

RIB-Programm DWA-A161 18.0 DURCHPRESSROHR Seite/Page 1

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

RIB DURO: Bauzustand

7.0 Stahlrohr mit/ohne ZM-Auskleidung

Bodenklasse:

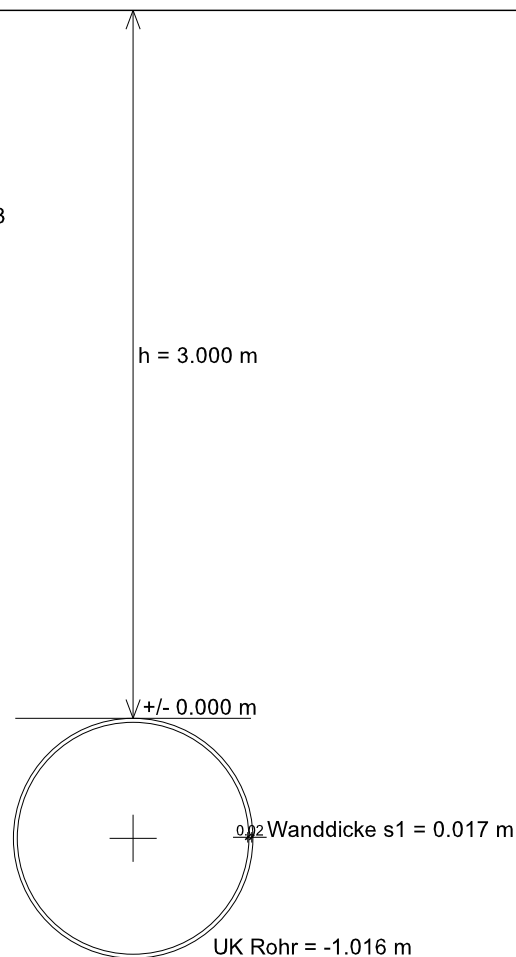
G1: nichtbindige Böden

Reibungswinkel $\varphi = 25.00^\circ$

Gamma $\gamma_B = 1.00 \text{ kN/m}^3$

Gamma_Auftrieb $\gamma_B' = 11.00 \text{ kN/m}^3$

Verkehrsklasse: Lastenmodell LM1+LM3



RIB DURO: Betriebszustand
7.0 Stahlrohr mit/ohne ZM-Auskleidung

Bodenklasse:

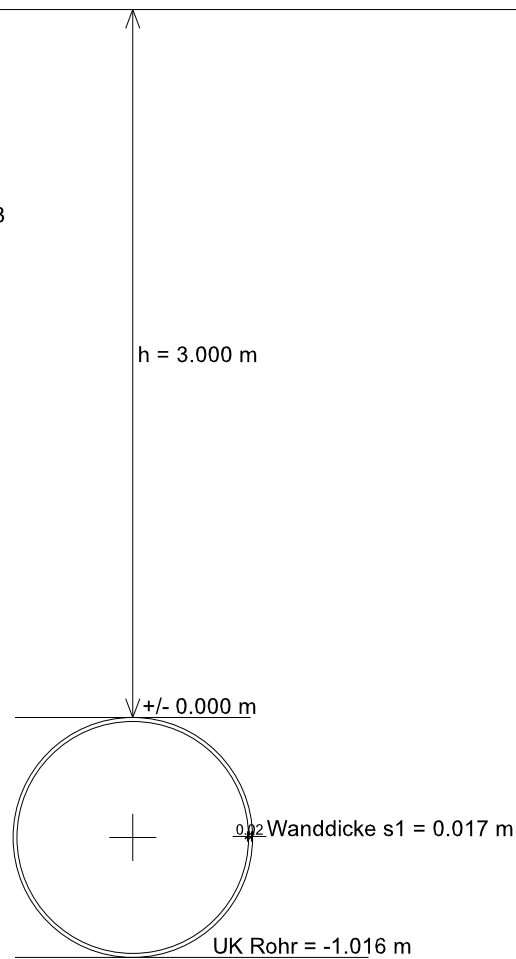
G1: nichtbindige Böden

Reibungswinkel $\varphi = 25.00^\circ$

Gamma $\gamma_B = 1.00 \text{ kN/m}^3$

Gamma_Auftrieb $\gamma_B' = 11.00 \text{ kN/m}^3$

Verkehrsklasse: Lastenmodell LM1+LM3



Eingabedatei: _DURO.DUR
Datum/Date: 19.10.2018

Echodruck der Eingabe:

