

## Statische Berechnung R2

Bauvorhaben: Nürnberg  
Projekt: 6319  
Typ: FSA freistehend

Inhalt:	Seite:
1. Vorbemerkungen	1 - 6
2. Nachweis Standsicherheit Tragrohr	7
- Systemskizze	7
- Lastfall 1 – Bölast - statisch	10
- Lastfall 2 – Querschwingungen 1. Eigenfrequenz	12
- Lastfall 3 – kritische Windlast	14
- Lastfall 4 – Bölast – dynamisch	15
- Beulsicherheitsnachweis	17
- Nachweis der Spannungen an den Tragrohröffnungen	19
- Verankerung am Fußpunkt	25

Wassertrüdingen, den 14.09.2023

Ersteller: Mathias Hofmann



## 1. Vorbemerkungen

### - Statisches System

Freistehender Stahlschornstein  
Fußpunkt: eingespannt  
Schornsteinhöhe: 10,00 m

### - Tragrohr

0,00 bis 10,00 m      d = 559 mm      t = 5,0 mm      S235JR

Eigenlast des Tragrohres wird vom statischen Programm ermittelt

### - Innenrohre

Innenrohr1: 354/2 mm, Werkstoff W.316Ti (1.4571)       $g_{i1} = 0,175 \text{ kN/m}$   
Isolierung1: 50 mm, Steinwolle-Drahtnetzmatte, A1, 80 kg/m<sup>3</sup>       $g_{iso1} = 0,051 \text{ kN/m}$

### - Anbauteile

Sicherheitssteigleiter       $g_{leiter} = 0,08 \text{ kN/m}$   
Messbühne       $g_{Bühne} = 4,00 \text{ kN}$

### - Windbelastung

Windbeanspruchung gemäß Ermittlung durch das Programm mit Windlastzone 1, Geländekategorie III.

Die Windlasten werden gemäß TRAS erhöht.

Für die Steigleiter wird eine zusätzliche Windangriffsfläche von 0,10 m<sup>2</sup>/lfdm berücksichtigt.

Für die Bühne wird eine zusätzliche Windangriffsfläche von 1,50 m<sup>2</sup> berücksichtigt.



## - Chemische und thermische Betriebsverhältnisse

Max. Temperatur des Tragrohres 50°C (durch Sonneneinstrahlung)  
Abgas kommt mit dem Tragrohr nicht in Berührung

## - Entwurfslebensdauer und Überwachung

Entwurfsdauer 20 Jahre (Betriebsfestigkeit)  
Schornsteine müssen in regelmäßigen Abständen von einem Fachmann überprüft werden. Die Abstände zwischen zwei Überprüfungen sollten möglichst nicht mehr als 2 Jahre betragen. Ein schriftliches Protokoll muss Empfehlungen für Instandhaltung und Reparaturen enthalten. (EN 13084-1, Abs.7)  
Der Stahlschornstein ist ein Bauprodukt der Bauregelliste A, Teil 1, Kapitel 4, lfd. Nr. 4.10.2 und ist mit einem Übereinstimmungszeichen zu versehen.  
Alle Überprüfungen sind durch einen Sachkundigen durchzuführen.

## - Bemerkungen

Die Schornsteinanlage ist mit Schwingungsdämpfer ausgestattet.  
Es wurden keine Horizontallasten aus Fahrzeuganprall berücksichtigt. Alle Bauteile sind wirksam vor dieser Beanspruchung zu schützen.  
Wird der Stahlschornstein an einer bauseitigen Konstruktion angebunden, so muss bauseits überprüft werden, ob die in der statischen Berechnung angegebenen Auflagerkräfte von der bauseitigen Konstruktion aufgenommen werden können. *Die angegebenen Auflagerkräfte wirken hierbei immer in der Schornsteinachse!*  
Alle Annahmen sind von den Verantwortlichen zu überprüfen. Alle nicht bemessene Bauteile sind konstruktiv ausreichend dimensioniert.

## - Klassifizierung nach EN1090



Der Hersteller der Schornsteinanlage benötigt nachfolgende Zertifikate:

- Zertifizierung nach EN1090
- Zertifizierung nach EN13084-7

Festlegungen gemäß EN1090 – Tragrohr:

- Schadensfolgeklasse: CC2
- Herstellungskategorie: PC1
- Beanspruchungskategorie: SC2

Dies entspricht der Ausführungsklasse EXC3!

Es sind alle Vorgaben der EN1090-2 zur Ausführung der EXC3 zu beachten und umzusetzen!



## - Berechnungsgrundlagen

- [1] DIN EN 1993-3-2:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine - Schornsteine
- [1a] DIN EN 1993-3-2/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter zu [1]
- [2] DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [2a] DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter zu [2]
- [3] DIN EN 1991-1-4:2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten
- [3a] DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter zu [3]
- [4] DIN EN 1993-1-6:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen
- [4a] DIN EN 1993-1-6/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter zu [4]
- [5] DIN EN 1993-1-9:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 1-9: Ermüdung
- [5a] DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter zu [5]
- [6] DIN EN 1090-2:2008-12, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken, Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken
- [7] DIN EN 13084-7:2006-06, Freistehende Schornsteine, Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl
- [8] Ruscheweyh: Dynamische Windwirkung an Bauwerken
- [9] Petersen: Stahlbau
- [10] Bär: Bemessung der Verankerung freistehender, zylindrischer Blechschorne, aus: Die Bautechnik, Heft 4/1978
- [11] Bär: Ausbildung und Bemessung der Fußkonstruktion ... aus: Die Bautechnik, Heft 2/1979
- [12] Bär: Öffnungsausschnitte und deren Verstärkung ... aus: Die Bautechnik, Heft 7+8/1980
- [13] Klingmüller, Lawo, Thierauf: Stabtragwerke, Matrizenmethoden der Statik und Dynamik
- [14] Link: Finite Elemente in der Statik und Dynamik



## - Hinweise zur Berechnung

Die Berechnung erfolgt mit dem Programmsystem 'STAHLKAMIN-SK'

Version: 3.712 vom 23.06.2015

Programmaufsteller: Dipl.-Ing. U. Precht

Linnenkamp 12

D-32602 Vlotho

Tel: +49/5228/960666

Fax: +49/5228/960667

<http://www.uwe-precht.de>

E-Mail: [mail@uwe-precht.de](mailto:mail@uwe-precht.de)

Die Windlast wird nach [3] + [3a] angesetzt.

Wurde ein rechnerischer Außendurchmesser eingegeben, so werden die Windlasten für diesen errechnet. Eine Zusatz-Windangriffsfläche wird lediglich mit dem Staudruck multipliziert und zu obigen Windlasten addiert.

Die Berechnung der Belastung aus Querschwingungen erfolgt nach [3], E.1.5.2. Der Betriebsfestigkeitsnachweis wird nach [1], Abschnitt 9 und [5] geführt.

Die Bölast wird nach [3a], Anhang NA.C ermittelt.

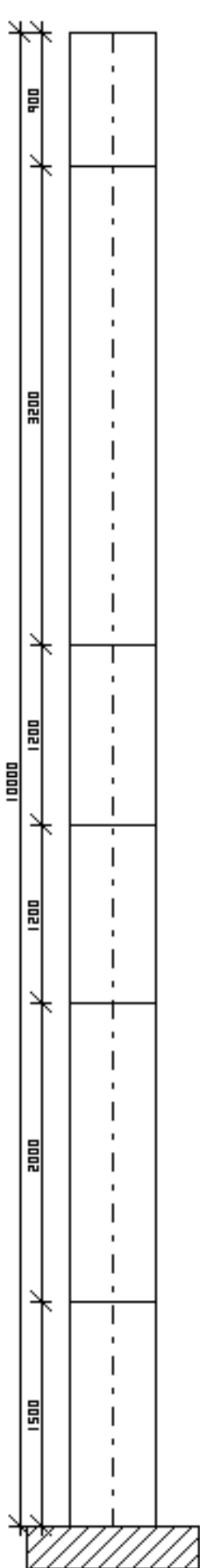
Der Nachweis der Beulsicherheit erfolgt nach [4], Anhang D

Der Nachweis der Biegung infolge ungleichförmiger Winddruckverteilung über den Umfang erfolgt nach [3], 7.9.1. Winddruck und -sog werden abschnittsweise in Einzellasten umgerechnet und mit den Ringträgerformeln von 'Pohl' in [9] werden das maximale Moment und die maximale Querkraft im Tragrohr ermittelt.



