

Dipl.-Ing.
Markus Rüther

Vinsebeck, Siebenhöfen 20
D-32839 Steinheim



Tel. 0171/1468971
eMail: il.ruether@t-online.de

Dipl.-Ing. Markus Rüther, Siebenhöfen 20, 32839 Steinheim



Ingenieurkammer-Bau
Nordrhein-Westfalen

Mitglied der Kammer

TRAGWERKSPLANUNG

- Bauteile für HN Tragluftabdeckung -
Behältergrößen Innendurchmesser $d_i = 29,50\text{m}$

Lieferant: Fa. Nesemeier GmbH
Industriestraße 10
32825 Blomberg

Bauherr: Bioenergie Krentrup GmbH & Co. KG
Alte Hofstraße 16
33818 Leopoldshöhe

Berechnungsgrundlagen:

(1) Die Grundlage der statischen Berechnung bilden die Ausführungszeichnungen und die derzeit gültigen DIN EN-Bestimmungen.

(2) Baustoffe:

Baustahl:

Werkst.-Nr.: 1.4571

Steinheim, 19. September 2023

Dipl.-Ing.
Markus Rüther

Anlage: Statik

Inhaltsangabe:

Titelblatt	1
Inhaltsverzeichnis	2
Vorbemerkungen	2
Kenndaten / Konstruktion	3
Wetterschutzfolie (außen)	9
Gasspeicherfolie (innen)	24
Klemmschiene Wandkopf	32
Klemmschiene - Dübelbemessung	34
Gurtung	41
Wandhalter Gurte	51
Wandhalter - Dübelbemessung	52
Stahlmittelstütze	56

Vorbemerkungen:

Die statische Berechnung enthält die Nachweise der o.g. Bauteile für die Tragluftabdeckung des 1/2-Kugeldachs $d_i \leq 30,00\text{m}$ / max. Windlastzone 4, Küste.

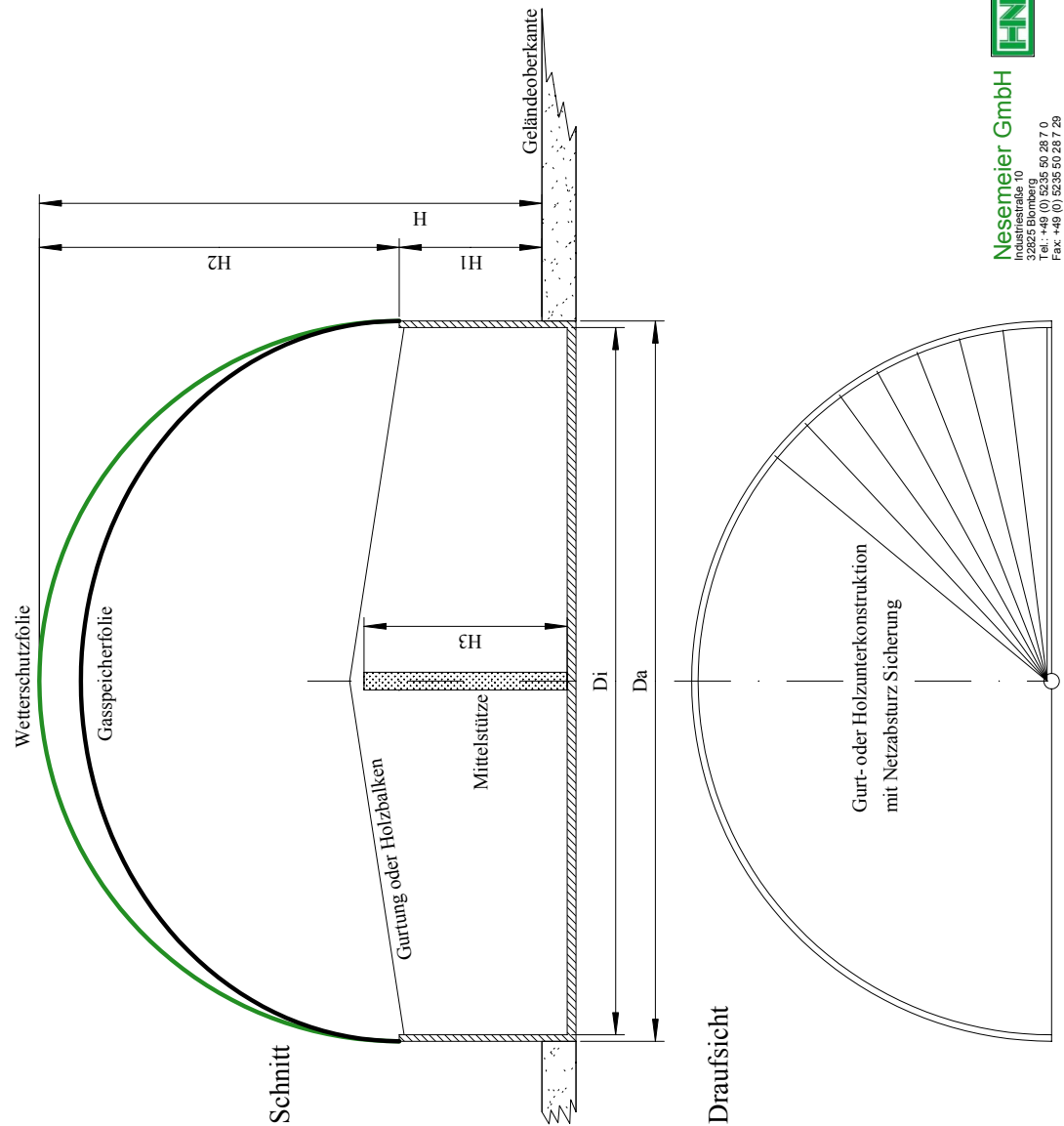
Die in Höhe OK. – Behälter angeordnete Unterkonstruktion soll das Eintauchen der Folien in das Substrat infolge Havarie oder planmäßiger Abschaltung des Betriebes verhindern.

Aufgrund der Innentemperaturen im Behälter treten im Betriebszustand keine Schneebelastungen auf.

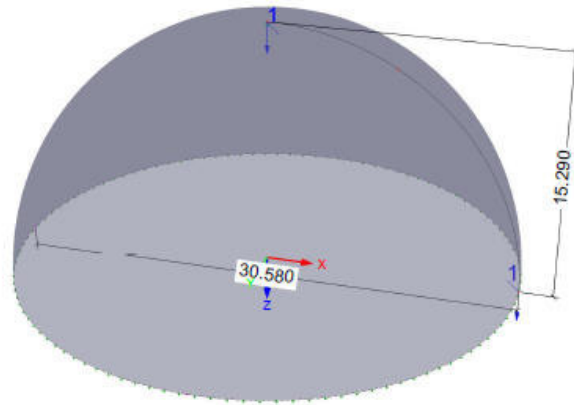
Es wird vorausgesetzt, dass im abgeschalteten Betriebszustand das Tragluftdach von evtl. Schnee- und Wasserlasten freigehalten wird!

Die Statik bezieht sich nur auf die Dach- und Anbauteile, eine Weiterverfolgung der Lasten in den Betonbauteilen erfolgt nicht.

Es wird vorausgesetzt, dass die geringen Kräfte von den Betonbauteilen sicher aufgenommen und weitergeleitet werden können, siehe daher Statik der Massivbauteile.



Nesemeier GmbH
 Industriestraße 10
 32825 Blomberg
 Tel.: +49 (0) 5235 50 28 7 0
 Fax: +49 (0) 5235 50 28 7 20
 eMail: info@nesemeier-gmbh.de

Abdeckung Gärbehälter:**System:****Kenndaten / Ausgangswerte:**

Behälterinnendurchmesser: $D_i = 30,00\text{ m}$
 Außendurchmesser: $D_a = 30,00 + 2 \cdot 0,25 = 30,50\text{ m}$
 Außendurchmesser Klemmprofil: $D_{a1} = 30,50 + 2 \cdot 0,045 = 30,59\text{ m}$
 Außenfolie: Dachhöhe $0,5 \cdot D_{a1}$:
 $H = 0,5 \cdot 30,59 = 15,30\text{ m}$
 Innenfolie: Dachhöhe $0,5 \cdot D_{a1} - 1,00$:
 $H = 0,5 \cdot 30,59 - 1,00 = 14,30\text{ m}$

Materialkennwerte:

Gasspeicherfolie, innen: PE-Folie, $t = 0,85\text{mm}$
 $g = 768\text{g/m}^2 = \text{ca. } 0,0077\text{ kN/m}^2$
 Reißfestigkeit $= 22,0\text{ (KS=20,0) kN/m}$

Wetterschutzfolie, außen :

Variante 1: PVC; $t \sim 0,80\text{mm}$
 $g = 670\text{ g/m}^2 = \text{ca. } 0,0067\text{ kN/m}^2$
 Reißfestigkeit $3000\text{ N/5cm} = 60,00\text{ kN/m}$
 $(K/S = 2650\text{ N/5cm} = 53,00\text{ kN/m})$

Variante 2: PVC; $t \sim 0,80\text{mm}$
 $g = 900\text{ g/m}^2 = \text{ca. } 0,0090\text{ kN/m}^2$
 Reißfestigkeit $4250\text{ N/5cm} = 85,00\text{ kN/m}$
 $(K/S = 3900\text{ N/5cm} = 78,00\text{ kN/m})$

Die Berechnung erfolgt mit der 670g-Folie

Sofern höhere Sicherheiten in Bezug auf die Reißfestigkeit erforderlich werden ($>3,11$) ist die 900g-Folie zu verwenden

Abmessungen Außenschale Halbkugeldach:Traufhöhe $h_1 = \text{ca. } 6,00\text{m}$ Firsthöhe $h_2 = \text{ca. } 6,00 + 15,30 = 21,30\text{ m}$ Abmessungen Gasspeicherfolie / Innenmembran:Außendurchmesser wie vor, Differenz Wandoberkante - Firsthöhe $d_h = 14,30\text{ m}$







Folien Lücke GmbH, Benzstraße 4, 48703 Stadthoehn

FOLIEN LÜCKE GMBH

Benzstraße 4

48703 Stadthoehn

Tel.: 02563/96995-0 Fax.: -28

e-mail: St.Bittner@Folien-Luecke.deInternet: www.Folien-Luecke.de

DATENBLATT

PE-LD-Dichtungsbahn
schwarz - 0,85 mm

Kennzeichnende Eigenschaften

dimensionale Eigenschaften	Testmethode	Einheit	Wert
durchschnittliche Stärkentoleranz	ISO 4593	%	± 5
punktueller Stärkentoleranz	ISO 4593	%	± 15
Breitentoleranz	ISO 4592	%	0; +4
mechanische Eigenschaften	Testmethode	Einheit	Wert
Bruchspannung MD	UNI EN ISO 527-3	Mpa	22
Bruchspannung TD	UNI EN ISO 527-3	Mpa	20
Bruchdehnung MD	UNI EN ISO 527-3	%	650
Bruchdehnung TD	UNI EN ISO 527-3	%	710
Reißfestigkeit	ISO 6383-1	N N/mm	100 130
Durchstoßfestigkeit Kugelkopf (7,5 mm)	max. Oberlast max. Deformation max. Oberlast	N mm N/mm	400 40 500
Durchstoßfestigkeit Spitzkopf	max. Oberlast max. Oberlast	N N/mm	39 50
Dichte		g/cm ³	0,948

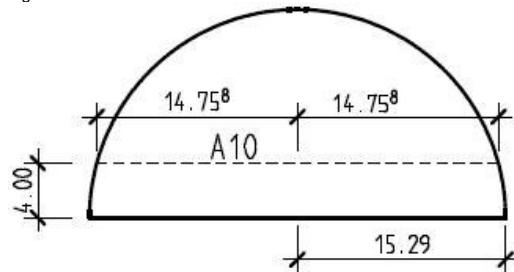
Stand 27.02.2012

1) Außenmembran / Wetterschutzfolie:**Belastung:**Eigenlasten: $g = \text{ca. } 0,0067 \text{ kN/m}^2$ Betriebsdruck: $q_i = 2,5 \text{ bis } 3,0 \text{ mbar} = 0,30 \text{ kN/m}^2$ **Wind:**

Windsog nach DIN EN 1991-1-4/NA:

Windlastzone IV, Küste: $h < 10,00 \text{ m}$: $q_w = 1,25 \text{ kN/m}^2$ $10,00 < h < 18,00 \text{ m}$: $q_w = 1,40 \text{ kN/m}^2$

$$A_{\text{ges}} = 15,295^2 \cdot \pi = 734,93 \text{ m}^2$$

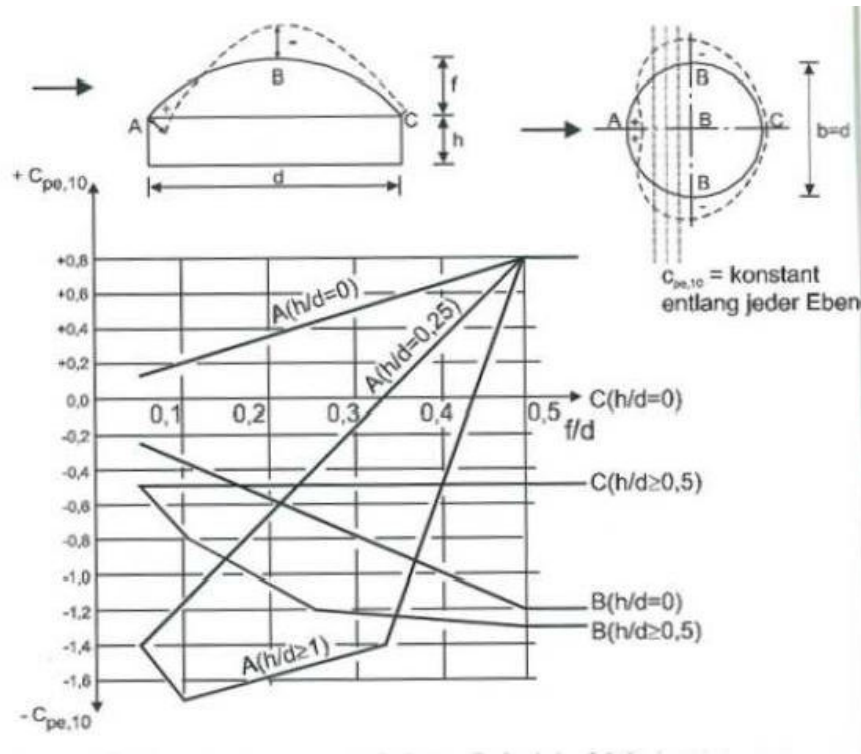


$$A_{10} = 14,758^2 \cdot \pi = 684,23 \text{ m}^2$$

genähert interpoliert

$$q_m = A_{10}/A_{\text{ges}} \cdot 1,40 + (A_{\text{ges}} - A_{10})/A_{\text{ges}} \cdot 1,25 = 1,39 \text{ kN/m}^2$$

Belastungsansatz nach EC1, 7.2.8.:



Halbkugeldach: $f/d = 15,295 / 30,59 = 0,50$

$h/d = 6,00/30,00 = 0,20$

=> Bereich A: $c_{pe10} = \text{ca. } +0,80$

Bereich B: $c_{pe10} = \text{ca. } -1,22$

Bereich C: $c_{pe10} = \text{ca. } -0,25$

Ansatz gemittelt konstant mit $c_{pe10} = -0,80$

$w_s = 0,80 \cdot q_m = 1,11 \text{ kN/m}^2$

Schneelasten werden nicht weiter betrachtet, da diese:

- 1) nur bei betrieblichem Stillstand wirksam werden und dann geräumt werden müssen (betriebliche Anweisung)
- 2) bei den gegebenen Gastemperaturen im Betriebszustand kaum Schneeanfall vorhanden ist.
 $\leq 0,25 \text{ kN/m}^2$ (über Betriebsinnendruck aufgenommen), wird konstruktiv bei der Berechnung der Außenmembran angesetzt

