

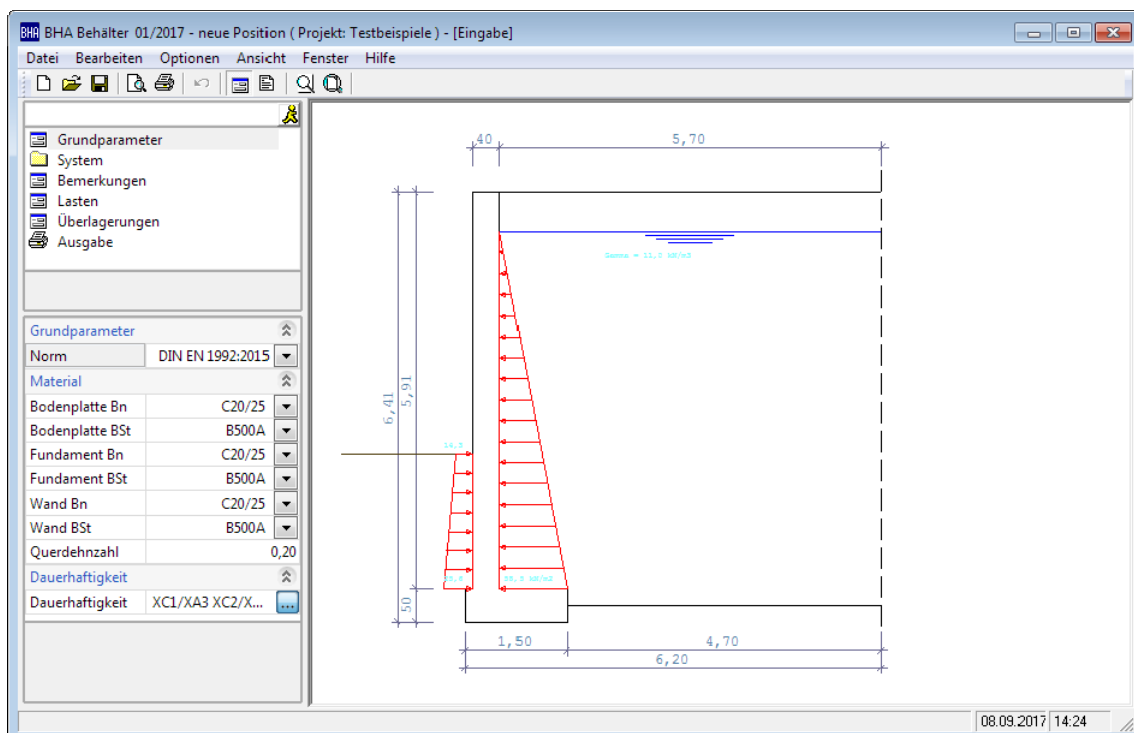
Behälter - BHA

FRILO Software GmbH

www.friilo.eu

info@friilo.eu

Stand: 04.12.2018



Behälter - BHA

Inhaltsverzeichnis

Anwendungsmöglichkeiten	3
Berechnungsgrundlagen	4
Grundparameter	6
Norm	6
Material	6
Dauerhaftigkeit	6
Systemeingabe	7
Geometrie	7
Bewehrungslagen	8
Lasten	9
Überlagerung	10
Ausgabe	12

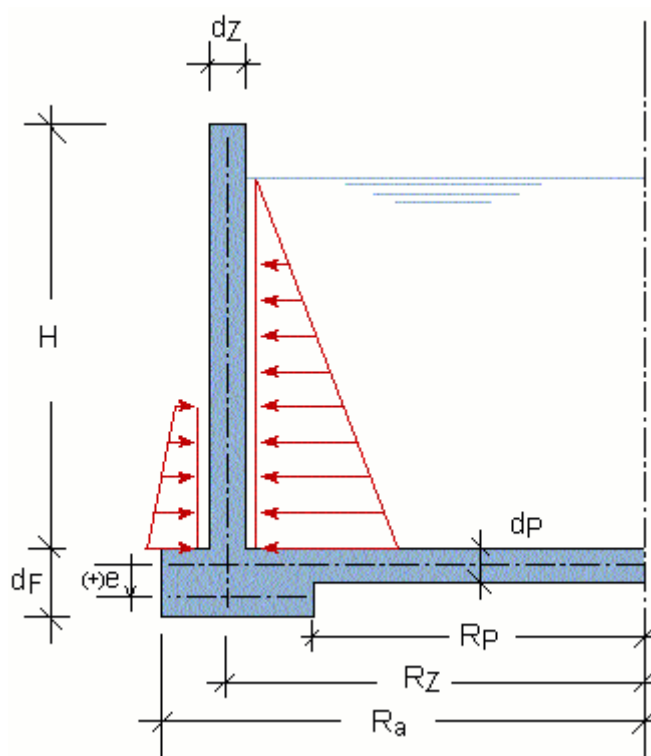
Grundlegende Dokumentationen - Übersicht

