

# Akte

Dipl.-Ing. Joachim Daßler  
Beratender Ingenieur VBI  
Prüfingenieur für Baustatik

03-3	Eingang	4300 Essen-Helsingen, den 9.3.1989
Gesehen	- 9. MRZ. 1989	Ostproußenstraße 58 Ruf (02 01) 46 10 20 und 46 10 29
	Sachbearbeiter	Lo/Ss

P r ü f b e r i c h t Nr. 175/88  
=====

Bauvorhaben Siloanlage, Hafenstraße 239-247, 4300 Essen

Aktenzeichen 63-23-05233/87

Bauherr Stadtwerke Essen AG, Rüttenscheider Straße 27-37,  
4300 Essen 1

Vorliegende Unterlagen

Statische Berechnung Nr. 871109 t für ein Stahlsilo und Unterstützungs-Konstruktion Seite 1-24 vom 23.2.1988 mit elektronischer Berechnung Seite 12.0-12.22 sowie 1. Nachtrag, Seite 1-4 vom 25.1.1989 und 2. Nachtrag, Seite 1-5 vom 21.2.1989 nebst 4 Ausführungsplänen Nr. 002909-00, 002910-10 bis 002912-10 der Firma Silo-Thorwesten GmbH, Daimler-ring 39, 4720 Beckum.

Statische Berechnung für eine Bandbrücke, Seite 1-19 vom 2.12.1988 des Dipl.-Ing. Hartwig Goitzsch, Annabergstraße 37, 4358 Haltern, nebst 2 Ausführungsplänen Nr. 312.01.0A, 312.02.0 der Firma GAZ Industrie-Anlagen GmbH, Hansastraße 43-51, 4630 Bochum 6.

Statische Berechnung für die Fundierung Seite 1-5 vom November 1987 nebst einem Ausführungsplan Nr. S 001a der Firma HOCHTIEF AG, Niederlassung Ruhr, Huyssenallee 22-30, 4300 Essen 1.

Anlage: 1 Satz Bauantragsunterlagen einschl. einem Entwurfsplan der Firma GAZ Industrie-Anlagen GmbH, Hansastraße 43-51, 4630 Bochum 6.

Baustoffe Stahl St. 37  
Beton B 25  
Betonstahl III S

Lastannahmen Nach DIN 1055

Die in der statischen Berechnung für das Stahlsilo Seite 5 angesetzten Kennwerte für das Füllgut ( $\gamma = 18,3 \text{ kN/m}^3$ ,  $\rho = 45^\circ$ ) müssen ebenso wie die in der statischen Berechnung für die Bandbrücke auf Seite 3 und 4 angesetzten Band-Kennwerte (Förderleistung 100 t/h Bandgeschwindigkeit 1,5 m/s, Antriebsleistung 4 kW) als richtig vorausgesetzt werden.

Baugrund

Die zulässige Bodenpressung wurde mit  $0,25 \text{ MN/m}^2$  angenommen.  
Die Zulässigkeit dieser Bodenpressung ist vor Baubeginn von der Bauleitung verantwortlich zu prüfen.

Hinweise und Auflagen

Die statischen Unterlagen liegen vollständig vor und wurden geprüft.

Sie stimmen mit dem Entwurfsplan überein.

Die Prüfvermerke in den statischen Unterlagen sind zu beachten.

Die Schweißarbeiten dürfen nur von Firmen ausgeführt werden, die im Besitz des "Großen Eignungsnachweises" nach DIN 18800 Teil 7 sind.

Die Betongüte ist nach DIN 1045 nachzuweisen.

Die Baukontrollen sind beim Bauordnungsamt der Stadt Essen unter der Telefon Nr. 88 22 76 rechtzeitig anzumelden. Geprüfte statische Unterlagen müssen an der Baustelle vorliegen.

Die Prüfung ist abgeschlossen.

  
Dipl.-Ing. Joachim Daßler  
Prüfingenieur für Baustatik

*Arzt*

Stichwort: GAZ

Datum: 23.2.88

*Nachtrag zur Statik Nr. 8711091-t*

==== STATISCHE BERECHNUNG =====

FESTIGKEITSNACHWEIS

und

STABILITÄTSNACHWEIS

für ein rundes Stahlblechsilos  
mit Unterstützungs-Konstruktion

Besteller : *Fa. G.F. ? Industrieanlagen GmbH  
3630 Beckum KOM. 87.10.312*

Hersteller :



**SILO-THORWESTEN GMBH**  
Daimlerring 39 · Telefax 02521/167 88  
D-4720 BECKUM · Telefon 02521/7059

Kennwort :

*Kom. 283 F 4486*

*Noch Kundenaussage ist es durch die Anordnung  
des Beschickungskranes nicht möglich, einen  
Schüttkegel aufzuhäufen. Es wird mit  
„Streichvoll“ gerechnet. Da für das Silo ohne  
großen Einfluß wird nur das Gerüst nachgerechnet.  
Stab 35 (Silo-simulation) entfällt. (siehe Seite 7)*

19. DEZ. 1988

## Inhaltsverzeichnis

---

A) Berechnungsgrundlagen	Seite	3	
B) Eingabedaten	Seite	4	
1) Abmessungen			
2) Belastungen	Seite	5	
C) Zwischenwerte	Seite	6	
D) Fundamentlasten	Seite	8	
E) Fundament	Seite	10	entfällt
F) Stützenfüße	Seite	11	
G) Gerüst	Seite	12	
H) Bühnen	Seite	13	entfällt
I) Aufbau	Seite	14	entfällt
J) Verkleidung	Seite	15	entfällt
K) Silodrücke des Silos	Seite	16	Siehe 881109 t
L) Berechnung des Zylinders (Kubus)	Seite	17	"
M) Silodrücke der Zellen	Seite	18	entfällt
N) Berechnung der Trennwände	Seite	19	entfällt
O) Silodrücke des Trichters	Seite	20	entfällt
P) Berechnung des Trichters	Seite	21	Siehe 881109 t
Q) Silodach	Seite	22	entfällt
R) Bandage	Seite	23	siehe 881109 t
S) Pratzten und Silorandstützen	Seite	24	"
T) Standzarge	Seite	25	entfällt

