„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Statische Berechnung

eines

offenen „Stahlbeton-Rundbehälters"

Nachgärer / Lager

Ø 29,50 m, H = 6,00 m

Bauvorhaben:

Neubau einer landwirtschaftlichen Biogasanlage

in

33818 Leopoldshöhe

Bauherr:

Bioenergie Krentrup GmbH & Co. KG
Alte Hofstr. 16
33818 Leopoldshöhe

Ausführung:

Sundermann GmbH & Co.
Industriestraße 2
32683 Barntrup-Alverdissen

Statik:

Sundermann GmbH & Co.
Industriestraße 2
32683 Barntrup-Alverdissen

SUNDERMANN GmbH & Co. , Stahlbeton-Rundbehälter
Industriestraße 2, 32683-Barntrup - Alverdissen

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Statische Berechnung

eines kreiszylindrischen „Stahlbeton-Rundbehälters"

DIN 1045-1, Ausgabe (2001/07)

(Güllebehälter n. DIN 11622)

als:

Nachgärer

Ø 29,50 m, Höhe 6,00 m

Übersicht der enthaltenen Nachweise
für den abgedeckten Behälter :

Vollfüllung, seitliche Erdanschüttung
Temperaturdifferenz zwischen Füllgut und Außenluft
bzw. Innen- und Außenluft bei vollständig
gedämmter Betonkonstruktion
rechnerische Rissbreite w cal = 0,15 mm
Betonfestigkeitsklasse C 35/45

Auflast einer Tragluftabdeckung oder sonstigen folienartigen Dachkonstruktion.
Vertikale Lastannahme am Wandkopf: F_V = + / - 5,0 KN / m

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Vorbemerkungen:

Es kommt ein kreiszylindrischer Stahlbeton-Rundbehälter mit einem lichten Durchmesser von 29,50 m und einer Wandhöhe von 6,00 m zur Ausführung. Der Behälter erhält bauseits eine Haube als Gasmembran in Leichtbauweise. Die Haube ist kein Bestandteil dieser Berechnung. Sowohl aus Gründen des Wärmeverlustes, als auch aus statischen Gründen ist eine vollständige Außenisolierung der gesamten Stahlbetonkonstruktion vor Abdeckung, Befüllung und Inbetriebnahme des Behälters mit 10 cm starken Styropor- bzw. Styrodurplatten WLZ 035 erforderlich. Das in Behälterwand und Bodenplatte verlegte Heizleitungssystem ist entsprechend Anwenderhinweis Seite 5 zur Vermeidung unzulässiger Spannungen zu betreiben. Die 2 cm starken Heizleitungsrohre werden in einen Abstand von 15 bis 30 cm ringförmig in der Behälterwand und der Bodenplatte zwischen den Bewehrungslagen oder als Aufputzinstallation verlegt. Der Behälter ist sowohl für mesophilen (+35-40°C), als auch für thermophilen (+55°C) Anlagenbetrieb ausgelegt.

Entwurfs- und Planungsgrundsatz:

Der Behälter wird für die Aufnahme von Gülle erstellt. Hinsichtlich der Undurchlässigkeit des Behälters ist festzustellen, dass Trennrissbildung mit Flüssigkeitsdurchtritt in dem vorwiegend auf reinen Zug beanspruchten Bauwerk unvermeidbar ist. Im Gebrauchszustand sind daher Feuchtstellen mit Ansammlung geringer Mengen Flüssigkeit auf der Bauteiloberfläche zu erwarten. Der Flüssigkeitsdurchtritt durch den Bauteilquerschnitt kann eine Begrenzung durch Selbstheilung erfahren. Da Gülle im Gegensatz zu Wasser einen nicht unerheblichen Trockensubstanzanteil aufweist, ist von einer Reduzierung des Flüssigkeitstransportes durch deren Schwebstoffe auszugehen. Eine trockene Bauteiloberfläche kann jedoch nicht erwartet werden. Um dies zu erreichen, ist der Behälter zusätzlich abzudichten. Der Stahlbetonbehälter ist in Abhängigkeit der Expositionsklasse XC4 der Anforderungsklasse E nach Tab. 19 DIN 1045-1 zugeordnet. Die Nachweise zur Beschränkung der Rissbreite im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit brauchen vor diesem Hintergrund lediglich für die quasi-ständige Einwirkungskombination nach DIN 1045-1 geführt werden. *(vgl. Abschnitt 5.1 Satz 2 DIN 11622-2)* Aus Gründen der vereinheitlichten Nachweisführung werden die Nachweise auf der sicheren Seite liegend für die häufige Einwirkungskombination geführt.

Grundlagen:

DIN 11622, Teil 1+2 (Bemessung, Ausführung, Beschaffenheit von Güllebehältern aus Stahlbeton)
DIN 1055-100
EN 206-1
DIN 1045, Teil 1 u. 2 (*Ausgabe 2001/07*)
DIN-Fachbericht 100
(DAfStb) Heft 525 (Erläuterungen zu DIN 1045-1)
(DAfStb) Heft 526 (Erläuterungen zu DIN EN 206-1, DIN 1045-2-4, DIN 4226)
DIN 4030-1

Baustoffe:

Betonstahl nach DIN 488-1
Normalbeton : Betonfestigkeitsklasse **C 35/45** nach DIN 1045-1
XC4, wechseln nass und trocken (nur teilweise auf den Behälter einwirkend)
XF3, hohe Wassersättigung, ohne Taumittel (nur teilweise auf den Behälter einwirkend)
XA1 vorsorglich um eine Klasse auf XA2 erhöht, chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tafel 6, DIN 1045 (2)
(nur teilweise auf den Behälter einwirkend)

Alle Betoninnenflächen sind bauseits mit einer medienbeständigen, rissüberbrückenden, flüssigkeits- und gasdichten Auskleidung bzw. einem Schutzüberzug nach DIN 4030-1 zu versehen!

Füllgut: (Substrat)

landwirtschaftliche Gülle (ph - Wert 7)
(Gülle ist Gemisch aus Harn, Kot und Futterresten)

Bodenverhältnisse: (Annahme)

gewachsener Boden
Grund- u. Stauwasser: Der Behälter darf nicht in Stau- oder Grundwasser einbinden.

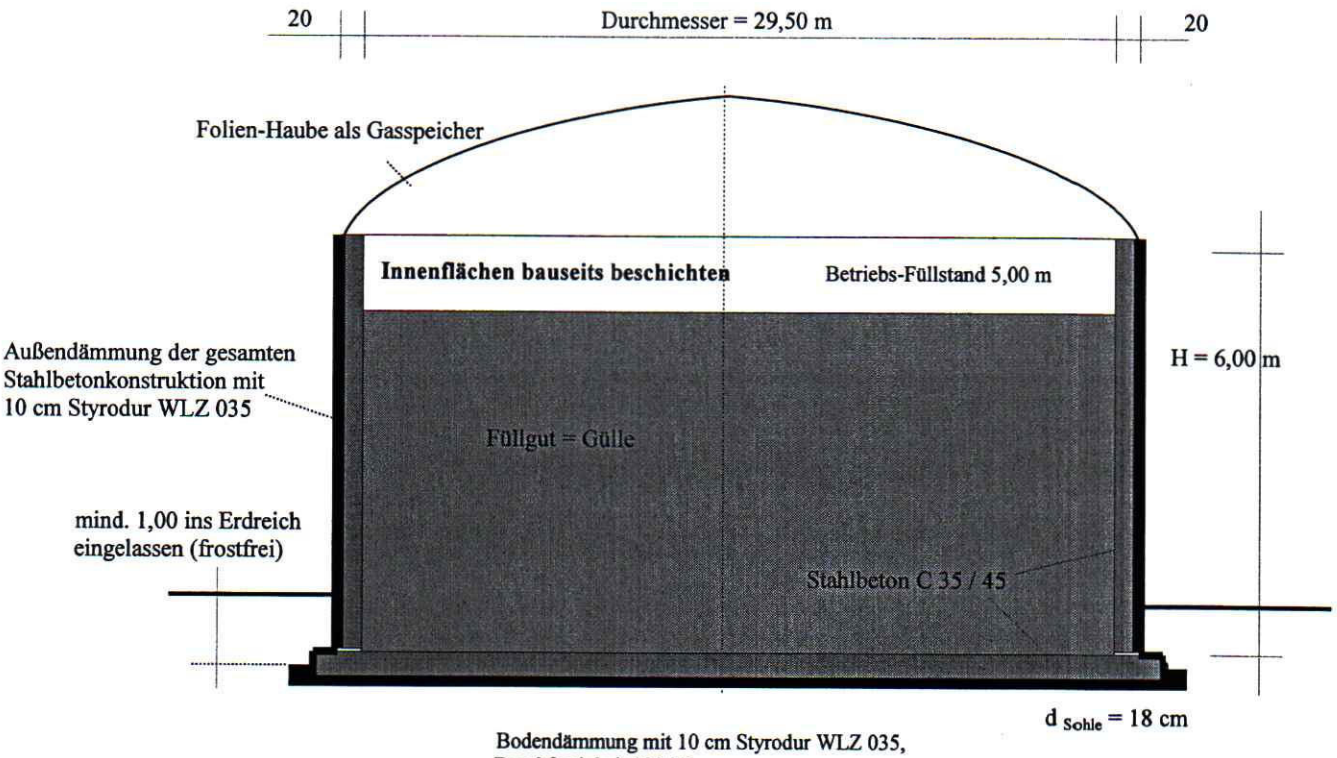
Gründung:

Die Gründung erfolgt auf Extruder-Polystyrol-Hartschaumplatten. Die Dämmplatten müssen für lastabtragende Bodenplatten geeignet sein. Die Platten müssen eine Mindestdruckfestigkeit von 300 kPa bei 10 % Stauchung aufweisen und zum Nachweis der Standsicherheit eine Dauerdruckspannung von 120 kPa gewährleisten. Aufgrund dieser Lagerung ist von Bauwerkssetzungen auszugehen. Alle bauseitigen Rohranschlüsse müssen daher elastisch beweglich ausgeführt werden.

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

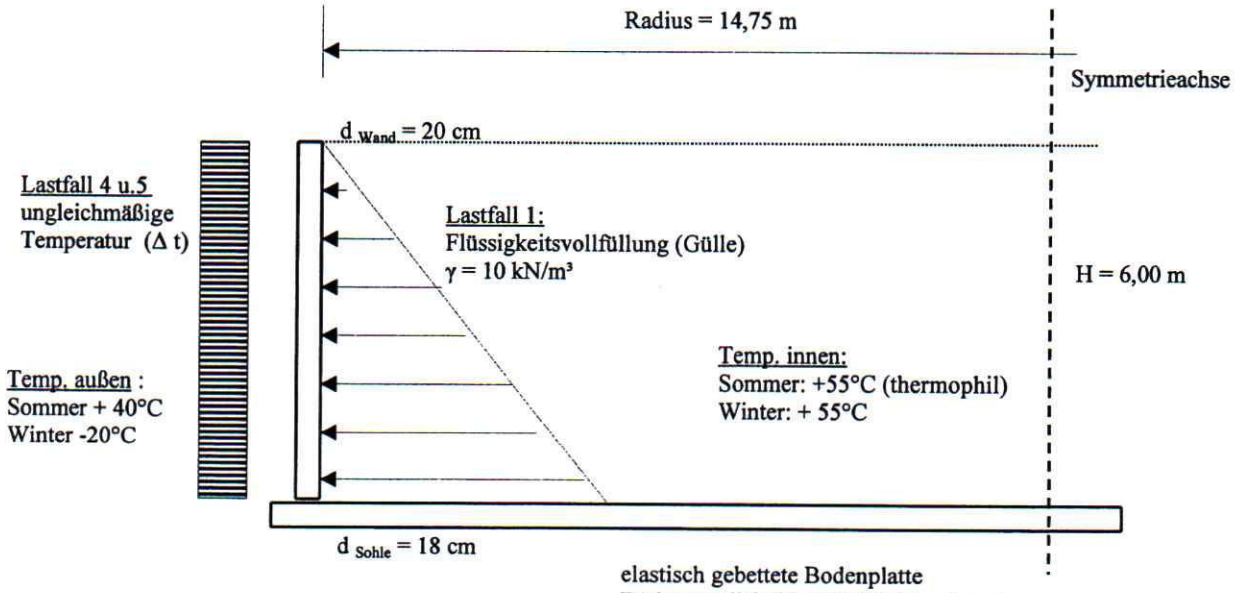
Geometrie :



Bodendämmung mit 10 cm Styrodur WLZ 035,
Druckfestigkeit 120 kPa
für lastabtragende Bodenplatte

Belastungen :

Temperaturannahmen:
$\Delta T_{Winter} = 75$ K
$\Delta T_{Sommer} = 15$ K



elastisch gebettete Bodenplatte
Bodenart: dicht bis mitteldicht gelagert
Bettungsmodul: 10,0 MN/m³

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

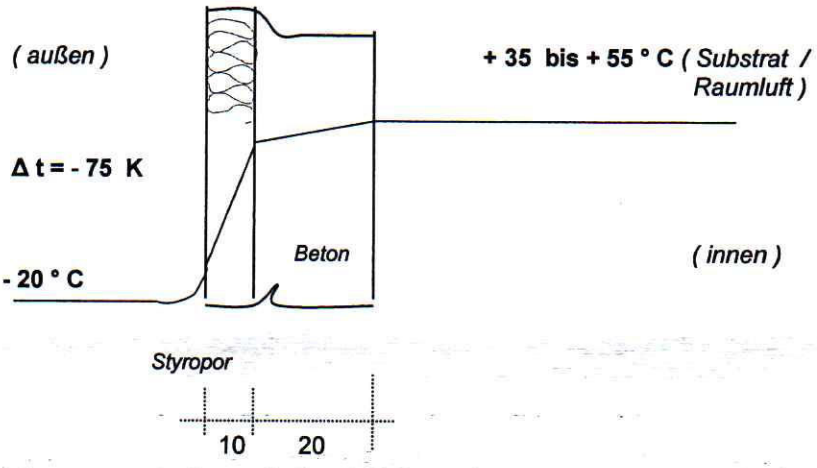
„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Pos. 1 Zylinderschale d = 20 cm

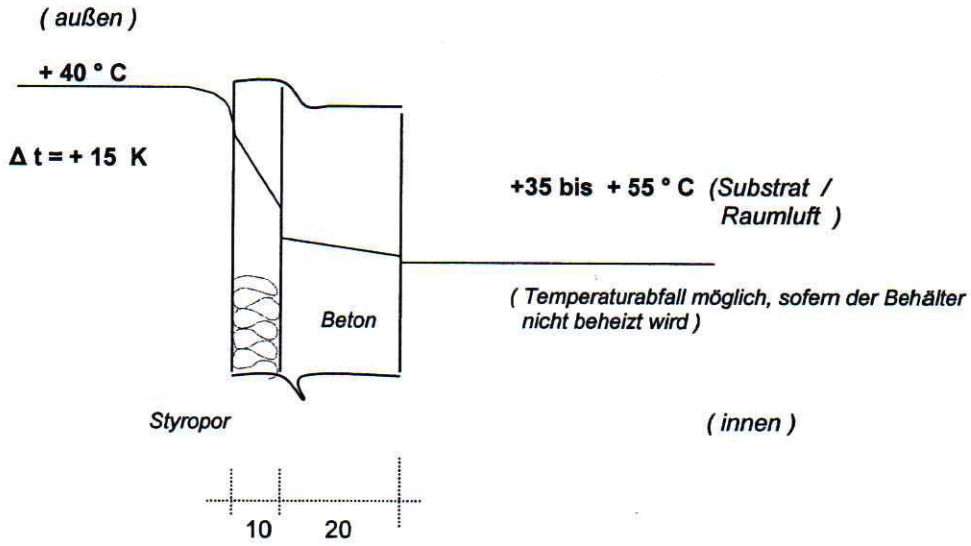
Temperaturverlauf:

Der nachfolgenden Berechnung werden folgenden Temperaturannahmen zu Grunde gelegt. Dabei handelt es sind um Annahmen zur Veranschaulichung eines möglichen Temperaturverlaufes. Maßgebende Bemessungsgröße ist die Temperaturdifferenz zwischen der inneren und äußeren Betonoberfläche, die im vorliegenden Fall maßgeblich durch den Dämmwert bestimmt wird.

Winter:



Sommer:



Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Wärmeübergangskoeffizienten:

α_i = 0 (Flüssigkeit direkt auf der Wand)
α_a = 0,05 (Außenluft)

Wärmedurchgangskoeffizient:

$k = (\alpha_i + d_1/\lambda + d_2/\lambda + \alpha_a) = 0 + 0{,}20 / 2{,}1 + 0{,}1/ 0{,}035 + 0{,}05 = 2{,}907$

Wärmedurchgangswiderstand:

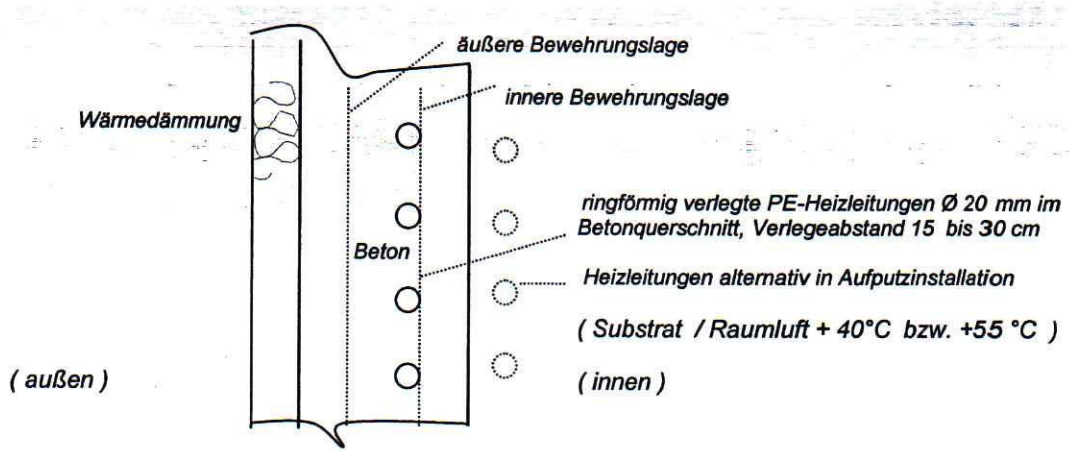
$1/k = 1/ 2{,}907 = 0{,}3439$

Bemessungstemperatur: (Δ_{tb})

$\Delta_{tb} = 0{,}3439 \times 0{,}20 / 2{,}1 \times 75 = 2{,}45$ K → weiter rechnen mit 5,0 K

Heißwasser-Heizleitungen im Betonquerschnitt : (oder als Aufputzinstallation)

Schnitt durch die Ringwand: (Sohle analog)



Anwenderhinweis :

Das an der inneren Wandseite bzw. in der Wandmitte befindliche Wandheizsystem, verursacht in der Anheizphase ohne Begrenzung der Vorlauftemperatur unzulässige Spannungen. Die Temperaturdifferenz zwischen Heizleitungswasser und angrenzender Betonhülle ist daher auf Δt = + 10°C zu begrenzen. Ausgehend von einer Betriebstemperatur um die + 40°C bzw. + 55°C im Fermenter / Nachgärer, darf die Vorlauftemperatur im Heizsystem, nach einer stufenweise durchzuführenden Anheizphase, maximal +50°C bzw. +65°C betragen. Das stufenweise, kontrollierte Anheizen der Betonhülle bzw. des Füllgutes ist Voraussetzung für ein schadensfreies Bauwerk. Dabei darf pro Tag der Anheizphase die Temperatur um max. um 5 ° erhöht werden. Das Heizsystem darf erst nach vollständiger Wärmedämmung der Betonkonstruktion und Auflage einer Abdeckung mit Gasüberdrucksicherung in Betrieb genommen werden. Bei Gefahr von Durchfrieren muss das Heizleitungswasser abgelassen werden.