Neben den einzelnen Programmhandbüchern (Manuals) finden Sie grundlegende Erläuterungen zur Bedienung der Programme auf unserer Homepage www.frilo.eu (▶ Service ▶ Fachinformationen ▶ Bedienungsgrundlagen).

Anwendungsmöglichkeiten

Mit dem Programm können rotationssymmetrische zylindrische Behälter unter rotationssymmetrischer Belastung berechnet werden.

Normen: - DIN EN 1992:2012/2015
 - ÖNORM EN 1992:2011
 - EN 1992:2010
 - (DIN 1045 / DIN 1045-1)



- Die Wandstärke des Zylinders und die Dicken von Fundamentring und Bodenplatte sind jeweils konstant.
- Die Zylinderwandung ist innerhalb des definierten Fundamentringes zu lagern. Fehlen Fundamentring und Bodenplatte, dann wird allein der Zylinder mit vertikal unverschieblicher Lagerung, ohne Bettung, behandelt. Die Geometrieangaben sind anhand der Systemdarstellung zu überprüfen.
- Die Bettungszahl ist konstant für Bodenplatte und Fundamentring.
- Für Kopf und Fuß des Zylinders können Horizontalverschiebung und/oder Verdrehung unterdrückt bzw. mit dem Fundament gekoppelt werden.

Berechnungsgrundlagen

Die Berechnung basiert auf den exakten Lösungen der Elastizitätstheorie für die elastisch gebettete Kreisplatte und für den Kreiszyylinder. Mit Hilfe der zugehörigen Verschiebungsfunktionen werden für die Platte und den Zylinder Steifigkeitsmatrizen erstellt, so dass das Verschiebungsgrößenverfahren angewandt werden kann. Auf einige Besonderheiten der hier benutzten Biegefunktionen soll noch aufmerksam gemacht werden.

Elastisch gebettete Kreisplatte

Für die Durchbiegung w als Funktion des dimensionslosen Parameters $x=r/L$ gilt die allgemeine Lösung $w = C_1 \cdot be_r(x) + C_2 \cdot be_i(x) + C_3 \cdot ke_r(x) + C_4 \cdot ke_i(x) + q/c$.

Hierbei sind:

- r** Radius, d.h. Abstand des betrachteten Punktes vom Mittelpunkt der Kreisplatte
- L** elastische Länge der Platte (s. unten)
- C₁, C₂, C₃, C₄** Konstanten entsprechend den Randbedingungen
- be_r, be_i, ke_r, ke_i** die sogenannten Kelvinfunktionen, d.h. spezielle Varianten der Besselfunktion ($r = \text{real}, i = \text{imaginär}$)
- q, c** Flächenlast und Bettungsziffer

Für die Anwendung ist vor allem die elastische Länge der Platte

$$L = \sqrt[4]{\frac{D}{C}} \quad \text{mit } D = \frac{E \cdot d^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \quad (\text{mit } E = \text{E-modul}, \nu = \text{Querdehnzahl})$$

von Bedeutung. Da mit zunehmendem Argument x die Kelvinfunktionen exponentiell anwachsen, kann es numerische Probleme geben, wenn L sehr viel kleiner als der Plattenradius ist. Bei realistischen Werten der Dicke d und der Bettungsziffer C treten jedoch mit Sicherheit keine Probleme auf.

