg/dm <sup>3</sup>		

RÄUMLICHES STABWERK RS1 01/2003 Win XP

PROJEKT: 06-156

POS: 06-156-1

QUERSCHNITTSWERTE : für die Schnittgrössenermittlung  
J = Trägheitsmoment (cm<sup>4</sup>) , A = Fläche (cm<sup>2</sup>)

Nr.	Mat.	B i e g u n g		Torsion		normal
		J-I	J-II	J-T	A	
1	1 RO114.3X5	257.0	257.0	514.0	17.2	
2	1 RO88.9X5	116.0	116.0	233.0	13.2	
3	1 U160	925.0	85.0	7.55	24.0	

QUERSCHNITTSWERTE : weitere Werte für die Spannungsermittlung  
W = Widerstandsmoment (cm<sup>3</sup>) , A = Fläche (cm<sup>2</sup>)

Nr.	Mat.	B i e g u n g		Torsion		normal	S c h u b	
		W-I	W-II	W-T	A	Aq-I	Aq-II	
1	1 RO114.3X5	45.0	45.0	89.9	17.2	8.60	8.60	
2	1 RO88.9X5	26.2	26.2	52.4	13.2	6.61	6.61	
3	1 U160	116.0	46.2	***	24.0	10.1	10.2	

\*\*\* W-T wird bei der Spannungsermittlung lokal gerechnet.

#### PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN

Nr	Mat	NPl (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (kNm)	Qply (kN)
1	1	412.8	14.4	151.8	14.4	151.8
2	1	316.8	8.4	116.5	8.4	116.5
3	1	576.0	33.0	155.4	9.3	189.1

SYSTEM : P r o j e k t i o n e n Querschnitt K n o t e n

Stab	Lx (m)	Ly (m)	Lz (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	0.000	0.000	1.300	1	1	1	2
2	0.000	0.000	0.500	1	1	2	3
3	0.000	0.000	0.700	1	1	3	4
4	0.000	0.000	0.200	2	2	4	5
5	0.000	0.000	1.300	2	2	5	6
6	0.000	0.000	1.200	2	2	6	7
7	0.000	0.750	0.000	3	3	8	1
8	0.000	0.750	0.000	3	3	1	9
9	0.000	0.750	0.000	3	3	10	3
10	0.000	0.750	0.000	3	3	3	11

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)

Knoten Nr.	i n R i c h t u n g			u m A c h s e		
	x	y	z	x	y	z
8	-1	-1	-1	0	0	0
9	-1	-1	-1	0	0	0
10	-1	-1	-1	0	0	0
11	-1	-1	-1	0	0	0

Gewicht der Konstruktion G = 118 kg

Dipl.-Ing. Björn Dirlack - Thulestr. 13 - 13189 Berlin - Tel: 030 / 694019-94 - Fax: -98

RÄUMLICHES STABWERK RSI 01/2003 Win XP

PROJEKT: 06-156

POS: 06-156-1

B E L A S T U N G Nr. 1

Lastfall : Eigenlasten

Stablasten

Art : 1=Einzellast (kN) 2=Einzelmoment (kNm)  
3=Voll-Trapezlast (kN/m) 4=Teil-Tapezlast (kN/m)  
5=Streckentorsion (kNm/m)

Richtung : 1=x , 2=y , 3=z , 4=längs , 5=quer I , 6=quer II  
Richtung 3 : positiv in Richtung positiver z-Achse

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	3	-0.100	-0.100		
2	3	3	-0.100	-0.100		
3	3	3	-0.100	-0.100		
4	3	3	-0.100	-0.100		

Knotenlasten ( Fz positiv in Richtung positiver z-Achse )

Knoten	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	0.000	0.000	-0.100	0.000	0.030	0.000
5	0.000	0.000	-0.060	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	-0.140	0.000	0.000	0.000

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak\_g\_z = -1.00

Summe aller äußeren Lasten (kN)

Gesamt	Fx	Fy	Fz
	0.000	0.000	-1.753

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Eigenlasten

Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
8	-0.008	0.000	-0.427			
9	-0.008	0.000	-0.427			
10	0.008	0.000	-0.450			
11	0.008	0.000	-0.450			
Summe :	0.000	0.000	-1.753			