Nachweis Wetterschutzfolie / Außenmembran:

Lastkombinationen entsprechend DIN 1055-100:

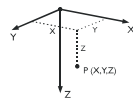
LK 1: (charakteristisch): $1,00 \cdot g + 1,00 \cdot q_i + 0,60 \cdot w_s$

LK 2: (charakteristisch): $1,00 \cdot g + 0,60 \cdot q_i + 1,00 \cdot w_s$

LK 3: (charakteristisch): $1,00 \cdot g + 1,00 \cdot q_i + 1,00 \cdot s$

weitere Lastfallkombinationen wie z.B. EG + Wind allein oder EG + Innendruck ohne Wind werden nicht maßgebend

Kartesisch

■ **KNOTEN**

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-15.290	
2	Standard	-	Kartesisch	15.290	0.000	0.000	
3	Standard	-	Kartesisch	7.645	0.000	-13.240	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	15.290	0.000	Generiert
5	Standard	-	Kartesisch	-15.290	0.000	0.000	Generiert

■ **LINIEN**

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge l [m]	
1	Bogen	1,3,2	24.016	XZ
2	Kreis	2,4,5	96.070	XY
3	Generiert Polylinie	1,1	0.000	
	Generiert			

■ **MATERIALIEN**

Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elast.-Modul E [kN/cm ²]	Schubmodul G [kN/cm ²]	Querdehnz. μ [-]	Sp. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Beiwert γ_M [-]
1	PVC Materialmodell - Isotrop... Benutzerdefiniertes Material	1500.00	20.00	0.450	8.40	1.2000E-05	1.000

■ **FLÄCHEN**

Fläche Nr.	Flächentyp	Begrenzungsline Nr.	Mater. Nr.	Dicke Typ	d [mm]	Exzentr. e_z [mm]	Integrierte Objekte Nr.		
							Knoten	Linien	Öffnungen
1	Rotiert	1,2,1,3	1	Konstant	0.8	0.0			

■ **KNOTENLAGER**

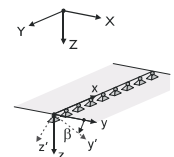
Lager Nr.	Knoten Nr.	Folge	Lagerdrehung [°]			Stütze In Z	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad]					
			um X	um Y	um Z		u_x	u_y	u_z	φ_x	φ_y	φ_z
1	1	XYZ	0.00	0.00	0.00	■	■	■	■	■	■	■

■ **KNOTENLAGER - AUSFÄLLE**

Lager Nr.	Knoten Nr.	Ausfall des Lagers bei						
		P_x	P_y	P_z	M_x	M_y	M_z	
1	1	-	-	Zug	-	-	-	

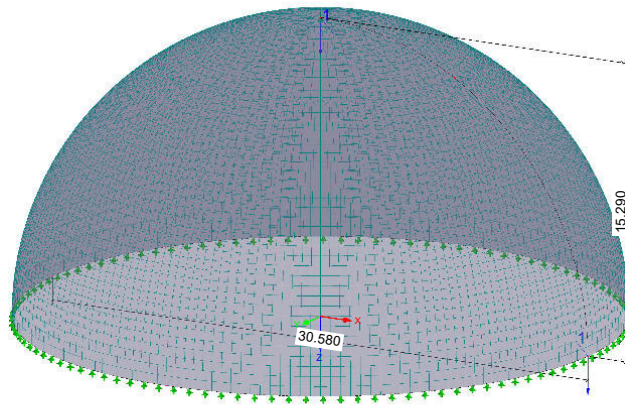
■ **LINIENLAGER**

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugs-achse	Lagerdrehung β [°]	Wand In Z	Feste Stützung bzw. Einspannung						
					u_x	u_y	u_z	φ_x	φ_y	φ_z	
1	2	Lokal		■	■	■	■	■	■	■	■



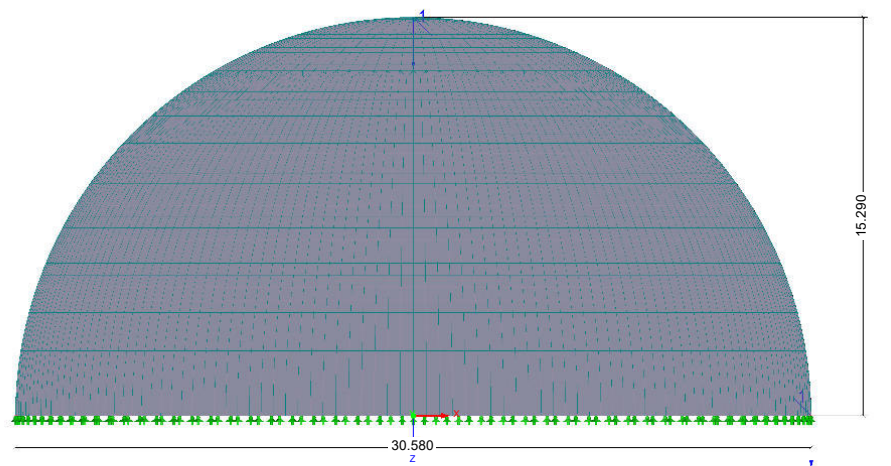
■ STRUKTUR

Isometrie



■ STRUKTUR

Entgegen der Y-Richtung



LF2
Wind■ **LASTFÄLLE**

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	LF-Faktor	Eigenschaften des Lastfalls	Eigengewicht	Berechnungs-Theorie
1	Eigengewicht	1.0000	Ständig	1.00	I. Ordnung
2	Wind	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
3	Innendruck	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
4	Schnee	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung

■ **FLÄCHENLASTEN**

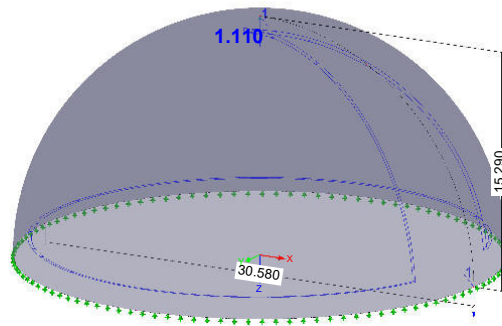
LF2

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit
2	1	Kraft	Konstant	z	p_1	-1.110	kN/m ²

■ **LF2: WIND**

LF2: Wind

Isometrie

LF3
Innendruck■ **FLÄCHENLASTEN**

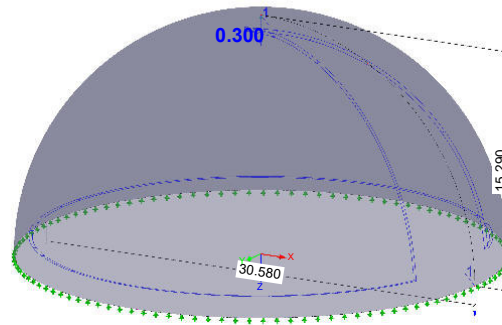
LF3

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit
1	1	Kraft	Konstant	z	p_1	-0.300	kN/m ²

■ **LF3: INNENDRUCK**

LF3: Innendruck

Isometrie



LF4
Schnee

■ **FLÄCHENLASTEN**

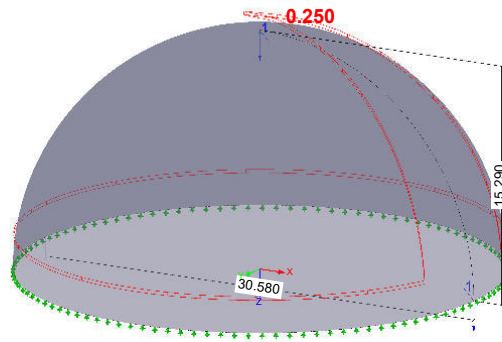
LF4

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- Verlauf	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	1	Kraft	Konstant	ZL	p_1	0.250	kN/m ²

■ LF4: SCHNEE

LF4: Schnee

Isometrie



■ LASTFALLGRUPPEN

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Faktor	Lastfälle in LG	Berechnungs-Theorie
1		1.0000	LF1 + LF2 + 0.6*LF3	II. Ordnung
2		1.0000	LF1 + LF3 + 0.6*LF2	II. Ordnung
3		1.0000	LF1 + LF3 + LF4	II. Ordnung

■ EINSTELLUNGEN FÜR NICHTLINEARE BERECHNUNG

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte	Ergebnisse durch LF-Faktor zurückdividieren	Steifigkeit durch Gamma-M reduzieren
1	LF1 + LF2 + 0.6*LF3	☒	☐	☒
2	LF1 + LF3 + 0.6*LF2	☒	☐	☒
3	LF1 + LF3 + LF4	☒	☐	☒

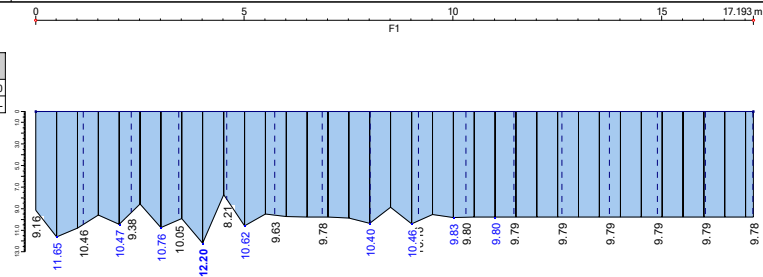
■ ERGEBNISVERLÄUFE IM SCHNITT - NAME 1

RFEM

LG1: LF1 + LF2 + 0.6*LF3

Grundwerte - n-x

	x [m]	n-x [kN/m]
max	4.003	12.20
min	-	-

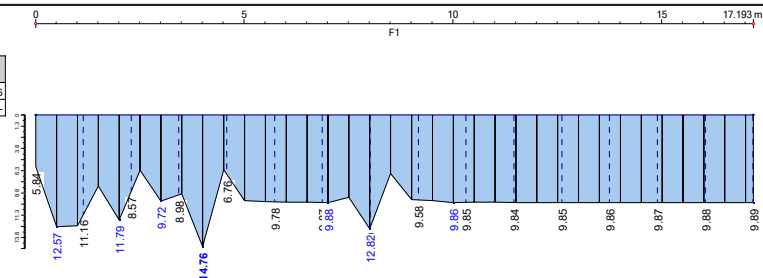


RFEM

LG1: LF1 + LF2 + 0.6*LF3

Grundwerte - n-y

	x [m]	n-y [kN/m]
max	4.003	14.76
min	-	-



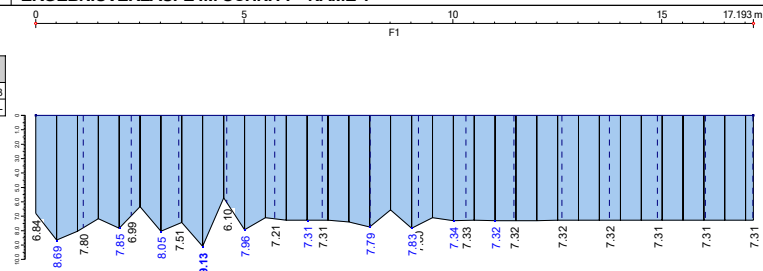
■ ERGEBNISVERLÄUFE IM SCHNITT - NAME 1

RFEM

LG2: LF1 + LF3 + 0.6*LF2

Grundwerte - n-x

	x [m]	n-x [kN/m]
max	4.003	9.13
min	-	-

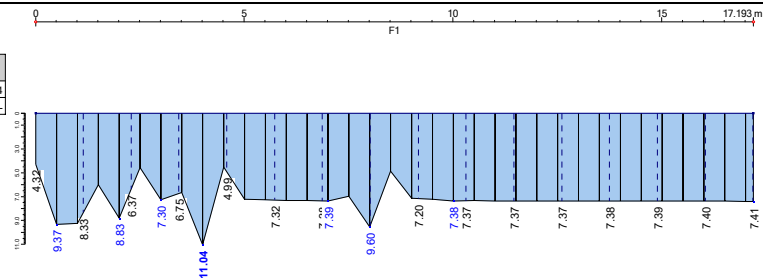


RFEM

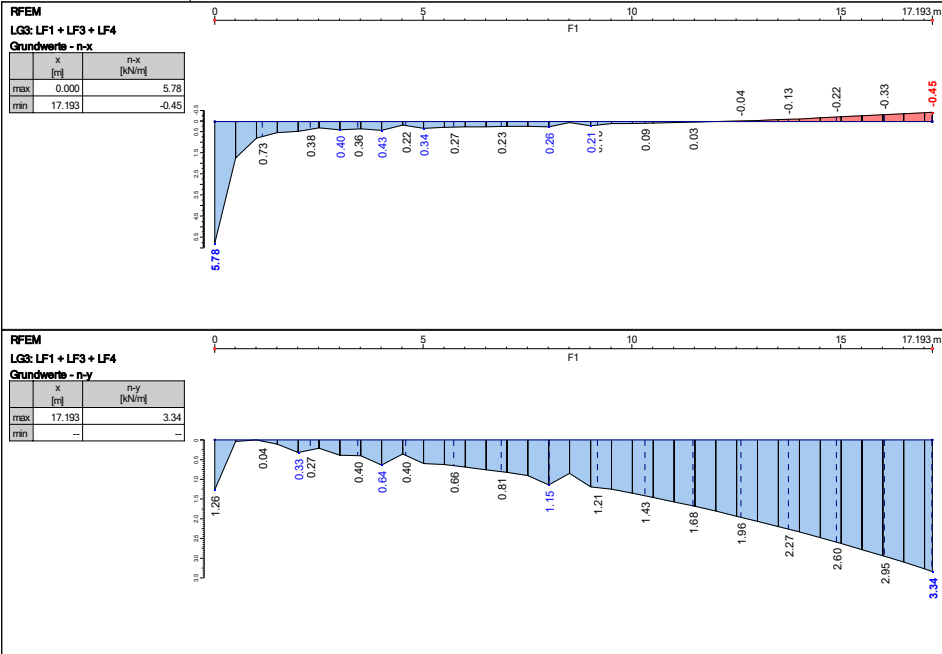
LG2: LF1 + LF3 + 0.6*LF2

Grundwerte - n-y

	x [m]	n-y [kN/m]
max	4.003	11.04
min	-	-



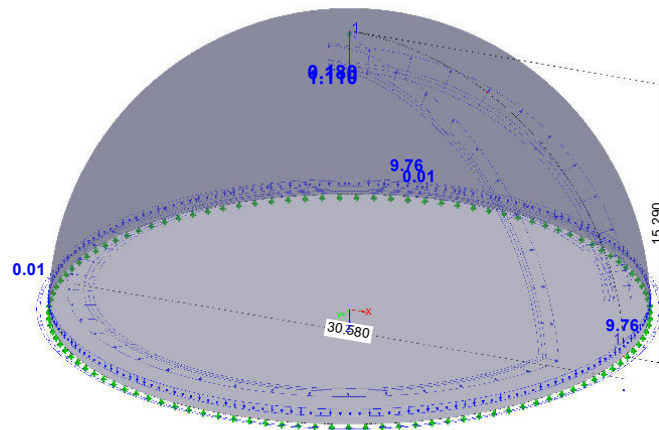
■ ERGEBNISVERLÄUFE IM SCHNITT - NAME 1



■ **LG1: $LF1 + LF2 + 0.6 \cdot LF3$**

LG1: $LF1 + LF2 + 0.6 \cdot LF3$
Lagerreaktionen[kN/m]