Wegen der relativen Unsicherheit der Bettungsziffer werden jedoch häufig Proberechnungen mit 10-, 100- oder sogar 1000-fachen Bettungsziffern durchgeführt. Dabei können Rundungsfehler bei den sehr großen Zahlen die Ergebnisse total verfälschen. Normalerweise ist die Ursache numerischer Probleme jedoch die, dass Plattendicke d oder Bettungsziffer C in falschen Dimensionen eingegeben worden sind.

Kreiszyylinder

Für die Durchbiegung w als Funktion des dimensionslosen Parameters $x=z/L$ gilt die allgemeine Lösung

$$w = e^x \cdot C_1 \cdot \cos(x) + C_2 \cdot \sin(x) + e^{-x} \cdot C_3 \cdot \cos(x) + C_4 \cdot \sin(x) + \frac{q \cdot R}{E \cdot d}$$

Hierbei sind:

- z** die Höhe des betrachteten Punktes
- R** der Zylinderradius
- E** der E-Modul

und für die wieder besonders wichtige elastische Länge des Zylinders gilt:

$$L = \sqrt[4]{\frac{R^2 \cdot d^2}{3 \cdot (1 - \nu^2)}}$$

Diese elastische Länge L darf nicht sehr viel kleiner als die Höhe H des Zylinders sein, wenn nicht numerische Probleme auftreten sollen. Die Lage ist hier jedoch wesentlich besser, da die Bettungsziffer hier nicht eingeht. Aus der Praxis ergaben sich zu diesem Punkt bisher keine Probleme.

In diesem Zusammenhang muss jedoch auf folgendes hingewiesen werden:

Bei sehr dünnwandigen Behältern (z.B. Stahl) kann man mit hoher Genauigkeit die Konstanten C_1 und C_2 null setzen und die verbleibenden Konstanten C_3 und C_4 allein aus den Randbedingungen am Fuß des Zylinders bestimmen. Da dies die Berechnung erheblich vereinfacht, wird diese Methode leider oft auch für Stahlbetonbehälter angewandt.

Wenn die Voraussetzung, dass die Dicke verschwindend klein gegenüber dem Radius ist, nicht zutrifft, kann man äußerst ungenaue Resultate erhalten. Erfahrungen haben gezeigt, dass die Ergebnisse dieses Programms für den Zylinder oft kaum vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Verfahren waren. Als Grund hat sich stets herausgestellt, dass unzulässigerweise das oben beschriebene Näherungsverfahren benutzt worden war. Beim Vergleich von Resultaten sollte man sich immer zuerst vergewissern, dass die zugrunde gelegte Theorie die Konstruktion hinreichend genau beschreibt.

Grundparameter

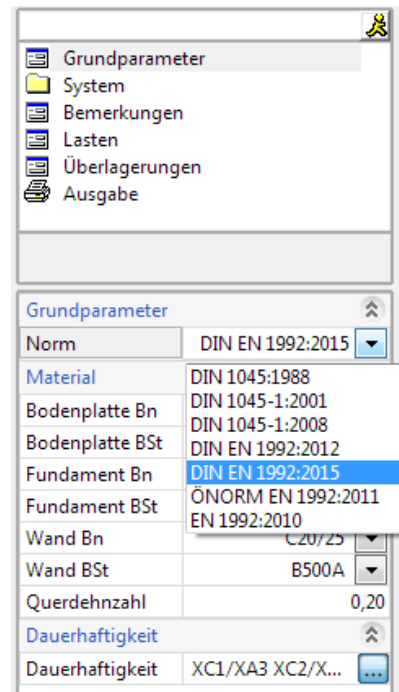
Norm

Hier wählen Sie die gewünschte Norm aus – siehe auch [Berechnungsgrundlagen](#).

Material


Hier legen Sie, in Abhängigkeit von der gewählten Norm, die folgenden Materialeigenschaften fest:

- Betongüten und Betonstahl für Bodenplatte, Fundament und Wand/Zylinder
- zusätzlich Querdehnzahl ν



Dauerhaftigkeit

Achtung: Anforderungen an die Dauerhaftigkeit werden vom Programm z.Z. nur bzgl. der Betongüte überprüft und entsprechend gesetzt - die erforderlichen Betondeckungen werden lediglich angezeigt.