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Schnittgrößen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

Folgende Lastfälle werden für die Zylinderschale untersucht:

Lastfall 1:	Flüssigkeitsdruck (Ringzugkräfte)	: $G_{k,H}$
Lastfall 2:	gleichmäßige seitliche Erdanschüttung	: $G_{k,E}$
Lastfall 3:	Wandeigengewicht	: G_{k}
Lastfall 4:	ungleichmäßige Temperaturänderung der Schalenmittelfläche Δ_{tb} = + 5,0 K	: $Q_{k,T1}$
Lastfall 5:	ungleichmäßige Temperaturänderung der Schalenmittelfläche Δ_{tb} = - 5,0 K	: $Q_{k,T2}$

LF. 3 ist bei der Ermittlung der Plattenmomente von maßgebender Bedeutung. Die aus Wandeigengewicht hervorgerufenen Ringkräfte sind vernachlässigbar klein. Kräfte aus gleichmäßigem Ringdruck infolge Erdanschüttung werden auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt.

Bei den Lastfällen 2 und 3 handelt es sich um ständig wirkende Lasten. Bei ungünstiger Auswirkung gilt γ_G = 1,35. Die Belastung aus Flüssigkeitsdruck (LF1) darf gemäß DIN 1055-100, Abschn. 6.1 (9) ebenfalls als ständige Last behandelt werden, wenn dessen Größe durch geometrische Verhältnisse und aufgrund hydrologischer Randbedingungen begrenzt ist. (hier OK Wandkrone) Mit der Annahme einer solchen ständigen Last können die Nachweise im GZG zudem auf der sicheren Seite geführt werden. Die Einwirkungen der übrigen Lastfälle sind nichtständige Beanspruchungen. Somit ist für LF 4 und 5 im Allgemeinen γ_Q = 1,50 anzusetzen. Die ungleichmäßigen Temperaturänderungen führen jedoch zu Zwangsbeanspruchungen, deren Schnittgrößen in der Ermittlung mit linearen Methoden ermittelt wurden. Daher dürfen die sich daraus ergebenden Bemessungswerte der einwirkenden Schnittgrößen nach DIN 1045-1 (07.01) Abschnitt 5.3.3. (3) mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_Q = 1,0 ermittelt werden.

Lastfallkombinationen:

Zylinderschale:

Lastfall	:	*LF. 1*	*(ohne Temperaturbelastung)*
Lastfallkombination 1	:	*LF. 1 + LF. 4*	*(Winter)*
Lastfallkombination 2	:	*LF. 1 + LF. 5*	*(Sommer)*

Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen

$\gamma_{G,sup}$	=	*1,35*
$\gamma_{Q,sup}$	=	*1,50*
$\gamma_{Q,Zwang}$	=	*1,00*

Materialsicherheitsbeiwerte

Beton:	γ_C	=	*1,50*
Stahl:	γ_S	=	*1,15*

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Eingabewerte:

Zylinderschale:

Radius	=	14,85	m
Schalenhöhe	=	6,00	m
Schalendicke	=	0,20	m

Kreisplatte:

Radius	=	14,85	m
Plattendicke	=	0,18	m
Bettungsziffer	=	10,00	MN/m³

Baustoff:

Normalbeton	=	C 35 / 45
Betonstahl	=	BSt 500

Bemessungswerte der Baustofffestigkeiten:

Beton:

E_{cm}	=	33.300,00	N/mm²
f_{ck}	=	35,00	N/mm²
Dauerlastbeiwert α	=	0,85	
f_{cd} = 0,85 * 35 / 1,5	=	19,83	N/mm²
Querdehnzahl	=	0,20	
Wärmeleitzahl	=	0,00001	

Stahl:

E_s	=	200.000,00	N/mm²
f_{yk}	=	500,00	N/mm²
f_{yd} = 500 / 1,15	=	435,00	N/mm²

Belastungen + Gewichte:

Füllgut	=	10,00	kN/m³ (Gülle)
Füllhöhe max.	=	6,00	m
Betriebs-Füllstand	=	5,00	m
Erdanschüttung	=	20,00	kN/m³
Anschüttungshöhe	=	1,00	m
Bemessungstemp. Δ_{tb1}	=	5,00	K (maßg. für A_{s1})
Bemessungstemp. Δ_{tb2}	=	5,00	K (maßg. für A_{s2})
Stahlbeton	=	25,00	kN/m³

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
seitliche Erdanschüttung	m	1,000
Gewicht Boden	kN/m³	20,000
ka		0,333

Charakteristische Schnittgrößen der Lastfälle
Membrankräfte (Ringkräfte Nxx)

Ordinate	Lastfall 1	Lastfall 2	Lastfall 3	Lastfall 4	Lastfall 5
m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
0,00	891,00	-98,99	6,00	117,45	-117,45
0,30	846,45	-69,29	5,70	70,19	-70,19
0,60	801,90	-39,60	5,40	34,23	-34,23
0,90	757,35	-9,90	5,10	8,23	-8,23
1,20	712,80	0,00	4,80	-9,54	9,54
1,50	668,25	0,00	4,50	-20,90	20,90
1,80	623,70	0,00	4,20	-27,60	27,60
2,10	579,15	0,00	3,90	-31,16	31,16
2,40	534,60	0,00	3,60	-32,80	32,80
2,70	490,05	0,00	3,30	-33,42	33,42
3,00	445,50	0,00	3,00	-33,57	33,57
3,30	400,95	0,00	2,70	-33,42	33,42
3,60	356,40	0,00	2,40	-32,80	32,80
3,90	311,85	0,00	2,10	-31,16	31,16
4,20	267,30	0,00	1,80	-27,60	27,60
4,50	222,75	0,00	1,50	-20,90	20,90
4,80	178,20	0,00	1,20	-9,54	9,54
5,10	133,65	0,00	0,90	8,23	-8,23
5,40	89,10	0,00	0,60	34,23	-34,23
5,70	44,55	0,00	0,30	70,19	-70,19
6,00	0,00	0,00	0,00	117,45	-117,45

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
seitliche Erdanschüttung	m	1,000
Gewicht Boden	kN/m³	20,000
ka		0,333

Charakteristische Schnittgrößen der Lastfälle
Membranmomente (Ringmomente Mxx)

Ordinate	Lastfall 1	Lastfall 2	Lastfall 3	Lastfall 4	Lastfall 5
m	kNm/m	kNm/m	kNm/m	kNm/m	kNm/m
0,00	0,00	0,00	0,00	-5,57	5,57
0,30	0,00	0,00	0,00	-5,64	5,64
0,60	0,00	0,00	0,00	-5,79	5,79
0,90	0,00	0,00	0,00	-5,99	5,99
1,20	0,00	0,00	0,00	-6,20	6,20
1,50	0,00	0,00	0,00	-6,41	6,41
1,80	0,00	0,00	0,00	-6,58	6,58
2,10	0,00	0,00	0,00	-6,72	6,72
2,40	0,00	0,00	0,00	-6,82	6,82
2,70	0,00	0,00	0,00	-6,89	6,89
3,00	0,00	0,00	0,00	-6,91	6,91
3,30	0,00	0,00	0,00	-6,89	6,89
3,60	0,00	0,00	0,00	-6,82	6,82
3,90	0,00	0,00	0,00	-6,72	6,72
4,20	0,00	0,00	0,00	-6,58	6,58
4,50	0,00	0,00	0,00	-6,41	6,41
4,80	0,00	0,00	0,00	-6,20	6,20
5,10	0,00	0,00	0,00	-5,99	5,99
5,40	0,00	0,00	0,00	-5,79	5,79
5,70	0,00	0,00	0,00	-5,64	5,64
6,00	0,00	0,00	0,00	-5,57	5,57

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
seitliche Erdanschüttung	m	1,000
Gewicht Boden	kN/m³	20,000
ka		0,333

Charakteristische Schnittgrößen der Lastfälle :
Membrankräfte (Meridankräfte Nyy)

Ordinate	Lastfall 1	Lastfall 2	Lastfall 3	Lastfall 4	Lastfall 5
m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
0,00	0,00	0,00	-30,00	0,00	0,00
0,30	0,00	0,00	-28,50	0,00	0,00
0,60	0,00	0,00	-27,00	0,00	0,00
0,90	0,00	0,00	-25,50	0,00	0,00
1,20	0,00	0,00	-24,00	0,00	0,00
1,50	0,00	0,00	-22,50	0,00	0,00
1,80	0,00	0,00	-21,00	0,00	0,00
2,10	0,00	0,00	-19,50	0,00	0,00
2,40	0,00	0,00	-18,00	0,00	0,00
2,70	0,00	0,00	-16,50	0,00	0,00
3,00	0,00	0,00	-15,00	0,00	0,00
3,30	0,00	0,00	-13,50	0,00	0,00
3,60	0,00	0,00	-12,00	0,00	0,00
3,90	0,00	0,00	-10,50	0,00	0,00
4,20	0,00	0,00	-9,00	0,00	0,00
4,50	0,00	0,00	-7,50	0,00	0,00
4,80	0,00	0,00	-6,00	0,00	0,00
5,10	0,00	0,00	-4,50	0,00	0,00
5,40	0,00	0,00	-3,00	0,00	0,00
5,70	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
seitliche Erdanschüttung	m	1,000
Gewicht Boden	kN/m³	20,000
ka		0,333

Charakteristische Schnittgrößen der Lastfälle :
Membrankräfte (Meridanmomente Myy)

Ordinate	Lastfall 1	Lastfall 2	Lastfall 3	Lastfall 4	Lastfall 5
m	kNm/m	kNm/m	kNm/m	kNm/m	kNm/m
0,00	0,00	0,00	0,00	-0,08	0,08
0,30	0,00	0,00	0,00	-0,43	0,43
0,60	0,00	0,00	0,00	-1,21	1,21
0,90	0,00	0,00	0,00	-2,22	2,22
1,20	0,00	0,00	0,00	-3,27	3,27
1,50	0,00	0,00	0,00	-4,28	4,28
1,80	0,00	0,00	0,00	-5,15	5,15
2,10	0,00	0,00	0,00	-5,86	5,86
2,40	0,00	0,00	0,00	-6,37	6,37
2,70	0,00	0,00	0,00	-6,68	6,68
3,00	0,00	0,00	0,00	-6,79	6,79
3,30	0,00	0,00	0,00	-6,68	6,68
3,60	0,00	0,00	0,00	-6,37	6,37
3,90	0,00	0,00	0,00	-5,86	5,86
4,20	0,00	0,00	0,00	-5,15	5,15
4,50	0,00	0,00	0,00	-4,28	4,28
4,80	0,00	0,00	0,00	-3,27	3,27
5,10	0,00	0,00	0,00	-2,22	2,22
5,40	0,00	0,00	0,00	-1,21	1,21
5,70	0,00	0,00	0,00	-0,43	0,43
6,00	0,00	0,00	0,00	-0,08	0,08

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Bemessung der Wandbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Betondeckung gegen Korrosion des Betonstahls:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c$$

für die Außenseite gilt **XC4**

c_{min} = **25 mm** ; Δc = **15 mm**

c_{min} = **25 mm** > d_s = 10,5 mm

$c_v = c_{nom,l}$ = 25 + 15 = **40 mm**

für die Innenseite gilt **XC4**

c_{min} = **25 mm** ; Δc = **15 mm**

c_{min} = **25 mm** > d_s = 10,5 mm

$c_v = c_{nom,l}$ = 25 + 15 = **40 mm**

Vorwerte:

Querschnittsbreite b	=	100,0	cm
Querschnittshöhe h	=	20,0	cm
Betondeckung $c_{nom\ innen}$	=	4,0	cm
Betondeckung $c_{nom\ außen}$	=	4,0	cm
Stabdurchmesser gew. ds	=	11,0	mm

Da es sich bei der Ringwand um einen überwiegend auf Zug beanspruchten Querschnitt handelt, ist die Ringzugbewehrung nach den Hebelgesetzen zu bemessen.

In der Auswertung stehen die Ordinaten: 0,00 m für (Wandfuß)
6,00 m für (Wandkrone)

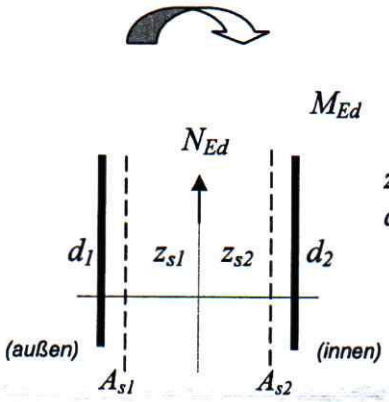
Die Schnittgrößen werden auf der sicheren Seite liegend, entsprechend DIN 11622, für Behältervollfüllung ermittelt, d.h. als maximaler Füllstand wird Oberkante Wandkrone angenommen. Der entlastende Einfluss der Erdanschüttung bleibt bei der Ermittlung der Ringzugkräfte unberücksichtigt.

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Ermittlung der Ringzugbewehrung:

$$erf.\ A_{s1} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s2} / 100) / ((z_{s1} + z_{s2}) / 100) * N_{Ed} / f_{yd}$$
$$erf.\ A_{s2} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s1} / 100) / ((z_{s1} + z_{s2}) / 100) * N_{Ed} / f_{yd}$$



z_{s1} =5,5 cm ; z_{s2} = 5,5 cm
d_1 = 4,5 cm ; d_2 = 4,5 cm;

Beispielhaft für die elektronische Auswertung werden die Rechenschritte nachfolgend allgemeingültig angegeben:

Lastfallkombination 1:

(massgebend für die äußere Bewehrungslage)

Lastfall 1 : $N_{G,k,H}$

Lastfall 4 : $N_{Q,k,T1}$

$M_{Q,k,T1}$

Lastkombination:

$N_{Ed} = \gamma_{G,sup} \cdot N_{G\,k,H} + \gamma_{Q,Zwang} \cdot N_{Q,k,T1} = 1{,}35 \cdot N_{G\,k,H} + 1{,}0 \cdot N_{Q,k,T1}$

$M_{Ed} = \gamma_{Q,Zwang} \cdot M_{Q,k,T1} = 1{,}0 \cdot M_{Q,k,T1}$

erf. $A_{s1} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s2} / 100) / ((z_{s1} + z_{s2}) / 100) * N_{Ed} / f_{yd}$

(Wenn $N_{Q,k,T1}$ günstig wirkt, d.h. Ringdruckkräfte erzeugt, die auf die Ringzugkräfte aus Flüssigkeitsfüllung entlastend wirken, bleibt dies auf der sicheren Seite liegend unberücksichtigt)

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

Lastfallkombination 2:

(massgebend für die innere Bewehrungslage)

Lastfall 1 : $N_{G,k,H}$

Lastfall 5 : $N_{Q,k,T2}$

$M_{Q,k,T2}$

Lastkombination:

$N_{Ed} = \gamma_{G,sup} \cdot N_{G\,k,H} + \gamma_{Q,Zwang} \cdot N_{Q,k,T2} = 1{,}35 \cdot N_{G\,k,H} + 1{,}0 \cdot N_{Q,k,T2}$

$M_{Ed} = \gamma_{Q,Zwang} \cdot M_{Q,k,T2} = 1{,}0 \cdot M_{Q,k,T2}$

erf. $A_{s2} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s1} / 100) / ((z_{s1} + z_{s2}) / 100) * N_{Ed} / f_{yd}$

(Wenn $N_{Q,k,T2}$ günstig wirkt, d.h. Ringdruckkräfte erzeugt, die auf die Ringzugkräfte aus Flüssigkeitsfüllung entlastend wirken, bleibt dies auf der sicheren Seite liegend unberücksichtigt)

Gegenüberstellung reiner Lastfall 1: (kein Δt)

(zentrische Zugkraft aus Vollfüllung)

Bemessung für A_{s1} *(äußere Lage)*

$N_{Ed} = \gamma_{Q,sup} \cdot N_{Q,k,H}$

$M_{Ed} = 0$ (innen und außen herrschen gleiche Temperaturen)

erf. $A_{s1} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s2} / 100) / ((z_{s1} + z_{s2}) / 100) * N_{Ed} / f_{yd}$

Bemessung für A_{s2} *(innere Lage)*

$N_{Ed} = \gamma_{Q,sup} \cdot N_{Q,k,H}$

$M_{Ed} = 0$ (innen und außen herrschen gleiche Temperaturen)

erf. $A_{s2} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s1} / 100) / ((z_{s1} + z_{s2}) / 100) * N_{Ed} / f_{yd}$

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

für die häufige Einwirkungskombination:

Nachweis der Rissbreite nach DIN 1045-1 (2001 / 07), Abschnitt 11.2.4
für Ringzugbewehrung infolge Lastbeanspruchung:

w_{cal} = 0,15 mm

Ermittlung des Rechenwertes der Rissbreite w_k

$w_k = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) * s_{r,max}$

mit:

$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \varepsilon_s - 0{,}4 * f_{ct,eff} / (E_s * eff\rho s) * (1 + eff\rho s * E_s / E_{cm}) \geq 0{,}6 * \varepsilon_s$

$s_{r,max} = d_s / (3{,}6 * eff\rho s) \leq \sigma_s * d_s / (3{,}6 * f_{ct,eff})$

Spannungsberechnung :

Kombinationsbeiwerte

Temperatur
Ψ_1 = *0,50*

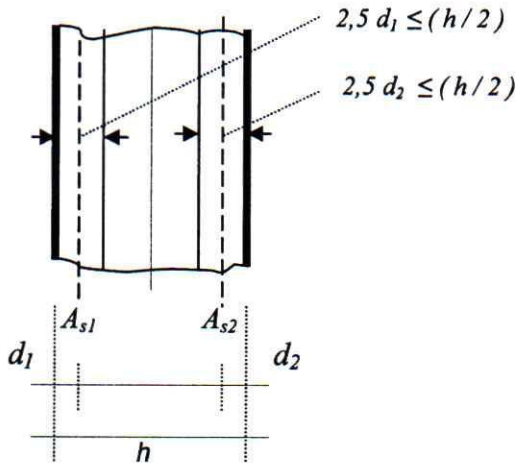
Materialsicherheitsbeiwerte

Beton: γ_C = *1,50*
Stahl: γ_S = *1,15*

Vorwerte

$c_{nom\ innen}$	=	*0,040 m*
$c_{nom\ außen}$	=	*0,040 m*
h	=	*0,200 m*
gewählter Durchmesser:		
d_s	=	
E_s	=	*200.000 MN/m²*
E_{cm}	=	*33.300 MN/m²*

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD



d_1 = nom c + d_s / 2000 = 0,060 m
d_2 = nom c + d_s / 2000 = 0,060 m

effektive Zugzone:

$A_{c,eff}$ = MIN ((2,5 * d_1 + 2,5 * d_2) ; 2 * h/2) = 0,200 m² / m

wirksame Betonzugfestigkeit:

Da die Belastung erst auf bereits erhärteten Beton nach 28 Tagen aufgebracht wird, ist hier der Wert der mittleren Betonzugfestigkeit anzusetzen, mindestens jedoch 3,0 MN/m².