B E L A S T U N G Nr. 2

Lastfall : Eislasten

Stablasten

Art : 1=Einzellast (kN) 2=Einzelmoment (kNm)  
 3=Voll-Trapezlast (kN/m) 4=Teil-Tapezlast (kN/m)  
 5=Streckentorsion (kNm/m)

Richtung : 1=x, 2=y, 3=z, 4=längs, 5=quer I, 6=quer II  
 Richtung 3 : positiv in Richtung positiver z-Achse

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	3	-0.100	-0.100		
2	3	3	-0.100	-0.100		
3	3	3	-0.100	-0.100		
4	3	3	-0.080	-0.080		
5	3	3	-0.080	-0.080		
6	3	3	-0.080	-0.080		
1	3	3	-0.050	-0.050		
2	3	3	-0.050	-0.050		
3	3	3	-0.050	-0.050		
4	3	3	-0.050	-0.050		

Knotenlasten ( Fz positiv in Richtung positiver z-Achse )

Knoten	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	0.000	0.000	-0.150	0.000	0.050	0.000
5	0.000	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	-0.380	0.000	0.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten (kN)

Gesamt	Fx	Fy	Fz
	0.000	0.000	-1.151

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Eislasten

Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
8	-0.014	0.000	-0.275			
9	-0.014	0.000	-0.275			
10	0.014	0.000	-0.301			
11	0.014	0.000	-0.301			
Summe :	0.000	0.000	-1.151			

B E L A S T U N G Nr. 3

Lastfall : Wind ohne Eis

Stablasten

Art : 1=Einzellast (kN) 2=Einzelmoment (kNm)  
3=Voll-Trapezlast (kN/m) 4=Teil-Tapezlast (kN/m)  
5=Streckentorsion (kNm/m)

Richtung : 1=x, 2=y, 3=z, 4=längs, 5=quer I, 6=quer II

Richtung 3 : positiv in Richtung positiver z-Achse

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	0.110	0.110		
2	3	1	0.110	0.110		
3	3	1	0.110	0.110		
4	3	1	0.090	0.090		
5	3	1	0.090	0.090		
6	3	1	0.090	0.090		
1	3	1	0.140	0.140		
2	3	1	0.140	0.140		
3	3	1	0.140	0.140		
4	3	1	0.140	0.140		

Knotenlasten ( Fz positiv in Richtung positiver z-Achse )

Knoten	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	0.590	0.000	0.000	0.000	0.000	0.210
5	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.880	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten (kN)

Gesamt	Fx	Fy	Fz
	2.416	0.000	0.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei  $x = 1.00 \cdot L$  Max\_f = 3.31 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 3 : Wind ohne Eis

Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
8	-0.471	0.000	0.000			
9	-0.564	0.000	0.000			
10	1.819	0.000	0.000			
11	1.632	0.000	0.000			
Summe	2.416	0.000	0.000			

Dipl.-Ing. Björn Dirlack - Thulestr. 13 - 13189 Berlin - Tel: 030 / 694019-94 - Fax: -98

RAÜMLICHES STABWERK RS1 01/2003 Win XP

PROJEKT: 06-156

POS: 06-156-1

B E L A S T U N G Nr. 4

Lastfall : Wind mit Eis

Stablasten

Art 1=Einzellast (kN) 2=Einzelmoment (kNm)  
 3=Voll-Trapezlast (kN/m) 4=Teil-Tapezlast (kN/m)  
 5=Streckentorsion (kNm/m)  
 Richtung 1=x, 2=y, 3=z, 4=längs, 5=quer I, 6=quer II  
 Richtung 3 : positiv in Richtung positiver z-Achse

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	0.130	0.130		
2	3	1	0.130	0.130		
3	3	1	0.130	0.130		
4	3	1	0.110	0.110		
5	3	1	0.110	0.110		
6	3	1	0.110	0.110		
1	3	1	0.200	0.200		
2	3	1	0.200	0.200		
3	3	1	0.200	0.200		
4	3	1	0.200	0.200		

Knotenlasten ( Fz positiv in Richtung positiver z-Achse )

Knoten	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	0.560	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200
5	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.880	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten (kN)