**6319-Nürnberg**

**Systemskizze**



- 10300 (1) Mündung,  $Del_{sig\_A}=71N/mm^2$

1:  $\emptyset 559.0 \times 5.0mm-S235/P235, Del_g=0.31kN/m, Del_a=0.1m^2/m, T=50^\circ C$
- 9400 (2) Schwingungsdämpfer,  $Del_{sig\_A}=71N/mm^2, Del_A=0.3m^2$

2:  $\emptyset 559.0 \times 5.0mm-S235/P235, Del_g=0.31kN/m, Del_a=0.1m^2/m, T=50^\circ C$
- 6200 (3) Messstutzen,  $Del_{sig\_A}=71N/mm^2$

3:  $\emptyset 559.0 \times 5.0mm-S235/P235, Del_g=0.31kN/m, Del_a=0.1m^2/m, T=50^\circ C$
- 5000 (4) Bühne  $135^\circ - 1000\text{ mm}, Del_{sig\_A}=71N/mm^2, V=4kN, Del_A=1.5m^2$

4:  $\emptyset 559.0 \times 5.0mm-S235/P235, Del_g=0.31kN/m, Del_a=0.1m^2/m, T=50^\circ C$
- 3800 (5) T-Anschluss  $d = 350\text{ mm}, Del_{sig\_A}=71N/mm^2$

5:  $\emptyset 559.0 \times 5.0mm-S235/P235, Del_g=0.31kN/m, Del_a=0.1m^2/m, T=50^\circ C$
- 1800 (6) Reinigung  $d = 200\text{ mm}, Del_{sig\_A}=71N/mm^2$

6:  $\emptyset 559.0 \times 5.0mm-S235/P235, Del_g=0.31kN/m, Del_a=0.1m^2/m, T=50^\circ C$
- 300 (7) Fußpunkt eingespannt,  $Del_{sig\_A}=71N/mm^2, V=1kN$

**System**

- Knoten 1 bei h= 10300.0 mm: Mündung  
Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$
- Rohr 1:  $\varnothing 559.0 \times 5.0 \text{ mm}$  - S235/P235  
Länge l= 900.0 mm  
Zusatzgewicht  $\Delta g = 0.31 \text{ kN/m}$   
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta a = 0.100 \text{ m}^2/\text{m}$   
Betriebstemperatur T= 50.0 °C
- Knoten 2 bei h= 9400.0 mm: Schwingungsdämpfer  
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta A = 0.300 \text{ m}^2$   
Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$
- Rohr 2:  $\varnothing 559.0 \times 5.0 \text{ mm}$  - S235/P235  
Länge l= 3200.0 mm  
Zusatzgewicht  $\Delta g = 0.31 \text{ kN/m}$   
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta a = 0.100 \text{ m}^2/\text{m}$   
Betriebstemperatur T= 50.0 °C
- Knoten 3 bei h= 6200.0 mm: Messstutzen  
Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$
- Rohr 3:  $\varnothing 559.0 \times 5.0 \text{ mm}$  - S235/P235  
Länge l= 1200.0 mm  
Zusatzgewicht  $\Delta g = 0.31 \text{ kN/m}$   
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta a = 0.100 \text{ m}^2/\text{m}$   
Betriebstemperatur T= 50.0 °C
- Knoten 4 bei h= 5000.0 mm: Bühne 135° - 1000 mm  
Vertikallast V= 4.000 kN  
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta A = 1.500 \text{ m}^2$   
Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$
- Rohr 4:  $\varnothing 559.0 \times 5.0 \text{ mm}$  - S235/P235  
Länge l= 1200.0 mm  
Zusatzgewicht  $\Delta g = 0.31 \text{ kN/m}$   
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta a = 0.100 \text{ m}^2/\text{m}$   
Betriebstemperatur T= 50.0 °C
- Knoten 5 bei h= 3800.0 mm: T-Anschluss d = 350 mm  
Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$
- Rohr 5:  $\varnothing 559.0 \times 5.0 \text{ mm}$  - S235/P235  
Länge l= 2000.0 mm  
Zusatzgewicht  $\Delta g = 0.31 \text{ kN/m}$   
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta a = 0.100 \text{ m}^2/\text{m}$   
Betriebstemperatur T= 50.0 °C
- Knoten 6 bei h= 1800.0 mm: Reinigung d = 200 mm  
Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$
- Rohr 6:  $\varnothing 559.0 \times 5.0 \text{ mm}$  - S235/P235  
Länge l= 1500.0 mm  
Zusatzgewicht  $\Delta g = 0.31 \text{ kN/m}$   
Zusatz-Windangriffsfläche  $\Delta a = 0.100 \text{ m}^2/\text{m}$   
Betriebstemperatur T= 50.0 °C



Knoten 7 bei h= 300.0 mm: Fußpunkt eingespannt  
 Vertikal starre Auflagerung  
 Horizontal starre Auflagerung  
 Drehstarre Auflagerung  
 Vertikallast V= 1.000 kN  
 Kerbfall  $\Delta\sigma = 71 \text{ N/mm}^2$

Die Ermittlung der Windlasten erfolgt nach [3]

Der Aufstellungsort liegt in Windzone WZ 1

$c_{dir} = 1.00$ ,  $c_{season} = 1.00$ ,  $c_{prob} = 1.00$

$v_{b,0} = 22.5 \text{ m/s}$

$v_b = 22.5 \text{ m/s}$

$q_b = 0.32 \text{ kN/m}^2$

$z_{min} = 8.00 \text{ m}$

$k = 0.500 \text{ mm}$

Geländekategorie: III

Äquivalente Rauigkeit

Der Schornstein wird in **Sicherheitsklasse 2** eingestuft!

### Betriebszustand: Betriebstemperatur

#### Querschnittswerte

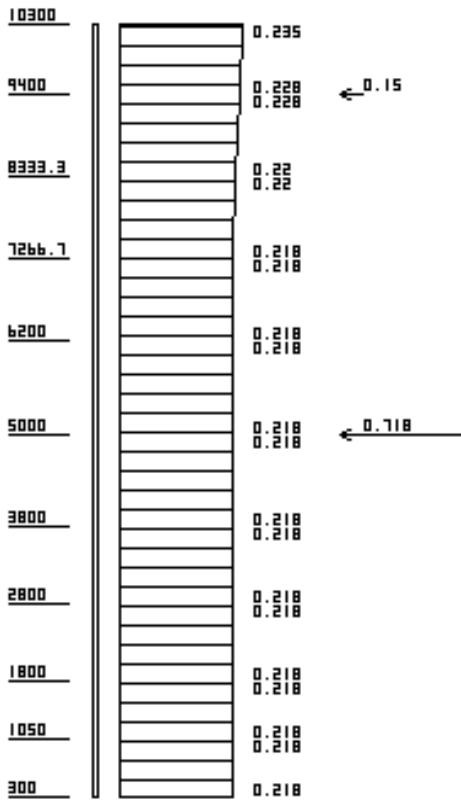
Rohr	$\varnothing$	t	A	I	W	g
-	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	kN/m
1	559.0	5.0	87.02	33388.32	1194.57	0.988
2	559.0	5.0	87.02	33388.32	1194.57	0.988
3	559.0	5.0	87.02	33388.32	1194.57	0.988
4	559.0	5.0	87.02	33388.32	1194.57	0.988
5	559.0	5.0	87.02	33388.32	1194.57	0.988
6	559.0	5.0	87.02	33388.32	1194.57	0.988

#### Materialkennwerte

Rohr	Material	T	E	$f_y$	$f_y / \gamma_M$
-	-	°C	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	S235/P235	50	208125	235.00	213.64
2	S235/P235	50	208125	235.00	213.64
3	S235/P235	50	208125	235.00	213.64
4	S235/P235	50	208125	235.00	213.64
5	S235/P235	50	208125	235.00	213.64
6	S235/P235	50	208125	235.00	213.64

**Lastfall 1: Bölast - statisch nach [3a], NA.B**

Belastung



Rohr	Ort	v(z)	q(z)	Ø <sub>w</sub>	ΔA	Re	c <sub>f0</sub>	Ψ <sub>λ</sub>	κ	w; W
-	-	m/s	kN/m <sup>2</sup>	mm	m <sup>2</sup> /m	-	-	-	-	kN/m; kN
1	oben	28.71	0.515	559.0	0.10	1.070*10 <sup>6</sup>	0.836	0.763	1.000	0.235
	unten	28.30	0.501	559.0	0.10	1.055*10 <sup>6</sup>	0.835	0.763	1.000	0.228
	Kn	2	0.501		0.30	m <sup>2</sup>			1.000	0.150
2	oben	28.30	0.501	559.0	0.10	1.055*10 <sup>6</sup>	0.835	0.763	1.000	0.228
	unten	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
3	oben	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
	unten	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
	Kn	4	0.479		1.50	m <sup>2</sup>			1.000	0.718
4	oben	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
	unten	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
5	oben	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
	unten	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
6	oben	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218
	unten	27.68	0.479	559.0	0.10	1.031*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.000	0.218