Aus **C 35 / 45** folgt f_{ctm} = 3,20 MN/m²

$f_{ct,eff}$ = MAX (3,0;f_{ctm}) = 3,20 MN/m²

Nachweis für die Ringzugbewehrung :

Lastfallkombination 1 :

Lastkombination : $N_{Ed} = N_{G,k,H} + \Psi_1 \cdot N_{Q,k,T1} = N_{G,k,H} + 0,5 \cdot N_{Q,k,T1}$

$M_{Ed} = M_{G,k,H} + \Psi_1 \cdot M_{Q,k,T1} = 0 + 0,5 \cdot |M_{Q,k,T1}|$

Lastfallkombination 2 :

Lastkombination : $N_{Ed} = N_{G,k,H} + \Psi_1 \cdot N_{Q,k,T2} = N_{G,k,H} + 0,5 \cdot N_{Q,k,T2}$

$M_{Ed} = M_{G,k,H} + \Psi_1 \cdot M_{Q,k,T2} = 0 + 0,5 \cdot |M_{Q,k,T2}|$

Berechnung:

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$ = 43,5 kN/cm²

$z_{s1} = d_1 - h/2$ = 0,055 m

$z_{s2} = d_2 - h/2$ = 0,055 m

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

vorhandene Bewehrung:

vorh.a_s (cm²/m)

Betonstahlspannung im Riss:

$\sigma_{As1} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s2}) / (z_{s1} + z_{s2}) * 10 * N_{Ed} / \text{vorh.}a_s$

$\sigma_{As2} = ((M_{Ed} / N_{Ed}) + z_{s1}) / (z_{s1} + z_{s2}) * 10 * N_{Ed} / \text{vorh.}a_s$

Betonstahldehnung im Riss:

$\varepsilon_s = \sigma_s / E_s$

effektiver Bewehrungsgrad: effρs

effρs = vorh. a_s / 10000 / $A_{c,eff}$

Die Differenz der mittleren Dehnungen von Beton und Betonstahl ergibt sich damit zu:

$\Delta\varepsilon = \text{MAX} (\varepsilon_s - 0{,}4 * (f_{ct,eff} / (E_s * \text{eff}\rho s)) * (1 + (\text{eff}\rho s * E_s / E_{cm})) ; 0{,}6 * \varepsilon_s)$

max. Rissabstand bei abgeschlossenem Rissbild:

$s_{r,max} = \text{MIN} (d_s / 1000 / (3{,}6 * \text{eff}\rho s) ; \sigma_s * d_s / 1000 / (3{,}6 * f_{ct,eff}))$

rechnerische Rissbreite :

$w_k = 1000 * \Delta\varepsilon * s_{r,max}$

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
zs1	m	0,055
zs2	m	0,055
rech. Rissbreite wcal	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,350

Lastfall 1: (Flüssigkeitsdruck)

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Ordinate	$N_{ED,GZT}$	$M_{ED,GZT}$	erf.a_{s1}	erf.a_{s2}
m	kN/m	kNm/m	cm²/m	cm²/m
0,00	1202,85	0,00	13,83	13,83
0,30	1142,71	0,00	13,14	13,14
0,60	1082,57	0,00	12,45	12,45
0,90	1022,42	0,00	11,76	11,76
1,20	962,28	0,00	11,07	11,07
1,50	902,14	0,00	10,37	10,37
1,80	842,00	0,00	9,68	9,68
2,10	781,85	0,00	8,99	8,99
2,40	721,71	0,00	8,30	8,30
2,70	661,57	0,00	7,61	7,61
3,00	601,43	0,00	6,92	6,92
3,30	541,28	0,00	6,22	6,22
3,60	481,14	0,00	5,53	5,53
3,90	421,00	0,00	4,84	4,84
4,20	360,86	0,00	4,15	4,15
4,50	300,71	0,00	3,46	3,46
4,80	240,57	0,00	2,77	2,77
5,10	180,43	0,00	2,07	2,07
5,40	120,29	0,00	1,38	1,38
5,70	60,14	0,00	0,69	0,69
6,00	0,00	0,00	0,00	0,00

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
Zs1	m	0,055
Zs2	m	0,055
rechn. Rissbreite wcal	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,000

Lastfall 1: (Flüssigkeitsdruck)

Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (für as1) (häufige Kombination)

Ordinate	$N_{ED,GZG}$	$M_{ED,GZG}$	erf.a_{s1}	vorh.a_{s1}	σ_{as1}	ds_1	w_1
m	kN/m	kNm/m	cm²/m	cm²/m	MN/m²	mm	mm
0,00	891,00	0,00	10,25	22,60	197,12	12,00	0,12
0,30	846,45	0,00	9,73	22,60	187,27	12,00	0,11
0,60	801,90	0,00	9,22	19,00	211,03	11,00	0,13
0,90	757,35	0,00	8,71	19,00	199,30	11,00	0,11
1,20	712,80	0,00	8,20	19,00	187,58	11,00	0,10
1,50	668,25	0,00	7,68	15,60	214,18	10,00	0,12
1,80	623,70	0,00	7,17	15,60	199,90	10,00	0,10
2,10	579,15	0,00	6,66	14,17	204,36	9,50	0,10
2,40	534,60	0,00	6,15	14,17	188,64	9,50	0,09
2,70	490,05	0,00	5,64	12,72	192,63	9,00	0,09
3,00	445,50	0,00	5,12	12,72	175,12	9,00	0,07
3,30	400,95	0,00	4,61	12,72	157,61	9,00	0,06
3,60	356,40	0,00	4,10	12,72	140,09	9,00	0,05
3,90	311,85	0,00	3,59	8,50	183,44	9,00	0,08
4,20	267,30	0,00	3,07	8,50	157,24	9,00	0,06
4,50	222,75	0,00	2,56	6,70	166,23	8,00	0,06
4,80	178,20	0,00	2,05	6,70	132,99	8,00	0,04
5,10	133,65	0,00	1,54	6,70	99,74	8,00	0,02
5,40	89,10	0,00	1,02	6,70	66,49	8,00	0,01
5,70	44,55	0,00	0,51	6,70	33,25	8,00	0,00
6,00	0,00	0,00	0,00	6,70	0,00	8,00	0,00

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
Zs1	m	0,055
Zs2	m	0,055
rechn. Rissbreite wcal	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,000

Lastfall 1: (Flüssigkeitsdruck)

Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (für as2) (häufige Kombination)

Ordinate	$N_{ED,GZG}$	$M_{ED,GZG}$	erf.a_{s2}	vorh.a_{s2}	σ_{as2}	ds_2	w_2
m	kN/m	kNm/m	cm²/m	cm²/m	MN/m²	mm	mm
0,00	891,00	0,00	10,25	22,60	197,12	12,00	0,12
0,30	846,45	0,00	9,73	22,60	187,27	12,00	0,11
0,60	801,90	0,00	9,22	19,00	211,03	11,00	0,13
0,90	757,35	0,00	8,71	19,00	199,30	11,00	0,11
1,20	712,80	0,00	8,20	19,00	187,58	11,00	0,10
1,50	668,25	0,00	7,68	15,60	214,18	10,00	0,12
1,80	623,70	0,00	7,17	15,60	199,90	10,00	0,10
2,10	579,15	0,00	6,66	14,17	204,36	9,50	0,10
2,40	534,60	0,00	6,15	14,17	188,64	9,50	0,09
2,70	490,05	0,00	5,64	12,72	192,63	9,00	0,09
3,00	445,50	0,00	5,12	12,72	175,12	9,00	0,07
3,30	400,95	0,00	4,61	12,72	157,61	9,00	0,06
3,60	356,40	0,00	4,10	12,72	140,09	9,00	0,05
3,90	311,85	0,00	3,59	8,50	183,44	9,00	0,08
4,20	267,30	0,00	3,07	8,50	157,24	9,00	0,06
4,50	222,75	0,00	2,56	6,70	166,23	8,00	0,06
4,80	178,20	0,00	2,05	6,70	132,99	8,00	0,04
5,10	133,65	0,00	1,54	6,70	99,74	8,00	0,02
5,40	89,10	0,00	1,02	6,70	66,49	8,00	0,01
5,70	44,55	0,00	0,51	6,70	33,25	8,00	0,00
6,00	0,00	0,00	0,00	6,70	0,00	8,00	0,00

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul Beton * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb Winter	K	5,000
ΔTb Sommer	K	5,000
Zs1	m	0,055
Zs2	m	0,055
Rechn. Rissbreite	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,350
Temperatur	1,000

Lastfallkombination 1: (LF. 1 + 4)

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (für as1)

Ordinate	$N_{G,k,H}$	$N_{G,k,T1}$	$M_{G,k,T1}$	$N_{ED,GZT}$	$M_{ED,GZT}$	erf.a_{s1}
m	kN/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	cm²/m
0,00	891,00	117,45	5,57	1320,30	5,57	16,35
0,30	846,45	70,19	5,64	1212,89	5,64	15,13
0,60	801,90	34,23	5,79	1116,79	5,79	14,05
0,90	757,35	8,23	5,99	1030,65	5,99	13,11
1,20	712,80	-9,54	6,20	962,28	6,20	12,36
1,50	668,25	-20,90	6,41	902,14	6,41	11,71
1,80	623,70	-27,60	6,58	842,00	6,58	11,06
2,10	579,15	-31,16	6,72	781,85	6,72	10,40
2,40	534,60	-32,80	6,82	721,71	6,82	9,73
2,70	490,05	-33,42	6,89	661,57	6,89	9,05
3,00	445,50	-33,57	6,91	601,43	6,91	8,36
3,30	400,95	-33,42	6,89	541,28	6,89	7,66
3,60	356,40	-32,80	6,82	481,14	6,82	6,96
3,90	311,85	-31,16	6,72	421,00	6,72	6,25
4,20	267,30	-27,60	6,58	360,86	6,58	5,53
4,50	222,75	-20,90	6,41	300,71	6,41	4,80
4,80	178,20	-9,54	6,20	240,57	6,20	4,06
5,10	133,65	8,23	5,99	188,65	5,99	3,42
5,40	89,10	34,23	5,79	154,51	5,79	2,99
5,70	44,55	70,19	5,64	130,33	5,64	2,68
6,00	0,00	117,45	5,57	117,45	5,57	2,51

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
Zs1	m	0,055
Zs2	m	0,055
rechn. Rissbreite wcal	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,000
Temperatur	1,000

Kombinationsbeiwerte:

ψ1	
ψ1	0,500

Lastfallkombination 1: (LF. 1 + 4)

Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (für as1) (häufige Kombination)

Ordinate	$N_{ED,GZG}$	$M_{ED,GZG}$	erf.a_{s1}	vorh.a_{s1}	σ_{as1}	d_{s1}	w_1
m	kN/m	kNm/m	cm²/m	cm²/m	MN/m²	mm	mm
0,00	949,72	2,78	16,35	22,60	221,31	12,00	0,15
0,30	881,54	2,82	15,13	22,60	206,37	12,00	0,13
0,60	819,01	2,90	14,05	19,00	229,39	11,00	0,15
0,90	761,46	3,00	13,11	19,00	214,72	11,00	0,13
1,20	712,80	3,10	12,36	19,00	202,42	11,00	0,12
1,50	668,25	3,20	11,71	15,60	232,85	10,00	0,14
1,80	623,70	3,29	11,06	15,60	219,08	10,00	0,12
2,10	579,15	3,36	10,40	14,17	225,92	9,50	0,13
2,40	534,60	3,41	9,73	14,17	210,53	9,50	0,11
2,70	490,05	3,44	9,05	12,72	217,24	9,00	0,11
3,00	445,50	3,45	8,36	12,72	199,80	9,00	0,09
3,30	400,95	3,44	7,66	12,72	182,21	9,00	0,08
3,60	356,40	3,41	6,96	12,72	164,48	9,00	0,06
3,90	311,85	3,36	6,25	8,50	219,38	9,00	0,11
4,20	267,30	3,29	5,53	8,50	192,42	9,00	0,09
4,50	222,75	3,20	4,80	6,70	209,69	8,00	0,09
4,80	178,20	3,10	4,06	6,70	175,08	8,00	0,06
5,10	137,76	3,00	3,42	6,70	143,47	8,00	0,04
5,40	106,21	2,90	2,99	6,70	118,56	8,00	0,03
5,70	79,64	2,82	2,68	6,70	97,67	8,00	0,02
6,00	58,72	2,78	2,51	6,70	81,59	8,00	0,01

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
Zs1	m	0,055
Zs2	m	0,055
rechn. Rissbreite wcal	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,350
Temperaturdifferenz	1,000

Lastfallkombination 2: (LF. 1 + 5)

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (für as2)

Ordinate	$N_{G,k,H}$	$N_{G,k,T2}$	$M_{G,k,T2}$	$N_{ED,GZT}$	$M_{ED,GZT}$	erf.a_{s2}
m	kN/m	kN/m	kNm/m	kN/m	kNm/m	cm²/m
0,00	891,00	-117,45	5,57	1202,85	5,57	15,00
0,30	846,45	-70,19	5,64	1142,71	5,64	14,32
0,60	801,90	-34,23	5,79	1082,57	5,79	13,66
0,90	757,35	-8,23	5,99	1022,42	5,99	13,01
1,20	712,80	9,54	6,20	971,82	6,20	12,47
1,50	668,25	20,90	6,41	923,04	6,41	11,95
1,80	623,70	27,60	6,58	869,60	6,58	11,38
2,10	579,15	31,16	6,72	813,01	6,72	10,75
2,40	534,60	32,80	6,82	754,51	6,82	10,10
2,70	490,05	33,42	6,89	694,99	6,89	9,43
3,00	445,50	33,57	6,91	635,00	6,91	8,75
3,30	400,95	33,42	6,89	574,71	6,89	8,05
3,60	356,40	32,80	6,82	513,94	6,82	7,34
3,90	311,85	31,16	6,72	452,15	6,72	6,60
4,20	267,30	27,60	6,58	388,46	6,58	5,84
4,50	222,75	20,90	6,41	321,61	6,41	5,04
4,80	178,20	9,54	6,20	250,11	6,20	4,17
5,10	133,65	-8,23	5,99	180,43	5,99	3,33
5,40	89,10	-34,23	5,79	120,29	5,79	2,59
5,70	44,55	-70,19	5,64	60,14	5,64	1,87
6,00	0,00	-117,45	5,57	0,01	5,57	1,16

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Höhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul Beton * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
Zs1	m	0,055
Zs2	m	0,055
rechn. Rissbreite wcal	mm	0,150

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsdruck	1,000
Temperatur	1,000

Kombinationsbeiwerte:

ψ1	
ψ1	0,500

Lastfallkombination 2: (LF. 1 + 5)

Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (für as2) (häufige Kombination)

Ordinate	$N_{ED,GZG}$	$M_{ED,GZG}$	erf.a_{s2}	vorh.a_{s2}	σ_{as2}	ds_2	w_2
m	kN/m	kNm/m	cm²/m	cm²/m	MN/m²	mm	mm
0,00	891,00	2,78	15,00	22,60	208,32	12,00	0,14
0,30	846,45	2,82	14,32	22,60	198,60	12,00	0,12
0,60	801,90	2,90	13,66	19,00	224,88	11,00	0,14
0,90	757,35	3,00	13,01	19,00	213,64	11,00	0,13
1,20	717,57	3,10	12,47	19,00	203,68	11,00	0,12
1,50	678,70	3,20	11,95	15,60	236,20	10,00	0,15
1,80	637,50	3,29	11,38	15,60	223,50	10,00	0,13
2,10	594,73	3,36	10,75	14,17	231,42	9,50	0,13
2,40	551,00	3,41	10,10	14,17	216,32	9,50	0,12
2,70	506,76	3,44	9,43	12,72	223,81	9,00	0,12
3,00	462,29	3,45	8,75	12,72	206,40	9,00	0,10
3,30	417,66	3,44	8,05	12,72	188,78	9,00	0,08
3,60	372,80	3,41	7,34	12,72	170,93	9,00	0,07
3,90	327,43	3,36	6,60	8,50	228,55	9,00	0,12
4,20	281,10	3,29	5,84	8,50	200,54	9,00	0,09
4,50	233,20	3,20	5,04	6,70	217,49	8,00	0,10
4,80	182,97	3,10	4,17	6,70	178,64	8,00	0,07
5,10	133,65	3,00	3,33	6,70	140,40	8,00	0,04
5,40	89,10	2,90	2,59	6,70	105,79	8,00	0,02
5,70	44,55	2,82	1,87	6,70	71,48	8,00	0,01
6,00	0,00	2,78	1,16	6,70	0,00	8,00	0,00

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
Betondeckung d1	m	0,045
Betondeckung d2	m	0,045
rechn. Rissbreirte wk	mm	0,150
Zugnormalkraft	kN/m	5,000

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsfüllung		1,350
Zugnormalkraft		1,350
Wandeigengewicht		1,350
Temperatur		1,000

Kombinationsbeiwerte:

Ψ1	
Ψ1	
Ψ1	
Ψ1	0,5

Bemessung der äußeren Meridianbewehrung (as1)
Membranmomente (Myy) Lastfall 4 "Winter" häufige Einwirkungskombination