Gesamt	Fx	Fy	Fz
	2.672	0.000	0.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei  $x = 1.00 * L$  Max\_f = 3.50 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 4 : Wind mit Eis

Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
8	-0.485	0.000	0.000			
9	-0.574	0.000	0.000			
10	1.955	0.000	0.000			
11	1.776	0.000	0.000			
Summe :	2.672	0.000	0.000			

Dipl.-Ing. Björn Dirlack - Thulestr. 13 - 13189 Berlin - Tel: 030 / 694019-94 - Fax: -98

RÄUMLICHES STABWERK RS1 01/2003 Win XP

PROJEKT: 06-156

POS: 06-156-1

# L A S T F A L L - U E B E R L A G E R U N G Nr. 1

## ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Gebrauchstauglichk.

Lastfall Nr. 1 : \* 1.00 Eigenlasten  
Nr. 3 : \* 1.00 Wind ohne Eis

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei  $x = 1.00 \cdot L$  Max\_f = 3.32 cm

## AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Gebrauchstauglichk.

Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
8	-0.479	0.000	-0.427			
9	-0.572	0.000	-0.427			
10	1.827	0.000	-0.450			
11	1.640	0.000	-0.450			
Summe :	2.416	0.000	-1.753			

## VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Gebrauchstauglichk

Knoten Nr.	fx (cm)	fy (cm)	fz (cm)	Phix	Phiy	Phiz	
1	-0.041	0.000	-0.003	0.00000	-0.00018	0.00005	
2	0.011	0.000	-0.003	0.00000	0.00163	0.00027	RiFu-Antenne
3	0.137	0.000	-0.003	0.00000	0.00353	0.00010	
4	0.486	0.000	-0.003	0.00000	0.00626	0.00010	
5	0.624	0.000	-0.003	0.00000	0.00752	0.00010	
6	1.935	0.000	-0.003	0.00000	0.01143	0.00010	Sektorantenne
7	3.316	0.000	-0.003	0.00000	0.01154	0.00010	
8	0.000	0.000	0.000	-0.00005	-0.00018	0.00080	
9	0.000	0.000	0.000	-0.00005	-0.00018	-0.00085	
10	0.000	0.000	0.000	-0.00006	0.00353	-0.00278	
11	0.000	0.000	0.000	0.00006	0.00353	0.00268	

## Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Verdrehungen)

### RiFu-Antenne

$$\varphi = 180/\pi \cdot \sqrt{0.00163^2 + 0.00027^2}$$

$$\varphi = 0.09^\circ < \text{zul } \varphi = 1.0^\circ$$

### Sektorantenne

$$\varphi = 180/\pi \cdot \sqrt{0.01143^2 + 0.00010^2}$$

$$\varphi = 0.65^\circ < \text{zul } \varphi = 2.0^\circ$$



**MAX , MIN ÜBERLAGERUNG aus 4 Lastfällen : Tragfähigkeit**

Lastfall Nr. 1 : LF g \* 1.35 : Eigenlasten  
 Nr. 2 : LF g \* 1.50 : Eislasten  
 Nr. 3 : nicht benutzt : Wind ohne Eis  
 Nr. 4 : +/- \* 1.50 : Wind mit Eis

In der oberen Zeile stehen die max-Werte.  
 In der unteren Zeile stehen die min-Werte.

**AUFLAGERKRÄFTE** \* = max/min Werte

Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
8	0.70* -0.76*	0.00 0.00	-0.99 -0.99			
9	0.83* -0.89*	0.00 0.00	-0.99 -0.99			
10	2.96* -2.90*	0.00 0.00	-1.06 -1.06			
11	2.70* -2.63*	0.00 0.00	-1.06 -1.06			