Schnittkräfte

Nach Theorie II.Ordnung mit 1.65-fachen Windlasten und 1.30-fachen Eigengewichtslasten und einer Schiefstellung von 1/204

Rohr	N <sub>oben</sub>	V <sub>oben</sub>	M <sub>oben</sub>	N <sub>unten</sub>	V <sub>unten</sub>	M <sub>unten</sub>
-	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
1	0.000	0.000	-0.000	-1.156	0.350	0.159
2	-1.156	0.598	0.159	-5.267	1.781	3.990
3	-5.267	1.781	3.990	-6.808	2.220	6.398
4	-12.008	3.430	6.398	-13.550	3.870	10.794
5	-13.550	3.870	10.794	-16.119	4.602	19.287
6	-16.119	4.602	19.287	-18.046	5.151	26.607

Verformungen

Knoten	$v_x$ mm	$\varphi_z$ rad
-		
1	9.400	0.0012415
2	8.283	0.0012409
3	4.395	0.0011599
4	3.052	0.0010709
5	1.848	0.0009233
6	0.390	0.0004939
7	0.000	0.0000000

Auflagerkräfte

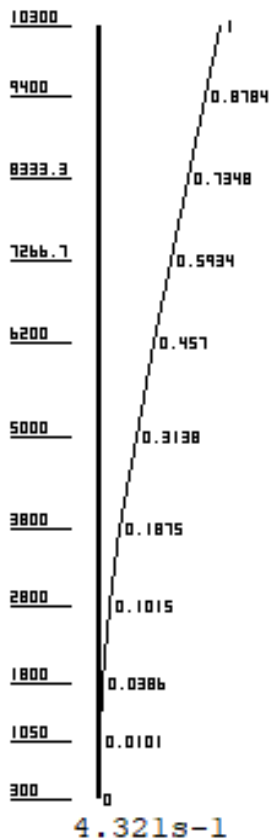
Knoten	bei $\gamma_F$ -fachen Lasten			bei 1.00-fachen Lasten		
	V kN	H kN	M kNm	V kN	H kN	M kNm
-						
7	19.346	5.062	26.607	14.881	3.068	16.126

Spannungsnachweise

Rohr	oben $\sigma_{max}$ N/mm <sup>2</sup>	oben $\sigma_{min}$ N/mm <sup>2</sup>	unten $\sigma_{max}$ N/mm <sup>2</sup>	unten $\sigma_{min}$ N/mm <sup>2</sup>	
-					
1	0.000	-0.000	0.000	-.266	≤213.636
2	0.000	-.266	2.735	-3.945	≤213.636
3	2.735	-3.945	4.574	-6.139	≤213.636
4	3.976	-6.736	7.479	-10.593	≤213.636
5	7.479	-10.593	14.293	-17.997	≤213.636
6	14.293	-17.997	20.200	-24.347	≤213.636

**Lastfall: Querschwingungen**

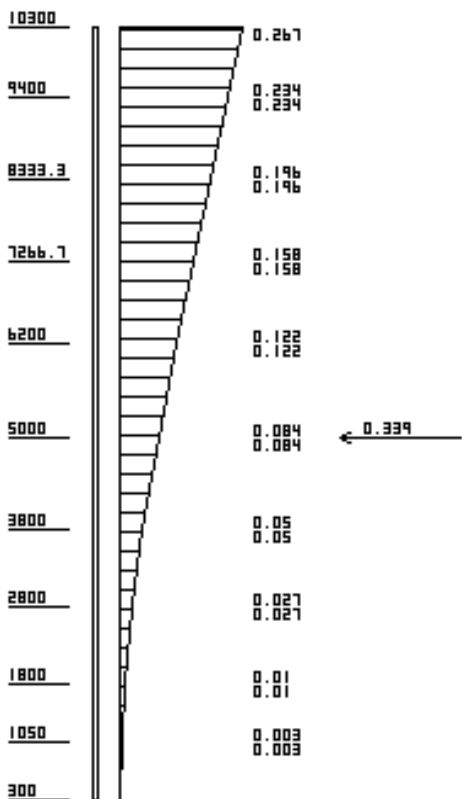
1. Eigenform



**Lastfall 2: Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz**

1. Eigenfrequenz	$n_{1,y} =$	4.321 s <sup>-1</sup>
Strouhalzahl	St =	0.180
Außendurchmesser	d =	559.0 mm
kritische Windgeschwindigkeit	$v_{crit} =$	13.420 m/s
Reynoldszahl	Re =	5.001*10 <sup>5</sup>
reduzierte Masse	M =	116.619 kg/m
generalisierte Masse	$M_{gen} =$	295.328 kg
logarithmisches Dämpfungsdekrement	$\delta =$	0.020
log. Dämpfungsdekrement inf. Schwingungsdämpfer	$\delta_d =$	0.100
Scrutonzahl	Sc =	71.655
Wirklängenfaktor	$K_W = 2.598 / 3.974 =$	0.654 $\Rightarrow$ 0.60
Beiwert der Schwingungsform	$K = 3.974 / 31.962 =$	0.124
Wirklängenverhältnis	$L_j / d =$	6.000
Wirklängen		
1.) von h= 10300 mm bis	6946 mm	
Mitte 1. Wirklänge bei h =	8623 mm	
Erregerkraftbeiwert	$v_{m,Lj} =$	16.769 m/s
Erregerkraftbeiwert	$C_{lat,0} =$	0.200
Erregerkraft	$C_{lat} =$	0.200
Schwingwegverhältnis	$p_{lat}(t) =$	12.584 N/m
Maximale Schwingwegamplitude	$\max y_{F,i} / d =$	0.00643 $\leq$ 0.10
	$\max y_F =$	3.6 mm

Belastung



Rohr	1	oben	0.267 kN/m	unten	0.234 kN/m
Rohr	2	oben	0.234 kN/m	unten	0.122 kN/m
Rohr	3	oben	0.122 kN/m	unten	0.084 kN/m
Knoten	4		0.339 kN		
Rohr	4	oben	0.084 kN/m	unten	0.050 kN/m
Rohr	5	oben	0.050 kN/m	unten	0.010 kN/m
Rohr	6	oben	0.010 kN/m	unten	0.000 kN/m

Schnittkräfte

Nach Theorie II.Ordnung mit 1.50-fachen Trägheitslasten und 1.30-fachen Eigengewichtslasten

Rohr	N <sub>oben</sub> kN	V <sub>oben</sub> kN	M <sub>oben</sub> kNm	N <sub>unten</sub> kN	V <sub>unten</sub> kN	M <sub>unten</sub> kNm
-						
1	0.000	0.000	-0.000	-1.156	0.338	0.156
2	-1.156	0.338	0.156	-5.267	1.191	2.752
3	-5.267	1.191	2.752	-6.808	1.376	4.302
4	-12.008	1.884	4.302	-13.550	2.005	6.648
5	-13.550	2.005	6.648	-16.119	2.090	10.772
6	-16.119	2.090	10.772	-18.046	2.099	13.920

Verformungen

Knoten	v <sub>x</sub> mm	φ <sub>z</sub> rad
-		
1	5.392	0.0007289
2	4.737	0.0007282
3	2.465	0.0006717
4	1.692	0.0006111
5	1.011	0.0005168
6	0.208	0.0002665
7	0.000	0.0000000

Auflagerkräfte

Knoten	bei γ <sub>F</sub> -fachen Lasten			bei 1.00-fachen Lasten		
	V	H	M	V	H	M
-	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
7	19.346	2.099	13.920	14.881	1.400	9.280

Spannungsnachweise

Die Spannungsnachweise werden für die resultierenden Schnittkräfte aus kritischer Windlast und Querschwingungen im Lastfall 3 geführt !