Ordinate	MEDs, GZT	kd	ks	ζ	erf.as	vorh.as	sigma,GZG	vorh.ds	grenzds
m	kNm/m				cm²/m	cm²/m	MN/m²	mm	mm
0,00	1,20	14,17	2,32	0,991	0,33	6,34	50,42	11,00	100,00
0,30	0,77	17,68	2,32	0,991	0,27	6,34	52,19	11,00	100,00
0,60	-0,10	49,20	2,32	0,991	0,17	6,34	56,23	11,00	100,00
0,90	-1,18	14,24	2,32	0,991	0,33	6,34	61,38	11,00	100,00
1,20	-2,33	10,16	2,32	0,991	0,50	6,34	66,81	11,00	100,00
1,50	-3,41	8,39	2,34	0,983	0,67	6,34	72,13	11,00	100,00
1,80	-4,37	7,42	2,34	0,983	0,81	6,34	76,66	11,00	98,00
2,10	-5,16	6,83	2,34	0,983	0,93	4,24	95,33	9,00	63,38
2,40	-5,75	6,46	2,34	0,983	1,02	4,24	99,31	9,00	58,41
2,70	-6,15	6,25	2,34	0,983	1,08	4,24	101,71	9,00	55,68
3,00	-6,33	6,16	2,34	0,983	1,11	4,24	102,52	9,00	54,81
3,30	-6,31	6,17	2,34	0,983	1,11	4,24	101,71	9,00	55,68
3,60	-6,08	6,29	2,34	0,983	1,07	4,24	99,31	9,00	58,41
3,90	-5,65	6,52	2,34	0,983	1,01	2,95	115,16	7,50	43,44
4,20	-5,03	6,91	2,34	0,983	0,91	2,95	107,30	7,50	50,02
4,50	-4,24	7,53	2,34	0,983	0,79	2,95	97,57	7,50	60,51
4,80	-3,32	8,51	2,32	0,991	0,65	2,95	86,13	7,50	77,65
5,10	-2,34	10,13	2,32	0,991	0,51	2,95	74,45	7,50	100,00
5,40	-1,42	13,01	2,32	0,991	0,37	2,95	63,38	7,50	100,00
5,70	-0,72	18,32	2,32	0,991	0,26	2,95	54,72	7,50	100,00
6,00	-0,45	23,01	2,32	0,991	0,22	2,95	50,91	7,50	100,00

© 2006 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Berechnung Kreiszylinderschale

Eingabewerte:

Radius	m	14,850
Schalenhöhe	m	6,000
Schalendicke	m	0,200
E-Modul * 10^7	kN/m²	3,330
Füllhöhe	m	6,000
Füllgut	kN/m³	10,000
ΔTb1 Winter	K	5,000
ΔTb2 Sommer	K	5,000
Betondeckung d1	m	0,045
Betondeckung d2	m	0,045
rechn. Rissbreirte wk	mm	0,150
Zugnormalkraft	kN/m	5,000

Teilsicherheitsbeiwerte:

Flüssigkeitsfüllung		1,350
Zugnormalkraft		1,350
Wandeigengewicht		1,350
Temperatur		1,000

Kombinationsbeiwerte:

Ψ1	
Ψ1	
Ψ1	
Ψ1	0,5

Bemessung der inneren Meridianbewehrung (as2)
Membranmomente (Myy) Lastfall 5 "Sommer"

häufige Einwirkungskombination

Ordinate	MEDs, GZT	kd	ks	ζ	erf.as	vorh.as	sigma,GZG	vorh.ds	grenzds
m	kNm/m				cm²/m	cm²/m	MN/m²	mm	mm
0,00	1,36	13,28	2,32	0,991	0,36	3,35	50,80	8,00	0,00
0,30	1,62	12,16	2,32	0,991	0,40	3,35	54,15	8,00	0,00
0,60	2,33	10,16	2,32	0,991	0,50	3,35	61,79	8,00	0,00
0,90	3,25	8,60	2,32	0,991	0,64	3,35	71,53	8,00	0,00
1,20	4,22	7,54	2,34	0,983	0,79	3,35	82,07	8,00	85,51
1,50	5,14	6,84	2,34	0,983	0,93	3,35	91,89	8,00	68,22
1,80	5,94	6,36	2,34	0,983	1,05	3,35	100,46	8,00	57,07
2,10	6,56	6,05	2,34	0,983	1,15	3,35	107,38	8,00	49,96
2,40	6,99	5,86	2,34	0,983	1,21	3,35	112,41	8,00	45,59
2,70	7,22	5,77	2,34	0,983	1,24	3,35	115,45	8,00	43,21
3,00	7,24	5,76	2,34	0,983	1,25	3,35	116,47	8,00	42,46
3,30	7,05	5,84	2,34	0,983	1,22	3,35	115,45	8,00	43,21
3,60	6,66	6,01	2,34	0,983	1,16	3,35	112,41	8,00	45,59
3,90	6,06	6,29	2,34	0,983	1,07	2,95	115,16	7,50	43,44
4,20	5,28	6,75	2,34	0,983	0,95	2,95	107,30	7,50	50,02
4,50	4,32	7,46	2,34	0,983	0,81	2,95	97,57	7,50	60,51
4,80	3,23	8,62	2,32	0,991	0,64	2,95	86,13	7,50	77,65
5,10	2,09	10,72	2,32	0,991	0,47	2,95	74,45	7,50	0,00
5,40	1,01	15,45	2,32	0,991	0,31	2,95	63,38	7,50	0,00
5,70	0,14	41,63	2,32	0,991	0,18	2,95	54,72	7,50	0,00
6,00	-0,29	28,85	2,32	0,991	0,20	2,95	50,91	7,50	0,00

© 2005 Sundermann GmbH & CO, Stahlbeton-Rundbehälter, Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Rissbegrenzung zur Aufnahme von Zwangeinwirkungen und Eigenspannungen:

w_{cal} = 0,15 mm

Die Begrenzung der Rissbreite auf zulässige Werte bei Zwang infolge Abfließen der Hydratationswärme wird erreicht durch eine Mindestbewehrung:

Abmessungen:

b = 1,00 m
h = 0,20 m

Fläche der Betonzugzone $A_{ct} = b * h = 0,20\ m^2$

f_{ctm}	= 3,20 MN/m²
$f_{ct,\ eff}$	= 0,5 * f_{ctm} = 1,60 MN/m²
k	= 0,80
Zugnormalkraft k_1 = 2/3	= 0,67
k_c	= 1,00

Rissschnittgröße F_{cr} = $A_{c,eff} * f_{ct,eff}$ = 0,320 MN

Stahlspannung in Abhängigkeit vom gewählten Stabdurchmesser:

Stahlspannung: $\sigma_s = \sqrt{(3,6 * w_{cal} * E_s * f_{ct,eff} / (0,6 * d_s))}$

Erforderliche Mindestbewehrung je Seite:

$a_s = 10000 * k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s / 2$

Dort, wo die erforderliche statische Bewehrung die Mindestbewehrung unterschreitet, ist die Mindestbewehrung maßgebend.

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Tabelle :

Mindestbewehrung aus abfließender Hydratationswärme
in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser je Wandseite:

ds	σ_s	erf.as / Seite
mm	MN/m²	cm²/m
6,0	219	5,84
6,5	210	6,08
7,0	203	6,31
7,5	200	6,53
8,0	190	6,75
8,5	184	6,95
9,0	178	7,15
9,5	174	7,35
10,0	170	7,54
10,5	166	7,72
11,0	161	7,91
11,5	158	8,08
12,0	155	8,26

Beton C 35/45; k = 0,8; h = 20 cm, w_{cal} = 0,15 mm

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

gewählte Wandbewehrung: (außen as1)

Listenmatten :

1. Lage unterer Wandabschnitt bis H = 1,80 m **SQ 1560 / 634**
(unten längs randverstärkt bis H = 60 cm auf 22,60 cm²/m; bis H = 150 cm auf 19,00 cm²/m)

2. Lage mittlerer Wandabschnitt bis H = 3,60 m **SQ 1272 / 424**
(unten längs randverstärkt bis H = 270 cm auf 14,17 cm²/m)

3. Lage oberer Wandabschnitt bis H = 6,00 m **SQ 670 / 295**
(unten längs randverstärkt bis H = 420 auf 8,50 cm²/m)

gewählte Wandbewehrung: (innen as2)

Listenmatten :

1. Lage unterer Wandabschnitt bis H = 1,80 m **SQ 1560 / 335**
(unten längs randverstärkt bis H = 60 cm auf 22,60 cm²/m; bis H = 150 cm auf 19,00 cm²/m)

2. Lage mittlerer Wandabschnitt bis H = 3,60 m **SQ 1272 / 335**
(unten längs randverstärkt bis H = 270 cm auf 14,17 cm²/m)

3. Lage oberer Wandabschnitt bis H = 6,00 m **SQ 670 / 295**
(unten längs randverstärkt bis H = 420 auf 8,50 cm²/m)

Anmerkung:

Den durch Querkraft infolge Fußreibung hervorgerufenen Meridianmomenten wurde durch die Wahl einer erhöhten äußeren Vertikalbewehrung Rechnung getragen.

Konstruktive Maßnahmen:

Auswechselungen der Wanddurchbrüche für Revisionsöffnung und Rohrdurchführungen erfolgen konstruktiv. Der Einbaurahmen 600 / 800 mm der Revisionsöffnung wird mit oben und unten, innen und außen mit 6 Ø 16 mm je Seite ausgewechselt. Senkrecht werden je Seite innen und außen 2 Ø 12 zugelegt. Kleinere Rohrdurchführungen bis DN 300 werden mit 4 Ø 12 mm, innen und außen ausgewechselt.

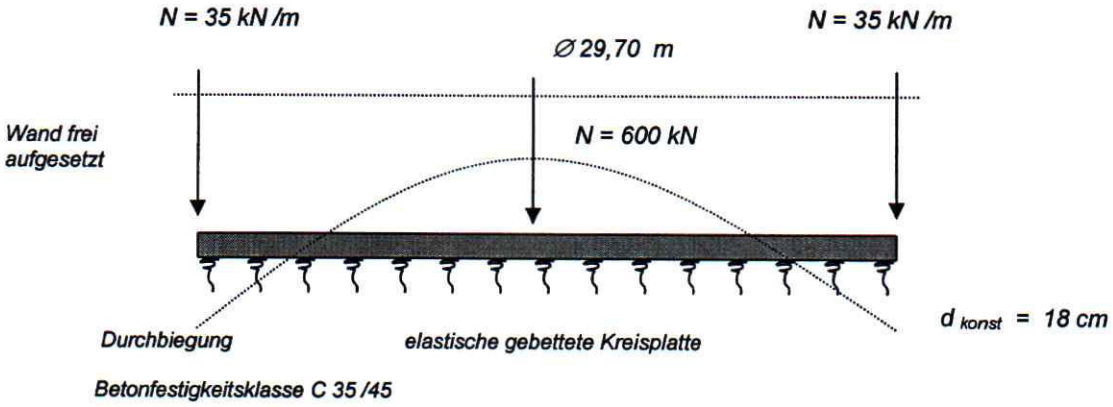
Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Pos. 2 Bodenplatte d = 18 cm

Die Bodenplatte wird als elastisch gebettete Kreisplatte behandelt.

Statisches best. System:



Die Platte erfährt dabei eine umlaufend, vertikale Randlinienkraft aus.

Belastung des Plattenrandes:

Wandgewicht : 0,20 * 6,00 * 25,0 =	30,00	KN / m (Annahme i.M. 20 cm starke Wand)
Gasspeicherhaube :	5,00	KN / m
	35,00	KN / m

Die Bodenplatte ist dazu im Zustand des entleerten Behälters, unter maximaler Randlast zu untersuchen.

Für die Berechnung der elastisch gebetteten Bodenplatte wird eine Bettungsziffer von 10.000 kN / m³ in Ansatz gebracht.

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

Statische Berechnung eines Plattentragwerkes nach der Methode der Finiten Elemente

Elemente:

Viereckige und dreieckige DKT-Elemente auf der Basis der Kirchhoff'schen Plattentheorie in Verbindung mit Trägerrost-Stabelementen

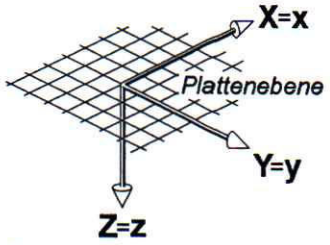
Verformungsfreiwerte:

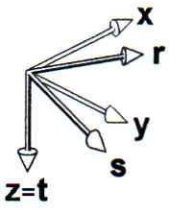
Verschiebung in z-Richtung, Verdrehung um die x- und y-Achse

Koordinatensysteme:

X-Y-Z globales 3D-Koordinatensystem
x-y-z Koordinatensystem der Ebene
r-s-t individuelles Knotenkoordinatensystem
l-m-n Stabkoordinatensystem
e-f-g Koordinatensystem der Linienlager

alle Koordinatensysteme sind rechtshändig orthogonal





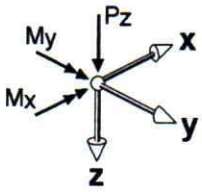
Das r-s-t-System entsteht aus einer benutzerdefinierten Drehung des x-y-z-Systems um die z-Achse.

Für alle Knoten, deren r-s-t-System nicht explizit vorgegeben wurde, gilt: r-s-t = x-y-z

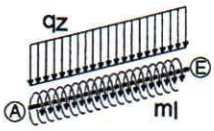
l und m liegen in der Plattenebene. n zeigt in Richtung z.

l zeigt vom Stabanfangsknoten zum Stabendknoten. Bei kreisbogenförmigen Stäben schmiegt sich l tangential an den Kreisbogen.

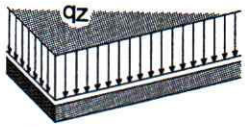
Belastungen



Punktlasten
wahlweise auch im r-s-t-System definiert

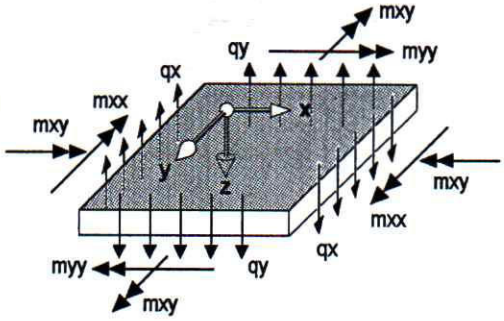


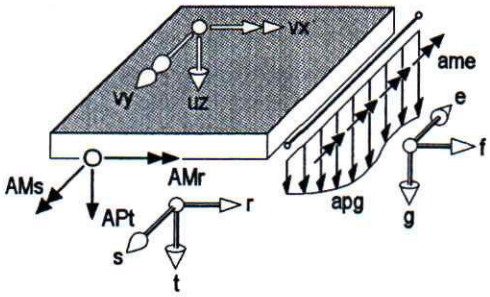
Linienlasten
wahlweise auch linear veränderlich; beachte Linienorientierung beim Drillmoment ml



Flächenlasten
Eigengewichtslasten und Flächenlasten wirken stets in z-Richtung. Bei Temperaturlasten ist Δt die Temperaturdifferenz zwischen der oberen und unteren Randfaser.

Ergebnisse





mxx, myy	Biegemomente [kNm/m]
mxy	Drillmomente [kNm/m]
qx, qy	Querkräfte [kN/m]

uz	Verschiebungen [mm]
vx, vy	Verdrehungen [mm/m]
AMr, AMs, APt	Einzellagerreaktionen [kNm, kN]
ame, apg	Linienlagerreaktionen [kNm/m, kN/m]

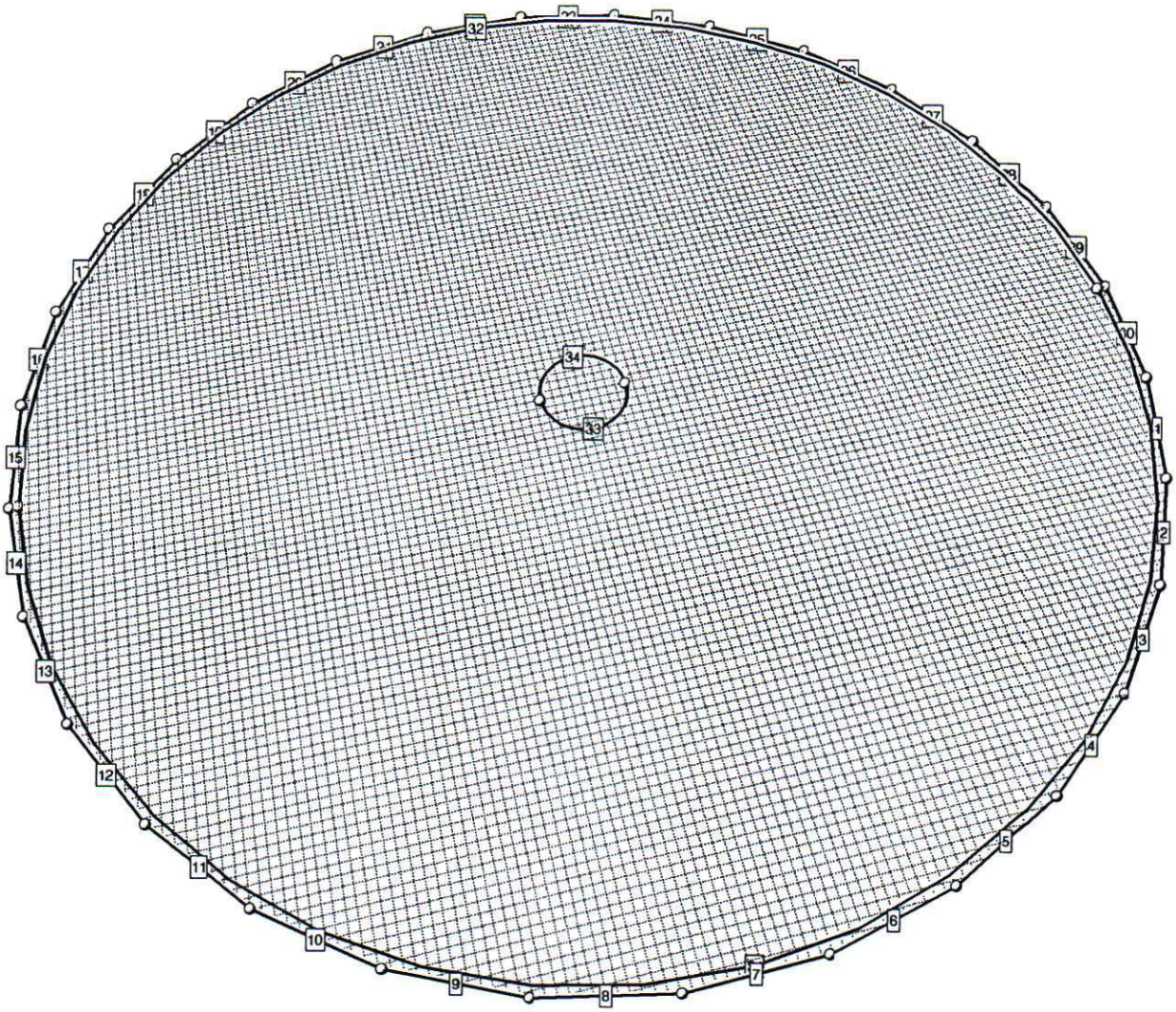
Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

Angaben zum Rechenlauf

Die Berechnung des Systems erfolgt linear. Etwaige elastische Flächenbettungen werden nach dem Bettungszahlverfahren berücksichtigt. Die den geforderten Nachweisen zugeordneten Lastkombinationen werden durch die definierten Extremalbildungsvorschriften als auch durch die definierten Lastkollektive beschrieben. Angaben zum nichtlinearen Verhalten werden hier zwar protokolliert, vom Rechenlauf jedoch ignoriert.

Übersicht: Gesamtsystem

mit Liniennummern



Punkte und Punktkoordinaten in der Plattenebene

Typ=Rnd: Der Punkt befindet sich auf dem Rand mindestens einer Flächenposition. Typ=Fix: Der Punkt ist Teil mindestens einer Flächenposition und wird vom Netzgenerierer berücksichtigt. Typ= - : Der Punkt ist ohne Relevanz für den Netzgenerierer.