## A) Berechnungsgrundlagen

Zeichnungs-Nr. : Vorabzug

D I N - Normen : 1050 1055 4100 4114 4119 11622

Literatur : Stahl im Hochbau, 13. Auflage  
 Girkmann, Flächentragwerke, Springer-V. 56  
 Pflüger, Stabilitätsprobleme, Springer-V. 75  
 Handbuch für ICES-STRUDL, 81., MAN Nürnberg  
 A D - Merkblätter  
 Technische Mitteilungen des GWK-Verbandes 58  
 Gottsch-Hasenjäger, Technische Baubestimmungen

Tischrechner : C B M 4032 mit eigenen Programmen

Material : wenn nicht anders vermerkt:

Silobleche : ST 37-2 ✓  $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$   
 $\sigma F = 24,00 \text{ kN/cm}^2$   
 Konstruktion: ST 37-2 ✓ DIN 1050  
 Schrauben : 4.6 ✓

Aufstellungsort: im Freien, einzeln stehend  
 Windberechnung nach DIN

Bemerkungen :

Anpralllasten werden nicht berücksichtigt. Bauseits  
 sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. ✓

Geschlossene Silos ohne Berücksichtigung eines  
 Unterdruckes müssen eine Entlüftung erhalten.  
 Die Dachschale darf nicht mit Materialdruck belastet werden.

Das Siloeigengewicht wird ermittelt:

Mantelfläche \* Durchmesser / 1000 ( $\geq 4 \text{ mm}$ )

Gerüsteigengewicht wird ermittelt: ( $\omega \cdot \gamma / \sigma = \text{ca } 0,0017$ )  
 (V-Last / Stützenszahl + Wind über Eck) \* Stützenszahl \* 0,0017

Bei großen Abweichungen der Eigengewichte: zusätzl. V-Last eingeben

Die errechneten Wandstärken beinhalten keine Verschleißzugabe.

Für Wind auf Gerüst wird eine Angriffsbreite von  $1/20 \cdot \text{Silodurchm.}$   
 \* Stützenszahl und ein Windbeiwert von  $c = 1,6$  angenommen. ✓

Als Stabilisierungslast wird ein angegebener %-Anteil an Füllungs-  
 und Siloeigengewicht in Schwerpunkthöhe angreifend angenommen. ✓

**B) Eingabedaten****1) ABMESSUNGEN**

Silodurchmesser	6500 ✓ mm
Auslaufdurchmesser	500 ✓ mm
Trichterbodendurchm.	500 ✓ mm
Zylinder-/Kubushöhe	3400 ✓ mm
Auslaufhöhe ab +-0	1400 ✓ mm
Trichterhöhe	5200 ✓ mm
Dachhöhe	Flachdach
Achsabstand A - B	4596 ✓ mm
Achsabstand 1 - 2	4596 ✓ mm
Unterk. Stütze ab +-0	500 mm
Pratzenhöhe ab +- 0	6275 ✓ mm
max y-Knicklänge	3000 ✓ mm
untere Stiellänge	√ 1200 mm
min. Trichterneigung	60.02 ✓ Grad
Pratzenanzahl	4 Stück ✓
Stützenanzahl	4 Stück ✓
Silo mit Randstützen	

## 2) BELASTUNGEN

Füllguteigensch.: anorganisch, staubförmig, ohne Brückenbildung

Stabilisierung

1.00 % V-Last ✓

Schüttgewicht

1.83 t/m<sup>3</sup> ✓

max. Schüttwinkel

45.00 Grad

Als richtig vorausgesetzt

V-Lasten auf Silo :

Nr!	EG	WL	e ->x	e ->y
1	15.0 kN ✓	0.0 kN	0 mm	0 mm

Windlasten :

Nr!	Staudruck	bis Höhe
1	0.5 kN/m <sup>2</sup> ✓	8000 mm ✓
2	0.8 kN/m <sup>2</sup> ✓	20000 mm ✓
<del>3</del>	<del>1.1 kN/m<sup>2</sup></del>	<del>100000 mm</del>
<del>4</del>	<del>1.3 kN/m<sup>2</sup></del>	<del>200000 mm</del>

C) Zwischenwerte

Seite 6-21 durch  
Vergleichsrechnung geprüft.

Siloinhalt und -gewicht :

Nr!	m <sup>3</sup> ; kN; mm	Volumen	Gewicht	Schwerp.
1	Kegel	0.00 ✓	0.00 ✓	0.00 ✓
2	Zylinder	112.82 ✓	2064.65 ✓	~ 8300.00 ✓
3	Trichter	62.28 ✓	1139.76 ✓	~ 5193.44 ✓
4	Summe	175.10 ✓	3204.41 ✓	7195.04 ✓

Siloeigengewicht :

Nr!	m <sup>2</sup> , kN	Mantelfl.	Gewicht
1	Dach	66.36 ✓	34.51 ✓
2	Zylinder	69.43 ✓	36.10 ✓
3	Trichter	66.40 ✓	34.53 ✓
4	Summe 2+3	135.83 ✓	70.63 ✓

Schwerpunkthöhe der Silolast über +- 0

~ 7195 ✓ mm

Füllgut-Streichmaß über/unter (+/-) Silorand

0 mm

Gerüstgewicht (Standzarge)

- 35.80 ✓ kN

Dachverkehrslast  
einschl. Schnee

24.89 ✓ kN

Wind auf Silo : (Momente bezogen auf +- 0)

	(kN ; m) in x-Richtung				(kN ; m) in y-Richtung			
	Fläche!	H-Last!	Moment!	Höhe!	Fläche!	H-Last!	Moment!	Höhe!
Dach	0.0! ✓	0.0! ✓	0.0! ✓	10.0! ✓	0.0! ✓	0.0! ✓	0.0! ✓	10.0! ✓
Zylind.	22.1! ✓	10.5! ✓	88.8! ✓	8.5! ✓	22.1! ✓	10.5! ✓	88.8! ✓	8.5! ✓
Tricht.	18.2! ✓	6.4! ✓	30.2! ✓	4.7! ✓	18.2! ✓	6.4! ✓	30.2! ✓	4.7! ✓
Gerüst	7.9! ✓	6.3! ✓	22.5! ✓	3.6! ✓	7.9! ✓	6.3! ✓	22.5! ✓	3.6! ✓

Zur Aufnahme der etwas größeren Windlast infolge der eng stehenden Silos sind ausreichende Bemessungsréserven vorhanden. Auf weitere diesbezügliche Verbesserungen wird verzichtet.