Aufruf des Dialogs über den  - Button.

Die Dauerhaftigkeit ist geregelt durch die Einhaltung der Mindestfestigkeit der Betone, durch Vorgaben für die Mindestbetondeckungen und der Vorhaltemaße sowie durch die Festlegung weiterer Parameter, die sich aus der Anforderungsklasse ergeben, wie z.B. die zulässige Rissbreite.

Siehe hierzu Dokument [Dauerhaftigkeit - Kriechzahl und Schwindmaß](#).

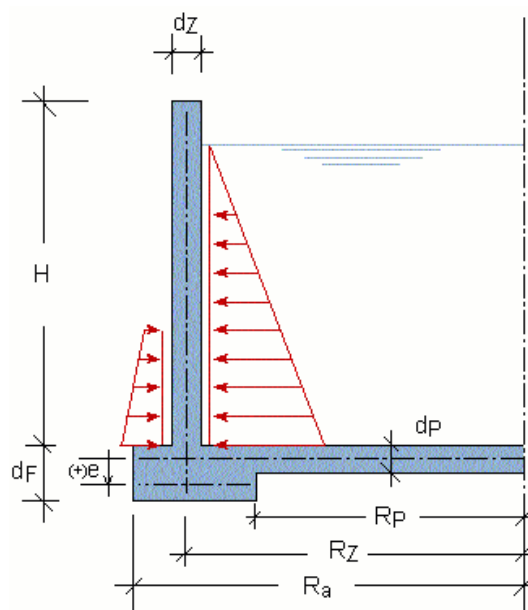
Systemeingabe

Die Menüpunkte der Systemeingabe werden durch Doppelklick auf den Eintrag „System“ im [Auswahlbereich](#) geöffnet.

Geometrie

Bei fehlender Bodenplatte ist für die Plattendicke d_P *Null* einzugeben. Wenn kein verstärkter Fundamentstreifen vorhanden ist, kann die Fundamentdicke d_F zu *Null* gesetzt werden. Die Zylinderhöhe wird von der Plattenachse aus gemessen. Ist zwischen den Mittellinien Fundament und Bodenplatte ein Höhengsprung vorhanden, so wird die Exzentrizität „ e “ positiv gemessen, wenn der Abstand von der Bodenplatte zum Fundament von oben nach unten weist. Die Plausibilität der gewählten Abmessungen prüfen Sie anhand des Systembildes.

Bodenplatte		
Dicke	d_P [m]	0,30
Radius	R_P [m]	4,70
Fundament		
Dicke	d_F [m]	0,50
Radius	R_i [m]	4,70
Radius	R_a [m]	6,20
Zylinder		
Dicke	d_Z [m]	0,40
Radius	R_Z [m]	5,90
Höhe	H [m]	3,50
Horizontal frei	Kopf	<input checked="" type="checkbox"/>
Drehung frei		<input checked="" type="checkbox"/>
Horizontal frei	Fuß	<input type="checkbox"/>
Drehung frei		<input type="checkbox"/>
Eingabe		
Exzentrizität	e [m]	0,10
Bettungsziffer		10000,00



Lagerbedingungen

Für Zylinderkopf und -fuß können die Lagerbedingungen

- Horizontal frei und
- Drehung frei

gewählt werden.

Bettungsziffer

Die Bettungsziffer C geben Sie in $[\text{kN}/\text{m}^3]$ an.

Hinweise zur Ergebnisdarstellung

- Elementteilung bei Platte, Fundament und Zylinder
- Bemessung

→ siehe hierzu Kapitel [Ausgabe](#).

Bewehrungslagen

Hier geben Sie die Bewehrungsabstände (erf. Betondeckung zzgl. halber Bewehrungsdurchmesser) an.

Bei der Bemessung sind aufgrund der Dauerhaftigkeitsanforderungen die Bewehrungslagen anhand der erforderlichen Betondeckungen zu überprüfen.