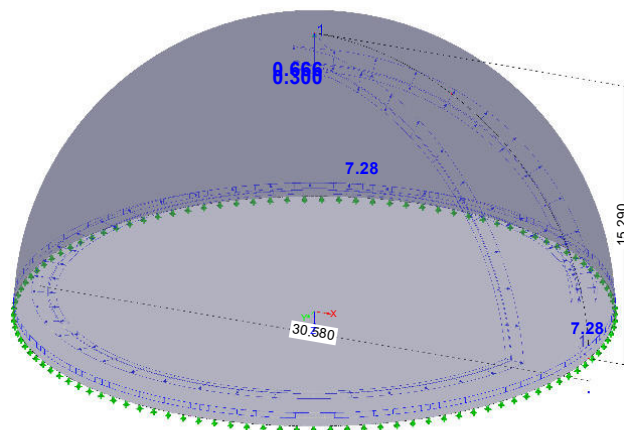
Isometrie

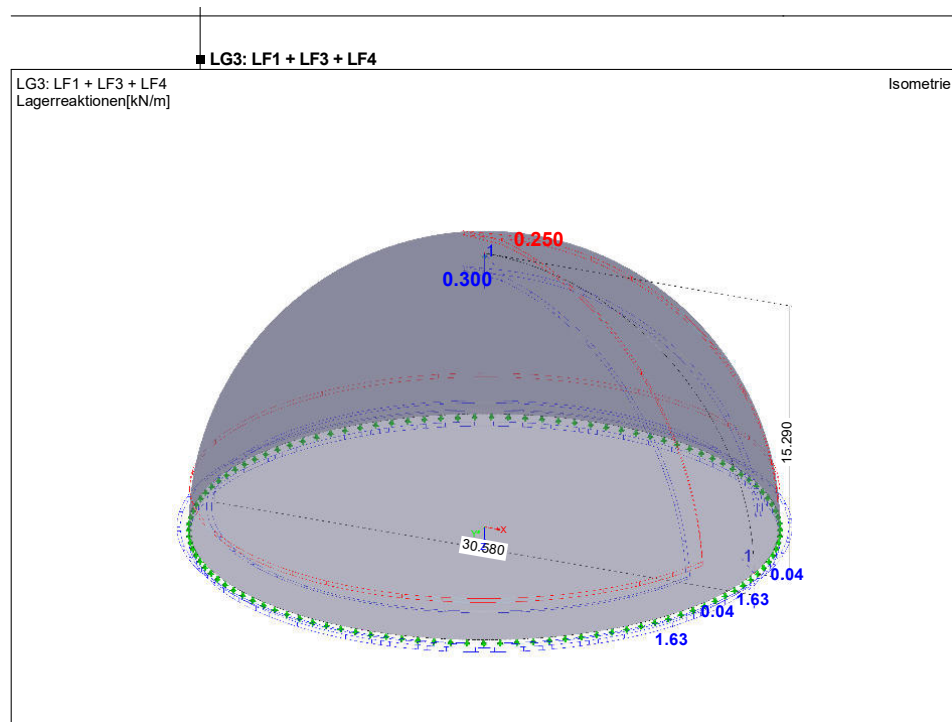


■ **LG2: $LF1 + LF3 + 0.6 \cdot LF2$**

LG2: $LF1 + LF3 + 0.6 \cdot LF2$
Lagerreaktionen[kN/m]

Isometrie



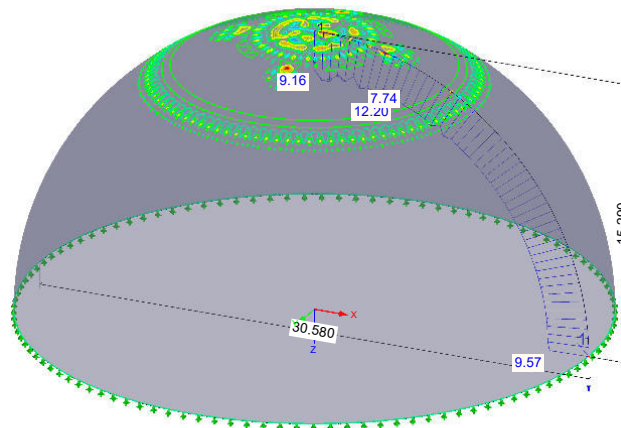
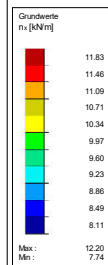


■ **FLÄCHEN N-X, LG1: LF1 + LF2 + 0.6*LF3**

LG1: LF1 + LF2 + 0.6*LF3

Isometrie

n-x



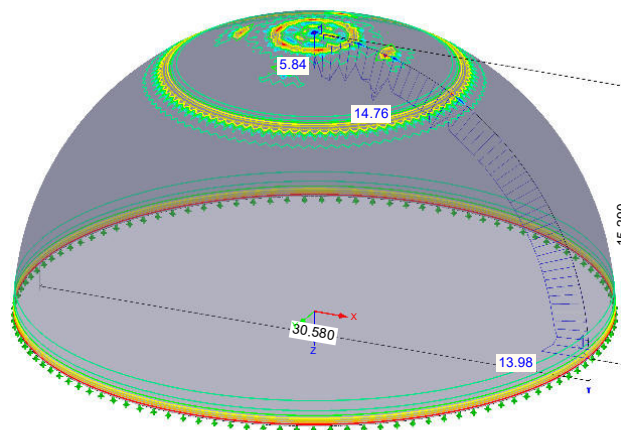
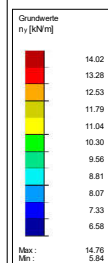
Max n-x: 12.20, Min n-x: 7.74 [kN/m]

■ **FLÄCHEN N-Y, LG1: LF1 + LF2 + 0.6*LF3**

LG1: LF1 + LF2 + 0.6*LF3

Isometrie

n-y



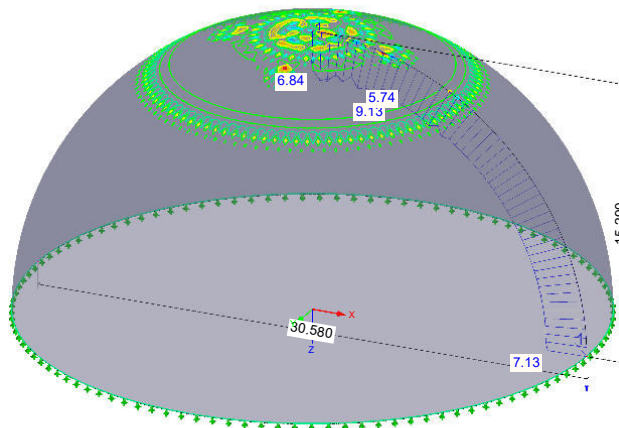
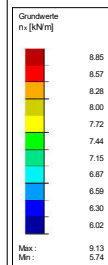
Max n-y: 14.76, Min n-y: 5.84 [kN/m]

■ **FLÄCHEN N-X, LG2: $LF1 + LF3 + 0.6 \cdot LF2$**

LG2: $LF1 + LF3 + 0.6 \cdot LF2$

Isometrie

n-x



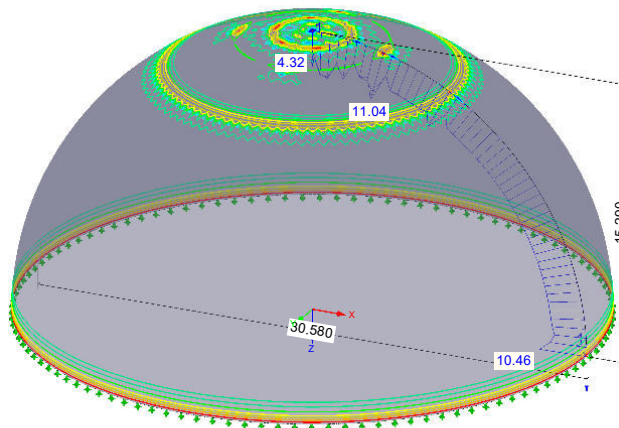
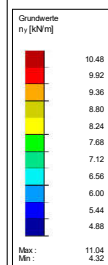
Max n-x: 9.13, Min n-x: 5.74 [kN/m]

■ **FLÄCHEN N-Y, LG2: $LF1 + LF3 + 0.6 \cdot LF2$**

LG2: $LF1 + LF3 + 0.6 \cdot LF2$

Isometrie

n-y



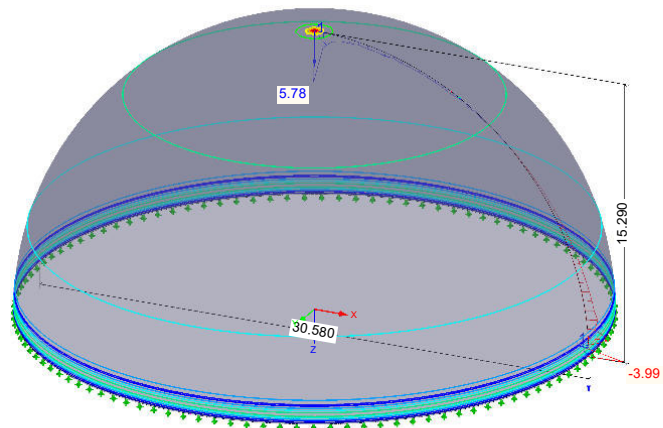
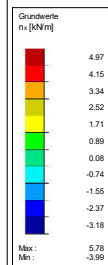
Max n-y: 11.04, Min n-y: 4.32 [kN/m]

■ **FLÄCHEN N-X, LG3: LF1 + LF3 + LF4**

LG3: LF1 + LF3 + LF4

n-x

Isometrie



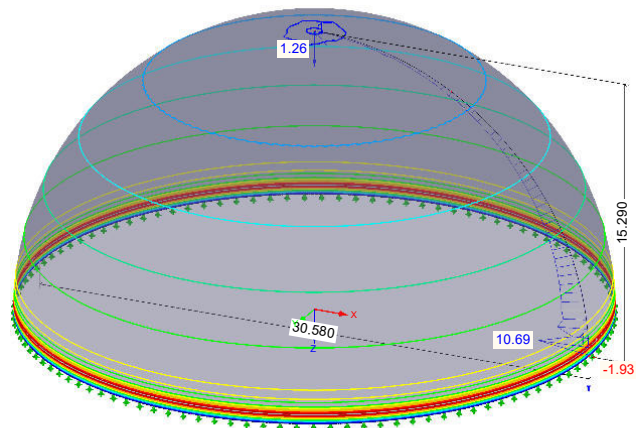
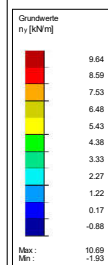
Max n-x: 5.78, Min n-x: -3.99 [kN/m]

■ **FLÄCHEN N-Y, LG3: LF1 + LF3 + LF4**

LG3: LF1 + LF3 + LF4

n-y

Isometrie



Max n-y: 10.69, Min n-y: -1.93 [kN/m]

Beanspruchung in LG 1, charakteristisch:tangential: $\max n_T = 12,20 \text{ kN/m}$ radial: $\max n_R = 14,76 \text{ kN/m}$ Reißfestigkeit $\beta_z = 3000 \text{ N/5cm} \cong 60,00 \text{ kN/m}$ ($KS=53,00 \text{ kN/m}$)

$$\eta = 60,00 / 14,76 = 4,07$$

$$\eta_{KS} = 53,00 / 14,76 = 3,59$$

3,59-fache Sicherheit unter charakteristischer Last**900 g-Folie:**

$$\eta = 85,00 / 14,76 = 5,76$$

$$\eta_{KS} = 78,00 / 14,76 = 5,28$$

5,28-fache Sicherheit unter charakteristischer LastBeanspruchung in LG 2, charakteristisch:tangential: $\max n_T = 9,13 \text{ kN/m}$ radial: $\max n_R = 11,04 \text{ kN/m}$ Reißfestigkeit $\beta_z = 3000 \text{ N/5cm} \cong 60,00 \text{ kN/m}$ ($KS=53,00 \text{ kN/m}$)

$$\eta = 60,00 / 11,04 = 5,43$$

$$\eta_{KS} = 53,00 / 11,04 = 4,80$$

4,80-fache Sicherheit unter charakteristischer Last**900 g-Folie:**

$$\eta = 85,00 / 11,04 = 7,70$$

$$\eta_{KS} = 78,00 / 11,04 = 7,07$$

7,07-fache Sicherheit unter charakteristischer LastBeanspruchung in LG 3, charakteristisch:tangential: $\max n_T = 5,78 \text{ kN/m}$ radial: $\max n_R = 10,69 \text{ kN/m}$ Reißfestigkeit $\beta_z = 3000 \text{ N/5cm} \cong 60,00 \text{ kN/m}$ ($KS=53,00 \text{ kN/m}$)

$$\eta = 60,00 / 10,69 = 5,61$$

$$\eta_{KS} = 53,00 / 10,69 = 4,96$$

4,96-fache Sicherheit unter charakteristischer Last**900 g-Folie:**

$$\eta = 85,00 / 10,69 = 7,95$$

$$\eta_{KS} = 78,00 / 10,69 = 7,30$$

7,30-fache Sicherheit unter charakteristischer Last

=> Die ausreichende Festigkeit der Außenmembran / Wetterschutzfolie ist in vollem Umfang gegeben

2) Innenmembran / Gasspeicherfolie:**Belastung:**

Eigenlasten: $g = \text{ca. } 0,0080 \text{ kN/m}^2$

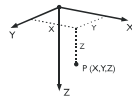
maximaler Ansprechdruck + Anströmdruck: $q_i = 3,00 + 0,50 = 3,50 \text{ mbar} = 0,35 \text{ kN/m}^2$

zugh. Stützdruck: $q_{St} = -2,50 \text{ mbar} = -0,25 \text{ kN/m}^2$

Nachweis Gasspeicherfolie / Innenmembran:

LG 1: (charakteristisch): $1,00 \cdot g + 1,00 \cdot q_i + 1,00 \cdot q_{St}$

Kartesisch



■ KNOTEN

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten System	X [m]	Y [m]	Z [m]	Kommentar
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-14.300	
2	Standard	-	Kartesisch	15.290	0.000	0.000	
3	Standard	-	Kartesisch	7.650	0.000	-12.250	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	15.290	0.000	Generiert
5	Standard	-	Kartesisch	-15.290	0.000	0.000	Generiert

■ LINIEN

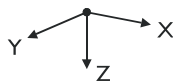
Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge l [m]	
1	Bogen	1,3,2	23.043	XZ
2	Kreis	2,4,5	96.070	XY
3	Generiert Polylinie	1,1	0.000	

■ MATERIALIEN

Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elast.-Modul E [kN/cm ²]	Schubmodul G [kN/cm ²]	Querdehnz. μ [-]	Sp. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Beiwert γ_M [-]
1	Gasspeicherfolie PE-LD Materialmodell - Isotrop...	180.00	75.00	0.200	9.48	0.00	1.000

■ FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp	Begrenzungslinie Nr.	Mater. Nr.	Dicke Typ	d [mm]	Exzentr. e_z [mm]	Integrierte Objekte Nr.
1	Rotiert	1,2,1,3	1	Konstant	0.9	0.0	Knoten Linien Öffnungen

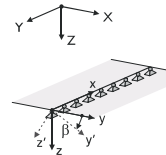


■ KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Folge	Lagerdrehung [°]	um X	um Y	um Z	Stütze ln Z	Lagerung bzw. Feder [kN/m]	φ_X	φ_Y	φ_Z
1	1	XYZ	0.00	0.00	0.00						

■ KNOTENLAGER - AUSFÄLLE

Lager Nr.	Knoten Nr.	Ausfall des Lagers bei	P_X	P_Y	P_Z	M_X	M_Y	M_Z
1	1		-	-	Zug	-	-	-