Horizontallasten : (Momente bezogen auf + 0)

Wind

	in x-Richtung			in y-Richtung		
	H-Last	Moment	Mt-hor. Torsion	H-Last	Moment	Mt-hor. Torsion
Silorand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pratzen!	16.8	119.0	0.0	16.8	119.0	0.0
Stützen!	23.2	141.5	0.0	23.2	141.5	0.0

Stabi./Erdbeben

	in x-Richtung			in y-Richtung		
	H-Last	Moment	Mt-hor. Torsion	H-Last	Moment	Mt-hor. Torsion
Silorand	0.4	4.0	0.0	0.4	4.0	0.0
Pratzen!	33.1	239.6	0.0	33.1	239.6	0.0
Stützen!	33.5	241.9	0.0	33.5	241.9	0.0

Das Moment im Punkt i (Höhe  $h_i$ ) errechnet sich zu:  $M_i = (M/H - h_i) * H$

Gesamtlast :

in Höhe :	Silorand	Pratzen	Stützen-O.K.
Eigengewicht!	15.00	85.63	121.44
Wechselast !	24.89	3229.30	3229.30

$V = 3351.0 \text{ kN}$

$H = 23.2 \text{ kN}$

für Stabi-Nachweis: Sicherheitsfaktor = 1.5

$V = 1.5 * 3351 = 5030 \text{ kN}$

$H = 1.5 * 23.2 = 34.8 \text{ kN}$

Wind resultierende in Höhe  $\frac{141.5}{23.2} = 6.10 \text{ m}$

~ Pratzen Höhe (Joint 18)

## D) Fundamentlasten

Die errechneten Fundamentlasten beinhalten 10% Sicherheitszuschlag  
 (Stützenlast \* 11+5)/10:

Es sind jeweils die größeren Werte von stabilis. Last und Wind  
 maßgebend und werden fuer die weitere Berechnung zusammen mit  
 evtl. vorh. richtungsgeb. H-Lasten berücksichtigt.

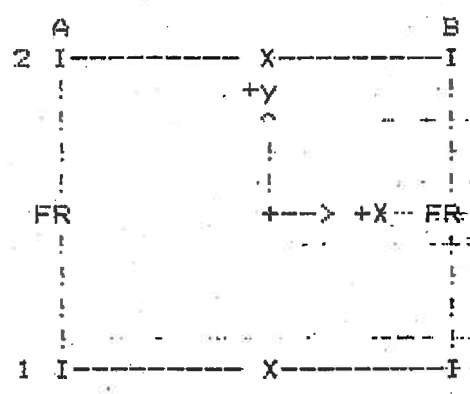
Die Torsionsmomente aus exzent. angreifenden H-Lasten  
 werden von dem steiferen Scheibenpaar aufgenommen.

**Erklärung der Abkürzungen:**

- FR = Fachwerkrahmen ; X = Diagonalkreuz
- R = Rahmen ; /D = Einzeldiagonale A bzw. 1 unten
- K = K-Verband ; D/ = Einzeldiagonale B bzw. 2 unten

H-Last = richtungsgebundene Horizontallast  
 St./E. = Stabilisierungslast oder Erdbebenlast

Wind Eck und St./E. Eck sind wechselnde Lasten (+/-)



## Fundamentlasten :

Belastung in Höhe Unterkante Stütze (kN) (Aktionskräfte)

	A 1			A 2		
	V	H x	H y	-V	H x	H y
Eigengew.	33.8 ✓	---	---	33.8 ✓	---	---
Verkehr	888.5 ✓	---	---	888.5 ✓	---	---
Wind Eck	22.4 ✓	---	---	22.4 ✓	---	---
St./E. Eck	38.5 ✓	---	---	38.5 ✓	---	---
Wind +x	-16.1 ✓	13.2 ✓	---	-16.1 ✓	13.2	---
Wind -x	16.0 ✓	---	---	16.0 ✓	---	---
Wind +y	-16.1 ✓	---	6.8 ✓	16.0 ✓	---	-6.8 ✓
Wind -y	16.0 ✓	---	-6.9 ✓	-16.1 ✓	---	-6.9 ✓
St./E. +x	-27.5 ✓	18.9 ✓	---	-27.5 ✓	18.9 ✓	---
St./E. -x	27.4 ✓	---	---	27.4 ✓	---	---
St./E. +y	-27.5 ✓	---	9.7 ✓	27.4 ✓	---	9.7 ✓
St./E. -y	27.4 ✓	---	-9.8 ✓	-27.5 ✓	---	-9.8 ✓

	B 1			B 2		
	V	H x	H y	V	H x	H y
Eigengew.	33.8 ✓	---	---	33.8 ✓	---	---
Verkehr	888.5 ✓	---	---	888.5 ✓	---	---
Wind Eck	22.4 ✓	---	---	22.4 ✓	---	---
St./E. Eck	38.5 ✓	---	---	38.5 ✓	---	---
Wind +x	16.0 ✓	---	---	16.0 ✓	---	---
Wind -x	-16.1 ✓	-13.3 ✓	---	-16.1 ✓	-13.3 ✓	---
Wind +y	-16.1 ✓	---	6.8 ✓	16.0 ✓	---	6.8 ✓
Wind -y	16.0 ✓	---	-6.9 ✓	-16.1 ✓	---	-6.9 ✓
St./E. +x	27.4 ✓	---	---	27.4 ✓	---	---
St./E. -x	-27.5 ✓	-19.0 ✓	---	-27.5 ✓	-19.0 ✓	---
St./E. +y	-27.5 ✓	---	9.7 ✓	27.4 ✓	---	9.7 ✓
St./E. -y	27.4 ✓	---	-9.8 ✓	-27.5 ✓	---	-9.8 ✓