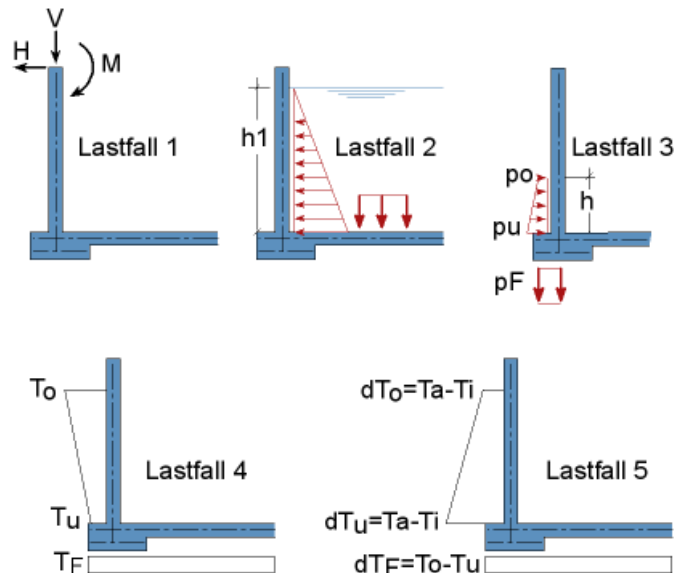
Bodenplatte		
Ring oben	d [cm]	3,00
Ring unten	d [cm]	3,00
Radial oben	d [cm]	3,00
Radial unten	d [cm]	3,00
Fundament		
Ring oben	d [cm]	3,00
Ring unten	d [cm]	3,00
Radial oben	d [cm]	3,00
Radial unten	d [cm]	3,00
Zylinder		
Ring oben	d [cm]	3,00
Ring unten	d [cm]	3,00
Vertikal innen	d [cm]	3,00
Vertikal außen	d [cm]	3,00

Lasten

Das Programm berechnet bzw. kombiniert folgende Lastfälle:

- Lastfall 1** Eigengewicht + V, H und M am Zylinderkopf
- Lastfall 2** Innendruck infolge Füllung F
Höhe h1 = Höhe der Füllung
Gamma F = Gamma der Füllung
- Lastfall 3** Außendruck
Höhe h, p oben, p unten, p Fundament
- Lastfall 4** Gleichmäßige Temperatur
Höhe h, T oben, T unten, T Fundament
- Lastfall 5** Ungleichmäßige Temperatur
Höhe h, dT oben, dT unten, dT Fundament

Eigengew. + V,H und M am Zylinderkopf		
Gamma	g [kN/m ³]	25,00
Einwirkungsgruppe		Ständige Lasten
Vertikal	V [kN/m]	10,00
Horizontal	H [kN/m]	5,00
Moment	M [kNm/m]	-2,00
Innendruck infolge Füllung F		
Höhe	h1 [m]	3,50
Einwirkungsgruppe		sonstige veränderliche Lasten
Gamma	F [kN/m ³]	11,00
Aussendruck		
Höhe	h	2,00
Einwirkungsgruppe		sonstige veränderliche Lasten
p oben	[kN/m ²]	14,30
p unten	[kN/m ²]	25,60
p Fundament	[kN/m ²]	30,00
Gleichm. Temperatur		
Höhe	h [m]	3,50
T oben	[Grad]	25,00
T unten	[Grad]	8,00
T Fundament	[Grad]	5,00
Ungleichm. Temperatur		
Höhe	h [m]	3,50
T oben	[Grad]	25,00
T unten	[Grad]	8,00
T Fundament	[Grad]	5,00



Für die Lasthöhe muss gelten: Lasthöhe > dz, da sonst der Lastfall ignoriert wird.

Temperaturen sind in Platte und Fundament (auch im Überstand) gleich.

Bei Temperaturlastfällen mit Lasthöhe < hz sind die Schnittgrößen n-Ring (gleichmäßige Temperatur) bzw. m-Ring (ungleichmäßige Temperatur) nicht stetig. Aus diesem Grunde werden für diese Lastfälle bei Lasthöhe +/- 1cm zwei Schnitte ausgegeben. Aus organisatorischen Gründen können diese Schnitte

bei der Überlagerung nicht berücksichtigt werden. Diese Unstetigkeitsstellen müssen u.U. ergänzend überprüft werden.