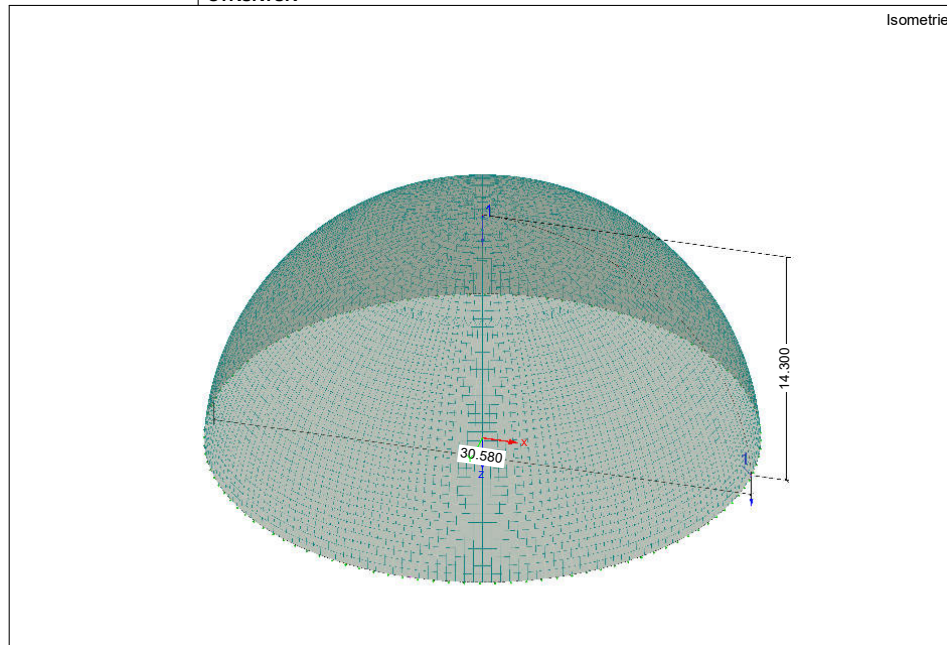


■ LINIENLAGER

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugs-achse	Lagerdrehung β [°]	Wand ln Z	u_x	u_y	u_z	Feste Stützung bzw. Einspannung	φ_x	φ_y	φ_z
1	2	Lokal									

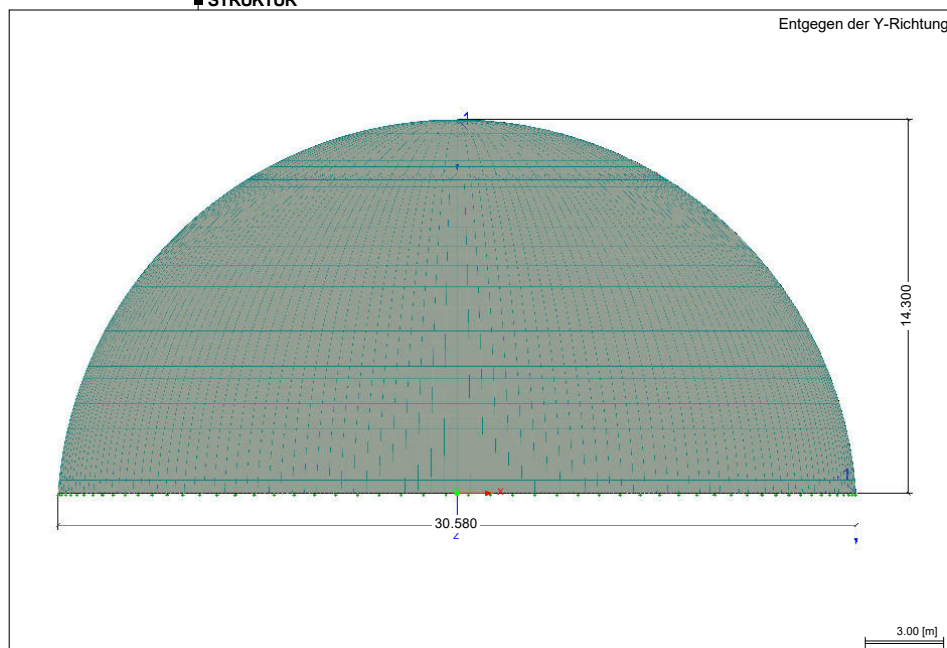
■ STRUKTUR

Isometrie



■ STRUKTUR

Entgegen der Y-Richtung



■ **LASTFÄLLE**

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	LF-Faktor	Eigenschaften des Lastfalls	Eigengewicht	Berechnungs-Theorie
1	Eigengewicht	1.0000	Ständig	1.00	I. Ordnung
2	Innendruck	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung
3	Stützdruck	1.0000	Veränderlich	-	I. Ordnung

LF2
Innendruck■ **FLÄCHENLASTEN**

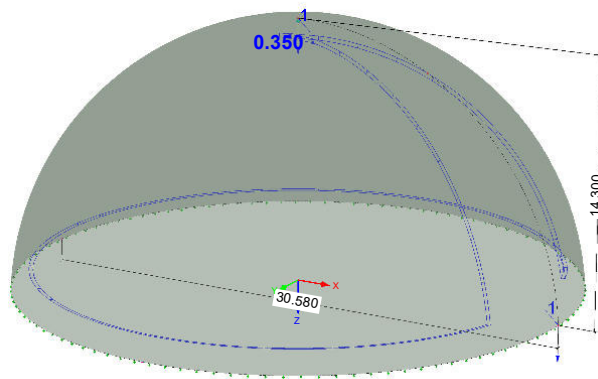
LF2

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit
1	1	Kraft	Konstant	z	p_1	-0.350	kN/m ²

■ **LF2: INNENDRUCK**

LF2: Innendruck

Isometrie

LF3
Stützdruck■ **FLÄCHENLASTEN**

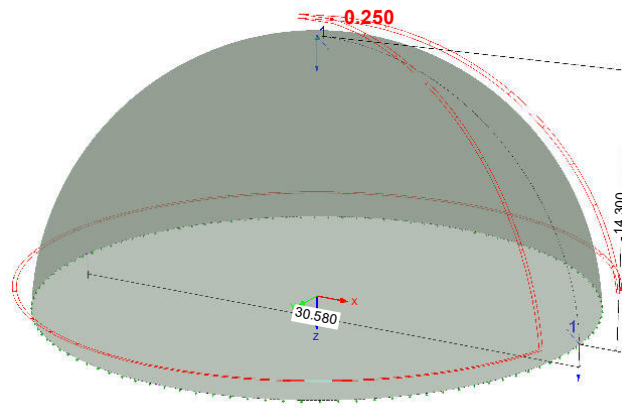
LF3

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit
1	1	Kraft	Konstant	z	p_1	0.250	kN/m ²

■ **LF3: STÜTZDRUCK**

LF3: Stützdruck

Isometrie



■ **LASTFALLGRUPPEN**

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Faktor	Lastfälle in LG	Berechnungs-Theorie
1		1.0000	LF1 + LF2 + LF3	II. Ordnung

■ **EINSTELLUNGEN FÜR NICHTLINEARE BERECHNUNG**

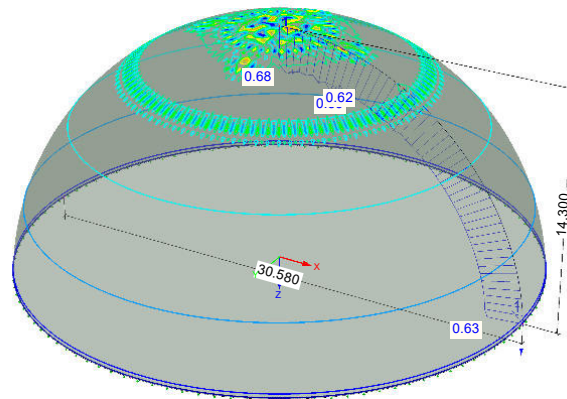
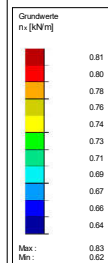
LG Nr.	LG-Bezeichnung	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte	Ergebnisse durch LF-Faktor zurückdividieren	Steifigkeit durch Gamma-M reduzieren
1	LF1 + LF2 + LF3	☒	☒	☒

■ **FLÄCHEN N-X, LG1: LF1 + LF2 + LF3**

LG1: LF1 + LF2 + LF3

Isometrie

n-x



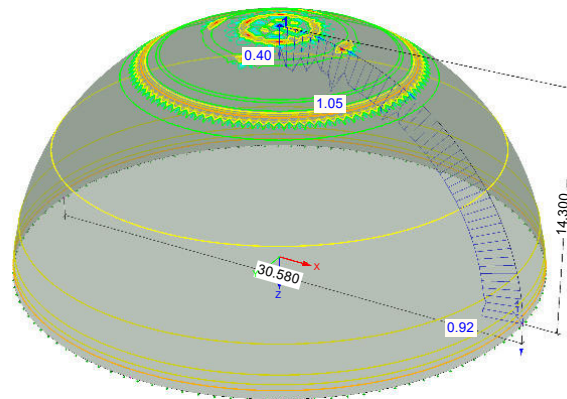
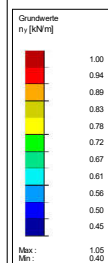
Max n-x: 0.83, Min n-x: 0.62 [kN/m]

■ **FLÄCHEN N-Y, LG1: LF1 + LF2 + LF3**

LG1: LF1 + LF2 + LF3

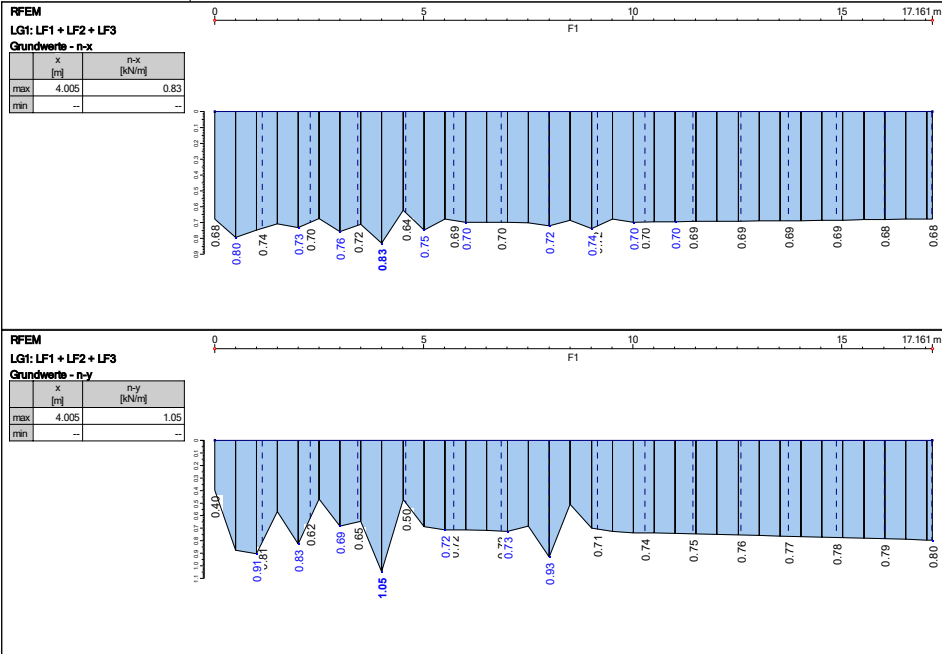
Isometrie

n-y

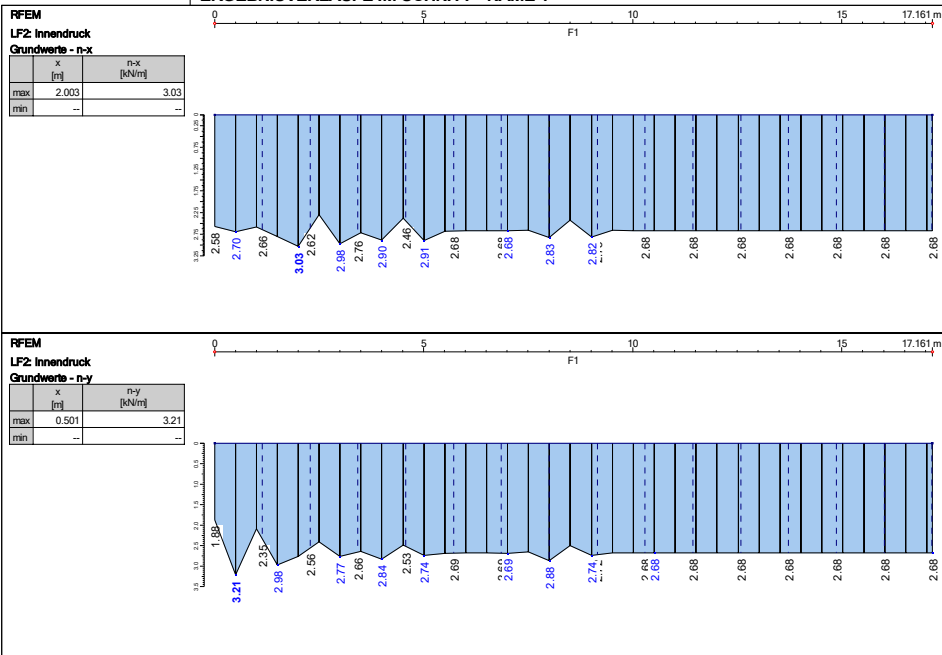


Max n-y: 1.05, Min n-y: 0.40 [kN/m]

■ ERGEBNISVERLÄUFE IM SCHNITT - NAME 1



■ ERGEBNISVERLÄUFE IM SCHNITT - NAME 1



Beanspruchung in LG 1, charakteristisch:tangential: $\max n_T = 0,83 \text{ kN/m}$ radial: $\max n_R = 1,05 \text{ kN/m}$ Reißfestigkeit $\beta_z = 22,00 \text{ (KS=20,00) kN/m}$

$$\eta = 22,00 / 1,05 = 20,95$$

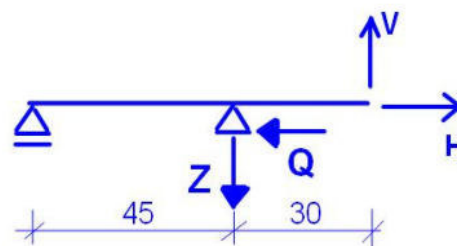
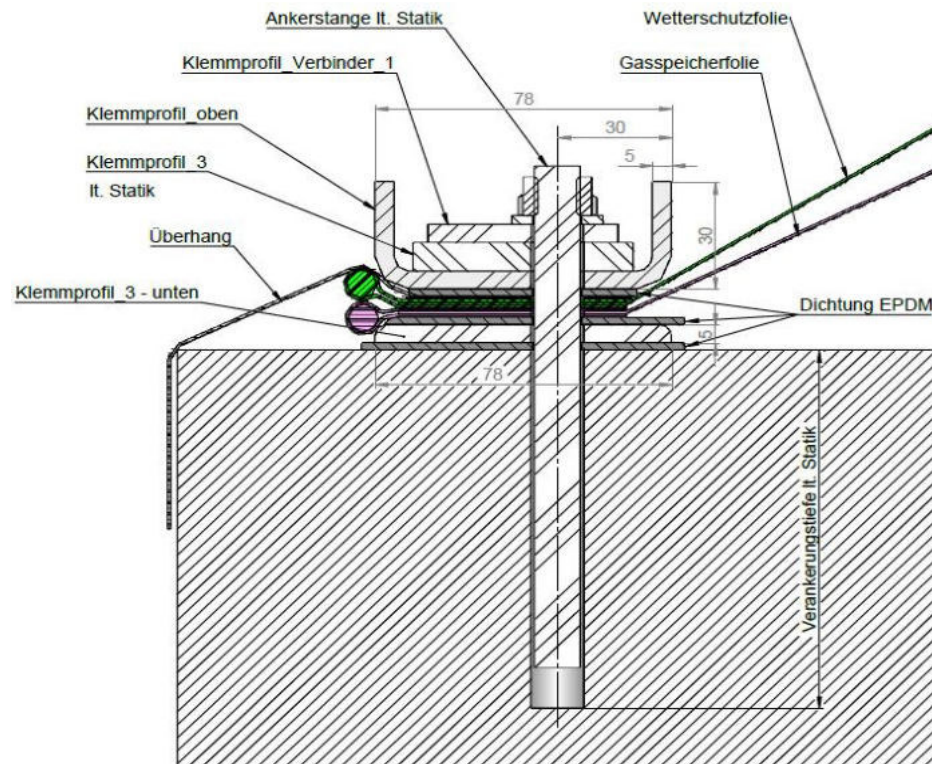
$$\eta_{KS} = 20,00 / 1,05 = 19,05$$