Punkt	x	y	Folie	Typ	Punkt	x	y	Folie	Typ
-	m	m	-	-	-	m	m	-	-
1	14.770	3.139	System	Rnd	10	-7.550	13.077	System	Rnd
2	13.795	6.142	System	Rnd	11	-10.104	11.221	System	Rnd
3	12.216	8.876	System	Rnd	12	-12.216	8.876	System	Rnd
4	10.104	11.221	System	Rnd	13	-13.795	6.142	System	Rnd
5	7.550	13.077	System	Rnd	14	-14.770	3.139	System	Rnd
6	4.666	14.361	System	Rnd	15	-15.100	0.000	System	Rnd
7	1.578	15.017	System	Rnd	16	-14.770	-3.139	System	Rnd
8	-1.578	15.017	System	Rnd	17	-13.795	-6.142	System	Rnd
9	-4.666	14.361	System	Rnd	18	-12.216	-8.876	System	Rnd

Punkte und Punktkoordinaten in der Plattenebene

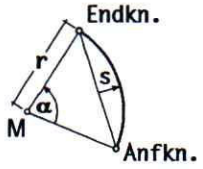
Typ=Rnd: Der Punkt befindet sich auf dem Rand mindestens einer Flächenposition. **Typ=Fix:** Der Punkt ist Teil mindestens einer Flächenposition und wird vom Netzgenerierer berücksichtigt. **Typ= - :** Der Punkt ist ohne Relevanz für den Netzgenerierer.

Punkt	x	y	Folie	Typ	Punkt	x	y	Folie	Typ
-	m	m	-	-	-	m	m	-	-
19	-10.104	-11.221	System	Rnd	28	13.795	-6.142	System	Rnd
20	-7.550	-13.077	System	Rnd	29	14.770	-3.139	System	Rnd
21	-4.666	-14.361	System	Rnd	30	15.100	0.000	System	Rnd
22	-1.578	-15.017	System	Rnd	31	-14.850	0.000	System	-
23	1.578	-15.017	System	Rnd	32	14.850	0.000	System	-
24	4.666	-14.361	System	Rnd	33	0.000	0.000	System	-
25	7.550	-13.077	System	Rnd	34	-1.200	0.000	System	Fix
26	10.104	-11.221	System	Rnd	35	1.200	0.000	System	Fix
27	12.216	-8.876	System	Rnd					

Geraden

Typ=Rnd: Die Gerade beschreibt den Rand mindestens einer Flächenposition. **Typ=Fix:** Die Gerade ist Teil mindestens einer Flächenposition und wird vom Netzgenerierer berücksichtigt. **Typ= - :** Die Gerade ist ohne Relevanz für den Netzgenerierer.

Linie	Anfpk.	Endpk.	Länge	Folie	Typ	Linie	Anfpk.	Endpk.	Länge	Folie	Typ
-	-	-	m	-	-	-	-	-	m	-	-
1	1	2	3.157	System	Rnd	16	16	17	3.157	System	Rnd
2	2	3	3.157	System	Rnd	17	17	18	3.157	System	Rnd
3	3	4	3.157	System	Rnd	18	18	19	3.157	System	Rnd
4	4	5	3.157	System	Rnd	19	19	20	3.157	System	Rnd
5	5	6	3.157	System	Rnd	20	20	21	3.157	System	Rnd
6	6	7	3.157	System	Rnd	21	21	22	3.157	System	Rnd
7	7	8	3.157	System	Rnd	22	22	23	3.157	System	Rnd
8	8	9	3.157	System	Rnd	23	23	24	3.157	System	Rnd
9	9	10	3.157	System	Rnd	24	24	25	3.157	System	Rnd
10	10	11	3.157	System	Rnd	25	25	26	3.157	System	Rnd
11	11	12	3.157	System	Rnd	26	26	27	3.157	System	Rnd
12	12	13	3.157	System	Rnd	27	27	28	3.157	System	Rnd
13	13	14	3.157	System	Rnd	28	28	29	3.157	System	Rnd
14	14	15	3.157	System	Rnd	29	29	30	3.157	System	Rnd
15	15	16	3.157	System	Rnd	30	30	1	3.157	System	Rnd



Definitionsparameter des Kreisbogens

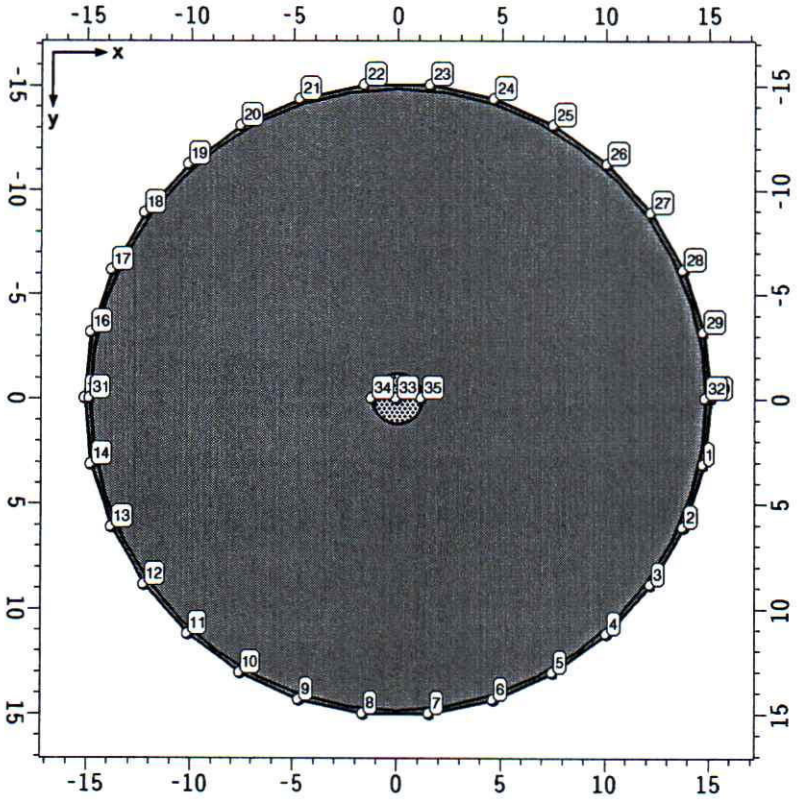
Xm Ym Zm	Koordinaten des Kreisbogenmittelpunktes M
l	Bogenlänge
s	Bogenstich
r	Radius
α	Innenwinkel

Kreisbögen

Typ=Rnd: Der Kreisbogen beschreibt den Rand mindestens einer Flächenposition. **Typ=Fix:** Der Kreisbogen ist Teil mindestens einer Flächenposition und wird vom Netzgenerierer berücksichtigt. **Typ= - :** Der Kreisbogen ist ohne Relevanz für den Netzgenerierer.

Linie	Anfpk.	Endpk.	Xm	Ym	Zm	r	s	l	α	Folie	Typ
-	-	-	m	m	m	m	m	m	°	-	-
31	31	32	0.000	0.000	0.000	14.850	14.850	46.653	180.000	System	-
32	32	31	0.000	0.000	0.000	14.850	14.850	46.653	180.000	System	-
33	34	35	0.000	0.000	0.000	1.200	1.200	3.770	180.000	System	Fix
34	35	34	0.000	0.000	0.000	1.200	1.200	3.770	180.000	System	Fix

Position 1: Bodenplatte in Ebene: Plattenebene



Punkte in Position 1: Bodenplatte

x und y beziehen sich auf das Koordinatensystem der Ebene Plattenebene

Typ=Rnd: Der Punkt befindet sich auf dem Rand der Flächenposition. **Typ=Fix:** Der Punkt befindet sich innerhalb der Flächenposition und wird vom Netzgenerierer berücksichtigt. **Typ= - :** Der Punkt ist ohne Relevanz für den Netzgenerierer.

Punkt	x	y	Typ	Punkt	x	y	Typ	Punkt	x	y	Typ
-	m	m	-	-	m	m	-	-	m	m	-
1	14.770	3.139	Rnd	13	-13.795	6.142	Rnd	25	7.550	-13.077	Rnd
2	13.795	6.142	Rnd	14	-14.770	3.139	Rnd	26	10.104	-11.221	Rnd
3	12.216	8.876	Rnd	15	-15.100	0.000	Rnd	27	12.216	-8.876	Rnd
4	10.104	11.221	Rnd	16	-14.770	-3.139	Rnd	28	13.795	-6.142	Rnd
5	7.550	13.077	Rnd	17	-13.795	-6.142	Rnd	29	14.770	-3.139	Rnd
6	4.666	14.361	Rnd	18	-12.216	-8.876	Rnd	30	15.100	0.000	Rnd
7	1.578	15.017	Rnd	19	-10.104	-11.221	Rnd	31	-14.850	0.000	-
8	-1.578	15.017	Rnd	20	-7.550	-13.077	Rnd	32	14.850	0.000	-
9	-4.666	14.361	Rnd	21	-4.666	-14.361	Rnd	33	0.000	0.000	-
10	-7.550	13.077	Rnd	22	-1.578	-15.017	Rnd	34	-1.200	0.000	Fix
11	-10.104	11.221	Rnd	23	1.578	-15.017	Rnd	35	1.200	0.000	Fix
12	-12.216	8.876	Rnd	24	4.666	-14.361	Rnd				

Flächendefinitionen

Linien in flächenumfahrender Reihenfolge (zeilenweise) mit Angabe der Orientierung (von Knoten - nach Knoten)

Linie	von - nach		Linie	von - nach		Linie	von - nach		Linie	von - nach		Linie	von - nach	
Positionsrand der Position 1: Bodenplatte														
22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27
27	27	28	28	28	29	29	29	30	30	30	1	1	1	2
2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7
7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12
12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17
17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	21	22
Verstärkung 1: Verstärkung														
33	34	35	34	35	34									

Geprüft ENGELS INGENIEURE DETMOLD

Sonstige, in der Position definierte Linien

Typ=Fix: Die Linie wird vom Netzgenerierer berücksichtigt. **Typ= - :** Die Linie ist ohne Relevanz für den Netzgenerierer.

Linie -	Anfpk. -	Endpk. -	Typ -
31	31	32	-
32	32	31	-
33	34	35	Fix
34	35	34	Fix

Rechenkennwerte der Position 1: Bodenplatte

Materialbezeichnung: Stahlbeton C35/45

Geom. Kennwerte		Phys. Kennwerte		Sonst. Kennwerte	
Bruttofläche:	711.09 m2	E-Modul:	29878.41 MN/m2	Elementkantenlänge:	0.80 m
Nettofläche:	711.09 m2	Querdehnzahl:	0.20 -	Generierungsrichtung:	0.00 °
Umfang:	94.70 m	Temp.-Koeff.:	1.00 10-5/K	Exzentrizität:	keine
Dicke:	18.00 cm	Bettung: Cbz =	10000.00 kN/m3		

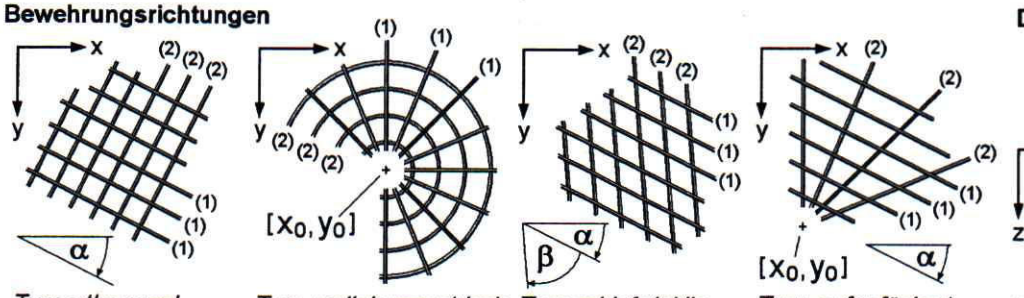
Bemerkung: Bei einer nichtlinearen Berechnung wird die o. a. Bettung nur bei positiven Verschiebungen in z-Richtung angesetzt.

Kennwerte der Verstärkungen

Verstärkung -	Dicke cm	Cb kN/m³	Aktion -
1: Verstärkung	40.00	-	addieren

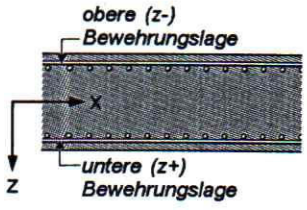
Erläuterung zu den Bemessungseigenschaften

Bewehrungsrichtungen



Typ: orthogonal *Typ: radialsymmetrisch* *Typ: schiefwinklig* *Typ: aufgefächert*

Definition: oben - unten



x-y-z: Koordinatemsystem der Ebene

Bemessungseigenschaften der Position 1:

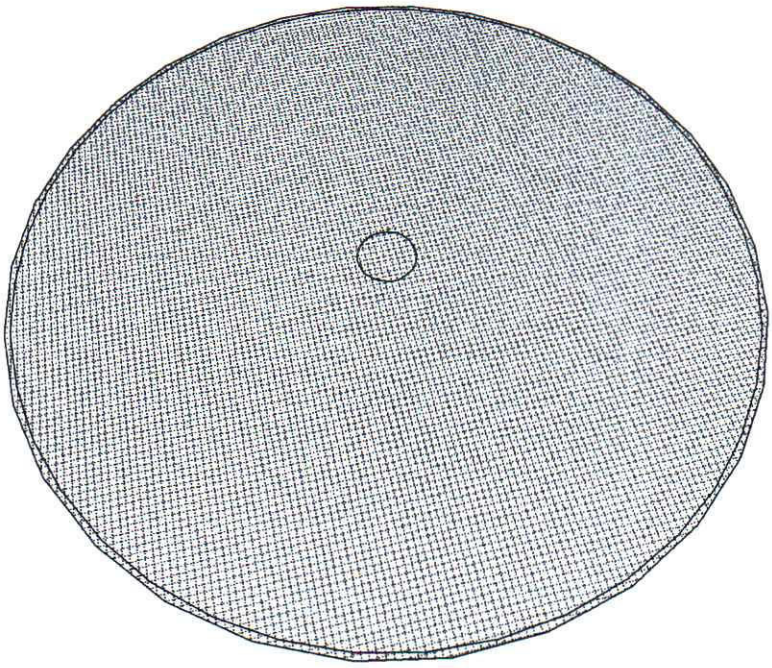
Randabstände	Grundbewehrung	Bewehrungsrichtung	Bewehrunganordnung
(1)oben = 4.5 cm	(1)oben = 0.00 cm²/m	Typ: radialsymmetrisch	Zugbewehrung
(2)oben = 5.5 cm	(2)oben = 0.00 cm²/m	mit x0 = 0.00 m	Transformation nach
(1)unten = 4.5 cm	(1)unten = 0.00 cm²/m	y0 = 0.00 m	Baumann
(2)unten = 5.5 cm	(2)unten = 0.00 cm²/m		

Materialbezeichnungen (für Nachweise nach DIN 1045-1): Beton C35/45; Längsbewehrung BSt 500
Materialdaten des Betons: f_{ck} = 35.0 MN/m²; α = 0.850; ε_{c2} = -2.0‰; ε_{c2u} = -3.5‰; n_c = 2.00; E_{cm} = 29878.4 MN/m²
Materialdaten der Bewehrung: f_{yk} = 500.0 MN/m²; f_{tk} = 525.0 MN/m²; ε_{su} = 25.0‰; E_s = 200000.0 MN/m²
Maximaler (rechnerischer) Bewehrungsgrad: max μ = 8.0%

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

LAGERANGABEN

Linienlager und Punktlager
mit Linien- und Punktnummern



STRUKTUR DER BELASTUNG

Beschreibung der Belastungsstruktur

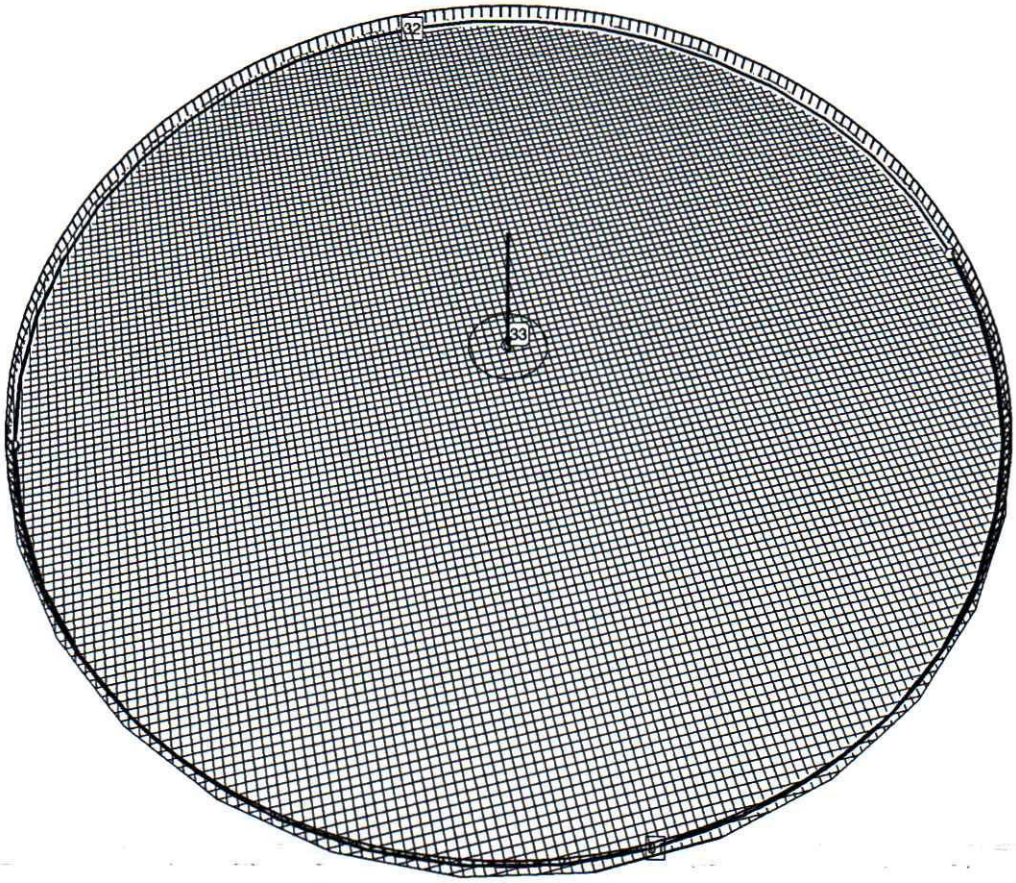
Auf der linken Seite sind die Beziehungen der Einwirkungen, Lastfallordner und Lastfälle zueinander in einer Baumstruktur dargestellt. Auf der rechten Seite sind die überlagerungsspezifischen Eigenschaften den links stehenden Objekten zugeordnet angegeben. Ein Lastfallordner entspricht überlagerungstechnisch einer Extremierung der in ihm definierten Objekte und kann seinerseits wiederum additiv oder alternativ überlagert werden.

verwendete Symbole: Einwirkung | Lastfallordner | Lastfall | Imperfektionsfälle

1: ständige Lasten	**ständige Lasten**
└ 1: Eigengewicht (1)	additiv
2: Sonst. veränderl. Lasten	**sonstige veränderliche Einwirkungen**
└ 2: Sonstige (1)	additiv

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

belastete Objekte in Lastfall 1



bezeichnete, belastete Objekte

Typ	Nummer	Bezeichung
Position	1	Bodenplatte

Raumgewichte ausgewiesener Flächen in Lastfall 1

Flächentyp -	Nr.	Bezeichnung -	γ kN/m³
Position	1	Bodenplatte	25.000

Linienlasten in Lastfall 1

Bei veränderlichen Linienlasten weist der Index A auf die Ordinaten am Anfangsknoten und der Index E auf die Ordinaten am Endknoten.