**SCHNITTGRÖSSEN** \* = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	T (kNm)	Q II (kN)	M I (kNm)	Q I (kN)	M II (kNm)
1	1	-1.60	0.10	1.65	0.00*	0.00	0.00
	1	-1.60	-0.10	-1.52	0.00*	0.00	0.00
1	2	-0.89	0.10	2.30	2.57*	0.00	0.00
	2	-0.89	-0.10	-2.17	-2.40*	0.00	0.00
2	2	-0.53	-0.20	3.14	2.45*	0.00	0.00
	2	-0.53	0.20	-3.01	-2.52*	0.00	0.00
2	3	-0.26	-0.20	3.38	4.08*	0.00	0.00
	3	-0.26	0.20	-3.26	-4.08*	0.00	0.00
3	3	-1.99	0.00	-2.28	4.08*	0.00	0.00
	3	-1.99	0.00	2.28	-4.08*	0.00	0.00
3	4	-1.61	0.00	-1.93	2.61*	0.00	0.00
	4	-1.61	0.00	1.93	-2.61*	0.00	0.00
4	4	-1.61	0.00	-1.93	2.61*	0.00	0.00
	4	-1.61	0.00	1.93	-2.61*	0.00	0.00
4	5	-1.52	0.00	-1.84	2.23*	0.00	0.00
	5	-1.52	0.00	1.84	-2.23*	0.00	0.00
5	5	-1.41	0.00	-1.73	2.23*	0.00	0.00
	5	-1.41	0.00	1.73	-2.23*	0.00	0.00
5	6	-1.07	0.00	-1.52	0.12*	0.00	0.00
	6	-1.07	0.00	1.52	-0.12*	0.00	0.00
6	6	-0.31	0.00	-0.20	0.12*	0.00	0.00
	6	-0.31	0.00	0.20	-0.12*	0.00	0.00
6	7	0.00	0.00	0.00	0.00*	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00*	0.00	0.00

## SCHNITTGRÖSSEN \* = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	T (kNm)	Q II (kN)	M I (kNm)	Q I (kN)	M II (kNm)
7	8	0.00	0.00	-0.99	0.00*	0.03	0.00
	8	0.00	0.00	-0.99	0.00*	0.03	0.00
7	1	0.00	0.00	-0.80	-0.67*	0.03	0.02
	1	0.00	0.00	-0.80	-0.67*	0.03	0.02
8	1	0.00	0.00	0.80	-0.67*	-0.03	0.02
	1	0.00	0.00	0.80	-0.67*	-0.03	0.02
8	9	0.00	0.00	0.99	0.00*	-0.03	0.00
	9	0.00	0.00	0.99	0.00*	-0.03	0.00
9	10	0.00	0.00	-1.06	0.00*	-0.03	0.00
	10	0.00	0.00	-1.06	0.00*	-0.03	0.00
9	3	0.00	0.00	-0.87	-0.72*	-0.03	-0.02
	3	0.00	0.00	-0.87	-0.72*	-0.03	-0.02
10	3	0.00	0.00	0.87	-0.72*	0.03	-0.02
	3	0.00	0.00	0.87	-0.72*	0.03	-0.02
10	11	0.00	0.00	1.06	0.00*	0.03	0.00
	11	0.00	0.00	1.06	0.00*	0.03	0.00

max/min SPANNUNGEN und zug Profilpunkte ( Stelle ) von Z,D,T,V

Sigma Z,D = Zug-, Druckspannungen, Sigma V =  $\text{SQR}(\text{Sigma}^2 + 3 \cdot \text{Tau}^2)$ 

Stab Nr.	Knot. Nr.	Sigma Z (N/mm <sup>2</sup> )	Sigma D (N/mm <sup>2</sup> )	Tau (N/mm <sup>2</sup> )	Sigma V (N/mm <sup>2</sup> )	Quer. Nr.	Stelle Nr.	max Ausnutz.
zulässig		218.0	218.0	126.0	218.0	S 235		
1	1	0.0	-0.9	3.0	5.3	1	0 11 1 1	0.02
	2	56.6	-57.6	3.8	57.6	1	5 13 1 13	0.26
2	2	55.6	-56.2	5.9	56.4	1	13 5 9 5	0.26
	3	90.6	-90.9	6.2	91.0	1	13 5 9 5	0.42
3	3	89.6	-91.9	2.6	91.9	1	13 5 1 5	0.42
	4	57.1	-58.9	2.2	58.9	1	13 5 1 5	0.27
4	4	98.7	-101.2	2.9	101.2	2	5 5 1 5	0.46
	5	84.4	-86.7	2.8	86.7	2	5 13 1 13	0.40
5	5	84.4	-86.6	2.6	86.6	2	5 5 1 5	0.40
	6	3.7	-5.4	2.3	5.4	2	5 5 1 5	0.02
6	6	4.3	-4.8	0.3	4.8	2	5 13 1 13	0.02
	7	0.0	0.0	0.0	0.0	2	0 0 0 0	0.00
7	8	0.0	0.0	1.2	2.1	3	0 0 5 5	0.01
	1	35.3	-32.8	1.1	35.3	3	4 1 5 4	0.16
8	1	40.4	-37.9	1.3	40.4	3	4 1 5 4	0.19
	9	0.0	0.0	1.4	2.4	3	0 0 5 5	0.01
9	10	0.0	0.0	3.7	6.5	3	0 0 2 2	0.03
	3	118.7	-121.2	3.7	121.2	3	4 1 2 1	0.56
10	3	108.3	-110.8	3.4	110.8	3	4 1 2 1	0.51
	11	0.0	0.0	3.4	6.0	3	0 0 2 2	0.03