Es folgt Seite 11

F) Stützenfüße

Betongüte B 25 ✓

zul. sigma B = 0.93 kN/cm<sup>2</sup> ✓

max. P = 872.32 kN ✓  
 min. P = -4.28 kN ✓  
 max. H = 16.75 kN ✓

(bei großer Abweichung vom auf Seite 12. errechneten Profil ist eine Überprüfung nötig)

Überschl. geschätztes Stützenprofil: IPB 260  
 FUSSPLATTE: (nach typ. Verbindungen im Stahlbau, DSTV/DAST)

*U. Ausführungsplan  
 von IPB 240  
 in statischer Hinsicht  
 ausreichend*

Auswahlliste für die Fußplatten: (mm)

Dicke ! dp !	Länge ! lp !	Breite ! bp !	Überstände ! aF !	((bp-bt)/2 !	4 Steifen ! b * t * l !
<del>15</del>	<del>340</del>	<del>470</del>	<del>40</del>	<del>105</del>	<del>105*15*315</del>
<del>20</del>	<del>370</del>	<del>360</del>	<del>55</del>	<del>50</del>	<del>50*15*150</del>
25	400	290	70	15	15*15*45
<del>30</del>	<del>430</del>	<del>260</del>	<del>85</del>	<del>0</del>	<del>0*0*0</del>

Aussteifung der Fußplatte durch Verbreiterung der Stützenflansche ✓

ZUGANKER:

Auswahlliste für Zuganker: (mm, kN)

Stück	Material Anker	zul. Z	oder	Stück	Material Anker	zul. Z
<del>1</del>	<del>M 12</del>	<del>8.3</del>	<del>1</del>	<del>M 12</del>	<del>11.1</del>	
<del>2</del>	<del>M 12</del>	<del>16.6</del>	<del>2</del>	<del>M 12</del>	<del>22.3</del>	
4	M 12	33.3	4	M 12	44.6	

*U. Ausführungsplan  
 von 2M 24 4.6  
 in statischer Hinsicht  
 ausreichend*

SCHUBKNAGGE:

Profil ~~L 60 \* 6~~ 5 cm im Beton  
 ===== 3 cm Unterguß

sigma B = 0.17 kN/cm<sup>2</sup>  
 sigma = 23.75 kN/cm<sup>2</sup>

*U. Ausführungsplan  
 von IPB 100 in  
 statischer Hinsicht ausreichend*

6) Gerüst

Skizze wie Seite 12 Nr. BZ11091-t

nur Stab 35 entfällt und die  
Lasten werden im Knoten 18 angesetzt

Es folgt Seite 16

**K) Silodrücke des Gesamtsilos**

Hilfswerte nach DIN 1055, Bl. 6 (maßgebende Silolasten nach Tabelle 2)

	d	n	l	F/U(m)	z0	ph	d=delta=Wandreibungsgl. n=nu = tan(d) l=lambda=H/V-Verhältnis z0=Hilfswerte für Tie: ph=Silolasten-Abminder
füllen	33.8	0.67	0.50	1.6	4.9	37.7	
entl.	27.0	0.51	1.00	1.6	3.2	30.5	

Füllhöhe über+/-unter Silorand:  $z \leq 1.10$  m

Abminderungshöhe (1.2\*D bzw 0.75\*H) ergibt  $z = -2.42$  m für phe

Lasten in unendlicher Tiefe		Exzentr.		Faktor		Inkreis	
pvf	pve	phf	phe	pwf/e	(m)	c	(m)
87.3	57.3	43.7	57.3	29.2	0.00	1.00	0.00

Silolasten : (T = Tiefe ab Silorand)  
(Z = Füllguthöhe)

Tiefe	T (m)	Z (m)	omega f	omega e	pv (f)	ph (e)	pw (e)
					kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	kn/m
0.00	< 1.10	< 0.20	< 0.29	< 17.67	< 16.70	< 9.36	
0.34	1.44	0.26	0.36	22.38	20.80	12.96	
0.68	1.78	0.31	0.43	26.76	24.49	17.21	
1.02	2.12	0.35	0.49	30.85	27.80	22.02	
1.36	2.46	0.40	0.54	34.66	30.52	27.36	
1.70	< 2.80	< 0.44	< 0.58	< 38.22	< 30.85	< 33.15	
2.04	3.14	0.48	0.63	41.53	31.19	39.37	
2.38	3.48	0.51	0.66	44.62	31.53	45.95	
2.72	3.82	0.54	0.70	47.51	31.87	52.88	
3.06	4.16	0.57	0.73	50.19	32.21	60.10	
3.40	< 4.50	< 0.60	< 0.76	< 52.70	< 32.54	< 67.60	

(vgl. Bemerkung auf  
Statik, Seite 1)

(0,5p) (0,66) (43,9) (28,3) (58,7)

## L) Berechnung des Zylinders (Kubus)

KRIT. BEULLAST (SICHERHEITSAKTOR = 1.75) DURCHMESSER : 6.5 ✓

BLECH I T (MM) I	R/T I	I	K	I KRIT. PB I (KN/M) I	I ZUL. PB I (KN/M) I	I WIDERST. I MOM. (CM <sup>3</sup> ) I
4 I	812.500 I	0.092 I	101.558 I	58.632 I	132509.0 I	
5 I	650.000 I	0.106 I	171.453 I	97.973 I	165567.0 I	
6 I	541.667 I	0.113 I	263.063 I	150.322 I	198562.0 I	
7 I	464.286 I	0.119 I	377.249 I	215.571 I	231568.0 I	
8 I	406.250 I	0.124 I	514.502 I	294.001 I	264508.0 I	
9 I	361.111 I	0.128 I	675.115 I	385.780 I	297434.0 I	

Vorhandene Beullast:

aus Wandreibung:

aus Wind in Prattenhöhe:  $(M/H-h) * H * 100 / (W * t) = 67.60 \text{ KN/m}$ 

aus Auflast:

 $(G+P) / (\pi * d) = 3.43 \text{ KN/m}$  $p_B = 75.93 \text{ KN/m}$ Radialspannung:  $\sigma = d * p_h / (2 * t * (100 - 10 * d)) = 2.10 \text{ KN/cm}^2$ 