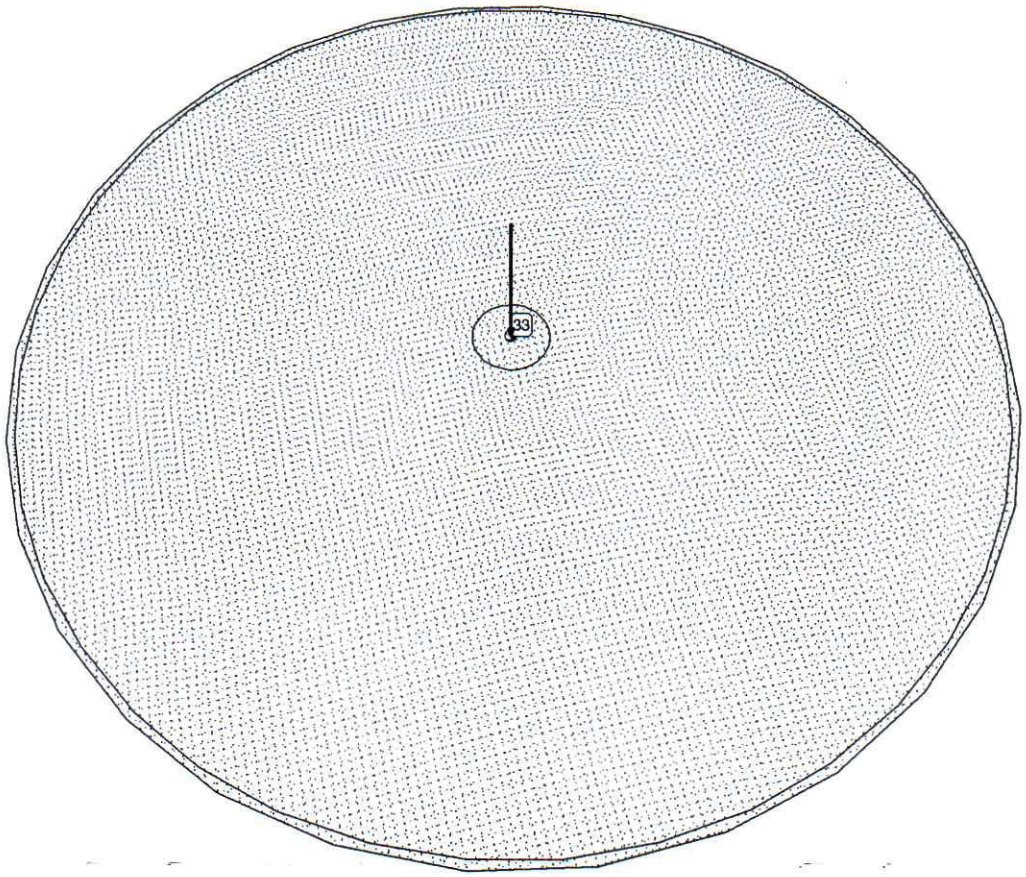
Linie -	Anfpk. -	Endpk. -	qz kN/m	mT kNm/m
32	32	31	35.000	0.000
31	31	32	35.000	0.000

Punktlasten in Lastfall 1

Punkt -	Syst. -	Pz(Pt) kN	Mx(Mr) kNm	My(Ms) kNm
33	X-Y-Z	300.000	0.000	0.000

LASTBILDER IN LASTFALL 2: SONSTIGE (1)

belastete Objekte in Lastfall 2



Punktlasten in Lastfall 2

Punkt	Syst.	Pz(Pt)	Mx(Mr)	My(Ms)
-	-	kN	kNm	kNm
33	X-Y-Z	300.000	0.000	0.000

BESCHREIBUNG DER GEFORDERTEN NACHWEISE

Im Nachfolgenden bedeuten:

Ψ_{dom} bei Überlagerungsregel DIN 1055-100: Kombinationsbeiwert für eine führende Verkehrslasteinwirkung
bei Überlagerungsregel DIN 18800: Kombinationsbeiwert für eine Nebenkombination
Ψ_{sub} bei Überlagerungsregel DIN 1055-100: Kombinationsbeiwert für eine nichtführ. Verkehrslasteinwirkung
bei Überlagerungsregel DIN 18800: Kombinationsbeiwert für eine Hauptkombination
γ_{sup} Teilsicherheitsbeiwert für ungünstig wirkende Laststellungen
γ_{inf} Teilsicherheitsbeiwert für günstig wirkende Laststellungen

Überlagerungsregeln FB101 und Eurocode verhalten sich wie DIN 1055-100
Bei nichtlinearer Berechnung bleiben Extremalbildungsvorschriften unberücksichtigt

Nachweis 1: DIN 1045-1 Bemessung

DIN 1045-1 Bemessung: Tragfähigkeit nach DIN 1045-1 (10.2, 10.3, 10.4)

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETM-380

Nachweisoptionen zum Nachweis 1:

Biegebemessung
- [x] incl. Schubbemessung
  bzw. Druckstrebennachweis
- [x] mit Mindest-/Querbewehrung
- [x] Schubbemessung: z aus Biegebemessung
- [ ] Schubbemessung: z = 0.9 d ≤ d - 2 cnom
- [ ] Schubbemessung: z aus Biegebem. ≤ d - 2 cnom
- [x] Schubbemessung in den Bewehrungsrichtungen
- [ ] Schubbemessung in Hauptquerkraftrichtung

1: Standardkombination

Extremalbildungsvorschrift zum Nachweis 1, Typ: standard, Überlagerungsregel: DIN1055-100
Materialsicherheitsbeiwerte: γ_C = 1.50, γ_S = 1.15

Einw.	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
1	1.00	1.00	1.35	1.00
2	1.00	0.80	1.50	0.00

Tabelle der zu bemessenden Flächenpositionen (Nachweis 1)

Erläuterungen: Spalte (M): Mindestbewehrung (13.1.1); Spalte (Q): Querbewehrung - Mindestanteil an der Hauptbewehrung
Spalte (S): Schubbemessung ('ohne' bzw. 'mit' Schubmindestbewehrung); Spalte (P): Schubbewehrung möglichst vermeiden (Erhöhung der Längsbew.)
ρ_c: Rohdichte des Betons; BSt$_l$, BSt$_q$: Betonstahlgüte für die Längs-, Schubbewehrung
Beschreibung des Materials siehe 'Bemessungseigenschaften der Position'

Pos.	Beton	ρ_c kg/m³	BSt$_l$	(M)	(Q)	(S)	BSt$_q$	Θ °	(P)
1	C35/45	2200	500	nein	0.00	ohne	500	0	nein

Nachweis 2: DIN 1045-1 Rissnachweis

DIN 1045-1 Rissnachweis: Gebrauchsfähigkeit nach DIN 1045-1 (11.2)

Nachweisoptionen zum Nachweis 2:

- [x] nach DIN (ohne direkte Berechnung)
- [ ] nach DIN (direkte Berechnung)
- [ ] nach Schießl
- [ ] nach Noakowski
- [x] Kontrolle der Eingangsbewehrung
- [x] Mindestbewehrung (Erstrissbildung aus Zwang)
- [x] Begrenzung der Rissbreite

Spannungsdehnungslinie für Beton
- [ ] nach 9.1.6 (Parabel-Rechteck)
- [x] nach 9.1.5 (wirklichkeitsnah)
- [ ] linear mit α = Es/Ecm

1: Standardkombination

Extremalbildungsvorschrift zum Nachweis 2, Typ: standard, Überlagerungsregel: DIN1055-100

Einw.	Ψ_{dom}	Ψ_{sub}	γ_{sup}	γ_{inf}
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.50	0.50	1.00	0.00

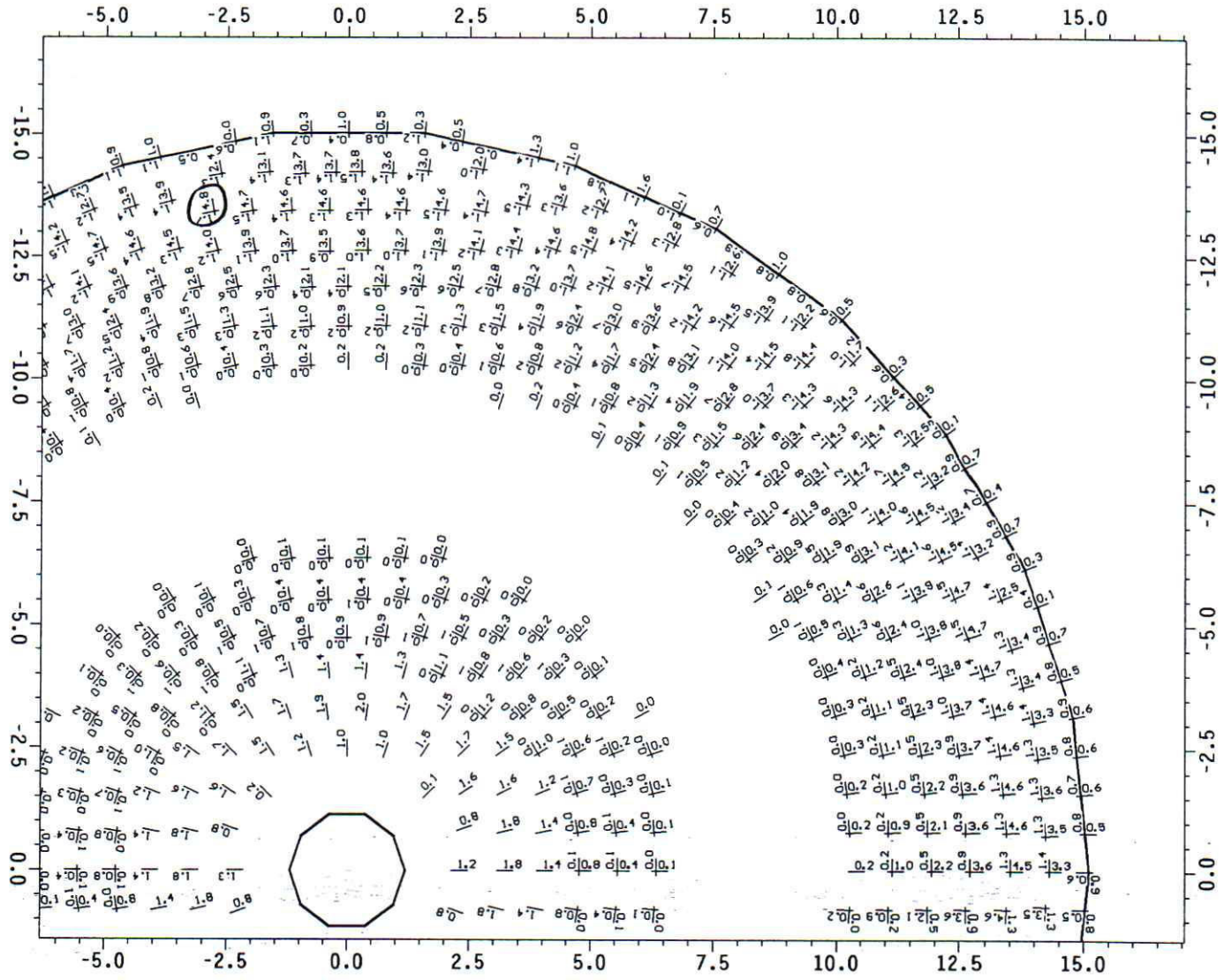
Verzeichnis der Flächenpositionen zum Nachweis 2:

Erläuterungen: wk aus Tabelle 19 bzw. Tabelle 18, DIN 1045-1 oder 'DIN 1045-1 Kommentierte Kurzfassung, Fraunhofer/Beuth'
Abkürzungen für Stahllagen: Bewehrungsrichtung 1: 1o = oben, 1u = unten, Bewehrungsrichtung 2: 2o = oben, 2u = unten
Erstrissbildung aus Biege- oder zentrischem Zwang (Zugzwang) bei direkter (selbst induzierter) oder indirekter (außerhalb induzierter) Belastung.
Beton-, Stahlgüte der Längsbewehrung, maximaler Bewehrungsgrad siehe 'Bemessungseigenschaften der Position'

Pos.	Grenz-Ø der Längsbew. in mm				Rissbreite w_k	Erstriss-bildung	Zeit-faktor
	1o	2o	1u	2u	in mm	aus	k_{zt}
1	10	8	8	8	0.15	---	1.00

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

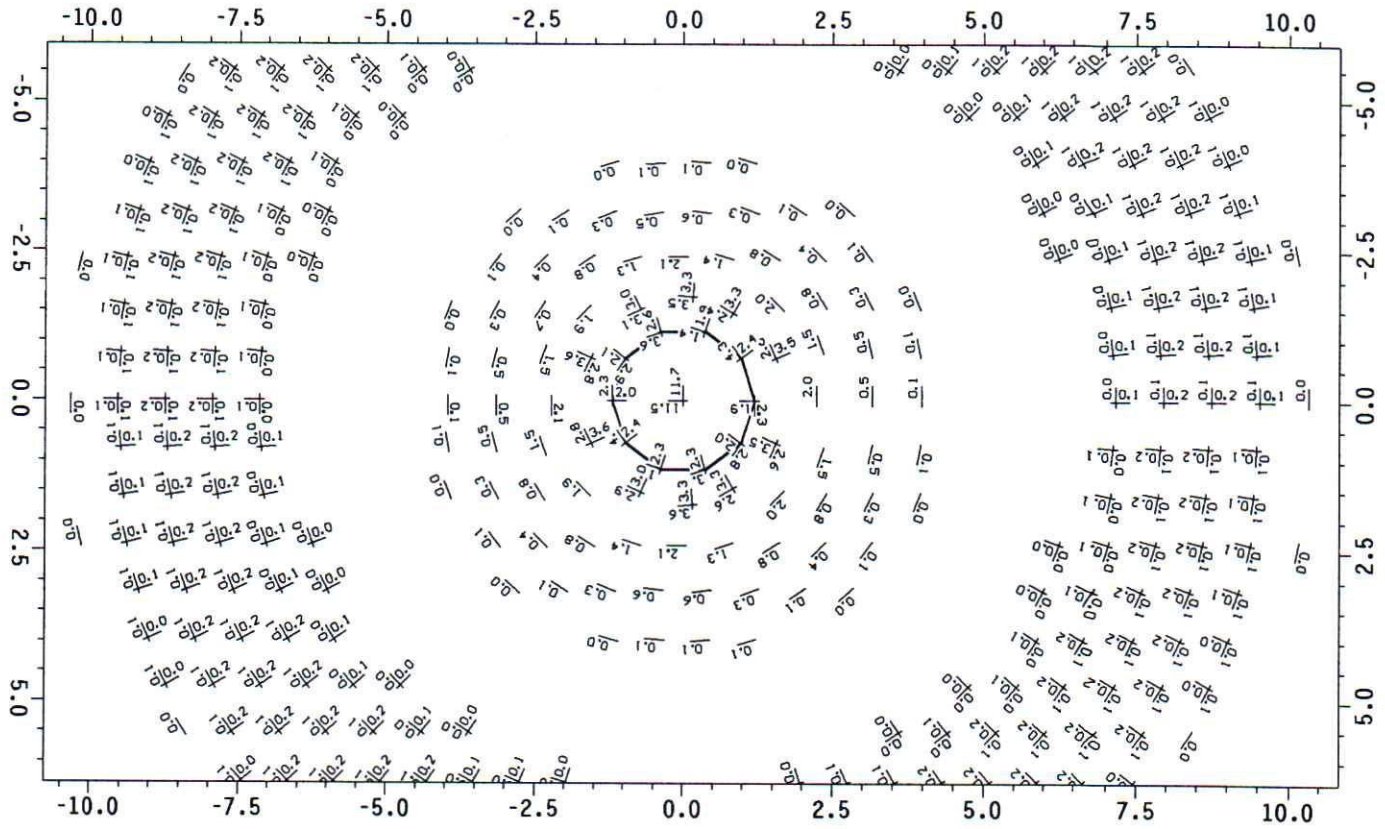
Ebene Plattenebene / Vektoren aso



Vektoren aso, Längsbewehrung (oben) in den Elementknoten
Min/Max/Grenzwert: as1o: 0.0/4.8/0.0 cm2/m, as2o: 0.0/1.9/0.0 cm2/m

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

Ebene Plattenebene / Vektoren asu



Vektoren asu, Längsbewehrung (unten) in den Elementknoten
Min/Max/Grenzwert: as1u: 0.0/11.7/0.0 cm2/m, as2u: 0.0/11.5/0.0 cm2/m

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Stahlbetonstütze

Berechnung nach dem Modelstützenverfahren

Belastungen:

	Ständige Lasten		Verkehrslasten	
N_{Ek} =	300,00	kN	300,00	kN
M_{Ek} =	0,00	kNm	0,00	kNm

Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten:			1,35
Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Lasten:			1,50

N_{Ed} =	855,00	kN
M_{Ed} =	0,00	kNm

Abmessungen:

Länge [m]	Durchmesser [m]
6,00	0,60

Betongüte:

f_{ck} [MN/m²]	f_{cd} [MN/m²]
35	19,83

Schlankheit:

I [m⁴]	A [m²]	i [m]	λ
0,0063617	0,2827433	0,15000	40,0

Ausmitte:

e_0 [m]	α_{a1} [-]	e_a [m]	$e_0 + e_a$ [m]
0,00	0,0041	0,0122	0,0122

Bemessng:

N_{Ed} =	0,855	MN
M_{Ed} =	0,010	MNm

v_{Ed} =	0,152
μ_{Ed} =	0,003

ω_{tot} =	0,1	aus dem Interaktionsdiagramm 12a

$As_{,tot}$ =	12,89	erforderliche Bewehrung nach Modelstützenverfahren
$As_{,min}$ =	6,79	erforderliche Mindestbewehrung 6 Ø12
$As_{,min}$ =	8,48	erforderliche Mindestbewehrung 0,003 x Ac
$As_{,min}$ =	1,97	erforderliche Mindestbewehrung 0,15 x N_{Ed} / f_{yd}