19,05-fache Sicherheit unter charakteristischer Last

Nachweis Klemmprofil:**Kenndaten / Ausgangswerte:**

Klemmprofil: C-Profil 78 x 30 mm, t=5mm

Korrosionsschutz, Werkstoffgüte bzw. Beschichtung nach Angabe Hersteller

Festigkeitsklasse $\geq S235$; Elastizitätsmodul: $E = 170.000 \text{ N/mm}^2 = 17.000 \text{ kN/cm}^2$ **System:****Belastung:**

Auflagerreaktionen aus Berechnung Wetterschutzfolie:

maßgebend: Lastkombination LG1

Anteil Horizontalkraft $V_H = 14,11 \text{ kN/m}$ Anteil Vertikalkraft $V_V = 12,44 \text{ kN/m}$ Der Vertikallastanteil erzeugt ein Biegemoment mit dem Hebelarm $e = 30,0 \text{ mm}$

$$M_e = V_V \cdot 3,0 = 37,32 \text{ kNcm}$$

gegenseitiger Hebelarm der Klemmschiene: $b = 45 \text{ mm} = 4,50 \text{ cm}$ (~ bis Achse Flansch)

$$dZ = M_e / (0,9 \cdot 4,50) = 9,21 \text{ kN/m}$$

$$Z = V_V + dZ = 21,65 \text{ kN/m}$$

$$H = V_H = 14,11 \text{ kN/m}$$

Stärke U-Klemmschiene, $t = 5,00 \text{ mm}$

$$\sigma_d = 1,5 \cdot M_e \cdot 6 / (100,0 \cdot t/10) = 6,72 \text{ kN/cm}^2 < 23,50$$

τ_d gering

Wandbreite $b = 200 - 300 \text{ mm}$: $e_{\min} = 200 \text{ mm}$

Ankerabstand $e_A = 200 \text{ mm}$

$$H_{d1} = 1,5 \cdot H \cdot 0,20 = 4,23 \text{ kN}$$

$$Z_{d1} = 1,5 \cdot Z \cdot 0,20 = 6,50 \text{ kN}$$

Die Berechnung erfolgt programmtechnisch mit einer 400 mm langen Schiene 60/5mm und 2 Ankern

$$H_{d2} = 2 \cdot H_{d1} = 8,46 \text{ kN}$$

$$Z_{d2} = 2 \cdot Z_{d1} = 13,00 \text{ kN}$$



Profis Anchor 2.6.2

www.hilti.de

Firma:

Bearbeiter:

Adresse:

Tel. / Fax:

E-Mail:

Seite:

2

Projekt:

Pos. Nr.:

Datum:

29.06.2018

2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

Lastfall: Design Lasten

Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	6,500	4,230	4,230	0,000
2	6,500	4,230	4,230	0,000

Maximale Betonstauchung: - [%]

Maximale Betondruckspannung: - [N/mm²]

resultierende Zugkraft in (x/y)=(0/0): 13,000 [kN]

resultierende Druckkraft in (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]



3 Zugbeanspruchung (EOTA TR 029, Abschnitt 5.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_w [%]	Status
Stahlversagen*	6,500	31,551	21	OK
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	13,000	29,061	45	OK
Betonversagen**	13,000	28,622	46	OK
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

3.1 Stahlversagen

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Ed,s}$ [kN]	N_{sd} [kN]
59,000	1,870	31,551	6,500

3.2 Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ud,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
80000	40000	18,00	210	105	100
h_{ef} [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]			
67	100	200			
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$	
1,020	8,67	2,300	1,000	1,000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Ed,p}$ [kN]	N_{sd} [kN]	
21,796	43,591	1,500	29,061	13,000	

3.3 Betonversagen

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
80000	40000	105	210			
h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]				
67	100	200				
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000	7,200
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Ed,c}$ [kN]	N_{sd} [kN]		
21,466	1,500	28,622	13,000			

Daten sind auf Übereinstimmung mit den gegebenen Randbedingungen zu kontrollieren und auf Plausibilität zu prüfen! Hilti übernimmt keine Haftung für Eingabedaten durch den Anwender.
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti ist eine registrierte Schutzmarke der Hilti AG, Schaan.

**Profis Anchor 2.6.2**

www.hilti.de

Firma:

Bearbeiter:

Adresse:

Tel. / Fax:

E-Mail:

Seite:

Projekt:

Pos. Nr.:

Datum:

3

29.06.2018

4 Querbeanspruchung (EOTA TR 029, Abschnitt 5.2.3)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	4,230	19,231	22	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**	8,460	57,243	15	OK
Betonkantenbruch, Richtung x+**	8,460	12,110	70	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
30,000	1,560	19,231	4,230

4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (Betonausbruch maßgebend)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	k_t
80000	40000	105	210	2,000	7,200
h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
67	100	200			
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,c1}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
21,466	1,500	57,243	8,460		

4.3 Betonkantenbruch, Richtung x+

h_{ef} [mm]	d_{nom} [mm]	k_1	α	β	
70	12,0	1,700	0,084	0,065	
c_t [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]			
100	60000	45000			
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{0,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
0,900	1,000	1,000	0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
15,137	1,500	12,110	8,460		

5 Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (EOTA TR 029, Abschnitt 5.2.4)

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,454	0,699	1,500	90	OK

$$\beta_N^0 + \beta_V^0 \leq 1$$

Daten sind auf Übereinstimmung mit den gegebenen Randbedingungen zu kontrollieren und auf Plausibilität zu prüfen! Hilti übernimmt keine Haftung für Eingabedaten durch den Anwender.
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti ist eine registrierte Schutzmarke der Hilti AG, Schaan.

**Profis Anchor 2.6.2**

www.hilti.de

Firma:

Bearbeiter:

Adresse:

Tel. / Fax:

E-Mail:

Seite:

Projekt:

Pos. Nr.:

Datum:

4

29.06.2018

6 Verschiebungen (höchstbelasteter Dübel)

Kurzzeitbelastung:

$$N_{Sk} = 4,815 \text{ [kN]}$$

$$\delta_N = 0,128 \text{ [mm]}$$

$$V_{Sk} = 3,133 \text{ [kN]}$$

$$\delta_V = 0,157 \text{ [mm]}$$

$$\delta_{NV} = 0,202 \text{ [mm]}$$

Langzeitbelastung:

$$N_{Sk} = 4,815 \text{ [kN]}$$

$$\delta_N = 0,292 \text{ [mm]}$$

$$V_{Sk} = 3,133 \text{ [kN]}$$

$$\delta_V = 0,251 \text{ [mm]}$$

$$\delta_{NV} = 0,385 \text{ [mm]}$$

Hinweis: Die Verschiebungen infolge Zugkraft gelten, wenn die Hälfte des Drehmomentes beim Verankern aufgebracht wurde - ungerissener Beton! Die Verschiebungen infolge Querkraft gelten, wenn zwischen Beton und Ankerplatte keine Reibung vorliegt! Der Verschiebungswert aus dem Lochspiel zwischen Ankerkörper und Bohrlochrand sowie zwischen Ankerkörper und Anbauteil ist in dieser Berechnung nicht berücksichtigt!

Die zulässigen Verschiebungen hängen von der zu befestigenden Konstruktion ab und sind vom Konstrukteur festzulegen!

7 Warnungen / Hinweise

- Lastumlagerungen aufgrund von elastische Formänderung der Ankerplatte werden nicht berücksichtigt. Die Ankerplatte muss ausreichend steif sein, so dass sie sich unter den einwirkenden Kräften nicht verformt! Eingabedaten und Ergebnisse müssen mit den tatsächlichen Randbedingungen abgeglichen werden und auf Plausibilität geprüft!
- Die Weiterleitung der Kräfte im Bauteil ist nach der Bemessungsrichtlinie EOTA TR 029, Abschnitt 7 nachzuweisen.
- Diese Berechnung gilt nur wenn die Durchgangslöcher nicht grösser als in Tabelle 4.1 in EOTA TR029 angegeben sind! Bei grösseren Durchgangslöchern ist Kapitel 1.1. in EOTA TR029 zu beachten!
- Die Liste der Zubehörteile in diesem Bericht ist nur zur Information des Anwenders. Die Setzanweisungen, die mit dem Produkt mitgeliefert werden, sind stets zu beachten, um eine korrekte Installation zu gewährleisten.
- Die Reinigung ist gemäß Gebrauchsanweisung durchzuführen. (2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar), 2-maliges Ausbürsten und 2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar)).
- Die zulässigen Verbundspannungswerte sind von den vorliegenden Kurz- und Langzeittemperaturen abhängig.
- Bitte kontaktieren Sie Hilti, um die Verfügbarkeit der HIT-V Ankerstangen zu überprüfen.
- Randbewehrung zur Verhinderung des Spaltens des Betons nicht erforderlich!

Nachweis der Verankerung: OK!

Daten sind auf Übereinstimmung mit den gegebenen Randbedingungen zu kontrollieren und auf Plausibilität zu prüfen! Hilti übernimmt keine Haftung für Eingabedaten durch den Anwender.
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti ist eine registrierte Schutzmarke der Hilti AG, Schaan.



www.hilti.de

Profis Anchor 2.6.2

Firma:

Seite:

5

Bearbeiter:

Projekt:

Adresse:

Pos. Nr.:

Tel. / Fax:

Datum:

29.06.2018

E-Mail:

8 Installationsdaten

Ankerplatte, Stahl: -
 Profil: kein Profil
 Durchmesser Durchgangsloch: $d_g = 14$ mm
 Plattendicke (Eingabe): 5 mm
 Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet
 Reinigungsart: Druckluftreinigung des Bohrloches ist erforderlich

Dübeltyp und Größe: HIT-HY 200-A + HIT-V-R M12
 Anzugsdrehmoment: 0,040 kNm
 Durchmesser Bohrloch im Untergrund: 14 mm
 Bohrlochtiefe im Untergrund: 70 mm
 Minimale Bauteildicke: 100 mm

8.1 Erforderliche Zubehörteile

Bohren

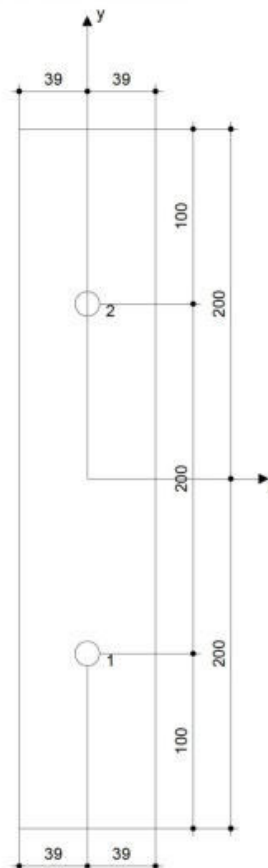
- Geeigneter Hammerbohrer
- Hammerbohrer geeigneten Durchmessers

Reinigen

- Druckluft mit erforderlichen Zubehörteilen um das Loch von unten auszublasen
- Drahtbürste korrekter Durchmesser

Installieren

- Auspressgeräte einschließlich Kassette und Mischer
- Drehmomentschlüssel



Koordinaten Dübel [mm]

Dübel	x	y	c _x	c _{yx}	c _y	c _{xy}
1	0	-100	100	100	100	300
2	0	100	100	100	300	100

Daten sind auf Übereinstimmung mit den gegebenen Randbedingungen zu kontrollieren und auf Plausibilität zu prüfen! Hilti übernimmt keine Haftung für Eingabedaten durch den Anwender.
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti ist eine registrierte Schutzmarke der Hilti AG, Schaan

**Profis Anchor 2.6.2**

www.hilti.de

Firma:

Bearbeiter:

Adresse:

Tel. / Fax:

E-Mail:

Seite:

Projekt:

Pos. Nr.:

Datum:

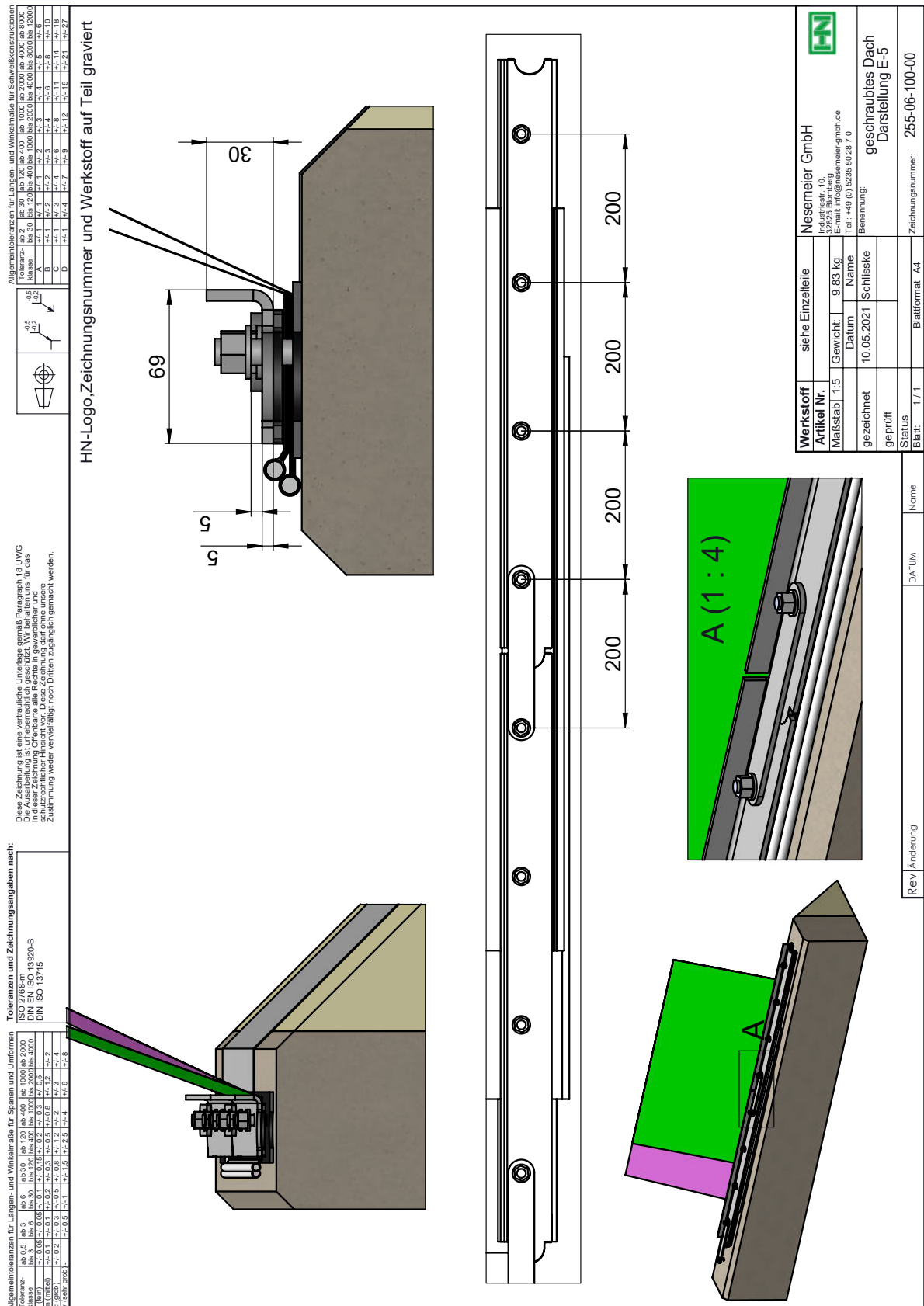
6

29.06.2018

9 Kommentar; Anmerkungen

- Sämtliche in den Programmen enthaltenen Informationen und Daten beziehen sich ausschließlich auf die Verwendung von Hilti-Produkten und basieren auf den Grundsätzen, Formeln und Sicherheitsbestimmungen gem. den technischen Anweisungen und Bedienungs-, Setz- und Montageanleitungen usw. von Hilti, die vom Anwender strikt eingehalten werden müssen. Sämtliche enthaltenen Werte sind Durchschnittswerte; daher sind vor Anwendung des jeweiligen Hilti-Produkts stets einsatzspezifische Tests durchzuführen. Die Ergebnisse der mittels der Software durchgeführten Berechnungen beruhen maßgeblich auf den von Ihnen einzugebenden Daten. Sie tragen daher die alleinige Verantwortung für die Fehlerfreiheit, Vollständigkeit und Relevanz der von Ihnen einzugebenden Daten. Sie sind weiterhin alleine dafür verantwortlich, die erhaltenen Ergebnisse der Berechnung vor der Verwendung für Ihre spezifische(n) Anlage(n) durch einen Fachmann überprüfen und freigeben zu lassen, insbesondere hinsichtlich der Konformität mit geltenden Normen und Zulassungen. Die Software dient lediglich als Hilfsmittel zur Auslegung von Normen und Zulassungen ohne jegliche Gewährleistung auf Fehlerfreiheit, Richtigkeit und Relevanz der Ergebnisse oder Geeignetheit für eine bestimmte Anwendung.
- Sie haben alle erforderlichen und zumutbaren Maßnahmen zu ergreifen, um Schäden durch die Software zu verhindern oder zu begrenzen. Insbesondere müssen Sie für die regelmäßige Sicherung von Programmen und Daten sorgen sowie regelmäßig ggf. von Hilti angebotene Updates der Software durchführen. Sofern Sie nicht die AutoUpdate-Funktion der Software nutzen, müssen Sie durch manuelle Updates über die Hilti-Website sicherstellen, dass Sie jeweils die aktuelle und somit gültige Version der Software verwenden. Soweit Sie diese Verpflichtung schuldhaft verletzen, haftet Hilti nicht für daraus entstehende Folgen, insbesondere nicht für die Wiederbeschaffung verlorener oder beschädigter Daten oder Programme.