KOPF Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101
SEIT 1 1 69 0 0 1 0 0 1
ROHR 7.000 982.800 16.600 16.600 16.600 0.000
W*** Durohr: Bei Rohrkenzahl 7.0 ist gewählte Dicke der ZM-Auskleidung =
0.0
TSIB 1.350 1.350 1.500 1.150 0.850 1.350 1.000 1.000 1.150 1.300
TSBR 1.500 1.500 0.900
SPE1 78.5 210000. 210000. 320. 140. 0. 0. - -
SPE2 - - 1.330 2.500
BODN 1 1.00 11.00 - - - 0.40 1 0 - - - -
BNK2 - - 0.10 - 0 -
GWAS - - - -
LAST 3.000 0.000 101 - - - 0.000 0.000 - 1.000
BELA 3.000 0.000 101 - - - 10.000 0.000 - 1.000
PRES 6000.000 0.000 0.000 320.000 360.000 0.000 0 50.000
TRAS 1 0 0 1 800. 3
DROR 10. 150000. 360. 1.35 1.15 0. 235. -
DUER 0 30. - - - - - 1 1 1
ABWI - - -
ENDE

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Mindestwanddickenprüfung nach DWA-A161: Tab.19 und 20

Außendurchmesser Da = 1016.0 mm
Mittlerer Radius Rm = 499.7 mm
Mindest Wanddicke t.min = 10.1 mm
vorhandene Wanddicke t.vorh = 16.6 mm

STATISCHE BERECHNUNG VON VORTRIEBSROHREN

Nach DVGW-Merkblatt GW312 bzw. DWA-Arbeitsblatt A161, März 2014

Statische Berechnung von Vortriebsrohren vom Typ
Stahlrohre nach DIN 1629/1626

Protokoll der Eingabe:

Rohrabmessungen und Rohrdaten:

Nennweite DN 1000
Außendurchmesser Da = 1016.0 mm
Innendurchmesser Di = 982.8 mm
Wanddicke t = 16.6 mm

Falztiefe im Bereich der Rohrverbindung:

ext. delta.t = 0 mm
int. delta.t = 0 mm

Werkstoffkennwerte:

Wichte des Rohrwerkstoffes Wichte.R = 78.500 kN/m³
Elastizitätsmodul des Rohrs E.R = 210000 N/mm²
Rechenwert der Biegespannung sigma.R = 320.0 N/mm²

Teilsicherheitsbeiwerte (TS):

Bemessungswert für ständige Einwirkung gamma.G = 1.35
Bemessungswert für veränderliche Einwirkung gamma.Q = 1.35
TS-Beiwert für Beton (concrete) gamma.c = 1.50
TS-Beiwert für Betonstahl (steel) gamma.s = 1.15
Faktor für Festigkeitsabnahme(t) bei Beton alpha.D = 0.85
Baustoffbeiwert zur Best. des Tragwiderstandes gamma.R = 1.35
Beim Nachweis gegen Ermüdung werden benützt:
TS-Beiwert für Einwirkungen gamma.F, fat = 1.00
TS-Beiwert für Modellunsicherheiten gamma.Ed, fat = 1.00
TS-Beiwert für Betonstahl gamma.s, fat = 1.15

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Rohrfugen:

Die geplante Vortriebstrasse ist gerade. Der Vortrieb erfolgt unter sorgfältiger Vermessung und Steuerung so genau, dass die bauausführende Firma die Druckspannungsübertragung im gedrückten Bereich der Fuge, bei einem Klaffungsmaß von 0.28 aus geradlinigem Vortrieb, sicherstellt. Bei der hier vorliegenden Berechnung für Vortriebsrohre werden die Mindestbemessungsschnittkräfte um 0.0 % erhöht.

MINDESTBEMESSUNG (Zwängungskräfte im Bauzustand)

Summe M.Kämpfer = -45.0 * Rm2
Summe M.Scheitel = 45.0 * Rm2
Summe M.Sohle = 45.0 * Rm2
1.0 > z/da >= 0.28
Summe N.Kämpfer = -270.0 * Rm
Summe N.Scheitel = -135.0 * Rm
Summe N.Sohle = -135.0 * Rm

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 4

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

 Schnitt ! Kämpfer ! Scheitel ! Sohle

Querschnittswerte:

Fläche (cm²/m) ! 166.00 ! 166.00 ! 166.00
 Widerstandsmoment (cm³/m) ! 45.93 ! 45.93 ! 45.93

Korrekturfaktor alpha.KI ! 1.01 ! 1.01 ! 1.01
 Korrekturfaktor alpha.KA ! 0.99 ! 0.99 ! 0.99

Schnittkräfte

 Momente (kNm/m) :

Summe M.q = (Gesamtlast) ! -11.24 ! 11.24 ! 11.24

 Normalkräfte (kN/m) :