**Betriebsfestigkeitsnachweis für Lastfall 2**

Lebensdauer des Kamins	= 20 Jahre
Bezugswert der Windgeschwindigkeit	v <sub>0</sub> = 3.35 m/s
Anzahl der Spannungswechsel	N <sub>1</sub> = 10000
Schadensäquivalenzfaktor	λ = 0.171
γ-Faktor für die schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten	γ <sub>Ff</sub> = 1.00
γ-Faktor für die Ermüdungsfestigkeit	γ <sub>Mf</sub> = 1.00

Rohr	Ort	M/1.50 kNm	Δσ <sub>E</sub> N/mm <sup>2</sup>	Δσ <sub>E,2</sub> N/mm <sup>2</sup>	Δσ <sub>c</sub> N/mm <sup>2</sup>	Δσ <sub>C,red</sub> N/mm <sup>2</sup>	Nachw.
-	-						-
1	oben	0.000	0.00	0.00	71.00	71.00	0.00 ≤ 1.00
1	unten	0.104	0.17	0.03	71.00	71.00	0.00 ≤ 1.00
2	oben	0.104	0.17	0.03	71.00	71.00	0.00 ≤ 1.00
2	unten	1.835	3.07	0.53	71.00	71.00	0.01 ≤ 1.00
3	oben	1.835	3.07	0.53	71.00	71.00	0.01 ≤ 1.00
3	unten	2.868	4.80	0.82	71.00	71.00	0.01 ≤ 1.00
4	oben	2.868	4.80	0.82	71.00	71.00	0.01 ≤ 1.00
4	unten	4.432	7.42	1.27	71.00	71.00	0.02 ≤ 1.00
5	oben	4.432	7.42	1.27	71.00	71.00	0.02 ≤ 1.00
5	unten	7.181	12.02	2.06	71.00	71.00	0.03 ≤ 1.00
6	oben	7.181	12.02	2.06	71.00	71.00	0.03 ≤ 1.00
6	unten	9.280	15.54	2.66	71.00	71.00	0.04 ≤ 1.00

Nachw. = γ<sub>Ff</sub>\*Δσ<sub>E,2</sub> / (Δσ<sub>C,red</sub> / γ<sub>Mf</sub>)

**Lastfall 3: kritische Windlast**

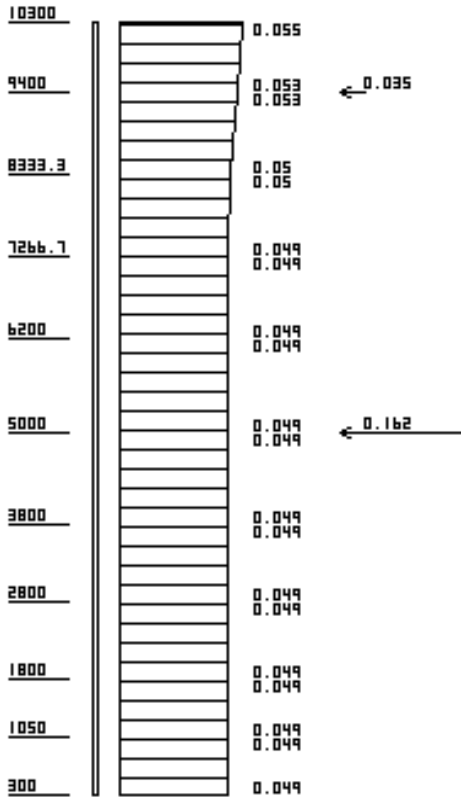
1. Eigenfrequenz  
kritische Windgeschwindigkeit  
Mitte 1. Wirklänge bei

$$n_{1,y} = 4.321 \text{ s}^{-1}$$

$$v_{crit} = 13.420 \text{ m/s}$$

$$h = 8623 \text{ mm}$$

Belastung



Rohr	Ort	v(z)	q(z)	Ø <sub>w</sub>	ΔA	Re	C <sub>f0</sub>	Ψ <sub>λ</sub>	κ	w; W
-	-	m/s	kN/m <sup>2</sup>	mm	m <sup>2</sup> /m	-	-	-	-	kN/m; kN
1	oben	13.96	0.122	559.0	0.10	8.561*10 <sup>5</sup>	0.821	0.763	1.000	0.055
	unten	13.68	0.117	559.0	0.10	8.441*10 <sup>5</sup>	0.820	0.763	1.000	0.053
	Kn	2	13.68	0.117		0.30	m <sup>2</sup>			1.000
2	oben	13.68	0.117	559.0	0.10	8.441*10 <sup>5</sup>	0.820	0.763	1.000	0.053
	unten	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	Kn	4	13.14	0.108		1.50	m <sup>2</sup>			1.000
3	oben	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	unten	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	Kn	4	13.14	0.108		1.50	m <sup>2</sup>			1.000
4	oben	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	unten	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	Kn	4	13.14	0.108		1.50	m <sup>2</sup>			1.000
5	oben	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	unten	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	Kn	4	13.14	0.108		1.50	m <sup>2</sup>			1.000
6	oben	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	unten	13.14	0.108	559.0	0.10	8.254*10 <sup>5</sup>	0.819	0.763	1.000	0.049
	Kn	4	13.14	0.108		1.50	m <sup>2</sup>			1.000

Schnittkräfte

Nach Theorie II.Ordnung mit 1.50-fachen Windlasten und 1.30-fachen Eigengewichtslasten und einer Schiefstellung von 1/204

Rohr	N <sub>oben</sub>	V <sub>oben</sub>	M <sub>oben</sub>	N <sub>unten</sub>	V <sub>unten</sub>	M <sub>unten</sub>
-	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
1	0.000	0.000	-0.000	-1.156	0.078	0.036
2	-1.156	0.131	0.036	-5.267	0.389	0.875
3	-5.267	0.389	0.875	-6.808	0.484	1.400
4	-12.008	0.752	1.400	-13.550	0.847	2.362
5	-13.550	0.847	2.362	-16.119	1.005	4.218
6	-16.119	1.005	4.218	-18.046	1.124	5.817

## Verformungen

Knoten	$v_x$	$\varphi_z$
-	mm	rad
1	2.056	0.0002717
2	1.812	0.0002715
3	0.961	0.0002537
4	0.668	0.0002343
5	0.404	0.0002019
6	0.085	0.0001080
7	0.000	0.0000000

## Auflagerkräfte

Knoten	bei $\gamma_F$ -fachen Lasten			bei 1.00-fachen Lasten		
	V	H	M	V	H	M
-	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
7	19.346	1.036	5.817	14.881	0.690	3.878

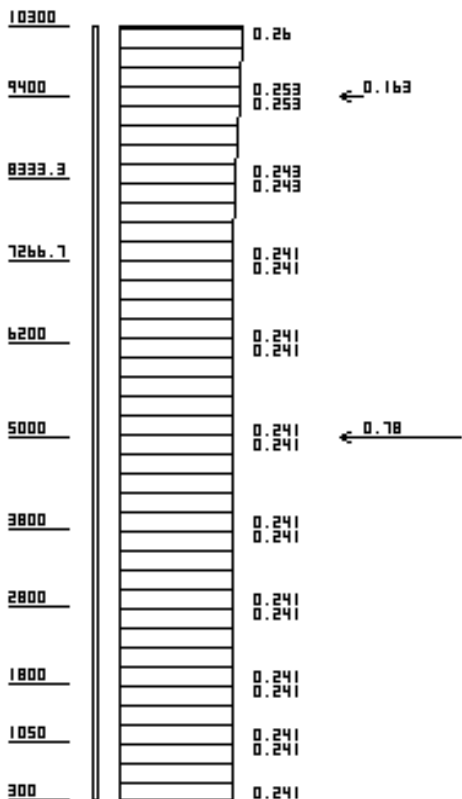
## Spannungsnachweise (für die result. Schnittkräfte aus Lastfall 2 + 3)

Rohr	oben	oben	unten	unten	
-	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	
-	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
1	0.000	-0.000	0.001	-0.267	≤213.636
2	0.001	-0.267	1.812	-3.022	≤213.636
3	1.812	-3.022	3.005	-4.570	≤213.636
4	2.407	-5.167	4.349	-7.463	≤213.636
5	4.349	-7.463	7.832	-11.537	≤213.636
6	7.832	-11.537	10.555	-14.703	≤213.636

**Lastfall 4: Bölast - dynamisch nach [3a], NA.C**

1. Eigenfrequenz	$n_{1,x} =$	4.321 s <sup>-1</sup>
Effektive Höhe	$z_s =$	8.000 m
Beiwert	$\epsilon =$	0.370
Integrallängenmaß	$L(z_s) =$	78.475 m
Dimensionslose Frequenz	$f_L(z_s, n_{1,x}) =$	20.558
Beiwert	$\eta_h =$	12.051
Aerodynamische Übertragungsfunktion	$R_h(\eta_h) =$	0.080
Beiwert	$\eta_b =$	0.67364
Aerodynamische Übertragungsfunktion	$R_b(\eta_b) =$	0.669
Dimensionslose spektrale Dichte	$S_L(z_s, n_{1,x}) =$	0.019
Aerodynamische Dämpfung	$\delta_a =$	0.007
Logarithmisches Dämpfungsdekrement	$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d =$	0.127
Resonanz-Antwortanteil	$R^2 =$	0.039
Böengrundanteil	$B^2 =$	0.797
Erwartungswert der Frequenz der Böenreaktion	$v =$	0.930 Hz
Mittelungszeitraum für die mittlere Windgeschw.	$T =$	600 s
Spitzenbeiwert	$k_p =$	3.725
Turbulenzintensität	$I_v(z_s) =$	0.294
Strukturbeiwert	$c_s c_d =$	1.086