Daten sind auf Übereinstimmung mit den gegebenen Randbedingungen zu kontrollieren und auf Plausibilität zu prüfen! Hilti übernimmt keine Haftung für Eingabedaten durch den Anwender.
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti ist eine registrierte Schutzmarke der Hilti AG, Schaan

Pos. D-A**geschraubtes Klemmprofil (alternativ) - Detailskizze**

Gurtung:

Gurt nach Datenblatt: (siehe nachfolgende Seite)

$$b/d = 50,2 / 2,72 \text{ mm}$$

Mindestbruchkraft: 7500 daN = 75,00 kNE-Modul:

Bruchkraft 8150 daN bei Dehnung 4,9%

$$\sigma = 81,50 / (5,02 * 0,272) = 59,69 \text{ kN/cm}^2$$

$$E = \sigma / 0,049 = 1218,16 \text{ kN/cm}^2$$

angesetzt: E = 1220 kN/cm²

$$\text{Innendurchmesser Behälter } D_i = 38,00 \text{ m}$$

Höhe Mittelstütze gegenüber Traufe $h_{St} = \text{ca. } 2,00 \text{ m}$ Abstand der Gurte am Außenrand: $e \leq 1,00 \text{ m}$

$$\text{Umfang } U_i = D_i * \pi = 119,38 \text{ m}$$

$$\text{Anzahl Gurte } n = 120$$

$$e = U_i / n = 0,99 \text{ m} < 1,00$$

Belastung:Eigengewicht < Gurt inkl. Netz: $g = \text{ca. } 0,03 \text{ kN/m}^2$

$$\text{Innendruck / Stützdruck, maximal: } p_i = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Unterdruck Gärbehälter: } p_u = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gurtabstand außen: } e_1 = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Gurtabstand Zentrum: } e_2 = 0,00 \text{ m}$$

$$g_1 = 0,03 * 1,00 = 0,03 \text{ kN/m; } g_2 = 0,03 * 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}$$

$$p_{i1} = 0,25 * 1,00 = 0,25 \text{ kN/m; } p_{i2} = 0,25 * 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}$$

$$p_{u1} = 0,10 * 1,00 = 0,10 \text{ kN/m; } p_{u2} = 0,10 * 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}$$

Besteller:	HANFWOLF Wolf GmbH & Co., Potsdamer Str. 150-152, D-33719 Bielefeld	
Kunden-Nr.:	30759	Kunden-Art.-Nr.: 31021
Prüfungsgut:	70051/50,00 mm FB2003 VS5	Auftraggeber: 75512, per Fax
Vorschrift:	imprägniert mittel	
Prüfer:	DIN EN 12195-2, Pkt. 6.3	Lieferschein-Nr.: 1236669
Prüfpartie:	Rehkeper	Liefermenge: 3.000 mtr.
Bemerkung:	92443/01	Lieferdatum: 22.03.12

HANFWOLF	
Wolf GmbH & Co.	
Potsdamer Str. 150-152	
33719 Bielefeld	

Prüfung [Einheit]	Sollwert	Istwert
Material [-]	PES	PES
Breite [mm]	50,2	50,2
Dicke [mm]	2,72	2,72
Gewicht [g/m]	129,14	129,14
Schusdichte [Pd/cm]	4,0	4,0
Mindestbruchkraft mit Dehnung bei LC [dan / 4]	min. 7.500	Bruchkraft 3LC
		Dehnung bei Bruchkraft LC
		max. 7
		8150,9
		7714,0
		7978,4

Die gelieferte Ware ist entsprechend den Forderungen der oben genannten Vorschrift gefertigt.
 Die von unserem Labor ermittelten und hiermit bestätigten Prüfwerte wurden bei uns EDV-gespeichert.
 Eine Unterschrift ist daher nicht erforderlich.

Die Gurte werden beim Einbau angespannt

Für die Bemessung der Gurte wird eine Vorspannkraft zu 2,00 kN/m² angesetzt

■ **BASISANGABEN**

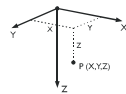
BERECHNUNGSART

☒ Statik	☒ Theorie I. Ordnung (linear)
☒ Nachweis	☒ Theorie II. Ordnung (nichtlinear)
☒ Dynamik	☒ Theorie III. Ordnung (nichtlinear nach Newton-Raphson)
	☒ Durchschlagproblem
☒ Lastfälle	☒ Bemessungsfälle
☒ LF-Gruppen	☒ Dynamikfälle
☒ LF-Kombinationen	☒ Knickfiguren

STRUKTURKENNWERTE

☒ 1D-Durchlaufträger	15 Knoten	14 Stäbe
☒ 2D-Stabwerk	1 Materialien	14 Seilstäbe
☒ 3D-Stabwerk	1 Querschnitte	0 Voutenstäbe
☒ Trägerrost	0 Stabendgelenke	0 El. gebet. Stäbe
	0 Stabteilungen	2 Stabzüge

Kartesisch

■ **KNOTEN**

Knoten Nr.	Bezugs-Knoten	Koordinaten System	Knotenkoordinaten		Kommentar
			X [m]	Z [m]	
1	-	Kartesisch	0.000	-2.000	
2	-	Kartesisch	-19.000	0.000	
3	-	Kartesisch	19.000	0.000	
4	-	Kartesisch	-2.714	-1.714	
5	-	Kartesisch	-5.429	-1.429	
6	-	Kartesisch	-8.143	-1.143	
7	-	Kartesisch	-10.857	-0.857	
8	-	Kartesisch	-13.571	-0.571	
9	-	Kartesisch	-16.286	-0.286	
10	-	Kartesisch	-2.714	-1.714	
11	-	Kartesisch	5.429	-1.429	
12	-	Kartesisch	8.143	-1.143	
13	-	Kartesisch	10.857	-0.857	
14	-	Kartesisch	13.571	-0.571	
15	-	Kartesisch	16.286	-0.286	

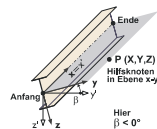
■ **MATERIALIEN**

Material Nr.	Material-Bezeichnung	Elast.-Modul E [kN/cm ²]	Schubmodul G [kN/cm ²]	Sp. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehn. α [1/°C]	Beiwert γ _{ul} [-]
1	Hanf Benutzerdefiniertes Material	1200.00	440.00	10.00	1.2000E-05	1.000

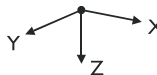
Rechteck 50.2/2.7

■ **QUERSCHNITTE**

Quers. Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Mat. Nr.	I _T [cm ⁴] A [cm ²]	I _y [cm ⁴] A _y [cm ²]	I _z [cm ⁴] A _z [cm ²]
1	Rechteck 50.2/2.7	1	1.36	0.01	1.13

■ **STÄBE**

Stab Nr.	Stabtyp	Knoten Anfang	Knoten Ende	Drehung Typ	Drehung β [°]	Querschnitt Anfang	Querschnitt Ende	Gelenk Anfang	Gelenk Ende	Exz. Nr.	Teil. Nr.	Länge L [m]	
9	Seilstab	1	4	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
14	Seilstab	1	10	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
15	Seilstab	4	5	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
16	Seilstab	5	6	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
17	Seilstab	6	7	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
18	Seilstab	7	8	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
19	Seilstab	8	9	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
20	Seilstab	9	2	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
21	Seilstab	10	11	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
22	Seilstab	11	12	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
23	Seilstab	12	13	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
24	Seilstab	13	14	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
25	Seilstab	14	15	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ
26	Seilstab	15	3	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	2.729	XZ

■ **KNOTENLAGER**

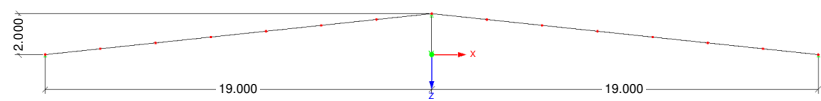
Lager Nr.	Knoten Nr.	Lagerdrehung [°] um Y	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad]	u _x	u _z	φ _y
1	2,3	0.00				
2	1	0.00				

■ STABSÄTZE

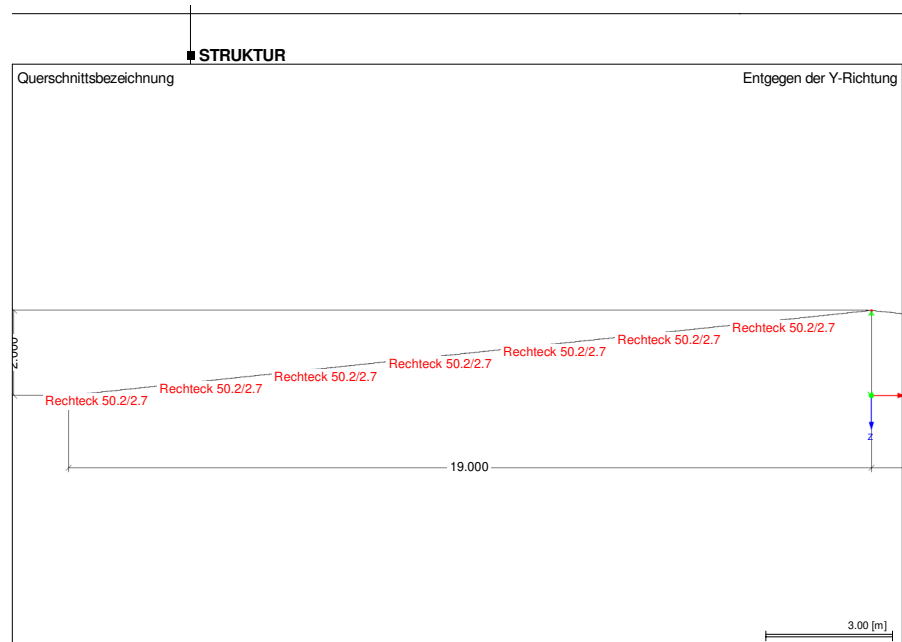
Satz Nr.	Stabsatz-Bezeichnung	Typ	Stab Nr.	Länge [m]
1	Stabzug 1	Stabzug	8,15-20	19,105
2	Stabzug 2	Stabzug	14,21-26	19,105

■ STRUKTUR

Entgegen der Y-Richtung



3.00 [m]

**■ LASTFÄLLE**

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	LF-Faktor	Eigenschaften des Lastfalls	Eigengewicht	Berechnungs-Theorie
1	Eigengewicht und Netz	1.0000	Ständig	-	III. Ordnung
2	Stützdruck / Innendruck	1.0000	Veränderlich	-	III. Ordnung
3	Unterdruck	1.0000	Veränderlich	-	III. Ordnung

■ EINSTELLUNGEN FÜR NICHTLINEARE BERECHNUNG

LF-Nr.	LF-Bezeichnung	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte	Ergebnisse durch LF-Faktor zurückdividieren	Steifigkeit durch Gamma-M reduzieren
1	Eigengewicht und Netz	☒	☒	☒
2	Stützdruck / Innendruck	☒	☒	☒
3	Unterdruck	☒	☒	☒

LF1
Eigengewicht und Netz

■ STABLASTEN

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last-Art	Last-Verlauf	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter	Wert	Einheit	Über ges. Länge
1	Stabsätze	2	Kraft	Trapezförmig	Z	Wahre Länge	p_1	0.000	kN/m		☒
3	Stabsätze	1	Kraft	Trapezförmig	Z	Wahre Länge	p_1	0.000	kN/m		☒
4	Stäbe	8	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
5	Stäbe	15	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
6	Stäbe	16	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
7	Stäbe	17	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
8	Stäbe	18	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
9	Stäbe	19	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
10	Stäbe	20	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
11	Stäbe	14	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
12	Stäbe	21	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒
13	Stäbe	22	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V_1	2.000	kN		☒

LF1
Eigengewicht und Netz

STABLASTEN

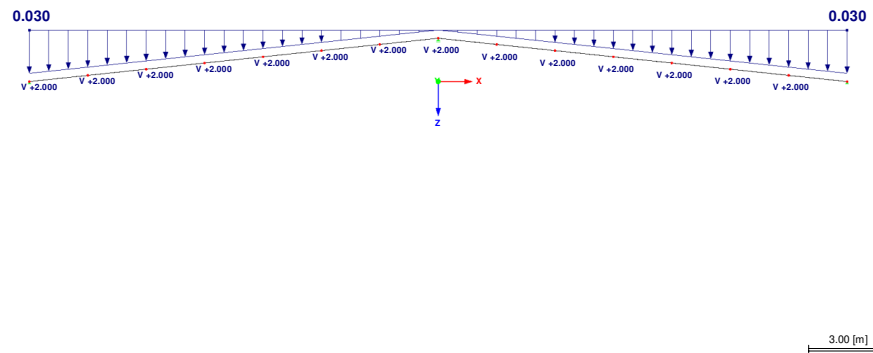
LF1

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last- Art	Last- Verlauf	Last- Richtung	Bezugs- Länge	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit	Über ges. Länge
13	Stäbe	22	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V ₂	2.000	kN	
14	Stäbe	23	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V ₁	2.000	kN	
15	Stäbe	24	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V ₂	2.000	kN	
16	Stäbe	25	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V ₁	2.000	kN	
17	Stäbe	26	Vorspannu	Trapezförmig	x	Wahre Länge	V ₂	2.000	kN	