Summe N.q = (Gesamtlast) ! -134.92 ! -67.46 ! -67.46

Spannungsnachweis-Design nach Abschnitt 9.4.3 (N/mm²)

Sigma.M innen = M*alfa.I/W ! -244.7 ! 244.7 ! 244.7
 Sigma.M aussen = M*alfa.A/W ! 244.7 ! -244.7 ! -244.7
 Sigma.N = N/A ! -8.1 ! -4.1 ! -4.1
 vorh. Sigma innen aus N+M ! -252.8 ! 240.6 ! 240.6
 vorh. Sigma aussen aus N+M ! 236.5 ! -248.7 ! -248.7
 zul. Beta.BZR ! 320.0 ! 320.0 ! 320.0
 zul. Beta.D ! 360.0 ! 360.0 ! 360.0

Sicherheitsbeiwerte:

Gamma vorhanden ! 1.23 ! 1.21 ! 1.21
 Gamma erforderlich ! 1.00 ! 1.00 ! 1.00

Einbau:

Der Einbau der Vortriebsrohre erfolgt im unterirdischen Rohrvortriebsverfahren. Die Vortriebsrohre werden im Vorpressschacht hinter einem Schneidwerkzeug eingebaut und durch Pressenkraft vorgeschoben. Die Vorpresskräfte werden in den Rohrfugen direkt übertragen. Die Vermessung und genaue Steuerung sowie ein sorgfältiger Bodenabbau sind Voraussetzung für die vorliegende Berechnung. Beim Einbau ist zu beachten:
 DVGW Merkblatt W304 bzw. ATV Arbeitsblatt A125: Rohrvortrieb und verwandte Verfahren

EINBAUVORSCHRIFT BEACHTEN:

 Voraussetzung für die Verwendung der nachfolgend berechneten und bemessenen Vortriebsrohre ist:
 - Eine ständige Bentonitschmierung - während der Vortriebsarbeiten
 - sowie eine Verpressung des Ringraumes
 zwischen Vortriebsrohr und Boden - nach Abschluss des Vortriebes

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

ANGABEN zum Boden und Vortrieb im BAUZUSTAND

BODENKENNGRÖSSEN:

Massgebende Bodenart nach GW312/A161-Tab.1: Bodengruppe G1

Die Bodengruppen bedeuten

- Gruppe 1: nichtbindige Sande und Kiese
- Gruppe 2: schwachbindige Sande und Kiese
- Gruppe 3: bindige Mischböden und Schluffe
- Gruppe 4: bindige Böden

Rohrvortrieb im Lockergestein

mit Auflagerwinkel $2\alpha = 180$ Grad
Wichte über Wasser $\text{Gamma-rechnerisch} = 1.00$ kN/m³
Wichte unter Wasser $\text{Gamma-Auftrieb} = 11.00$ kN/m³

Erddruckverhältnis über Rohrscheitel $K1 = 0.400$
unter Rohrscheitel $K2$ im Bauzustand $= 0.400$
Winkel der inneren Reibung $\text{Phi}' = 32.50$ Grad
Reibungswinkel in der Scherfuge $\text{Del}' = 16.25$ Grad
Lagerungsdichte im Bauzustand $D = 0.40$
1. Faktor für Verformungsmodul $f1 = 0.40$
2. Faktor für Verformungsmodul im BZ $f2 = 1.00$
Verformungsmodul im Bauzustand $E.B = 20.00$ N/mm²

Abminderungsfaktor bei Gewölbebildung im Bauzustand $\text{Kappa} = 0.825$
Abminderungsfaktor bei Gewölbebildung
unter Auflast im Bauzustand $\text{Kappa}.0 = 0.672$

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

BERECHNUNG DES BAUZUSTANDES

Lastannahmen:

Überdeckungshöhe $h = 3.00 \text{ m}$
Verkehrslasttyp = LM1 Lastmodell
Grundwasser ist nicht vorhanden
Rohrleitung leer

BELASTUNGEN

Erdlasten ohne Auftrieb

Vertikale Erdlast $q_0 = 3.1 \text{ kN/m}^2$
Auflast $p_0 = 0.0 \text{ kN/m}^2$
Horizontale Erdlast $eh = 1.4 \text{ kN/m}^2$

Verkehrslasten

Verkehrsbelastung $p = 18.63 \text{ kN/m}^2$
Stossbeiwert $wir.\phi = 1.20$
Stossbeiwert $\phi_0 = 1.20$
statisch wirkend $p_V = 22.4 \text{ kN/m}^2$
statisch wirkend $p_H = 2.6 \text{ kN/m}^2$