Belastung



Rohr	Ort	vm(z)	ce(z)	qp(z)	øw	ΔA	Re	cf0	Ψλ	κ	w;W
-	-	m/s	-	kN/m²	mm	m²/m	-	-	-	-	kN/m; kN
1	oben	17.44	1.609	0.515	559.0	0.10	1.07*10 <sup>6</sup>	0.836	0.763	1.00	0.255
	unten	17.09	1.564	0.501	559.0	0.10	1.05*10 <sup>6</sup>	0.835	0.763	1.00	0.248
	Kn 2	17.09	1.564	0.501		0.30	m²			1.00	0.163
2	oben	17.09	1.564	0.501	559.0	0.10	1.05*10 <sup>6</sup>	0.835	0.763	1.00	0.248
	unten	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
3	oben	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
	unten	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
	Kn 4	16.43	1.496	0.479		1.50	m²			1.00	0.780
4	oben	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
	unten	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
5	oben	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
	unten	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
6	oben	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237
	unten	16.43	1.496	0.479	559.0	0.10	1.03*10 <sup>6</sup>	0.833	0.763	1.00	0.237

Schnittkräfte

Nach Theorie II.Ordnung mit 1.65-fachen Windlasten und 1.30-fachen Eigengewichtslasten und einer Schiefstellung von 1/204

Rohr	N <sub>oben</sub>	V <sub>oben</sub>	M <sub>oben</sub>	N <sub>unten</sub>	V <sub>unten</sub>	M <sub>unten</sub>
-	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
1	0.000	0.000	-0.000	-1.156	0.387	0.175
2	-1.156	0.656	0.175	-5.267	1.964	4.391
3	-5.267	1.964	4.391	-6.808	2.449	7.046
4	-12.008	3.762	7.046	-13.550	4.247	11.864
5	-13.550	4.247	11.864	-16.119	5.056	21.185
6	-16.119	5.056	21.185	-18.046	5.663	29.230



Verformungen

Knoten	$v_x$ mm	$\varphi_z$ rad
-		
1	10.329	0.0013644
2	9.101	0.0013637
3	4.828	0.0012746
4	3.353	0.0011767
5	2.030	0.0010143
6	0.429	0.0005425
7	0.000	0.0000000

Auflagerkräfte

Knoten	bei $\gamma_F$ -fachen Lasten			bei 1.00-fachen Lasten		
	V kN	H kN	M kNm	V kN	H kN	M kNm
-						
7	19.346	5.575	29.230	14.881	3.379	17.715

Spannungsnachweise

Rohr	oben	oben	unten	unten	
-	$\sigma_{max}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{max}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$ N/mm <sup>2</sup>	
1	0.000	-0.000	0.014	-.280	≤213.636
2	0.014	-.280	3.071	-4.281	≤213.636
3	3.071	-4.281	5.116	-6.680	≤213.636
4	4.518	-7.278	8.374	-11.488	≤213.636
5	8.374	-11.488	15.882	-19.587	≤213.636
6	15.882	-19.587	22.396	-26.543	≤213.636

Biegung infolge ungleichförmiger Winddruckverteilung über den Umfang

Rohr	q kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_w / \sigma$ -	$M_{max}$ kNm/m	$N_{zug}$ kN/m	W cm <sup>3</sup> /m	A cm <sup>2</sup> /m	$\sigma_{max}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{min}$ N/mm <sup>2</sup>	
-									
1	0.609	1.000	0.033	0.248	4.167	50.000	7.906	-7.807	≤235.000
2	0.592	1.000	0.032	0.242	4.167	50.000	7.712	-7.615	≤235.000
3	0.560	1.000	0.030	0.231	4.167	50.000	7.323	-7.231	≤235.000
4	0.560	1.000	0.030	0.231	4.167	50.000	7.323	-7.231	≤235.000
5	0.560	1.000	0.030	0.231	4.167	50.000	7.323	-7.231	≤235.000
6	0.560	1.000	0.030	0.231	4.167	50.000	7.323	-7.231	≤235.000

**Beulsicherheitsnachweis**

Für die minimalen Druckspannungen der Lastfälle 1 bis 4

Herstelltoleranz-Qualitätsklasse: C

Rohr	$l_B$ mm	$\omega$ -	$C_x$ -	$\sigma_{x,Rcr}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta w_k$ $\alpha_x$	$\bar{\lambda}_{x0}$ $\bar{\lambda}_x$	$\beta$ $\bar{\lambda}_{x,p}$	$\eta$ $\chi_x$	$\sigma_{x,Rk}$ $\gamma_{M1}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{x,Rd}$ $ \sigma_{min} $ N/mm <sup>2</sup>	Ausn. (-) -
-											
1	10000	268.7	0.600	1363.71	2.33	0.20	0.60	1.00	195.80	178.00	
					0.38	0.42	0.97	0.83	1.10	0.28	0.00
2	10000	268.7	0.600	1363.71	2.33	0.20	0.60	1.00	195.80	178.00	
					0.38	0.42	0.97	0.83	1.10	4.28	0.02
3	10000	268.7	0.600	1363.71	2.33	0.20	0.60	1.00	195.80	178.00	
					0.38	0.42	0.97	0.83	1.10	6.68	0.04
4	10000	268.7	0.600	1363.71	2.33	0.20	0.60	1.00	195.80	178.00	
					0.38	0.42	0.97	0.83	1.10	11.49	0.06
5	10000	268.7	0.600	1363.71	2.33	0.20	0.60	1.00	195.80	178.00	
					0.38	0.42	0.97	0.83	1.10	19.59	0.11
6	10000	268.7	0.600	1363.71	2.33	0.20	0.60	1.00	195.80	178.00	
					0.38	0.42	0.97	0.83	1.10	26.54	0.15

**Klassifizierungen nach DIN EN 1090-2:2008-12**

Sicherheitsklasse (Schadensfolgeklasse)	CC2
Beanspruchungskategorie	SC2
Herstellungskategorie	PC1
⇒ <b>Ausführungsklasse</b>	<b>EXC3</b>

**Messstutzen Knoten 3**

bei h= 6200 mm

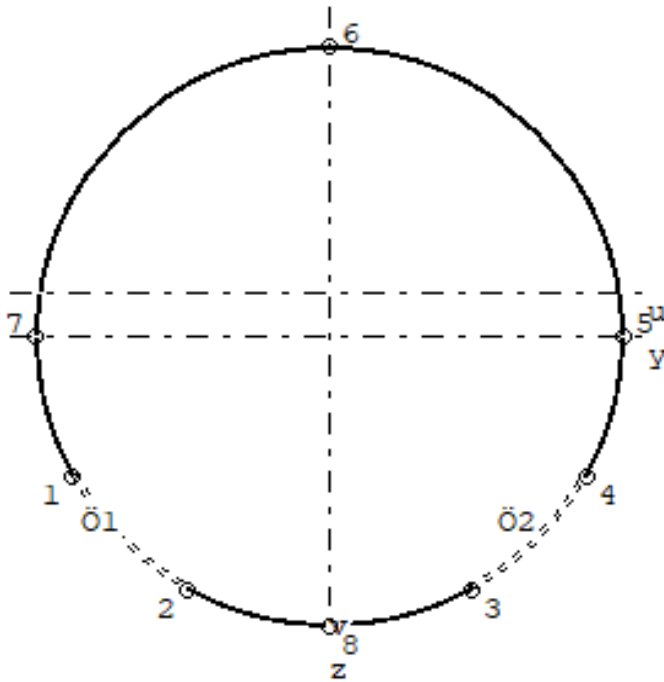
Schnittkräfte

LF	N	V	M	
-	kN	kN	kNm	
1	-5.267	1.781	3.990	Spannungsnachweis
2	-5.267	1.191	2.752	Betriebsfestigkeitsnw.
3	-5.267	0.389	0.875	
2+3	-5.267	1.253	2.888	Spannungsnachweis
4	-5.267	1.964	4.391	Spannungsnachweis

Querschnittswerte Rohr 2

Rohr  $\varnothing$  559.0x 5.0 mm, mit 2 Öffnungen

Nr.	Öffnungs-		Richtungs-		Verstärkungen		Fläche [mm <sup>2</sup> ]
	Breite [mm]	winkel [°]	Breite [mm]	Dicke [mm]			
Ö1	150.0	225.000	0.0	0.0		0	
Ö2	150.0	315.000	0.0	0.0		0	