LF1: EIGENGEWICHT UND NETZ

LF1: Eigengewicht und Netz

Entgegen der Y-Richtung

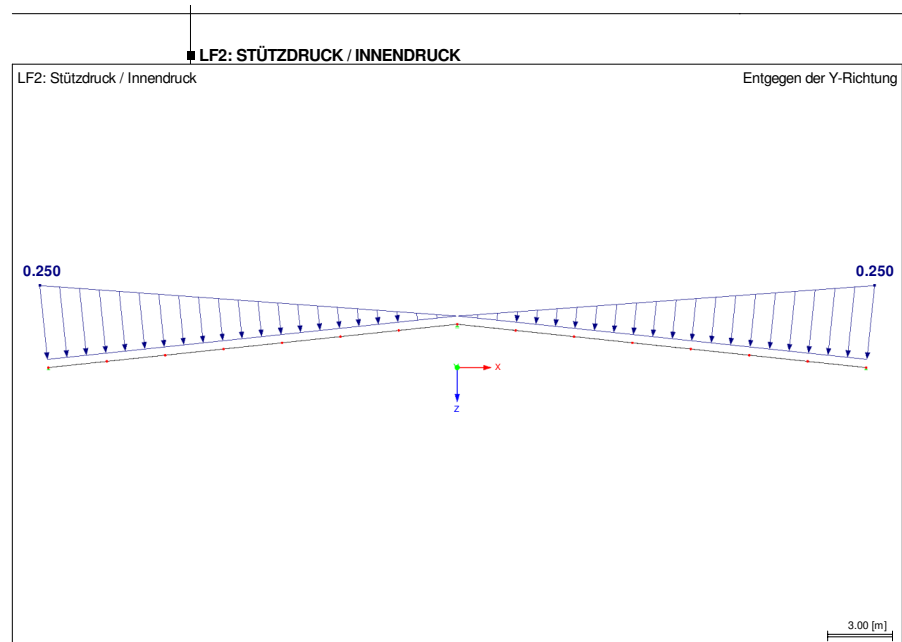


LF2
Stützdruck / Innendruck

STABLASTEN

LF2

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last- Art	Last- Verlauf	Last- Richtung	Bezugs- Länge	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit	Über ges. Länge
1	Stabsätze	1,2	Kraft	Trapezförmig	z	Wahre Länge	p ₁ p ₂	0.000 0.250	kN/m kN/m	

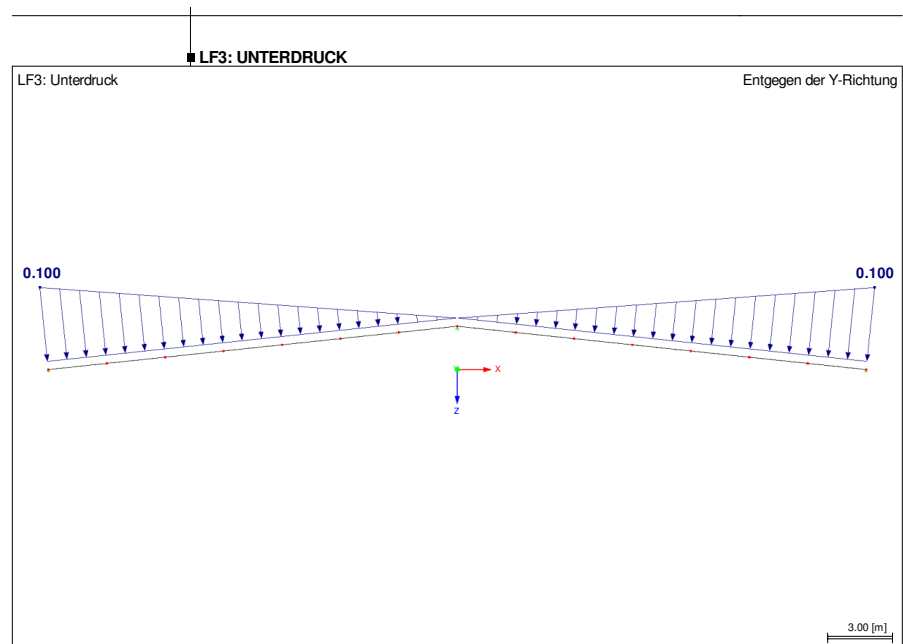


LF3
Unterdruck

■ STABLASTEN

LF3

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr. An Stabs. Nr.	Last- Art	Last- Verlauf	Last- Richtung	Bezugs- Länge	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit	Über ges. Länge
1	Stabsätze	1,2	Kraft	Trapezförmig	z	Wahre Länge	p ₁ p ₂	0.000 0.100	kN/m kN/m	■

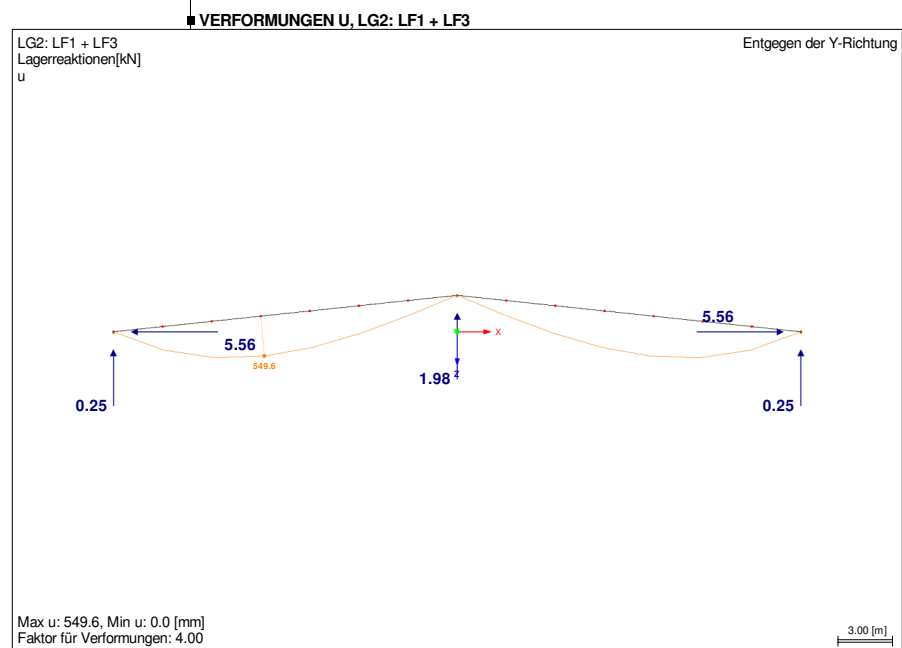
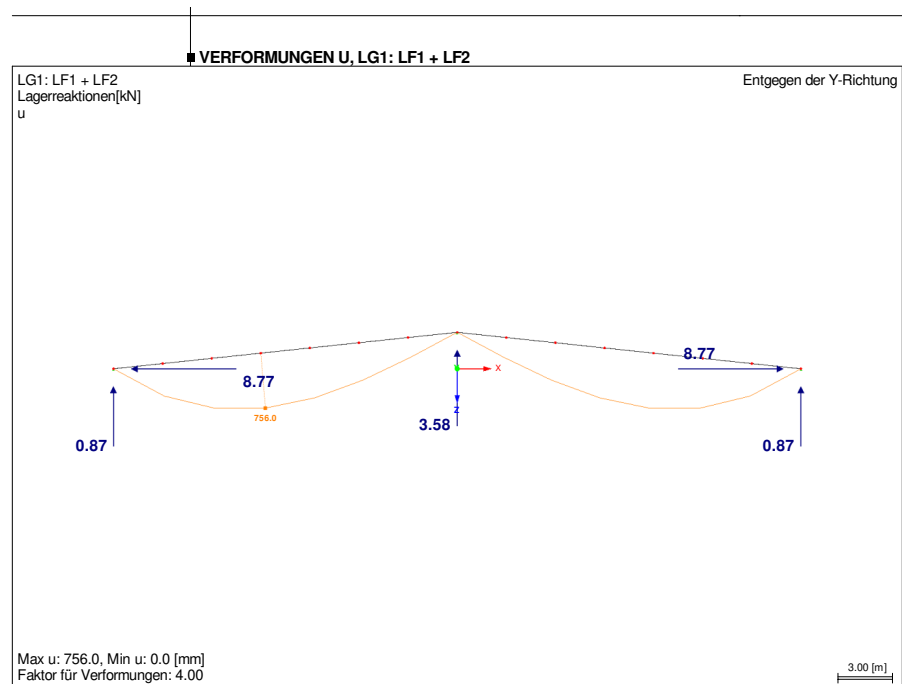


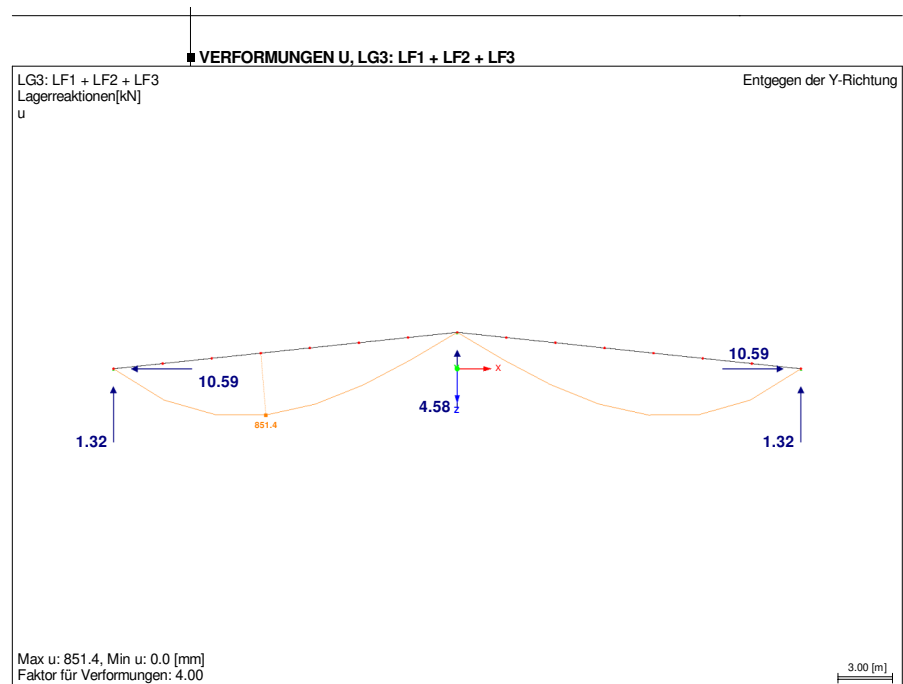
■ LASTFALLGRUPPEN

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Faktor	Lastfälle in LG	Berechnungs-Theorie
1		1.0000	LF1 + LF2	III. Ordnung
2		1.0000	LF1 + LF3	III. Ordnung
3		1.0000	LF1 + LF2 + LF3	III. Ordnung

■ EINSTELLUNGEN FÜR NICHTLINEARE BERECHNUNG

LG Nr.	LG-Bezeichnung	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte	Ergebnisse durch LF-Faktor zurückdividieren	Steifigkeit durch Gamma-M reduzieren
1	LF1 + LF2	☒	☐	☒
2	LF1 + LF3	☒	☐	☒
3	LF1 + LF2 + LF3	☒	☐	☒

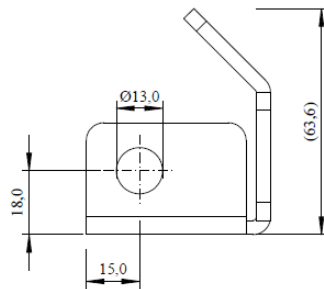
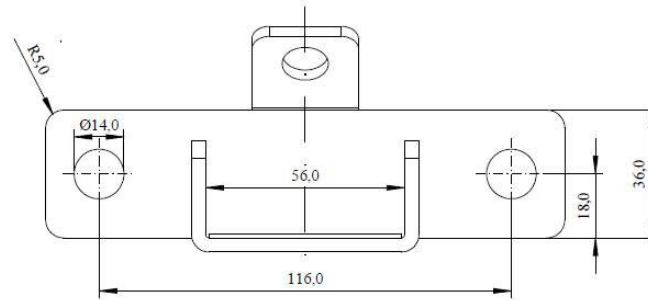




$$\max V_H = 10,59 \text{ kN}$$

$$\max V_V = 1,32 \text{ kN}$$

Anschluss Behälterwand über Stahlanschlussprofil (U.Profil + Ankerplatte) und 2 Anker M12



Einleitung Zugkraft in Bolzen M12

$$Z = \sqrt{(V_H^2 + V_V^2)} = 10,67 \text{ kN}$$

Querkraft je Seite:

$$F_{yd} = 1,50 \cdot Z / 2 = 8,00 \text{ kN}$$

< 16,20 (M12, 4.6)

Anschlusswinkel:

$$V_{Hd} = 1,50 \cdot V_H = 15,89 \text{ kN}$$

$$V_{Vd} = 1,50 * V_V = 1,98 \text{ kN}$$

$$M_d = V_{Hd} * 2,0 + V_{Vd} * 3,50 = 38,71 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_d = M_d / (5,6 \cdot 0,4^2 / 6) = 259,22 \text{ kN/cm}^2$$

>> 23,50 (S235)

=> Das U-Profil wird sich im Anschlussbereich verformen, bis nur noch Zugkräfte wirksam werden.

$$\sigma_d = 1,5 * 1,25 * Z / (5,6 * 0,4) = 8,93 \text{ kN/cm}^2$$

< 23,50 (S235)

Ankernachweis: Fischer FAZ II 12/10:

Randabstand Anker ≥ 10 cm

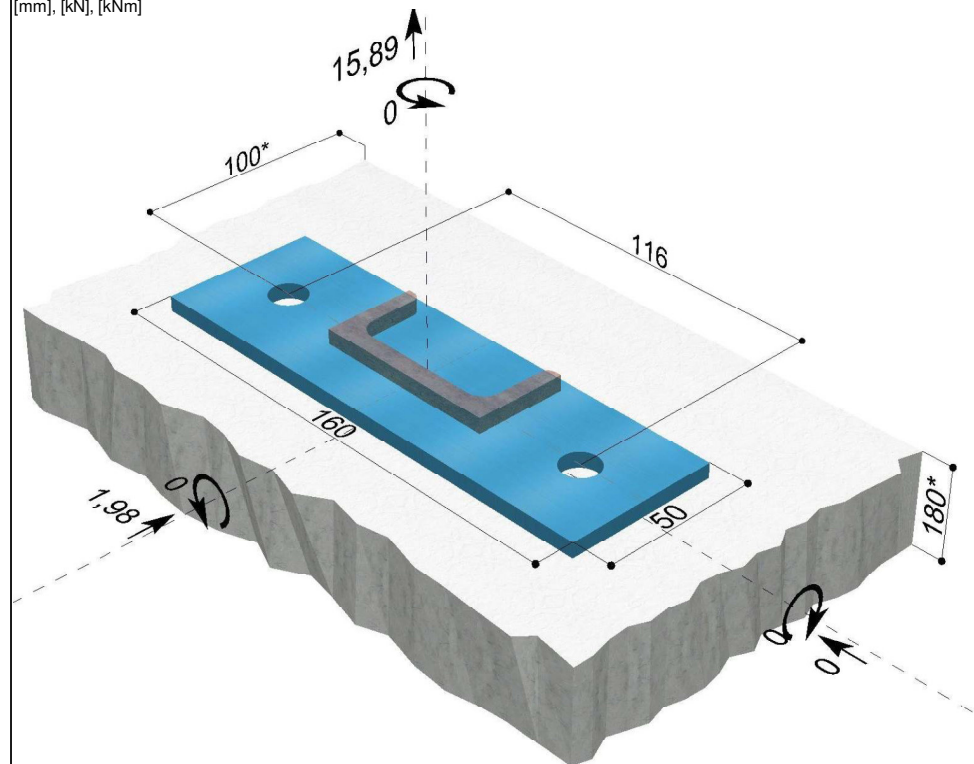
Aufsteller		fischer 
Straße		BEFESTIGUNGSSYSTEME
Plz / Ort		COMPUFIX 8.4
Tel. / Fax		8.4.4840.25953/7/2235
Bauvorhaben		Seite 1
Bauteil		Datum: 12.02.2014
Bemerkung		

fischer COMPUFIX: Bemessen nach ETAG, Anhang C

Lastart: Ruhende Belastung
 Dübel: **Ankerbolzen FAZ II 12 / 10** (Art. Nr. 95419) aus galvanisch verzinktem Stahl
 Ankergrund: Gerissener Beton, normal bewehrt
 Betondruckfestigkeitsklasse: C 25/30
 Randbewehrung: Ohne Rand- / Rückhängebewehrung
 Dübelbiegung: Nicht vorhanden
 Ankerplatte: Keine Bemessung verfügbar

Maße/Lasten:

Bemessungslasten
 (*) Maß nicht maßstäblich
 [mm], [kN], [kNm]



Aufsteller			fischer 
Bauvorhaben			BEFESTIGUNGSSYSTEME
Bauteil			
Dübel	Ankerbolzen FAZ II 12 / 10	Seite 2	

Achtung:

- Bei der Bemessung wurde vorausgesetzt, dass die Ankerplatte unter den einwirkenden Schnittkräften eben bleibt. Deshalb muss sie ausreichend steif sein. Die in COMPUFIX enthaltene Ankerplattenbemessung basiert auf einem Spannungsnachweis, erlaubt aber keine direkte Aussage über die Plattensteifigkeit. Der Steifigkeitsnachweis wird von COMPUFIX nicht geführt.
- Der Bemessung liegen umfangreiche dübelspezifische Kennwerte zugrunde. Bei einem Austausch - auch gegen ähnliche Produkte - muß in jedem Fall eine neue Bemessung erfolgen.
- Bei der Verwendung von Langlöchern wird vorausgesetzt, dass die Dübel mittig in den Löchern angeordnet sind.
- Bitte überprüfen Sie, ob die Klemmdicke des Dübels ausreichend ist.
- Maximaler Lochdurchmesser im Anbauteil: 14 mm.
- Zur Gewährleistung der Bauteiltragfähigkeit sind die Nachweise nach Abschnitt 7 der ETAG, Anhang C zu beachten.
- Alle übrigen Bedingungen der Zulassung sind zu beachten.
- Am Bauteilrand muss im Bereich der Verankerungstiefe eine Längsbewehrung mit einem Durchmesser von mindestens 6 mm vorhanden sein.
- Spaltnachweis ist aus folgenden Gründen nicht notwendig:
 - Nachweise wurden für gerissenen Beton geführt.
 - Es ist eine Spaltbewehrung vorhanden, die die Rissbreite unter Berücksichtigung der Spaltkräfte der Dübel nach ETAG 001, Anhang C, Abschnitt 7.3 auf $w_k = 0.3$ mm begrenzt.