Maximale Gesamtbelastung

$q_v = 25.5 \text{ kN/m}^2$
 $q_h = 4.1 \text{ kN/m}^2$

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

 Schnitt ! Kämpfer ! Scheitel ! Sohle

Querschnittswerte:

Fläche (cm²/m) ! 166.00 ! 166.00 ! 166.00
 Widerstandsmoment (cm³/m) ! 45.93 ! 45.93 ! 45.93

Korrekturfaktor alpha.KI ! 1.01 ! 1.01 ! 1.01
 Korrekturfaktor alpha.KA ! 0.99 ! 0.99 ! 0.99

Schnittkräfte nach Abschnitt 7 und 8

 Momente (kNm/m) :
 M.G = (Eigengewicht) ! -0.142 ! 0.125 ! 0.230
 M.w = (Wasserfüll./Grundw.) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000
 M.ev = (Erdlast vertikal) ! -0.129 ! 0.129 ! 0.129
 M.eh = (Erdlast horizontal) ! 0.060 ! -0.060 ! -0.060
 M.eh* = (Erd-Bettungsreakt.) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000
 M.pV = (Verkehr vertikal) ! -1.396 ! 1.396 ! 1.396
 M.pH = (Verkehr horizontal) ! 0.163 ! -0.163 ! -0.163
 M.ph* = (Verkehr-Bett.reakt.) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000
 M.auf = (Auftrieb) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000

Summe M.q = (Gesamtlast) ! -1.443 ! 1.426 ! 1.531

M.Gk (Summe ständige Last) ! -0.211 ! 0.194 ! 0.299
 M.Qk (Summe veränderliche L) ! -1.232 ! 1.232 ! 1.232
 M.Gd=gamma.G*M.Gk=1.35*M.Gk ! -0.285 ! 0.262 ! 0.403
 M.Qd=gamma.Q*M.Qk=1.35*M.Qk ! -1.664 ! 1.664 ! 1.664
 M.Ed = M.Gd + M.Qd ! -1.949 ! 1.925 ! 2.067

Normalkräfte (kN/m) :
 N.g = (Eigengewicht) ! -1.023 ! 0.163 ! -0.930
 N.w = (Wasserfüll./Grundw.) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000
 N.ev = (Erdlast vertikal) ! -1.031 ! -0.515 ! -0.515
 N.eh = (Erdlast horizontal) ! -0.240 ! -0.480 ! -0.480
 N.eh* = (Erd-Bettungsreakt.) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000
 N.pV = (Verkehr vertikal) ! -11.172 ! 0.000 ! 0.000
 N.pH = (Verkehr horizontal) ! 0.000 ! -1.309 ! -1.309
 N.ph* = (Verkehr-Bett.reakt.) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000
 N.auf = (Auftrieb) ! 0.000 ! 0.000 ! 0.000

Summe N.q = (Gesamtlast) ! -13.467 ! -2.141 ! -3.234

N.Gk (Summe ständige Last) ! -2.294 ! -0.832 ! -1.925
 N.Qk (Summe veränderliche L) ! -11.172 ! -1.309 ! -1.309
 N.Gd=gamma.G*N.Gk=1.35*N.Gk ! -3.097 ! -1.124 ! -2.599
 N.Qd=gamma.Q*N.Qk=1.35*N.Qk ! -15.083 ! -1.767 ! -1.767
 N.Ed = N.Gd + N.Qd ! -18.180 ! -2.891 ! -4.366

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 8

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

 Spannungsnachweis-charakt. nach Abschnitt 9.4.3 (N/mm²)

Sigma.M innen = M*alfa.I/W !	-31.4	!	31.1	!	33.3
Sigma.M aussen = M*alfa.A/W !	31.4	!	-31.1	!	-33.3
Sigma.N = N/A !	-0.8	!	-0.1	!	-0.2
vorh. Sigma innen aus N+M !	-32.2	!	30.9	!	33.1
vorh. Sigma aussen aus N+M !	30.6	!	-31.2	!	-33.5

 Spannungsnachweis-Design nach Abschnitt 9.4.3 (N/mm²)

Sigma.M innen = M*alfa.I/W !	-42.4	!	41.9	!	45.0
Sigma.M aussen = M*alfa.A/W !	42.4	!	-41.9	!	-45.0
Sigma.N = N/A !	-1.1	!	-0.2	!	-0.3
vorh. Sigma innen aus N+M !	-43.5	!	41.7	!	44.7
vorh. Sigma aussen aus N+M !	41.3	!	-42.1	!	-45.3
zul. Beta.BZR !	320.0	!	320.0	!	320.0
zul. Beta.D !	360.0	!	360.0	!	360.0
Sicherheitsbeiwerte:					
Gamma vorhanden !	7.04	!	6.97	!	6.50
Gamma erforderlich !	1.00	!	1.00	!	1.00