A =	71.69	cm <sup>2</sup>	$\varphi$ =	0.00	°
e <sub>y</sub> =	-0.00	cm	e <sub>z</sub> =	-4.14	cm
I <sub>y</sub> =	27503.72	cm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> =	27503.72	cm <sup>4</sup>
I <sub>u</sub> =	26277.63	cm <sup>4</sup>	I <sub>v</sub> =	27503.72	cm <sup>4</sup>
W <sub>u,1</sub> =	1480.66	cm <sup>3</sup>	W <sub>v,1</sub> =	-1126.67	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,2</sub> =	920.50	cm <sup>3</sup>	W <sub>v,2</sub> =	-2020.59	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,3</sub> =	920.50	cm <sup>3</sup>	W <sub>v,3</sub> =	2020.59	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,4</sub> =	1480.66	cm <sup>3</sup>	W <sub>v,4</sub> =	1126.67	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,5</sub> =	6354.11	cm <sup>3</sup>	W <sub>v,5</sub> =	984.03	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,6</sub> =	-1103.43	cm <sup>3</sup>	W <sub>u,6</sub> =	6.09150E+17	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,7</sub> =	6354.11	cm <sup>3</sup>	W <sub>v,7</sub> =	-984.03	cm <sup>3</sup>
W <sub>u,8</sub> =	818.99	cm <sup>3</sup>	W <sub>u,8</sub> =	-4.64594E+17	cm <sup>3</sup>

## Spannungsnachweise

LF1: Bölast - statisch nach [3a], NA.B

Wind-/Bölast aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-4.42	2.66	1.81	-3.58	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-2.95	1.00	3.36	-5.31	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	1.00	-2.95	3.36	-5.31	≤213.64
Punkt 4:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	2.66	-4.42	1.81	-3.58	≤213.64
Punkt 5:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	3.29	-4.82	-.14	-1.40	≤213.64
Punkt 6:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-.54	-.54	-4.15	3.08	≤213.64
Punkt 7:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-4.82	3.29	-.14	-1.40	≤213.64
Punkt 8:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.00	-1.00	3.87	-5.87	≤213.64

LF2: Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz

Querschwingungen - Betriebsfestigkeitsnachweis

	$\Delta\sigma_{Mu}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_A$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_R$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_{Mv}$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_A$ N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_R$ N/mm <sup>2</sup>
Punkt 1:	2.48	≤ 26.00		3.26	≤ 26.00	
Punkt 2:	3.99	≤ 26.00		1.82	≤ 26.00	
Punkt 3:	3.99	≤ 26.00		1.82	≤ 26.00	
Punkt 4:	2.48	≤ 26.00		3.26	≤ 26.00	
Punkt 5:	0.58	≤ 26.00		3.73	≤ 26.00	
Punkt 6:	3.33	≤ 26.00		0.00	≤ 26.00	
Punkt 7:	0.58	≤ 26.00		3.73	≤ 26.00	
Punkt 8:	4.48	≤ 26.00		0.00	≤ 26.00	

LF: 2+3: kritische Windlast + Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz

Resultierende aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-3.44	1.68	1.07	-2.83	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-2.40	0.46	2.17	-4.11	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	0.46	-2.40	2.17	-4.11	≤213.64
Punkt 4:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	1.68	-3.44	1.07	-2.83	≤213.64
Punkt 5:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	2.17	-3.70	-.31	-1.22	≤213.64
Punkt 6:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-.54	-.54	-3.15	2.08	≤213.64
Punkt 7:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-3.70	2.17	-.31	-1.22	≤213.64
Punkt 8:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.00	-1.00	2.53	-4.53	≤213.64

LF4: Bölast - dynamisch nach [3a], NA.C

Bölast aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-4.78	3.02	2.08	-3.85	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-3.14	1.20	3.80	-5.74	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	1.20	-3.14	3.80	-5.74	≤213.64
Punkt 4:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	3.02	-4.78	2.08	-3.85	≤213.64
Punkt 5:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	3.69	-5.23	-.08	-1.46	≤213.64
Punkt 6:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-.54	-.54	-4.52	3.44	≤213.64
Punkt 7:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-5.23	3.69	-.08	-1.46	≤213.64
Punkt 8:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.00	-1.00	4.36	-6.36	≤213.64

**T-Anschluss d = 350 mm Knoten 5**

bei h= 3800 mm

Schnittkräfte

LF	N	V	M	
-	kN	kN	kNm	
1	-13.550	3.870	10.794	Spannungsnachweis
2	-13.550	2.005	6.648	Betriebsfestigkeitsnw.
3	-13.550	0.847	2.362	
2+3	-13.550	2.177	7.055	Spannungsnachweis
4	-13.550	4.247	11.864	Spannungsnachweis

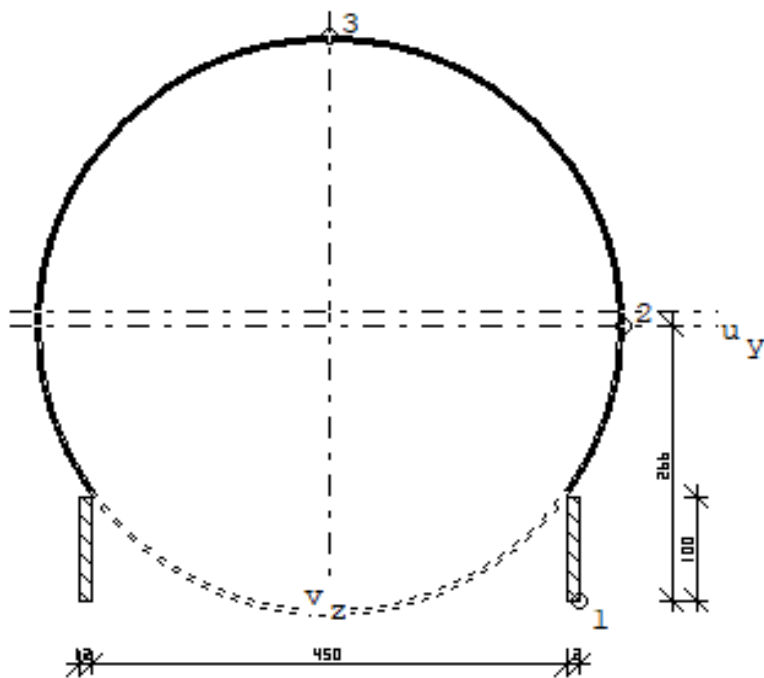
Querschnittswerte Rohr 4

Rohr  $\varnothing$  559.0x 5.0 mm

mit 1 Öffnung b= 450.0 mm

Verstärkungen b1/t1= 100.0/12.0 mm

e1= 450.0 mm a1= 265.8 mm



A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>u</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>u, 1</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>u, 2</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>u, 3</sub> (cm <sup>3</sup> )
e <sub>v</sub> (cm)	I <sub>v</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>v, 1</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>v, 2</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>v, 3</sub> (cm <sup>3</sup> )
84.41	29417.7	1054.5	22376.8	-1104.5
-1.31	40974.1	1728.9	1466.0	$\infty$

Spannungsnachweise

LF1: Bölast - statisch nach [3a], NA.B

Wind-/Bölast aus Richtung	+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 4.47	-8.02	8.46	-12.01	$\leq 213.64$
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 5.75	-8.98	-1.13	-2.10	$\leq 213.64$
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) = -1.44	-1.44	-11.22	8.33	$\leq 213.64$

LF2: Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz

Querschwingungen - Betriebsfestigkeitsnachweis

	$\Delta\sigma_{Mu}$	$\Delta\sigma_A$	$\Delta\sigma_R$	$\Delta\sigma_{Mv}$	$\Delta\sigma_A$	$\Delta\sigma_R$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
Punkt 1:	8.41	≤ 26.00		5.13	≤ 26.00	
Punkt 2:	0.40	≤ 26.00		6.05	≤ 26.00	
Punkt 3:	8.03	≤ 26.00		0.00	≤ 26.00	

LF: 2+3: kritische Windlast + Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz

Resultierende aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	2.31	-5.86	4.92	-8.46	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	3.20	-6.43	-1.30	-1.93	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.44	-1.44	-7.83	4.94	≤213.64

LF4: Bölast - dynamisch nach [3a], NA.C

Bölast aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	5.09	-8.64	9.48	-13.02	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	6.48	-9.71	-1.08	-2.14	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.44	-1.44	-12.19	9.30	≤213.64