Einzelne Lastfälle können durch Vorgabe der Lasthöhe $h = 0$ abgeschaltet werden. Sie werden dann nicht berechnet und auch nicht ausgegeben.

Auftrieb kann durch den Lastfall Innendruck und Vorgabe eines negativen Γ_F -Wertes simuliert werden – möglichst in einem getrennten Rechenlauf. Dabei ist zu beachten, dass die Pressungen nur punktuell negativ werden dürfen, sonst würden die Ergebnisse zu sehr verfälscht (das Programm rechnet in diesem Fall mit Zugfedern).

Bei ungleichmäßiger Temperatur gilt es zu beachten, dass i.R. eine Vorzeichenumkehr für dT im Zylinder und für dT in Bodenplatte/Fundament zu berücksichtigen ist (siehe [Lastbild](#)).

Für Kombinationen nach EN 1990 sind bei Lasten deren Einwirkung festzulegen. Der derzeitige Überlagerungsalgorithmus verwendet jedoch die zugehörigen Kombinationsfaktoren noch nicht. Um die Bemessungsschnittgrößen nach EN 1992 zu bestimmen, werden die Lastfälle lediglich mit Ihren Teilsicherheitsbeiwerten ($\Gamma_G = 1,35$ und $\Gamma_Q = 1,50$) kombiniert – der Lastfall 1 enthält nur ständige Einwirkungen, die restlichen Lastfälle sind veränderliche Einwirkungen wie z.B. Innen-/Außen-Druck oder Temperatur. Der Anwender gibt die Überlagerungen vor.

Überlagerung

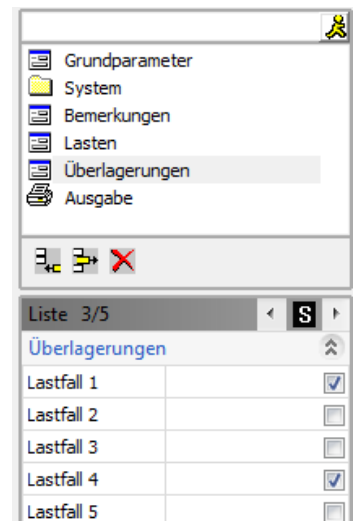
 Über diese Symbole können Sie die aktuelle angezeigte Überlagerung hinzufügen bzw. löschen. Über das "Löschen"-Symbol werden alle Überlagerungen gelöscht.

Die Anzahl der vorhandenen Überlagerungen und die gerade aktive/angezeigte Überlagerung wird in der Form Liste n/m angezeigt mit n= aktive Überlagerung, m=Anzahl der vorhandenen Überlagerungen.

Über den „S“-Button kann eine Gesamtliste eingeblendet werden.

Mit den rechts/links-Pfeilbuttons zeigen Sie die jeweils vorherige/nachfolgende Überlagerung an.

Zur Ermittlung der maßgeblichen Bemessungsschnittgrößen (m, n) müssen die beteiligten Lastfälle in der gewünschten Lastfallüberlagerung ausgewählt/markiert werden (Häkchen setzen).



Für die Bemessung nach EN 1992 werden die Lastfälle lediglich mit ihren Teilsicherheitsbeiwerten ($\Gamma_G = 1,35$ und $\Gamma_Q = 1,50$) kombiniert – der Lastfall 1 enthält nur ständige Einwirkungen, die restlichen Lastfälle sind veränderliche Einwirkungen wie z.B. Innen-/Außen-Druck oder Temperatur.