 Nachweis der Vergleichsspannung im Bauzustand

Ausgangsdaten:

Längsdruckfestigkeit	beta.LD =	320.0 N/mm ²
Längszugfestigkeit	sigm.z =	360.0 N/mm ²
Biegezugfestigkeit	sigm.R =	320.0 N/mm ²
Teils.Beiwert für axialen Bauteilwiderstand	gamM.axl =	1.35
Teils.Beiwert für Versagen durch Querbruch	gamma.A =	1.10
max. Längsdruckspannung (Design)	sigm.max.L.d =	172.15 N/mm ²
max. zugehörige Umfangsspannung (Design)	sigm.max.R.d =	44.74 N/mm ²

Nachweisrechnung:

Vergleichsspannung	sigm.VGE.d =	154.71 N/mm ²
max. zul. VergleichsSpannung	beta.LD/gamM.axl =	237.04 N/mm ²

$$\text{sigm.VGE.d} / (\text{beta.LD} / \text{gamM.axl}) = 154.71 / 237.04 = 0.653$$

$$\text{Ausnutzungsgrad der Vergleichsspannung} = 65.3 \%$$

>> Der Nachweis $\text{sigm.VGE.d} / (\text{beta.LD} / \text{gamM.axl}) \leq 1$ ist erfüllt

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 9

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Kurzzeitverformung des Rohrs (mit Verkehrsbelastung)

Kurzzeit-Elastizitätsmodul	!	E-Rohr = 210000. N/mm ²
Rohrsteifigkeit	!	SR = 0.642 N/mm ²
Bettungssteifigkeit	!	SBh = 12.000 N/mm ²
Systemsteifigkeit Rohr/Boden!		VRB = 0.053
Durchbiegung des Rohrs	!	delta-d = 1.29 mm
unter Maximalbelastung	!	delta-d = 0.13 %
zulässige Durchbiegung	!	zul.delta = 3.0 %

W*** Kappal: Delta_v = 0.13 nicht zulässig; gerechnet wird mit 1.0

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 10

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Stabilitätsnachweis nach Abschnitt 9.4.4 (Beulsicherheit)

```
-----
Durchschlagsbeiwert (Diagramm D10) alpha-D = 6.784
Abminderungsfaktor (Diagramm D11) kappa-nue2 = 0.836
Abminderungsfaktor (Diagramm D12) kappa-a2 = 0.822
Abminderungsfaktor (Diagramm D13) kappa-a1 = 0.884
Abminderungsfaktor kappa-a=kappa-a1*kappa-a2 = 0.727
Ringsteifigkeit S0 des Rohres = 0.080 N/mm2
Rechenwert Rohrsteifigkeit S.R = 0.642 N/mm2
Krit. Beulspannung-Erddruck ! krit.qv = 4637.0 kN/m2
Krit. Beulspannung-Wasserdruck! krit.pw = 0.0 kN/m2
Gesamtbelastung (bei max HW) ! massg.qv = 25.5 kN/m2
Druck in Sohlhöhe ! vorh.pe = 0.0 kN/m2
-----
```

```
-----
Vorh. Beulsicherheit ! vorh.gamma = 182.2
Erf. Beulsicherheit ! erf.gamma = 2.5
-----
```

Beulnachweis in axialer Richtung im Bauzustand

Ausgangsdaten:

```
-----
Länge des Rohrs L.ror = 10.00 m
Wanddicke, ringsum gleich t = 16.6 mm
Innendurchmesser Di = 982.8 mm
Mittlerer Radius Rm = 499.7 mm
Querschnittsfläche A.ror = 0.0521 m2
E-Modul, axial E.axl = 150000.0 N/mm2
Teils.Beiwert für axialen Bauteilwiderstand gamM.axl = 1.35
Längsdruckfestigkeit f.k = 320.0 N/mm2
Streckgrenze f.yk = 235.0 N/mm2
Exzentrizität exz = 0.0 mm
-----
```

Relationen:

```
rm/t = 30.102 -> E.axl/(25.*f.yk) = 25.532
L.ror/rm = 20.012 > 0.5*sqrt(rm/t) = 2.743
```