**Reinigung d = 200 mm Knoten 6**

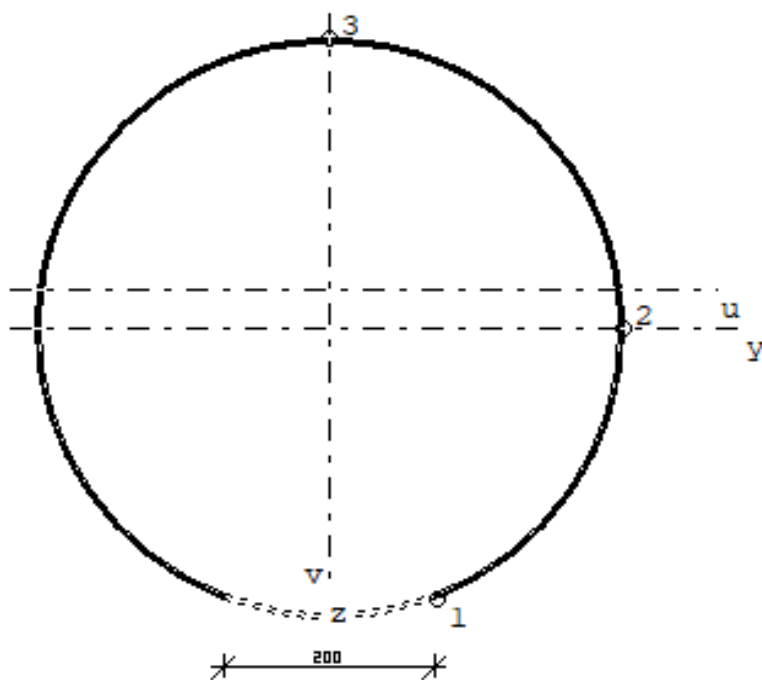
bei h= 1800 mm

Schnittkräfte

LF	N	V	M	
-	kN	kN	kNm	
1	-16.119	4.602	19.287	Spannungsnachweis
2	-16.119	2.090	10.772	Betriebsfestigkeitsnw.
3	-16.119	1.005	4.218	
2+3	-16.119	2.319	11.568	Spannungsnachweis
4	-16.119	5.056	21.185	Spannungsnachweis

Querschnittswerte Rohr 5

Rohr  $\varnothing$  559.0x 5.0 mm  
mit 1 Öffnung b= 200.0 mm



A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>u</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>u, 1</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>u, 2</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>u, 3</sub> (cm <sup>3</sup> )
e <sub>v</sub> (cm)	I <sub>v</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>v, 1</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>v, 2</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>v, 3</sub> (cm <sup>3</sup> )
76.69	24798.9	835.7	6804.1	-1020.3
-3.64	33028.4	3243.8	1181.7	∞

Spannungsnachweise

LF1: Bölast - statisch nach [3a], NA.B

Wind-/Bölast aus Richtung	+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 3.14	-8.75	20.27	-25.88	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) = 14.13	-18.51	0.65	-5.02	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) = -1.53	-1.53	-20.43	17.38	≤213.64

## LF2: Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz

## Querschwingungen - Betriebsfestigkeitsnachweis

	$\Delta\sigma_{Mu}$	$\Delta\sigma_A$	$\Delta\sigma_R$	$\Delta\sigma_{Mv}$	$\Delta\sigma_A$	$\Delta\sigma_R$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
Punkt 1:	17.19	≤ 26.00		4.43	≤ 26.00	
Punkt 2:	2.11	≤ 26.00		12.15	≤ 26.00	
Punkt 3:	14.08	≤ 26.00		0.00	≤ 26.00	

## LF: 2+3: kritische Windlast + Querschwingungen, 1.Eigenfrequenz

## Resultierende aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	0.76	-6.37	11.04	-16.65	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	7.60	-11.98	-.49	-3.89	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.53	-1.53	-12.86	9.81	≤213.64

## LF4: Bölast - dynamisch nach [3a], NA.C

## Bölast aus Richtung

		+u	-u	+v	-v	
Punkt 1:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	3.73	-9.34	22.54	-28.15	≤213.64
Punkt 2:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	15.74	-20.12	0.93	-5.30	≤213.64
Punkt 3:	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) =	-1.53	-1.53	-22.29	19.24	≤213.64



**Fußpunkt mit Verankerung**

Schnittkräfte

LF	N	V	M	
-	kN	kN	kNm	
1	-19.346	5.151	26.607	Spannungsnachweis
2	-19.346	2.099	13.920	Betriebsfestigkeitsnw.
3	-19.346	1.124	5.817	
2+3	-19.346	2.381	15.087	Spannungsnachweis
4	-19.346	5.663	29.230	Spannungsnachweis

Vorgaben:

Fußplatte:  $\varnothing$  800.0 x 25.0 mm - S235

Ankerkreis:  $\varnothing$  680.0 mm

Überstand: 100.0 mm nach innen

Anzahl der Anker: 8

Fundamentbeton: C25/30

Bemessung

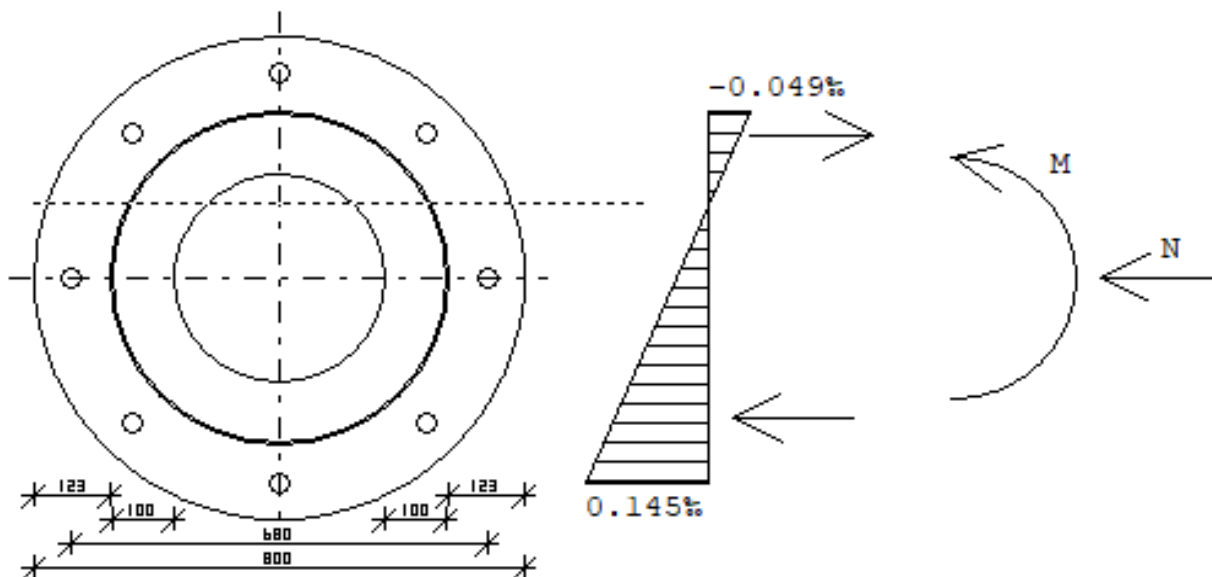
LF	B	$\epsilon_c/\epsilon_s$	erf. $A_s$	
-	mm	%/%	cm <sup>2</sup>	
1	: 205.0	-0.146/5.000	0.19	für N/1.30 und M/1.50!
2	: 205.0	-0.044/1.003	0.15	
2+3	: 205.0	-0.104/5.000	0.09	
4	: 205.0	-0.154/5.000	0.22	

**gewählt: 8 Anker M30 - 8.8**

mit  $A_s = 5.61 \text{ cm}^2$

Nachweis im Gebrauchszustand (Ankerkräfte mit vorh.  $A_s$ )

LF	vorh. B	vorh. $\epsilon_c/\epsilon_s$	vorh. Z	vorh. $\sigma$	zul. $\sigma$
-	mm	%/%	kN	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>
1	: 205.0	-0.044/0.130	15.35	27.37	528.93
2	: 205.0	-0.016/0.037	4.35	7.75	210.53
2+3	: 205.0	-0.026/0.065	7.65	13.64	528.93
4	: 205.0	-0.049/0.145	17.11	30.50	528.93



**Ankerring b/t= 90/10 mm - S235**

Biegespannungen in der Fußplatte

8 Aussteifungsrippen mittig zwischen den Ankerbolzen

LF		vorh.Z	M	$\sigma$	zul. $\sigma$	Ausn.
-		kN	kNm/m	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
1	:	15.35	3.696	35.477	218.182	16.3
2	:	4.35	1.047	10.047	218.182	4.6
2+3	:	7.65	1.842	17.687	218.182	8.1
4	:	17.11	4.119	39.543	218.182	18.1