## Nachweis der Rohrstöße

### Flansch Ro 114,3x5 / 88,9x5

Außendurchmesser: 240 mm  
Teilkreisdurchmesser: 180 mm  
Blechdicke: 20 mm  
8 Schrauben: M 16, 10.9,  $F_v = 100$  kN  
Bohrungen:  $\varnothing 18$

Schnittgrößen:  
(Kn. 4)  $Q_d = 1,93$  kN  
 $M_d = 261$  kNcm

Biegespannung:  $\sigma_d = 261 / 26,2 = 9,96$  kN/cm<sup>2</sup>

Mittlerer Rohrradius:  $r_m = (8,89 - 0,5) / 2 = 4,195$  cm  
Mittlerer Rohrumfang:  $u_m = 2 * \pi * 4,195 = 26,36$  cm  
Anteil pro Schraube:  $u_s = 26,36 / 8 = 3,29$  cm

Zugkraft pro Rohrabschnitt:  $N_{d,R} = 9,96 * 3,29 * 0,5 = 16,39$  kN

Abstand Druckpunkt – Schraubenachse: a =  $(24 - 181) / 2 = 3,0$  cm  
Abstand Schraubenachse – Rohrwandung (Mittellinie): b =  $18/2 - 4,195 = 4,805$  cm

Druckkraft am Flanschrand:  $D_d = 16,39 * 4,805 / 3,0 = 26,2$  kN  
Schraubenzug:  $N_d = 16,39 * (4,805 + 3,0) / 3,0 = 42,6$  kN  
Abscherkraft:  $V_{a,d} = 1,93 / 8 = 0,24$  kN

Nachweis Zug:  $42,6 / 114 = 0,37 < 1$   
Nachweis Abscheren:  $0,24 / 62,8 = 0,01 < 1$

Flanschbreite in Schraubenachse:  $u_F = 18 * \pi / 8 = 7,07$  cm  
Biegemoment in Schraubenachse:  $M_d = 16,39 * 4,805 = 78,7$  kNcm

Erf. Plattendicke:  $d_p = \sqrt{6 * 78,7 * 1,1 / (24 * 7,07)}$   
 $= 1,75$  cm < vorh.  $d_p = 2,0$  cm

## Anschlüsse Antennenträger - Querträger U 160

4 Schrauben M 16, 10.9 + ausgesteifte Kopfplatten Bl. 15  
dane weiteren Nachweis ausreichend wegen des geringen Lastniveaus

## Anschlüsse an das Gebäude

$$\begin{aligned} \text{kn. 10 : } F_{xd} &= 2,96 \text{ kN} & (+ F_{zy}) \\ F_{zd} &= 1,06 \text{ kN} & (\text{Vertikal}) \end{aligned}$$

4 Gewindestangen M 12, 8.8,  $F_v = 50\% \hat{=} 35 \text{ kN}$

Erforderliche Vorspannung

$$F_{vd} = (2,96/4 + 1,06/4) / 0,15 = \underline{\underline{6,7 \text{ kN} < 18 \text{ kN}}}$$

Konstruktiv: Unterlagsblech für Wellblechfassade  
zur Lastverteilung

+

Verdrehsicherung der Silostütze durch  
Verbindung der oberen und unteren Haltepunkte  
mit QR 50 x 5