>> Kriterium für lange Zylinderschale ist erfüllt

Nachweisrechnung:

```
Beiwert mit eta=3.0 C.x = C.xN = 0.580
Beiwert gesetzt C.x = 0.600
Ideale Beulspannung sigm.xSi = 1808.825 N/mm2
bezogener Schlankheitsgrad lambda.Sx = 0.360
Abminderungsfaktor k2 = 0.897
Exzentrizität vorhanden = 0.000, zulässig = 3.320 mm
reduz. Abminderungsfaktor red k2 = 0.897
Teilsicherheitsbeiwert gamma.M2 = 1.224
Reale Beulspannung sigm.xSR = 172.150 N/mm2
```

```
Nachweis unter der max. zulässigen Vortriebskraft F.j = 2406.2 kN
sigm.vor = sigm_max = 172.150 N/mm2
sigm.vor/sigm.xS,R = 172.150/172.150 = 1.000
Ausnutzungsgrad der Beulspannung = 100.000 %
```

>> Nachweis sigm.vor/sigm.xS,R <= 1 ist erfüllt

ANGABEN zum Boden und Vortrieb im BETRIEBSZUSTAND

BODENKENNGRÖSSEN:

Massgebende Bodenart nach GW312/A161-Tab.1: Bodengruppe G1

Die Bodengruppen bedeuten

- Gruppe 1: nichtbindige Sande und Kiese
- Gruppe 2: schwachbindige Sande und Kiese
- Gruppe 3: bindige Mischböden und Schluffe
- Gruppe 4: bindige Böden

Rohrvortrieb im Lockergestein

mit Auflagerwinkel $2\alpha = 180$ Grad
Wichte über Wasser $\text{Gamma-rechnerisch} = 1.00$ kN/m³
Wichte unter Wasser $\text{Gamma-Auftrieb} = 11.00$ kN/m³

Erddruckverhältnis über Rohrscheitel $K1 = 0.400$
unter Rohrscheitel $K2$ im Betriebszustand $= 0.463$
Winkel der inneren Reibung $\text{Phi}' = 32.50$ Grad
Reibungswinkel in der Scherfuge $\text{Del}' = 16.25$ Grad
Lagerungsdichte im Betriebszustand $D = 0.40$
1. Faktor für Verformungsmodul $f1 = 0.40$
2. Faktor für Verformungsmodul im BT $f2 = 1.00$
Verformungsmodul im Betriebszustand $E.B = 20.00$ N/mm²

Abminderungsfaktor bei Gewölbebildung im Betriebszustand $\text{Kappa} = 0.825$
Abminderungsfaktor bei Gewölbebildung
unter Auflast im Betriebszustand $\text{Kappa}.0 = 0.672$

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 12

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

BERECHNUNG DES BETRIEBSZUSTANDES

Lastannahmen:

Überdeckungshöhe $h = 3.00 \text{ m}$
Verkehrslasttyp $= \text{LM1 Lastmodell}$
Grundwasser ist nicht vorhanden

BELASTUNGEN

Erdlasten ohne Auftrieb

Vertikale Erdlast $ev = 2.5 \text{ kN/m}^2$
Auflast $p_0 = 0.0 \text{ kN/m}^2$
Horizontale Erdlast $eh = 1.4 \text{ kN/m}^2$
Bettungsreaktionsdruck
 $(ev - eh) * k^* = eh^* = 0.8 \text{ kN/m}^2$

Unter Beachtung von Gamma-Auftrieb bis min GW mit $k^* = 0.698$

Verkehrslasten

Verkehrsbelastung $p = 18.63 \text{ kN/m}^2$
Stossbeiwert $wir.\phi = 1.20$
Stossbeiwert $\phi_0 = 1.20$
statisch wirkend $p_V = 22.4 \text{ kN/m}^2$
statisch wirkend $p_H = 3.0 \text{ kN/m}^2$
Bettungsreaktionsdruck
 $p_V * k^* = p_H^* = 15.6 \text{ kN/m}^2$

Maximale Gesamtbelastung

$q_v = 24.8 \text{ kN/m}^2$
 $q_h = 4.4 \text{ kN/m}^2$
 $q_h^* = 16.4 \text{ kN/m}^2$

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Schnitt		! Kämpfer	! Scheitel	! Sohle
Querschnittswerte:				
Fläche	(cm ² /m) !	166.00	166.00	166.00
Widerstandsmoment	(cm ³ /m) !	45.93	45.93	45.93
Korrekturfaktor	alpha.KI !	1.01	1.01	1.01
Korrekturfaktor	alpha.KA !	0.99	0.99	0.99

Schnittkräfte nach Abschnitt 7 und 8

Momente (kNm/m) :				
M.G = (Eigengewicht)	!	-0.142	0.125	0.230
M.w = (Wasserfüll./Grundw.)	!	-0.273	0.240	0.440
M.ev = (Erdlast vertikal)	!	-0.155	0.155	0.155
M.eh = (Erdlast horizontal)	!	0.086	-0.086	-0.086
M.eh* = (Erd-Bettungsreakt.)	!	0.040	-0.035	-0.035
M.pV = (Verkehr vertikal)	!	-1.396	1.396	1.396
M.pH = (Verkehr horizontal)	!	0.189	-0.189	-0.189
M.ph* = (Verkehr-Bett.reakt.)	!	0.811	-0.706	-0.706
M.auf = (Auftrieb)	!	0.000	0.000	0.000