Nachweis des oberen Aussteifungsringes

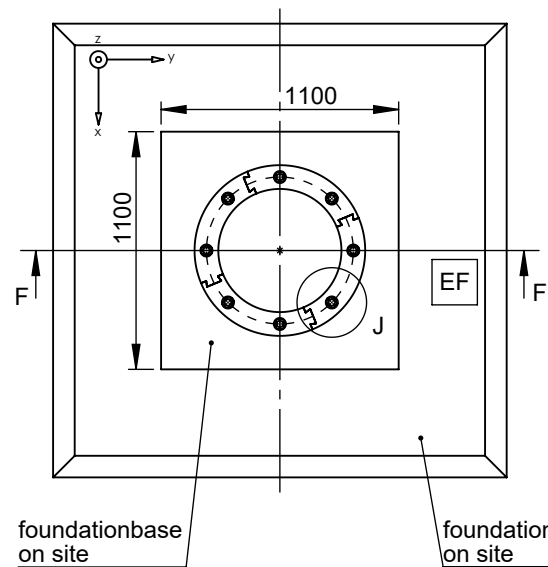
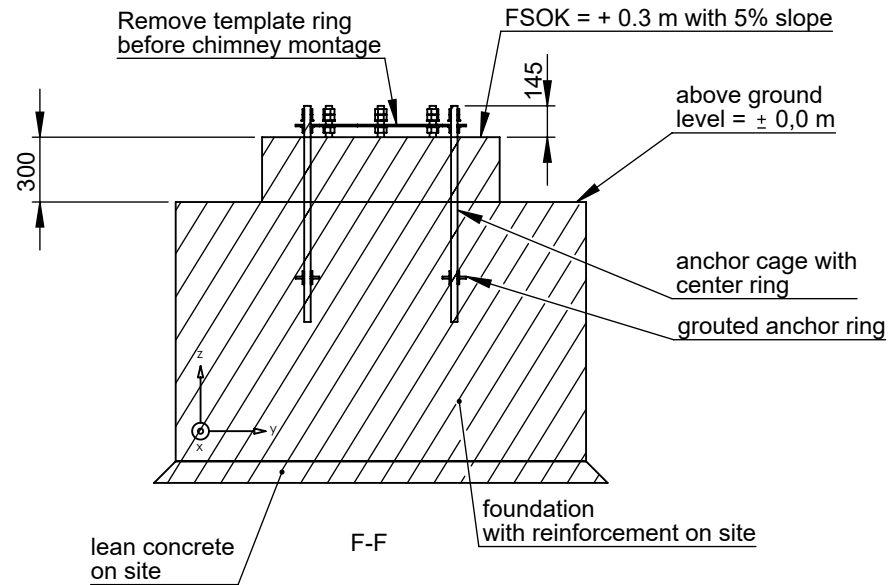
Ring b/t= 90.0/ 8.0 mm - S235, Rippen h=300.0 mm

LF		M $\phi$	N $\phi$	$\sigma$	zul. $\sigma$	Ausn.
-		kNm	kN	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
1	:	-.11247	3.20635	14.867	213.64	7.0
2	:	-.03527	0.87041	4.474	213.64	2.1
2+3	:	-.05966	1.55894	7.689	213.64	3.6
4	:	-.12452	3.58300	16.506	213.64	7.7

Nachweis der Aussteifungsrippen

Rippen 90÷120x300x8.0 mm - S235

LF	Ort	N	V	M	$\sigma$	$\tau$	zul. $\sigma$	Ausn.
-	-	kN	kN	kNm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
1	oben	0.00	2.979	0.000	0.000	6.206	218.182	4.9
	unten	14.96	2.979	0.007	15.977	4.654	218.182	7.3
2	oben	0.00	0.844	0.000	0.000	1.757	218.182	1.4
	unten	4.24	0.844	0.002	4.525	1.318	218.182	2.1
2+3	oben	0.00	1.485	0.000	0.000	3.094	218.182	2.5
	unten	7.46	1.485	0.004	7.965	2.320	218.182	3.7
4	oben	0.00	3.320	0.000	0.000	6.917	218.182	5.5
	unten	16.68	3.320	0.008	17.808	5.188	218.182	8.2



the positions of the grounding lugs are shown in the connection scheme of the chimney!

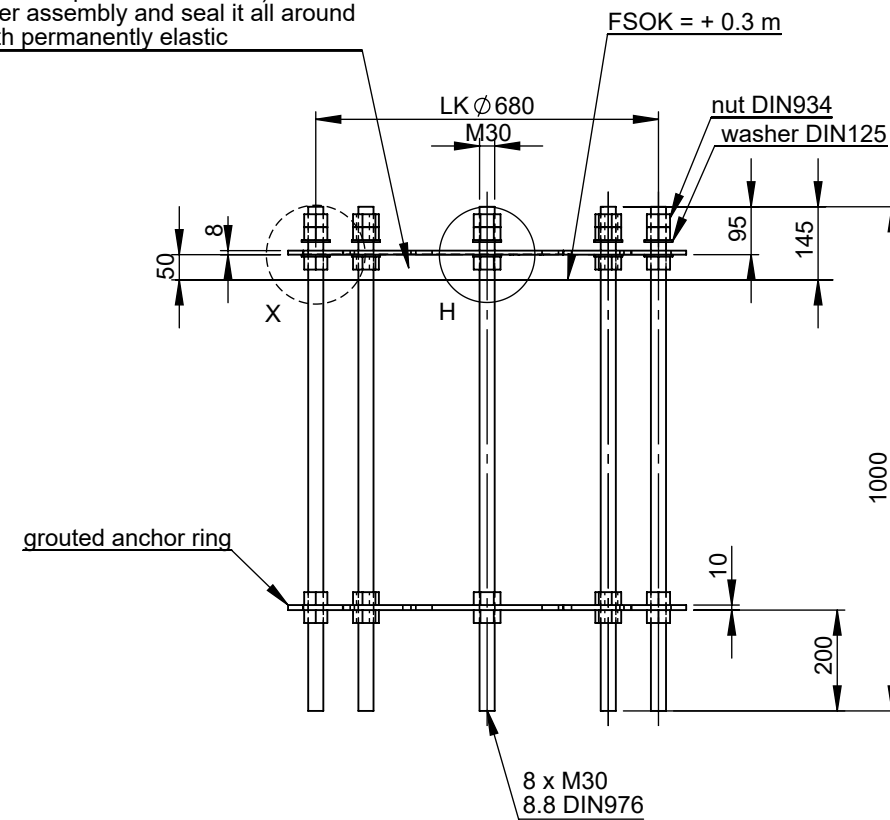
**marked anchor cage (colored)**  
(on Axis 0°/90°/180°/270°)  
note the marking, the alignment of the chimney system depends on it. Through to incorrect on site installation, incurring costs will not be accepted.

forces see current static calculation

**caution**  
 up to 20 m chimney length provide 1x grounding connector!  
 above 20 m chimney length provide 2x grounding connector!

EF

**on-site achievement**  
fill 50 mm gap with diminishing free swelling mortar (for example PAGEL V1/50) after assembly and seal it all around with permanently elastic



Our foundation dimensions are only for a rough orientation and are without regard for the public conditions.

The foundation must be dimensioned by the foundation engineer on the basis of our loads!

**Instructions for inserting the anchor cage on site:**

- Insert the anchor cage according to the reinforcement plan and secure it downward and to the site.
- Construct the foundation according to the foundation drawing
- Insert the anchor cage ring above with a distance of 50 mm to the foundation top edge
- any necessary workarounds to fix the anchor cage (anchor cages) shall be discussed with the local construction and installed by the executing shell company
- at anchor bolts and nuts must not be stapled and not welded!

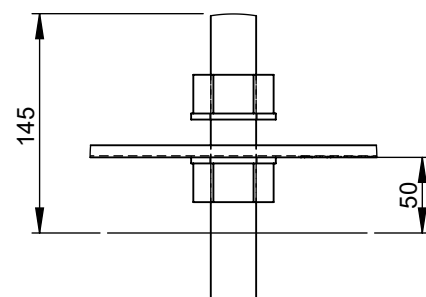
**Drawing release**

Date: \_\_\_\_\_

Signature: \_\_\_\_\_

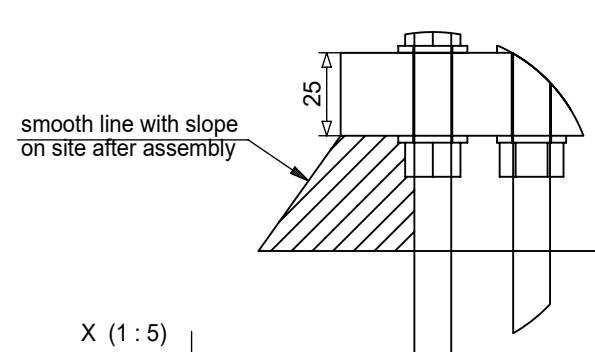
Company stamp

before assembly chimney :



nut and ring are not to be placed in concrete

after assembly chimney :



X (1 : 5)

<b>Jeremias</b> ABGASTECHNIK		project - nr.:	6319-N-A	
		project:	Nürnberg	
design.:	Kernstock, J.	02.08.2023	designation:	1x Anchor cage (S235JR+AR) + foundation
check.:			drawing - nr.:	6319-N-A.AK.ÜZ.ENGL.22.R2
mod.:	Leibrich, M.	14.09.2023		
rel.:	Ehrmann, P.	14.09.2023		
PL:	Endmeier, M.	Revision: 22.R2		
AD:		weight: 90.70	scale: 1:35	sheet: 2
				A3

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadensersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmerkmalregistrierung vorbehalten. Wir behalten uns konstruktive, werksnormbedingte Änderungen beding durch den techn. Fortschritt vor.