Schrauben:

horizontal: 10 M 16 ✓ ; zul. p = 225.00 KN/m ; vorh. p = 105.75 KN/m

vertikal: 10 M 16 ✓ ; zul. p = 225.00 KN/m ; vorh. p = 71.03 KN/m

Es folgt Seite 20

## P) Berechnung des Trichters

---

Berechnung des Trichters:

\*\*\*\*\*

Blech e mm

\*\*\*\*\*

Membranspannungen:

Trichterneigung beta = 60.0 Grad

Schüttgewicht gamma = 18.3 kN

Schüttwinkel rho = 45.0 Grad

Trichterhöhe h = 5.62 m

Gesamthöhe H0 = 10.12 m

x = 3\*H0-2\*h = 19.12 m

y = H0-h = 4.50 m

a = cos(beta)^2 + tan(45-rho/2)^2 \* sin(beta)^2 = 0.38

c = cos(beta)/sin(beta)^2 = 0.67

sigma phi = g\*h\*a\*c\*x/(t\*100\*6) = 1.38 kN/cm^2

sigma delta = g\*h\*a\*c\*y/(t\*100) = 1.95 kN/cm^2

*Es folgt Seite 23*



## R) Bandage

$$\max V = 3200 \sqrt{\text{KN}} = \text{Silofüllung}$$

$$p_v = \frac{3200 \sqrt{\text{KN}}}{\pi \cdot 6,5 \sqrt{\text{m}}} = 156,7 \sqrt{\text{KN/m}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$p_h = \frac{156,7 \sqrt{\text{KN}}}{\tan 60^\circ} = 90,5 \sqrt{\text{KN/m}}$$

$$H = 90,5 \sqrt{\frac{6,5 \sqrt{\text{m}}}{2}} = 295 \sqrt{\text{KN}}$$

$$\rightarrow \boxed{\neq 300 \cdot 70}$$

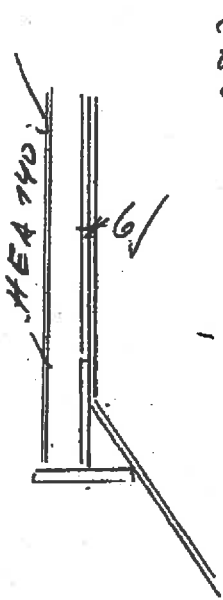
$$\bar{b} = \frac{295 \sqrt{\text{KN}}}{30 \sqrt{\text{m}}} = 9,8 \sqrt{\text{KN/m}}$$

lt. Ausführungsplan vorh.  $\neq 400$  mm  
ausreichend.

Widerberücksichtigt bleiben:

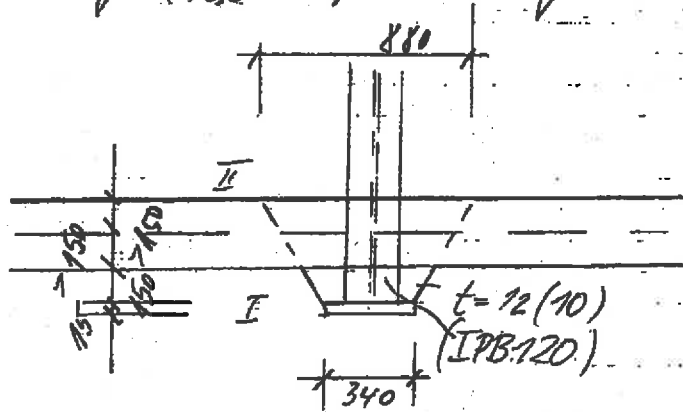
- 1) mitwirkende Blechbreiten von Zylinder u. Frischter ✓
- 2) Innendruck der Silofüllung ✓

5) Bretzen und Silorandstützen



Zylinder:  $t = 6 \text{ mm}$

$$P = 14 \cdot 3352 + \left(\frac{109}{16.2} - 6.3\right) \cdot \frac{16.8}{6.5} = 840 \text{ kN}$$



lt. Ausführungsplan  
am Bretzenauflager  
oder  $F_{II} = 34 \cdot 10 + 340 = 680 \text{ cm}^2$

$$F_I \geq 34 \cdot 12 = 31.4 - 14 \cdot 0.85 = 60.3 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_I = \frac{840}{60.3} = 13.93 \text{ kN/cm}^2$$

(680)

$$F_{II} \geq 88 \cdot 0.6 + 31.4 = 75.4 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{II} < \sigma_I \checkmark$$

aufgestellt

Vorplatz d. 23.2.88.

A. H. W. W.

In statischer Hinsicht geprüft

Prüfnummer 175 d. Prüfverzeichnis 10 88

Essen, den 19.3.89  
W. W. W.

Prüfingenieur für Baustatik  
gem. Verordnung v. 19.7.1962 (GV NW, S. 470)  
für die Fachrichtung Stahlbau

Dipl.-Ing. J. Daßler

43 6554100 10000 10000 10000 10000

87 11.09.16

Akte

1. Nachtrag (II)

zur Statik 87 11.09.16

für ein abwechselndes Silobehälter

Besteller : Fa. B.A.Z. Industriemaschinen GmbH  
4680 Bachum

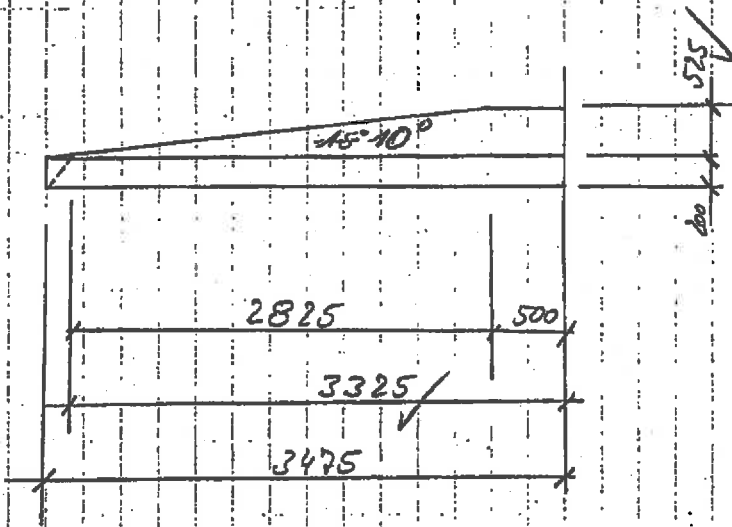
Hersteller :



Kennwert : 283 A 4486

Silodach  $\varnothing$  6950

als Staubhaube, nicht begehbar!