Zuglast, Stahlbruch:				Querlast, Stahlbruch:			
	Einheit	S_d			Einheit	S_d	
$N_{Rk,s}$	kN	41,50		$V_{Rk,s}$	kN	29,50	
γ_{Ms}	-	1,50		γ_{Ms}	-	1,25	
$N_{Rd,s}$	kN	27,67		$V_{Rd,s}$	kN	23,60	
N_{Sd}	kN	7,95		V_{Sd}	kN	0,99	
$\beta_{N,s}$	-	0,29		$\beta_{V,s}$	-	0,04	

Zuglast, Kegelförmiger Betonausbruch:				Querlast, Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite:			
	Einheit	S_d			Einheit	S_d	
$N_{Rk,c}^0$	kN	23,10		$N_{Rk,c}^0$	kN	23,10	
$A_{c,N}^0$	cm ²	668,30		$A_{c,N}^0$	cm ²	668,30	
$A_{c,N}^0$	cm ²	441,00		$A_{c,N}^0$	cm ²	441,00	
$A_{c,N}^0 / A_{c,N}^0$	-	1,52		$A_{c,N}^0 / A_{c,N}^0$	-	1,52	
$\psi_{s,N}$	-	0,99		$\psi_{s,N}$	-	0,99	
$\psi_{ec1,N}$	-	1,00		$\psi_{ec1,N}$	-	1,00	
$\psi_{ec2,N}$	-	1,00		$\psi_{ec2,N}$	-	1,00	
$\psi_{re,N}$	-	1,00		$\psi_{re,N}$	-	1,00	
$N_{Rk,c}$	kN	34,50		k	-	2,40	
$\gamma_{M,c}$	-	1,50		$V_{Rk,cp}$	kN	82,80	
$N_{Rd,c}$	kN	23,00		$\gamma_{M,cp}$	-	1,50	
N_{Sd}	kN	15,89		$V_{Rd,cp}$	kN	55,20	
$\beta_{N,c}$	-	0,69		V_{Sd}	kN	1,98	
				$\beta_{V,cp}$	-	0,04	

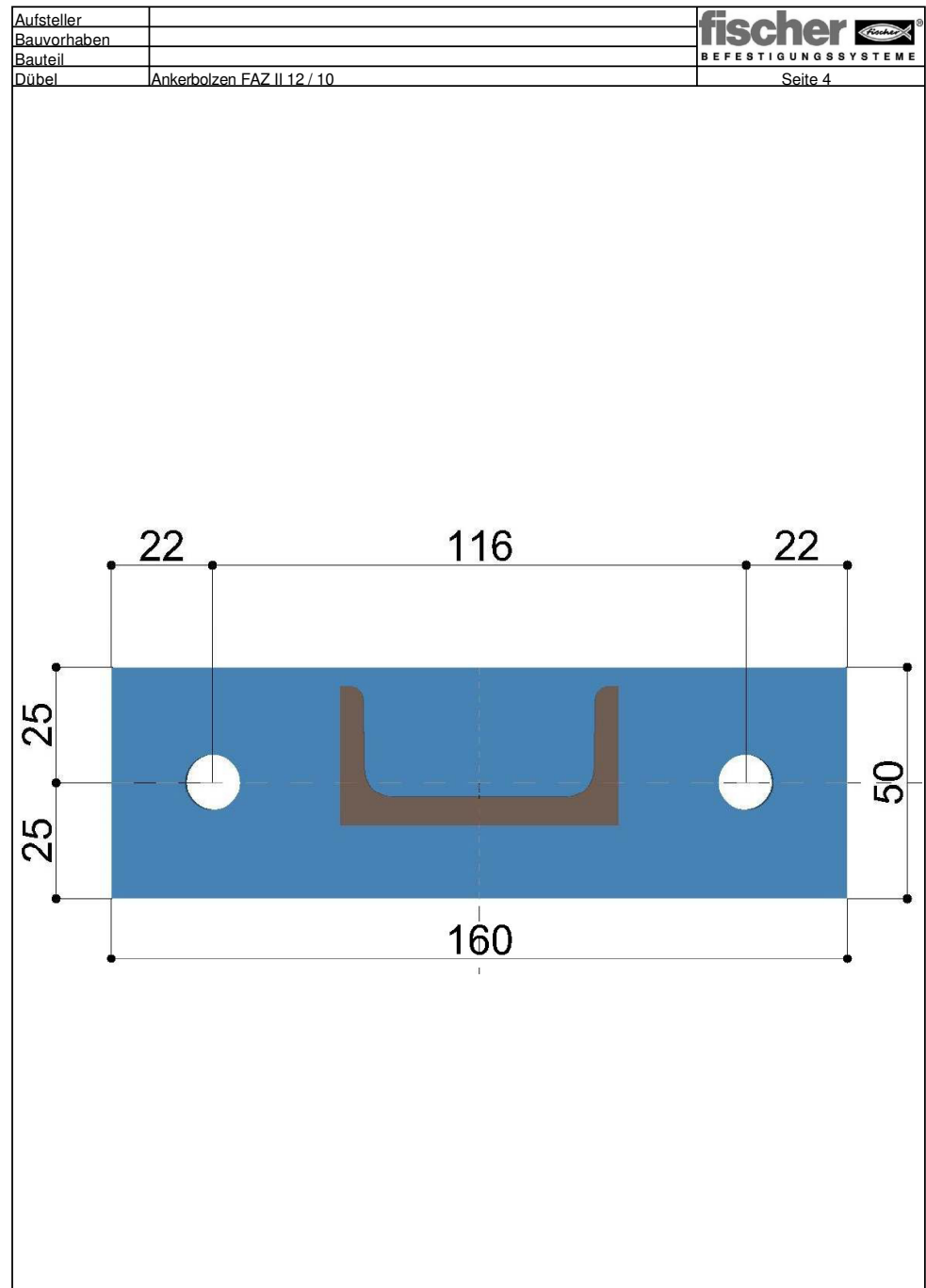
Zuglast, Herausziehen:			
	Einheit	S_d	
$N_{Rk,p}$	kN	17,60	
γ_{Mp}	-	1,50	
$N_{Rd,p}$	kN	11,73	
N_{Sd}	kN	7,95	
$\beta_{N,p}$	-	0,68	

Aufsteller			fischer 	
Bauvorhaben			BEFESTIGUNGSSYSTEME	
Bauteil			Seite 3	
Dübel	Ankerbolzen FAZ II 12 / 10			

Querlast, Betonkantenbruch:			
	Einheit	S_d	
$V_{Rk,c}$	kN	15,14	
$A_{c,v}$	cm ²	624,00	
$A_{c,v}^0$	cm ²	450,00	
$A_{c,v}^0 / A_{c,v}$	-	1,39	
$\psi_{s,v}$	-	1,00	
$\psi_{h,v}$	-	1,00	
$\psi_{a,v}$	-	1,00	
$\psi_{ec,v}$	-	1,00	
$\psi_{es,v}$	-	1,00	
$V_{Rk,c}$	kN	20,99	
$\gamma_{M,c}$	-	1,50	
$V_{Rd,c}$	kN	13,99	
V_{sd}	kN	1,98	
$\beta_{v,c}$	-	0,14	

Zuglast	Ausnutzung	Querlast	Ausnutzung	Interaktion	Ausnutzung
Stahlbruch:	28,7 %	Stahlbruch:	4,2 %		62,7 %
Kegelförmiger Betonausbruch:	69,1 %	Betonkantenbruch:	14,1 %		
Durchziehen / Herausziehen:	67,7 %	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite:	3,6 %		

Ergebnis: **Der rechnerische Nachweis der Dübel ist erbracht**

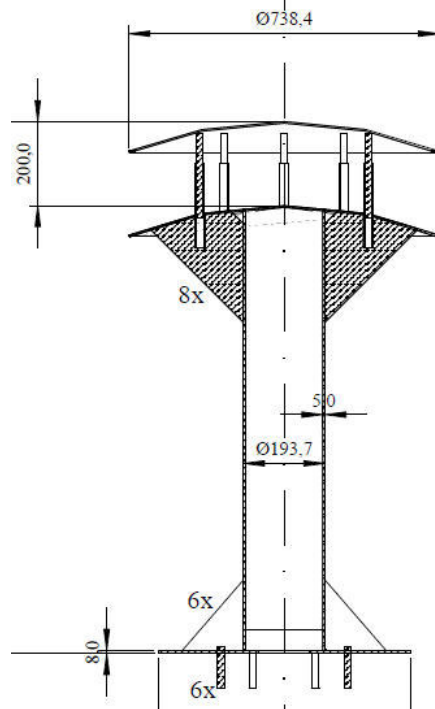


Stütze:

aus Gurtberechnung Lastgruppe 3:

$$N_{St1} = 4,58 \text{ kN}$$

$$N_{St} = 4,58 * U_i / 2 = 273,38 \text{ kN}$$



Ausführung singemäß wie Skizze, aber

Stütze 219,1 x 3,0 mm statt: 193,7x5mm

$$A = (21,91/2)^2 * \pi - (21,91/2 - 0,3)^2 * \pi = 20,37 \text{ cm}^2$$

$$i_y = 7,63 \text{ cm}$$

$$\sigma_d = 1,5 * N_{St} / A = 20,13 \text{ kN/cm}^2 < 23,50 \text{ (S235)}$$

Die Stütze ist oben durch die Gurtung und unten durch die Befestigung auf der Stahlbetonstütze gehalten

Ansatz als Pendelstütze $s_k = h = 2,00 \text{ m}$ **System:**

Stützhöhe H = 2000 mm

$$N_d = 1,5 * N_{St} = 410 \text{ kN}$$

$$\beta_y = 1,00$$

$$\text{Stahl} = \text{GEW}(\text{"EC3_de/mat"; ID; }) = \text{S 235}$$

$$f_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC3_de/mat"; } f_{yk}; \text{ID=Stahl})/10 = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}} = 1,00$$

$$E = \text{TAB}(\text{"EC3_de/mat"; E; ID=Stahl})/10 = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{E / 23,5} * \epsilon = 93,91$$

$$\begin{aligned}
 \gamma_{M1} &= 1,10 \\
 L_{cr,y} &= \beta_y \cdot H = 2000 \text{ mm} \\
 \text{Knicklinie } yy &= \text{GEW}(\text{"EC3_de/knick"; knl; }) = a \\
 \alpha &= \text{TAB}(\text{"EC3_de/knick"; } \alpha; \text{ knl=yy}) = 0,21 \\
 \lambda_{quer,y} &= \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 0,279 \\
 \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) = 0,547 \\
 \chi_y &= \frac{1}{\text{MIN}(\frac{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}{2}; 1,0)} = 0,983 \\
 N_{b,Rd,y} &= \chi_y \cdot A \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M1}} = 427,78 \text{ kN} \\
 \frac{N_d}{N_{b,Rd,y}} &= \underline{\underline{0,96 < 1}}
 \end{aligned}$$

Anschluss an Stahlbetonstütze unten konstruktiv nach Werkplanung Anlagenbau

Alternativausführung:

durchgängige Stütze 273 x 6,3 mm von der Gurtung bis zur Behältersohle

$$A = (27,30/2)^2 \cdot \pi - (27,30/2 - 0,63)^2 \cdot \pi = 52,79 \text{ cm}^2$$

$$i_y = 9,43 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_d &= 1,5 \cdot N_{St} / A = 7,77 \text{ kN/cm}^2 \\
 &< 23,50 \text{ (S235)}
 \end{aligned}$$

Die Stütze ist oben durch die Gurtung und unten durch die Befestigung auf der Stahlbetonsohle / Stahlbetonfundament gehalten

Stahlbetonbehälterhöhe maximal $H_1=8,00\text{m}$

Stützhöhe über OK-Stahlbetonbehälter: $H_2 = D / 20 = 38,00 / 20 = 1,90 \text{ m}$

max $H = 8,00 + 1,90 = 9,90 \text{ m}$

Pendelstütze $s_k = h = 9,90 \text{ m}$

System:

$$\begin{aligned}
 \text{Stützhöhe } H &= 9900 \text{ mm} \\
 N_d &= 1,5 \cdot N_{St} = 410 \text{ kN} \\
 \beta_y &= 1,00 \\
 \text{Stahl} &= \text{GEW}(\text{"EC3_de/mat"; ID; }) = \text{S 235} \\
 f_{y,k} &= \text{TAB}(\text{"EC3_de/mat"; } f_{yk}; \text{ ID=Stahl})/10 = 23,5 \text{ kN/cm}^2 \\
 \varepsilon &= \sqrt{\frac{23,5}{f_{y,k}}} = 1,00 \\
 E &= \text{TAB}(\text{"EC3_de/mat"; E; ID=Stahl})/10 = 21000 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_1 &= \pi \cdot \sqrt{E / 23,5} \cdot \epsilon &= & 93,91 \\
 \gamma_{M1} &= & & 1,10 \\
 L_{cr,y} &= \beta_y \cdot H &= & 9900 \text{ mm} \\
 \text{Knicklinie yy} &= \text{GEW}(\text{"EC3_de/knick"; knl; }) &= & a \\
 \alpha &= \text{TAB}(\text{"EC3_de/knick"; } \alpha; \text{ knl=yy}) &= & 0,21 \\
 \lambda_{quer,y} &= \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{10 \lambda_1} &= & 1,118 \\
 \Phi &= 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{quer,y} - 0,2) + \lambda_{quer,y}^2) &= & 1,221 \\
 \chi_y &= \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{quer,y}^2}}; 1,0 &= & 0,584 \\
 N_{b,Rd,y} &= \chi_y \cdot A \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M1}} &= & 658,63 \text{ kN} \\
 \frac{N_d}{N_{b,Rd,y}} &= & & \underline{\underline{0,62 < 1}}
 \end{aligned}$$

Anschluss an Stahlbetonsohle / Stahlbetonfundament unten konstruktiv nach Werkplanung Anlagenbau