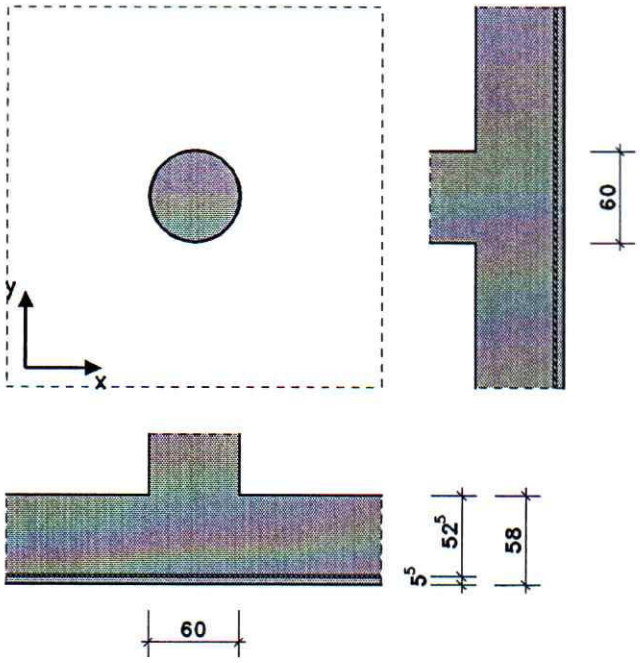
$As_{,erf}$ =	**12,89**

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

POS. 1: DURCHSTANZEN BODENPL

Durchstanznachweis Bodenplatte DIN 1045-1 (7.01)

Kreisstütze im Innenbereich
(Maßstab 1:50)



Bemessungswert der Querkraft
V_{Ed} = 855.00 kN

mittl. Bodenpressung
$\sigma_{B,Ed}$ = 78.00 kN/m²

Beiwert zur Berücksichtigung nichtrotationssym. Querkraftvert. (für unverschiebliche Systeme)
β = 1.05 (für Innenstütze)

vorhandene Längsbewehrung
$a_{s,x}$ = 13.19 cm²/m
$a_{s,y}$ = 13.19 cm²/m

Abstand der Bewehrungsreihen
$s_w = 0.75 \cdot d_m$ = 39.38 cm
Stabdurchmesser
$d_{s,max}$ = 12 mm

Betonfestigkeitsklasse ~~C25/30~~ C35145
Betonstahlsorte BSt 500 S(A)
Materialsicherheitsbeiwerte γ_c = 1.50, γ_s = 1.15

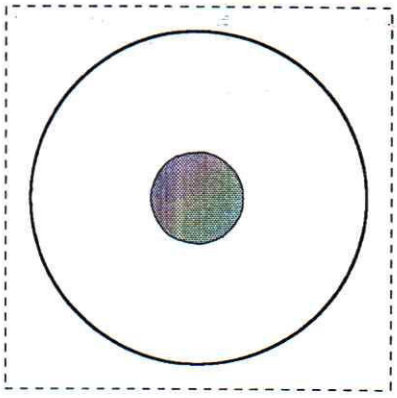
Kritischer Rundschnitt im Abstand $1.5 \cdot d_m$
$u_{crit} = 2 \cdot \pi \cdot (d_{St}/2 + 1.5 \cdot d_m)$ = 6.83 m

Aufzunehmende Querkraft
A_{crit} = 3.7154 m²
$V_{Ed,cal} = V_{Ed} - A_{crit} \cdot \sigma_{B,Ed}/2$ = 710.10 kN
$v_{Ed,crit} = \beta \cdot V_{Ed,cal}/u_{crit}$ = 109.12 kN/m

Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung
$\rho_l = (a_{s,x} \cdot a_{s,y})^{0.5}/d_m$ = 0.00251
$\rho_{l,cal} = \min\{\rho_l, 0.02, 0.4 \cdot f_{cd}/(\alpha_c \cdot f_{yd})=0.01533\}$ = 0.00251
$\kappa = 1+(200/d_m[mm])^{0.5}$ = 1.617 ≤ 2.0
$v_{Rd,ct} = 0.14 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_{l,cal} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot d_m$ = 219.31 kN/m

$v_{Rd,ct} \geq v_{Ed,crit}$ ⇒ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich

Nachweisschnitt



d_{St} - Durchmesser der Lasteinleitungsfl. d_m - mittl. Nutzhöhe u_{crit} - maßgeb. Länge des krit. Rundschnittes
$v_{Ed,crit}$ - aufzunehmende Querkraft im krit. Rundschnitt ρ_l - Längsbewehrungsgrad α_c - Dauerstandbeiwert
$v_{Rd,ct}$ - Querkrafttragfähigkeit längs des krit. Rundschnittes

Geprüft
ENGELS
INGENIEURE
DETMOLD

„Unsere Statiken unterliegen dem Urheberrechtsschutz"

Bewehrung der Bodenplatte:

gewählt : oben ganzflächig **Q 257 A** + Radialzulagen **Ø 10 / 35 cm**
im Bereich von R = 11,80 m bis 14,80 m
(Stab-Abstand gemessen bei R = 13,00 m) mit vorh.a_{sR} =4,81 cm²/m

gewählt : unten ganzflächig **Q 188 A** + Verstärkung kreuzweise **Ø 12 / 10 cm** ;
L = 4,00m im Bereich unter der Stütze

Barntrup, den 25.03.2011

SUNDERMANN GMBH & CO.
Stahlbeton-Rundbehälter

In bautechnischer Hinsicht geprüft
Dipl.-Ing. Roland Eisler
von der Ingenieurkammer-Bau NRW staatlich anerkannter Sachverständiger für die Prüfung der Standsicherheit, Fachrichtung Massivbau
Prüf.-Nr. 2011-130-1 Datum 06.04.11
Unterschrift

ENGELS INGENIEURE DETMOLD
Engels Ingenieure Detmold
Lemgoer Straße 20, 32756 Detmold
Tel. 0 52 31/ 30 99 - 0 | Fax 30 99 - 20
info@engels-detmold.de

Prüfvermerk siehe Blatt 4

i.V.
Dipl.-Ing. Linus Peuckert
staatlich anerkannter Sachverständiger für die Prüfung der Standsicherheit

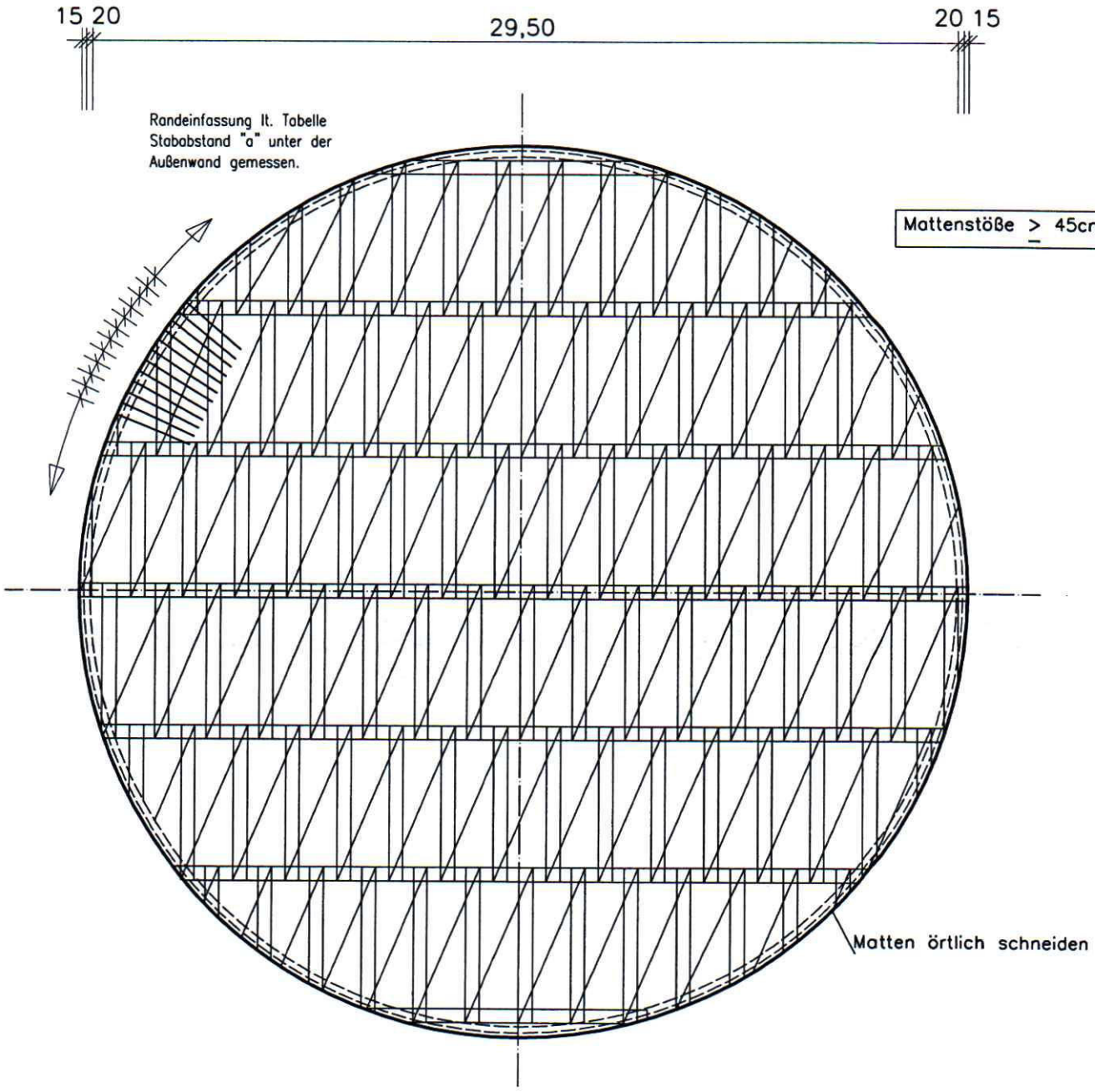
Bewehrungsblatt: Nr.1

B

Nachgärer Typ øi 29,5m; Wandhöhe 6,0 m
Bodenplatte d=18cm
untere Bewehrungslage 1. Lage

Prüfvermerk siehe Blatt 4

Verlegeanordnung als unmaßstäblich schematische Darstellung



Lagermatten	
Typ	Anzahl
[–]	[Stück]
Q188A	69

Randeinfassung			
Durchmesser	Länge	Verlegeabstand	Anzahl
[mm]	[m]	a [cm]	[Stück]
10	1,49	30	314

Betondeckung nach DIN 1045-1:

Bodenplatte: oben c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm; unten c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm

(Betoninnenflächen gegen starken und sehr starken chemischen Angriff und im Gasraum bauseits schützen)

Baustoffe:

Betonfestigkeitklasse C 35/45 nach DIN 1045 u. Betonstahl 500 S / M nach DIN 488

Geprüft ENGELS INGENIEURE DETMOLD

Sundermann GmbH & Co., Industriestraße 2, 32683 Barntrup

Plan ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung und Weitergabe nur mit Zustimmung des Urhebers.

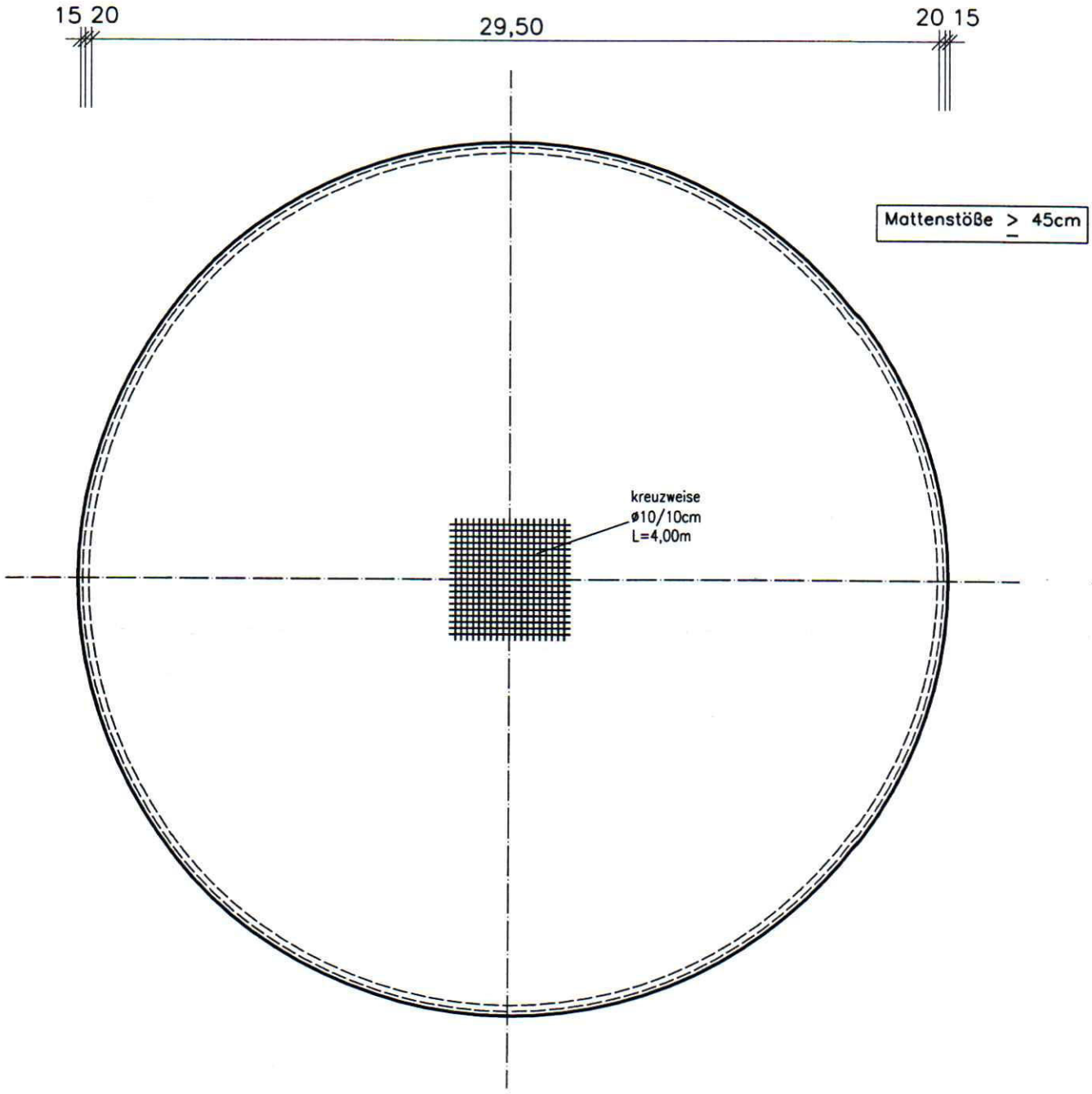
Bewehrungsblatt: Nr.2

B

Nachgärer Typ øi 29,5m; Wandhöhe 6,0 m
Bodenplatte d=18cm
untere Bewehrungslage 2. Lage

Prüfvermerk siehe Blatt 11

Verlegeanordnung als unmaßstäblich schematische Darstellung



Lagermatten	
Typ	Anzahl
[–]	[Stück]
–	–

Zulagen kreuzweise			
Durchmesser	Länge	Verlegeabstand	Anzahl
[mm]	[m]	a [cm]	[Stück]
~~10~~ 12	4,00	10	80

Betondeckung nach DIN 1045-1:
Bodenplatte: oben c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm; unten c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm
(Betoninnenflächen gegen starken und sehr starken chemischen Angriff und im Gasraum bauseits schützen)

Baustoffe:
Betonfestigkeitklasse C 35/45 nach DIN 1045 u. Betonstahl 500 S / M nach DIN 488

Geprüft ENGELS INGENIEURE DETMOLD

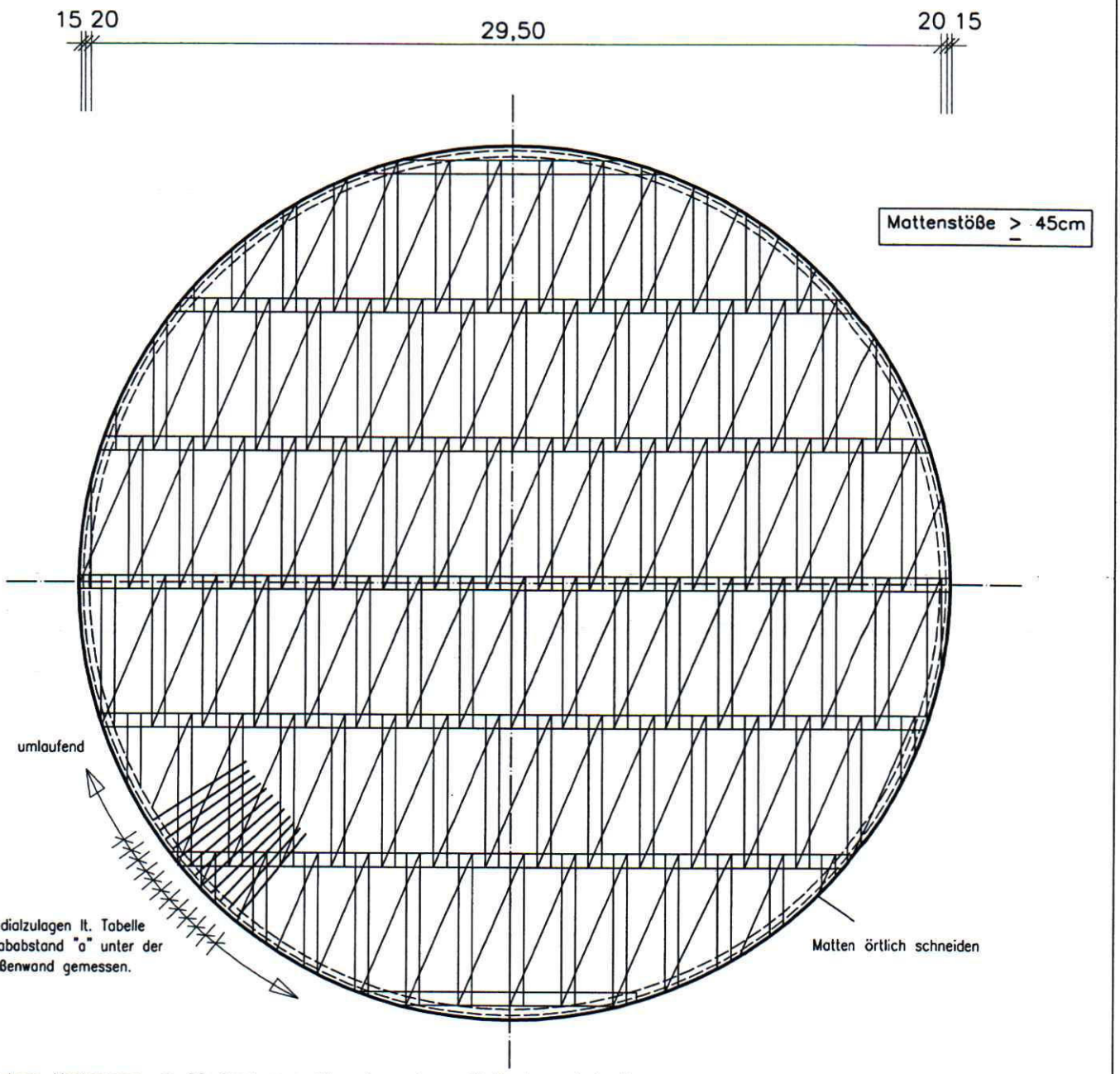
Plan ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung und Weitergabe nur mit Zustimmung des Urhebers.