Belastung:

Schnee	0,75 kN/m <sup>2</sup>
(B. 5) EG	0,4 kN/m <sup>2</sup>
	<u>1,15 kN/m<sup>2</sup></u>

$$L = \frac{2825}{\cos 15^\circ 10'} = 2925$$

$$a_1 = \frac{500}{\sin 15^\circ 10'} = 1932$$

$$a_2 = \frac{3325}{\sin 15^\circ 10'} = 12847$$

$$a_m = \frac{1932 + 12847}{2} = 7389,5$$

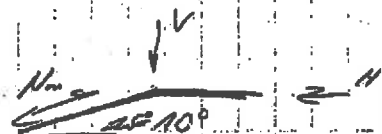
a) Mittelplatte  $\varnothing$  1000 Bl. 8

$$Q = 1,15 \cdot \frac{1^2 \pi}{4} = 1,18 \text{ kN}$$

$$V = \frac{1,18}{1,11} = 0,325 \text{ kN/m}$$

$$H = \frac{0,325}{\tan 15^\circ 10'} = 1,14 \text{ kN/m}$$

$$N_m = \frac{0,325}{\sin 15^\circ 10'} = 1,15 \text{ kN/m}$$



$$N = \frac{21}{10} + 0,5 \sqrt{1,1} \approx 2,1 + 0,5 \sqrt{1,1} \text{ kN}$$

$$A = 0,5^2/10 + 0,8^2/10 = 8,9/cm^2 \quad \text{Mittelpunkt} = 10t$$

$$G = \frac{11}{8,9} \sqrt{10,1} \approx 4,1 \text{ t}$$

b) Schräger Druckbein  
DIN 4119 u. Stahlbau 5/66

$$I = 10^4 \cdot \frac{0,5}{238,95} = 6,72$$

$$P_{BII} = \frac{115}{100} \cdot \frac{238,95}{292,5} \cdot 6,72^2 \sqrt{6,72} = 4,07 \text{ kN/m}^2$$

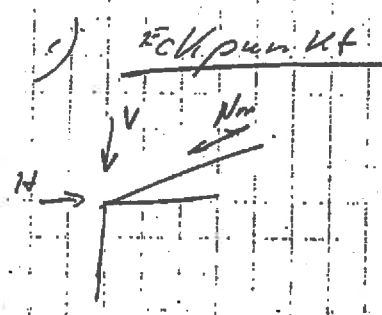
$$\text{Binkel} \quad 1 - \frac{0,5}{238,95} = 0,85 \rightarrow \alpha = 1,23$$

$$P_{BII} = 1,23 \cdot 4,07 = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Durch Vergleichsrechnung geprüft

$$q = 1,15 \sqrt{1/m^2}$$

$$y_D = \frac{266}{1,15} = \frac{231}{4,35} \approx 1,22 \sqrt{1/m^2}$$



$$Q = \frac{0,95 \sqrt{1/m^2}}{1,15} = 43,63 \sqrt{1/m^2}$$

$$V = \frac{43,63}{1,15} = 2,09 \sqrt{1/m^2}$$

$$H = 2,09 \tan 10^\circ = 2,7 \sqrt{1/m^2}$$

$$N_m = 2,09 \sqrt{1/m^2} \sin 10^\circ = 2,09 \sqrt{1/m^2}$$

### Meridianspannung

$$\sigma_m = \frac{120}{100 \cdot 0,5} = 0,124 \text{ kN/cm}^2 \quad \checkmark \text{ 5ml}$$

### Dehnbarkeit

$$\epsilon_{m1} = \frac{2}{\sqrt{\frac{12047}{5}}} - 0,2 = 0,081$$

$$\sigma'_3 = 0,081 \cdot 21000 \cdot \frac{0,5}{12047} = 0,66 \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha = \frac{0,66}{24} = 0,0275$$

$$\omega'_3 = 1,3 + 0,23 \cdot 0,0275 + 0,19 \cdot 0,0275^2 = 1,306$$

Durch Vergleichsrechnung geprüft

$$\sigma_B = \frac{0,66}{1,306} = 0,505 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma = \frac{\frac{0,42}{0,505}}{\frac{0,16}{0,24}} = \frac{0,83}{0,67} = 1,24 \quad \checkmark$$

### Ringkraft

$$N_R = \frac{33,9}{7,3235} - \frac{38,8}{8,5} \text{ kN/m}$$

$$\sigma_R = \frac{38,8}{100 \cdot 0,5} = 0,77 \text{ kN/cm}^2 \quad \checkmark \text{ 5ml}$$

e) Dachdeckung

$V = 2,09 \text{ MN/m}$

$l = \frac{11,9}{2,8} \text{ m/m}$

$R = \frac{11,9}{2,8} \cdot 3,475 = \frac{41,4}{27,1} \text{ kN}$

DIN 4112 262

$s_{m1} = 0,6 \sqrt{347,5 \cdot 0,5} = 7,9 \text{ N/cm}$

$s_{m2} = 0,6 \sqrt{\frac{11,9 \cdot 2,8}{1915} \cdot 0,5} = \frac{18,57}{15,24} \text{ cm}$

$A_{m1} = 7,9 \cdot 0,5 \sqrt{\quad} = 2,95 \sqrt{\quad}^2$

$A_{m2} = \frac{18,57}{15,24} \cdot 0,5 \sqrt{\quad} = \frac{9,29}{27,6} \text{ cm}^2$

$\frac{13,24}{14,55} \sqrt{\quad}^2$

$\sigma_R = \frac{\frac{41,4}{27,1}}{\frac{13,24}{14,55}} = \frac{313}{235} \text{ N/cm}^2 \quad \checkmark$

In statischer Hinsicht geprüft

Prüfnummer 175 Prüfverzeichnisse 1988

Eisen den 9.3.89

*Ray Jahn*

Seite 1: 4 aufgestellt

25. 1. 89

Prüfingenieur für Baustatik  
gen. Verordnung v. 1971/1982 (GV NW S. 47)  
für die Fachrichtung Stahlbau