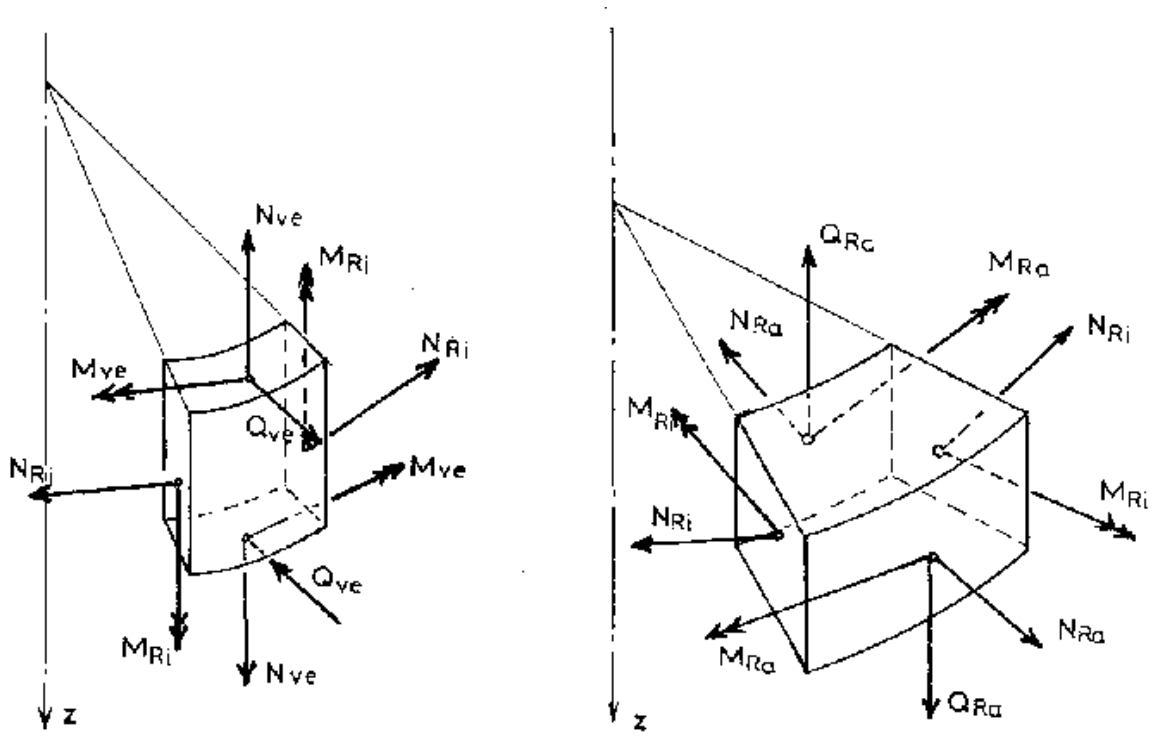


Abb.: links Zylinder, rechts Fundament/Bodenplatte

Vorzeichen (siehe Abb.)

Normalkräfte N	positiv ist Zug
Momente M	positiv - erzeugt außen bzw. unten Zug
Querkräfte Q	positiv wie eingezeichnet
Verdrehung	positiv nach innen drehend
Verschiebung	positiv - nach außen verschoben
Pressung	positiv - der Boden wird gedrückt; negativ - das Bauteil hebt ab.

Achtung: Die z-Koordinate für die Beschreibung der Zylinderausgabe läuft positiv vom Fußpunkt zum Kopf.

Ausgabe

Ausgabe der Systemdaten, Ergebnisse und Grafik auf Bildschirm oder Drucker.

Klicken Sie auf das entsprechende Symbol, um die Ausgabe zu starten.



Word Das Textverarbeitungsprogramm MS-Word wird aufgerufen und die Ausgabe eingefügt, sofern dieses Programm auf Ihrem Rechner installiert ist. In Word können Sie dann die Ausgabe bei Bedarf nach Ihren Wünschen bearbeiten.

Bildschirm Anzeige der Werte in einem Textfenster

Drucken Starten der Ausgabe auf den Drucker

Siehe hierzu im Dokument [Ausgabe und Drucken](#)

Siehe auch - Ausgabe über den [Frilo.Document.Designer](#)

Druckvorschau

96,1% | Seite 8 von 8 | Startseite: 1 | Seitenlayout

Frilo Software | Project: Testbeispiele
 Stuttgarter Str. 40 | Tel.: +49 711 810020
 70469 Stuttgart | Fax: +49 711 858020 | 08.09.2017 | Page: 8

Einwirkungen:

Nr	Kl	Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g		Ständige Lasten	1.00	1.00	1.00	1.35
L	5	Temperatureinwirkungen	0.60	0.50	0.00	1.50
N	8	sonstige veränderliche Lasten	0.80	0.70	0.50	1.50