Bewehrungsblatt: Nr.3

Nachgärer Typ øi 29,5m; Wandhöhe 6,0 m
Bodenplatte d=18cm
obere Bewehrungslage

Prüfvermerk siehe Bl. 11

Verlegeanordnung als unmaßstäblich schematische Darstellung



(obere Mattenlage um 90 Grad gegenüber der unteren Mattenlage drehen)

Lagermatten	
Typ	Anzahl
[-]	[Stück]
Q257A	69

Radialzulagen			
Durchmesser	Länge	Verlegeabstand	Anzahl
[mm]	[m]	a [cm]	[Stück]
10	3,00	40	240

Betondeckung nach DIN 1045-1:

Bodenplatte: oben c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm; unten c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm

(Betoninnenflächen gegen starken und sehr starken chemischen Angriff und im Gasraum bauseits schützen)

Baustoffe:

Betonfestigkeitklasse C 35/45 nach DIN 1045 u. Betonstahl 500 S / M nach DIN 488

Geprüft ENGELS INGENIEURE DETMOLD

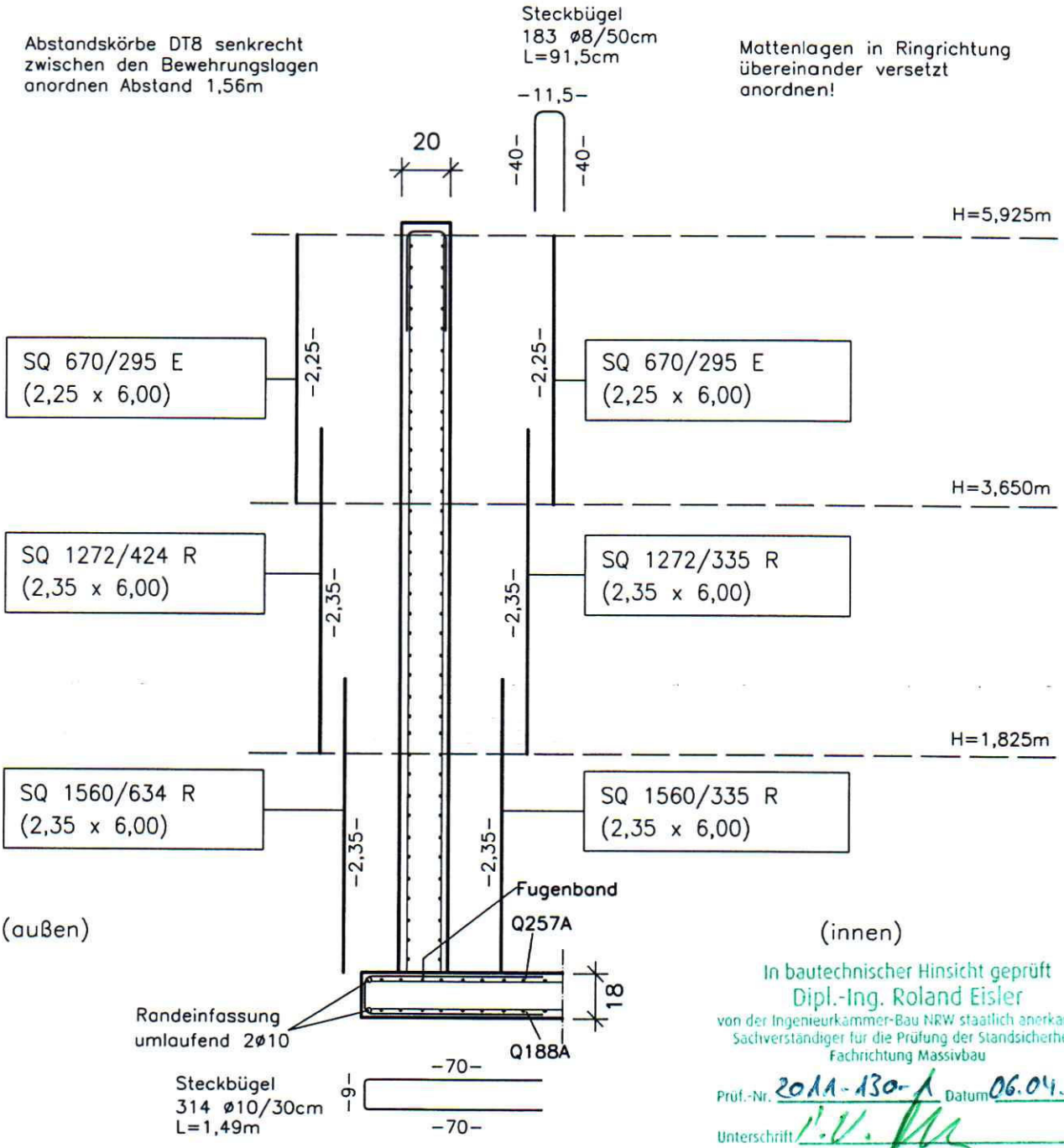
Plan ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung und Weitergabe nur mit Zustimmung des Urhebers.

Bewehrungsblatt: Nr.4

B

Nachgärer Typ øi 29,5m; Wandhöhe 6,0m

Detail: Schnitt Sohle/Wand



In bautechnischer Hinsicht geprüft
Dipl.-Ing. Roland Eisler
von der Ingenieurkammer-Bau NRW staatlich anerkannter Sachverständiger für die Prüfung der Standsicherheit, Fachrichtung Massivbau

Prüf.-Nr. 2011-130-1 Datum 06.04.11

Unterschrift i.V.

ENGELS INGENIEURE DETMOLD
Engels Ingenieure Detmold
Lemgoer Straße 20, 32756 Detmold
Tel. 0 52 31/ 30 99 - 0 | Fax 30 99 - 20
info@engels-detmold.de

Sondermatten		Anzahl	innen:	längs	lü längs [m]	quer	lü quer [m]	Längsstab Verstärkung unten 1	unten 2	oben
	oben	18,0	SQ 670/295 E	8,0 d / 150	0,875	7,5 / 150	0,525	5 x 9,0 d / 150	-	-
	mitte	19,0	SQ 1272/335 R	9,0 d / 100	1,025	8,0 / 150	0,525	10 x 9,5 d / 100	-	-
	unten	19,0	SQ 1560/335 R	10,0 d / 100	1,175	8,0 / 150	0,525	7 x 12,0 d / 100	9 x 11,0 d / 100	-
		Anzahl	außen:	längs	lü längs [m]	quer	lü quer [m]	unten 1	unten 2	oben
	oben	18,0	SQ 670/295 E	8,0 d / 150	0,875	7,5 / 150	0,525	5 x 9,0 d / 150	-	-
	mitte	19,0	SQ 1272/424 R	9,0 d / 100	1,025	9,0 / 150	0,525	10 x 9,5 d / 100	-	-
	unten	19,0	SQ 1560/634 R	10,0 d / 100	1,175	11,0 / 150	0,525	7 x 12,0 d / 100	9 x 11,0 d / 100	-

i.V.
Dipl.-Ing. Linus Peuckert
staatlich anerkannter Sachverständiger
für die Prüfung der Standsicherheit

Betondeckung nach DIN 1045-1:

Wand: innen c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm; außen c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm

(Betoninnenflächen gegen starken und sehr starken chemischen Angriff und im Gasraum bauseits schützen)

Baustoffe:

Betonfestigkeitklasse C 35/45 nach DIN 1045 u. Betonstahl 500 S / M nach DIN 488

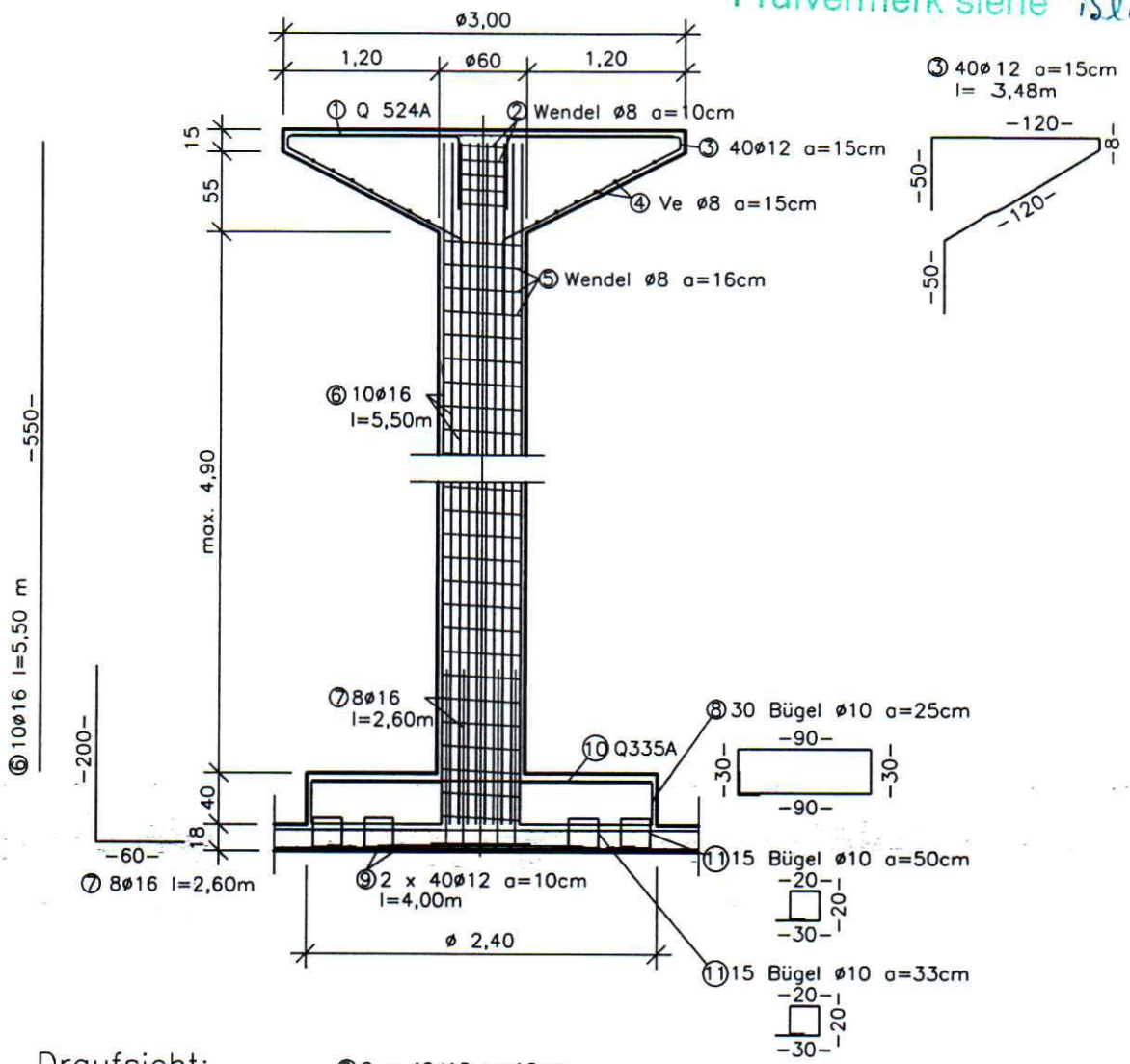
Plan ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung und Weitergabe nur mit Zustimmung des Urhebers.

Bewehrungsblatt: Nr.5

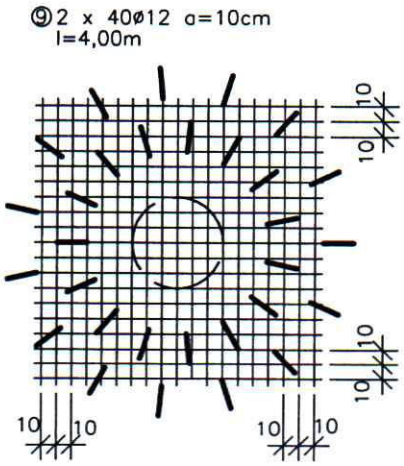
Stahlbeton–Mittelstütze mit Voute für Auflage einer Holzbalkenlage

Stützendurchmesser ø 60 / 300 cm, H = 6,00 m

Prüfvermerk siehe Blatt 4



Draufsicht:



Verlegeanordnung sh. Blatt Nr.2

Betondeckung nach DIN 1045–1:

Stütze: c_{min} = 2,5 cm ; c_{nom} = 4,0 cm

Bodenplatte: oben c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm; unten c_{min} = 2,0 cm, c_{nom} = 3,5 cm

(Betoninnenflächen gegen starken und sehr starken chemischen Angriff und im Gasraum bauseits schützen)

Baustoffe:

Betonfestigkeitklasse C 35/45 nach DIN 1045 u. Betonstahl 500 S / M nach DIN 488

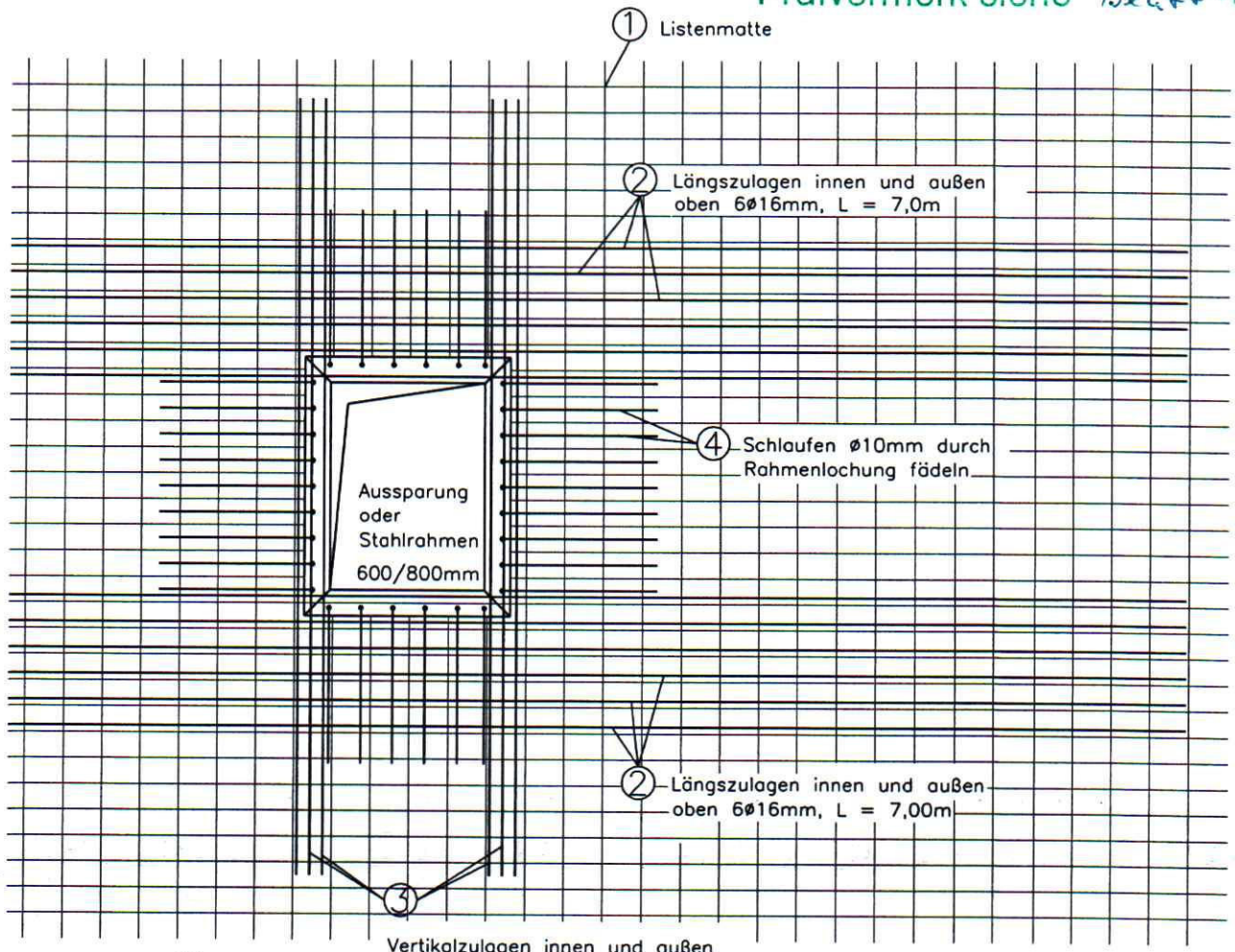
Geprüft ENGELS INGENIEURE DETMOLD

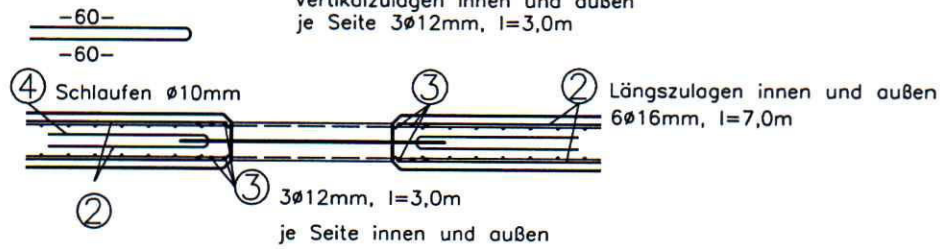
Bewehrungsblatt: Nr.6

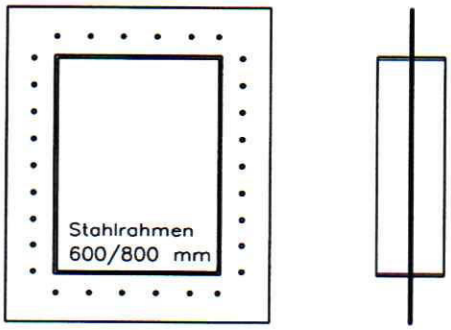
B

Einbaurahmen oder Aussparung für Druckklappe
Feststoffeintrag oder sonstige Wanddurchführung über 0,25 m²

Prüfvermerk siehe Blatt 4







Betondeckung nach DIN 1045-1:

Wand: innen c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm; außen c_{min} = 2,5 cm, c_{nom} = 4,0 cm

(Betoninnenflächen gegen starken und sehr starken chemischen Angriff und im Gasraum bauseits schützen)

Baustoffe:

Betonfestigkeitklasse C 35/45 nach DIN 1045 u. Betonstahl 500 S / M nach DIN 488

Geprüft ENGELS INGENIEURE DETMOLD

Plan ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung und Weitergabe nur mit Zustimmung des Urhebers.