Summe M.q = (Gesamtlast) ! -0.840 ! 0.899 ! 1.205

M.Gk (Summe ständige Last)	!	-0.444	0.398	0.704
M.Qk (Summe veränderliche L)	!	-0.396	0.501	0.501
M.Gd=gamma.G*M.Gk=1.35*M.Gk	!	-0.600	0.538	0.950
M.Qd=gamma.Q*M.Qk=1.35*M.Qk	!	-0.534	0.676	0.676
M.Ed = M.Gd + M.Qd	!	-1.133	1.214	1.626

Normalkräfte (kN/m) :				
N.g = (Eigengewicht)	!	-1.023	0.163	-0.930
N.w = (Wasserfüll./Grundw.)	!	0.537	1.561	1.963
N.ev = (Erdlast vertikal)	!	-1.237	0.000	0.000
N.eh = (Erdlast horizontal)	!	0.000	-0.690	-0.690
N.eh* = (Erd-Bettungsreakt.)	!	0.000	-0.221	-0.221
N.pV = (Verkehr vertikal)	!	-11.172	0.000	0.000
N.pH = (Verkehr horizontal)	!	0.000	-1.514	-1.514
N.ph* = (Verkehr-Bett.reakt.)	!	0.000	-4.503	-4.503
N.auf = (Auftrieb)	!	0.000	0.000	0.000

Summe N.q = (Gesamtlast) ! -12.896 ! -5.203 ! -5.894

N.Gk (Summe ständige Last)	!	-1.723	0.813	0.122
N.Qk (Summe veränderliche L)	!	-11.172	-6.017	-6.017
N.Gd=gamma.G*N.Gk=1.35*N.Gk	!	-2.326	1.098	0.165
N.Qd=gamma.Q*N.Qk=1.35*N.Qk	!	-15.083	-8.122	-8.122
N.Ed = N.Gd + N.Qd	!	-17.409	-7.025	-7.957

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 14

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

 Spannungsnachweis-charakt. nach Abschnitt 9.4.3 (N/mm²)

Sigma.M innen = M*alfa.I/W !	-18.3	!	19.6	!	26.2
Sigma.M aussen = M*alfa.A/W !	18.3	!	-19.6	!	-26.2
Sigma.N = N/A !	-0.8	!	-0.3	!	-0.4
vorh. Sigma innen aus N+M !	-19.1	!	19.3	!	25.9
vorh. Sigma aussen aus N+M !	17.5	!	-19.9	!	-26.6

 Spannungsnachweis-Design nach Abschnitt 9.4.3 (N/mm²)

Sigma.M innen = M*alfa.I/W !	-24.7	!	26.4	!	35.4
Sigma.M aussen = M*alfa.A/W !	24.7	!	-26.4	!	-35.4
Sigma.N = N/A !	-1.0	!	-0.4	!	-0.5
vorh. Sigma innen aus N+M !	-25.7	!	26.0	!	34.9
vorh. Sigma aussen aus N+M !	23.6	!	-26.9	!	-35.9
zul. Beta.BZR !	320.0	!	320.0	!	320.0
zul. Beta.D !	360.0	!	360.0	!	360.0
Sicherheitsbeiwerte:					
Gamma vorhanden !	12.31	!	11.19	!	8.33
Gamma erforderlich !	1.00	!	1.00	!	1.00

 Langzeitverformung des Rohrs (mit Verkehrsbelastung)

Langzeit-Elastizitätsmodul !	E-Rohr = 210000. N/mm ²
Rohrsteifigkeit !	SR = 0.642 N/mm ²
Bettungssteifigkeit !	SBh = 12.000 N/mm ²
Systemsteifigkeit Rohr/Boden!	VRB = 0.053
Durchbiegung des Rohrs !	delta-d = 1.23 mm
unter Maximalbelastung !	delta-d = 0.12 %
zulässige Durchbiegung !	zul.delta = 3.0 %

 W*** Kappal: Delta_v = 0.12 nicht zulässig; gerechnet wird mit 1.0

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 15

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Stabilitätsnachweis nach Abschnitt 9.4.4 (Beulsicherheit)