BEMESSUNG: DIN EN 1992-1-1/NA:2015-12

Mindestbewehrung im Zylinder nach EN 2.9.5.2
 erf as = 3.0 cm²/m je Seite

Mindestbewehrung im Fundament nach EN 2.2.1.1 (9.1)
 Mindestmomente f_{ctm} = 2.21 N/mm²
 M_{cr} = 92.10 kNm/m erf as = 4.35 cm²/m

ÜBERLAGERUNG: massgebend für Bemessung ist eine Überlagerung Nr.

Nr. 1	:	LF	1	2
Nr. 2	:	LF	1	3

Fundament:

R (m)	Radiale Richtung				Ringrichtung			
	Md (kNm/m)	Nd (kN/m)	as-ob (cm ² /m)	as-un (cm ² /m)	Md (kNm/m)	Nd (kN/m)	as-ob (cm ² /m)	as-un (cm ² /m)
4.70	0.0	0	0.0	0.0	-16.8	131	6.5	0.6
4.85	0.0	4	0.0	0.0	-16.2	127	6.4	0.6
5.00	1.0	8	0.0	4.5	-15.4	123	6.3	0.6
5.15	3.0	11	0.0	4.5	-14.4	120	6.3	0.6
5.30	6.0	14	0.0	4.6	-13.1	117	6.2	0.6
5.45	9.9	17	0.0	4.6	-11.7	114	6.2	0.7
5.60	14.6	19	0.0	4.7	-10.0	111	6.1	0.7
5.75	20.2	22	0.0	4.7	-8.0	109	1.6	0.8
5.90	26.7	24	0.0	4.7	-5.8	107	1.5	0.9
5.90	26.7	24	0.0	4.7	-5.8	107	1.5	0.9
6.05	2.0	8	0.0	4.5	-9.8	101	6.0	0.6
6.20	0.6	4	0.0	4.4	-10.3	98	5.9	0.6

Zylinder:

Z (m)	Vertikale Richtung				Ringrichtung			
	Md (kNm/m)	Nd (kN/m)	as-in (cm ² /m)	as-au (cm ² /m)	Md (kNm/m)	Nd (kN/m)	as-in (cm ² /m)	as-au (cm ² /m)
0.00	43.9	-93	0.0	3.5	4.0	63	0.4	0.9
0.59	20.0	-85	0.0	3.5	5.2	267	2.6	3.5
					4.0	-37		
1.18	20.7	-77	0.0	3.5	4.1	364	3.7	4.2
1.77	12.4	-69	0.0	3.5	2.5	373	3.9	4.2
2.36	5.4	-61	0.0	3.5	1.1	329	3.5	3.7
2.96	-0.2	-53	0.0	0.0	0.2	260	2.8	2.9
3.55	-0.9	-45	0.0	0.0	-0.4	188	2.1	2.0
4.14	-4.0	-37	3.5	0.0	-0.4	-5	3.5	1.3
					-0.8	124		
4.73	3.7	20	3.5	0.0	1.0	77	0.0	0.8
5.32	-4.5	-21	3.5	0.0	-1.1	52	0.6	0.5

Hinweise zur Ergebnisdarstellung

Elementteilung bei Platte, Fundament und Zylinder

Zur Ergebnisdarstellung werden die Bauteile jeweils in 10 Elemente unterteilt. Im direkten Einleitungsbereich des Zylinders in das Fundament werden 2 Nachweisschnitte geführt - links und rechts der Krafteinleitungsstelle.

Bemessung

Die Bemessung nach EN 1992 wird je Bewehrungsseite (unten/oben, innen/außen) nach dem kd-Verfahren durchgeführt. Sind unterschiedliche Schnittgrößenkombinationen für die Bewehrungsergebnisse (a_{s_in}/a_{s_au} bzw. a_{s_ob}/a_{s_un}) einer Bemessungsstelle maßgebend, dann werden die Schnittgrößen beider Kombinationen angezeigt. Die erforderlichen Mindestbewehrungen in den Bauteilen wird getrennt dargestellt.