**GAZ** Dipl.-Ing. J. Dabbe  
Industrieanlagen GmbH  
4630 Bochum-Wattenscheid  
Hansastraße 43-51

**SILO-THORWESTEN GMBH**  
Daimlerring 39  
D-4720 BECKUM  
Telefax 02521/1 67 83  
Telefon 02521/7059

*J. Dabbe*

KOM 87.10.312

87 11 09 14

Akte

2. Nachtrag (III)

zur Statik 87 11 09 14

Trichterbandage (Druckring)

Besteller : Fa. GAT Industrieanlagen GmbH  
4630 Bochum

Hersteller :



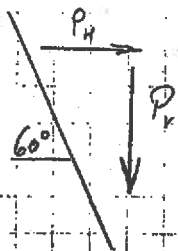
Kenntwort: 283 H 4486



# 1) Druckring (Bandage)

G. Füllung	3205 kN/m
EG silo	~ 71 kN/m
EG Dach	15 kN/m
Schnee	29 kN/m
	<hr/>
	3320 kN/m

$$P_v = \frac{3320 \sqrt{3}}{6,5 \cdot \pi} = 162,6 \sqrt{3} \text{ kN/m}$$



$$P_H = 162,6 / \tan 60^\circ = 93,9 \sqrt{3} \text{ kN/m}$$

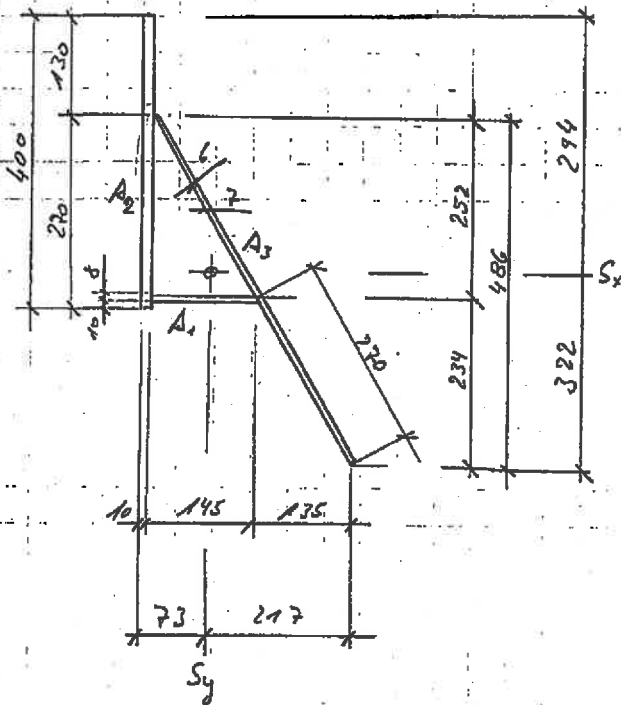
$$M_{\text{Wind}} = 6,5 \sqrt{35} / 0,8 \cdot 0,7 = 1,75 \sqrt{35} = 19,1 \sqrt{3} \text{ kNm}$$

$$P_v = 19,1 \sqrt{3} / \frac{4}{6,5^2 \pi} = 0,6 \sqrt{3} \text{ kN/m}$$

$$\Sigma P_v = 162,6 \sqrt{3} + 0,6 \sqrt{3} = 163,2 \sqrt{3} \text{ kN/m}$$

Da der Kreisring in seiner Größe nicht in der Lage ist, die volle Vertikallast, wird nur ein angegebener Anteil eingerechnet. Die restlichen Lasten werden durch den Silozylinder mit den Stützträgern als Ausstr.

## ausgeführtes Druckringprofil



mitttragende Bleckbreite  
nach "Bälvir"

$$l_{zy} = 1,85 \sqrt{r_z \cdot t_z} =$$

$$1,85 \sqrt{325 \cdot 1} = 33 \text{ cm}$$

$$> 130 \text{ mm}$$

$$l_{tz} = 1,85 \sqrt{r_t \cdot t_t} =$$

$$1,85 \sqrt{\frac{325 - 145}{\cos 30^\circ} \cdot 0,6} = 27 \text{ cm}$$

$$A_1 = 145 \sqrt{0,8} = 11,6 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 40 \sqrt{1} = 40 \text{ cm}^2$$

$$A_3 \approx 48,6 \sqrt{0,7} \approx 34 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma A = 85,6 \text{ cm}^2$$

$$S_x = \frac{11,6 \cdot 1,4 + 40 \cdot 20 + 34 \cdot 2,7}{85,6} = 10,6 \text{ cm}$$

$$S_y = \frac{11,6 \cdot 8,25 + 40 \cdot 0,5 + 34 \cdot 1,5}{85,6} = 7,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 J_x &= \frac{11,6 \cdot 9,2^3}{12} + 40 \cdot 9,4^2 = 982 \sqrt{\text{cm}^4} \\
 &= \frac{1 \cdot 40^3}{12} + 34 \cdot 7,9^2 = 8793 \sqrt{\text{cm}^4} \\
 &= 8818 \sqrt{\text{cm}^4} \\
 \Sigma J_x &= 18593 \sqrt{\text{cm}^4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_y &= \frac{0,9 \cdot 14,5^3}{12} + 11,6 \cdot 0,95^2 = 213 \sqrt{\text{cm}^4} \\
 &= \frac{40 \cdot 1^3}{12} + 40 \cdot 6,8^2 = 1853 \sqrt{\text{cm}^4} \\
 &= \frac{48,6 \cdot 0,7^3}{12} + 34 \cdot 7,7^2 = 2017 \sqrt{\text{cm}^4} \\
 \Sigma J_y &= 4083 \sqrt{\text{cm}^4}
 \end{aligned}$$

Durch Vergleichsrechnung geprüft

$$W_x = \frac{18593 \sqrt{\text{cm}^4}}{32,2 \sqrt{\text{cm}}} = 577 \sqrt{\text{cm}^3}$$