Durchschlagsbeiwert (Diagramm D10)	alpha-D	=	6.784
Abminderungsfaktor (Diagramm D11)	kappa-nue2	=	0.836
Abminderungsfaktor (Diagramm D12)	kappa-a2	=	0.822
Abminderungsfaktor (Diagramm D13)	kappa-a1	=	0.884
Abminderungsfaktor	kappa-a=kappa-a1*kappa-a2	=	0.727
Ringsteifigkeit S0 des Rohres		=	0.080 N/mm ²
Rechenwert Rohrsteifigkeit S.R		=	0.642 N/mm ²
Krit. Beulspannung-Erddruck	! krit.qv	=	4637.0 kN/m ²
Krit. Beulspannung-Wasserdruck	! krit.pw	=	0.0 kN/m ²
Gesamtbelastung (bei max HW)	! massg.qv	=	24.8 kN/m ²
Druck in Sohlhöhe	! vorh.pe	=	0.0 kN/m ²

Vorh. Beulsicherheit	! vorh.gamma	=	186.7
Erf. Beulsicherheit	! erf.gamma	=	2.5

Zulässige VORTRIEBSKRAFT F.j nach DWA-A 161: 2013

Ausgangsdaten:

Nummer des Segments:

Berechnet wird das 1. Segment der Strecke ab Presse

Trassengeometrie:

Das Trassensegment ist gerade

Rohrgeometrie:

Länge einzelnes Rohr =10.000 [m]

Aussendurchmesser Da = 1016.0, kleinster da.min = 1016.0 [mm]

Innendurchmesser Di = 982.8, grösster di.max = 982.8 [mm]

Wanddicke t = 0.0166, kleinste t.min = 0.0166 [m]

am Spitzende t.ror = 0.0166 [m]

minimale Fläche A.R = 0.0521 [m²]

Rohrmaterial:

E-Modul in Achsrichtung E.ax1 = 150000.0 [N/mm²]

Längs-Druckfestigkeit f.k = 320.0 [N/mm²]

mittlere Zugfestigkeit f.tm = 360.0 [N/mm²]

Rechenwert der Festigkeit f.d = 237.0 [N/mm²]

Teils.Beiwert für Bauteilwiderstand in Achsrichtung Gamma.M.ax1 = 1.35

Druckübertragungsring (DUER):

Anzahl DUERS pro Rohrfuge n_duer = 0

Bauausführung:

TeilsicherheitsBeiwert für Einwirkungen bei Belastung längs der Achse

und vorübergehende Bemessungssituation (Tab. 12) Gamma.f.ax1 = 1.15

Vortriebskraft, geschätzt V_estim = 6000. [kN]

Gemessene oder garantierte Abwinkelungen, falls >= 0: keine eingegeben

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Berechnung

Abwinkelung aus Krümmung der Trasse $\phi_i.R = 0.000$ [Grad]
Abwinkelung aus Steuerbewegungen $\phi_i.St0 = 1.090$ [Grad]
 $\phi_i.St = 1.153$ [Grad]

Maximale Abweichung des Rohrspiegels
von der Rechtwinkligkeit $d.a.cal = 3.2$ [mm]
Hieraus Abwinkelung aus Fertigungstoleranz $\phi_i.d.a.cal = 0.180$ [Grad]
Rechnerische gesamte Abwinkelung pro Fuge $\phi_i.ges = 1.153$ [Grad]
Beiwert für max.zul.Sigma $\alpha.DT = 1.0000$
t.Rohr.min/t.DUER $\kappa.t = 1.0000$
max.zul.Sigma im Rohr $\sigma_{cal} = 237.04$ [N/mm²]

Druckspannung im Rohr $\sigma_{max} = 172.15$ [N/mm²]
Beiwert $\alpha.b = 0.6916$
Beiwert $\alpha.\phi = 0.0000$
Verformungsfaktor $\kappa.ab = 0.5000$
Verformung des Rohres $\delta.sR = 5.74$ [mm]

RIB-Programm DWA-A161 18.0 D U R C H P R E S S R O H R Seite/Page 17

Stahlvortriebsrohre DN 1000 LM101

Iteration n_iter = 0: *****
Fugenklaffungsmass z_k = 0.281 von 1.0
Integral = 0.0058 [m2]
Verhältnis sigm.max zu sigm.0 = smaxds0 = 4.46
Geschätzte Vortriebskraft V_estim = 6000.0 [kN]
Zulässige Vortriebskraft zul. F.j = 2406.2 [kN]

Ergebnis:
Geschätzte Vortriebskraft VPRES = 6000.0 [kN]
Zulässige Vortriebskraft zul. F.j = 2406.2 [kN]
Fugenklaffungsmass z_k = 0.281 von 1.0

Number of errors: W = 3, E = 0, F = 0

Program Duro: Ende der Berechnung von Eingabedatei _DURO.DUR