Stabilität nach Klöppel

Krit. Knicklast eines unter Druck stehenden U-Profiles

$$P_{\text{rech}} = 93,9 \sqrt{\text{kN/cm}}$$

$$P_{\text{krit}} = \frac{3 \cdot E \cdot J_y}{r^3} = \frac{3 \cdot 21000 \sqrt{4083 \sqrt{\text{cm}^4}}}{325^3 \sqrt{\text{cm}}} = 7,5 \sqrt{\text{kN/cm}}$$

$$\gamma = \frac{7,5 \sqrt{\text{kN/cm}}}{0,94 \sqrt{\text{kN/cm}}} = 8,0 \sqrt{\text{kN/cm}} > 2,0$$

Druckfläche

$$D = -93,9 \sqrt{3,25} = -305,2 \sqrt{\text{kN}}$$

$$A \approx 74,7 \sqrt{\text{cm}^2}$$

$$\sigma = -\frac{305,2 \sqrt{\text{kN}}}{74,7 \sqrt{\text{cm}^2}} = -4,09 \sqrt{\text{kN/cm}^2}$$

### Kreisring auf 4 Stützen

Lasteinleitung 21,8% der Silolasten können vom Kreisring über Biegung  
 und Aufnahme übertragen werden  $163,2 \cdot 0,218 = 35,6 \text{ kN/m}$

durch die  $\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4} \rightarrow 0,7071$

Lasteinleitung  $M_{Stütze} = 35,6 \cdot 3,25^2 \left( \frac{0,7071}{1} - 1 \right) = -80,7 \text{ kNm}$

Stützen über  $M_{Feld} = 35,6 \cdot 3,25^2 \left( \frac{0,7071}{0,7071} - 1 \right) = +41,64 \text{ kNm}$

die Mantel  $M_{max} = 35,6 \cdot 3,25^2 \left( 0,3537 - \frac{0,7071}{0,7071} \cdot 0,3827 \right) = -12,18 \text{ kNm}$

○ Blechhöhe  $d_{min} M_{St} = 35,6 \cdot 3,25^2 \left( \frac{0,7071}{0,7071} - 0,9239 - 1 \right) = +9,86 \text{ kNm}$

durch Vergleichsrechnung

geprüft.  $\sigma_{Stütze} = \frac{80,7}{577} = 13,99 \text{ kN/cm}^2 < 14$

Auf weitere  $\sigma_{Feld} = \frac{41,64}{577} = 7,22 \text{ kN/cm}^2 < 14$

Einbesparungen  $\sigma = \frac{12,18}{2 \cdot \frac{25,2 \cdot 145}{2} \cdot 0,6} = 5,56 \text{ kN/cm}^2 < 9,2$

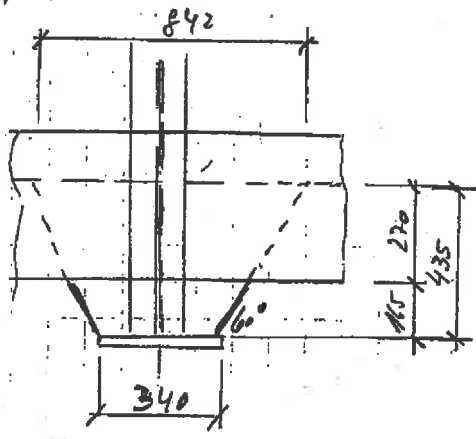
und verzichtet.  $\sigma_{St} = \frac{9,86}{577} = 1,7 \text{ kN/cm}^2 < 14$

○  $\sigma_v = \sqrt{1,7^2 + 3 \cdot 5,56^2} = 9,78 \text{ kN/cm}^2 < 16$

### 2) Litorandstützen

Vom Kreisring nicht aufgenommene Last

$P_v = 163,2 - 35,6 = 127,6 \text{ kN/m}$



in der Breite 842 mm wird die Last aus dem Trichter direkt zur Stütze übertragen

$P = 127,6 \cdot 0,842 = 107,4 \text{ kN}$  ✓

Vom Zylinderblech aufzunehmende Last

$$F = 127,6 \cdot 6,5 \cdot \frac{\pi}{4} - 10,2,4 = 544 \text{ kN}$$

Zylinder Bl. 6  $\checkmark$  Unit  $P_{12} = 150,322 \text{ kN/m}$  Statik S. 17

Es wird eine Lastabtragung unter  $30^\circ$  vorausgesetzt.

$$\sigma_{\text{Bul}} = \frac{150,322}{100 \cdot 0,6} = 2,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$b = \frac{544}{2,5 \cdot 0,6} = 362 \text{ cm}$$

$$l = \frac{362 - 14}{2 \cdot \tan 30^\circ} = 301 \text{ cm} < l_{\text{Mark}} = 340 \text{ cm}$$

Siehe Prüf-  
vermerk auf  
Seite 4

$$s_{\text{K}} = 3,01 \cdot \sqrt{\frac{1}{1,88}} = 2,20 \text{ m}$$

Schwarze Achse d. Stütze durch Zylinderblech  
ausgesetzt.

$$\lambda_{\text{K}} = \frac{220}{5,73} = 38,4 \rightarrow \omega_{\text{K}} = 1,13$$

$$\sigma = 1,13 \frac{544}{30,4 + 14 \cdot 0,6} = 15,4 \text{ kN/cm}^2$$

Nicht berücksichtigt wurde die aussteifende  
Wirkung des umlaufenden U-Ringes an  
Zylinderoberkante.

In statischer Hinsicht geprüft

Prüfnummer 175 d. Prüfverzeichnisses 19 88  
Essen, den 9.3.89

Prüfingenieur für Baustatik  
gem. Verordnung v. 19.7.1962 (GV NW. S. 470)  
für die Fachrichtung Stahlbau

Dipl.-Ing. J. Dabler  
43. ESSEN-HEISINGEN Ostpreußenstraße 58  
Telefon (0201) 481026 und 481029

aufgestellt. 21. 2. 89



**SILO THORWESTEN GMBH**  
Dahlmeyerling 99, Telefax 02521/16783  
D-4720 BECKUM, Telefon 02521/7069

*[Handwritten signature]*

**GAZ**

Industrieanlagen GmbH.  
4630 Bochum-Wattenscheid  
Hansastraße 43-51