

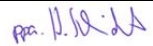


Aufgestellt: Bayreuth, den 30.09.2014   i.V. Klaus Deitermann i.A. Dr. Bernd Brühöfner	Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren
--	--

Anhang 13

Neubau der 380-kV-Leitung Heide West - Husum Nord, LH-13-320

Prüfvermerk	Ersteller				
Datum	26.09.2014				
Unterschrift					
Änderung(en):					
Datum					
Unterschrift					

Änderung(en):		
Rev.-Nr.	Datum	Erläuterung

	Anhang:
--	----------------

Vorhaben:

380-kV-Leitung
Heide West - Husum Nord
LH-13-320

Anlage 11.1

**Anhang 13 zum Erläuterungsbericht:
Hydraulischer Nachweis und statische
Berechnung Rohrdurchlass vom 28.08.2014,
bearbeitet von der
Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH, Dinslaken**

Antragsteller:



Bearbeitung:

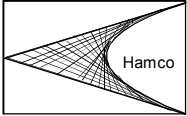


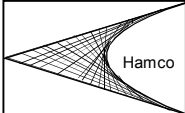
Lindemann
Ingenieurgesellschaft mbH

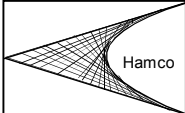
Etatsrätin-Doos-Straße 22
25554 Wilster

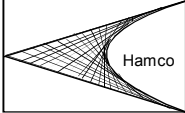
Tel. 04823 - 92249-0
Fax 04823 - 92249-11
E-Mail: info@lindemann-ing.de
Internet: <http://www.lindemann-ing.de>

Projekt-Nr.: 383

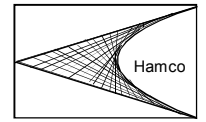
Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken	
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014
<p style="text-align: center;">STATISCHE BERECHNUNG</p> <p style="text-align: center;">für ein Wellstahlbauwerk aus HAMCO Stahlfertigteilen</p> <p style="text-align: center;"><i>Profil : K 2</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Wellung : Multi-Plate 67,7 x 12,7</i></p> <p style="text-align: center;">Projekt : Westküstenleitung</p> <p style="text-align: center;">Bauherr :</p> <p style="text-align: center;">Aufsteller : Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken (Auftr.-Nr.: Vorstatik)</p>	
Bauteil : Block : Vorgang :	Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken	
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014
<p>Inhaltsverzeichnis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Inhaltsverzeichnis 2. Beschreibung des Bauwerkes 3. Technische Vorschriften und Literatur <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Vorschriften 3.2 Literatur 4. Berechnungsgrundlagen <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Profilabmessung 4.2 Rohrwandung, Querschnitt und Materialkenngrößen 4.3 Rohrbettungsbereich, Abmessung und Bodenkennwerte 5. Zusammenfassung der Standsicherheitsnachweise 6. Standsicherheitsnachweise <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Allgemeines 6.2 Berechnung der Scheitelbelastung 6.3 Durchschlagen des Bauwerksscheitels 6.4 Grundbruch 6.5 Bruch der Schraubenverbindung 6.6 Biegebruch beim Hinterfüllen 6.7 Bereich der Schrägschnitte 7. Einbauvorschrift 8. Anlage I 	
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 1 Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken	
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014
<p><u>2. Beschreibung des Bauwerkes und der Herstellung</u></p> <p>Bei dem vorliegenden Bauwerk handelt es sich um ein Multi-Plate-Bauwerk, dessen Rohrwandung aus gewellten, gebogenen, feuerverzinkten und kunststoffbeschichteten Platten besteht. Die Abmessungen und weitere Einzelheiten können unseren technischen Unterlagen entnommen werden.</p> <p>Auf der Baustelle werden die einzelnen Platten auf einem entsprechend vorbereiteten Rohrbett miteinander verschraubt. Nach der Montage des Rohres wird das Bodenmaterial lagenweise eingebracht und verdichtet. Hierzu sind die entsprechenden Anweisungen gemäß Statik und Hinterfüllungsvorschriften von Hamco zu beachten. Im Baustellenbetrieb ist darauf zu achten, daß die volle Tragfähigkeit des Multi-Plate-Bauwerkes erst nach vollständigem Hinterfüllen gegeben ist.</p> <p>Das Multi-Plate-Bauwerk bildet mit dem umgebenden Erdreich ein Verbundbauwerk, dessen Tragfähigkeit durch die Eigenschaften der beiden Bauelemente "Rohrwandung" und "umgebender Boden" gleichermaßen bestimmt wird.</p> <p><u>3. Technische Vorschriften und Literatur</u></p> <p><u>3.1 Vorschriften</u></p> <p>ZTV-ING Teil 9 Bauwerke Abschnitt 4 Wellstahlbauwerke</p> <p>Für die Belastung DIN 1072</p> <p>Für die Grundbruchuntersuchung DIN 4017</p>	
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 2 Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken																																																																					
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014																																																																				
<p><u>3.2 Literatur</u></p> <p>[1] Klöppel Glock "Theoretische und experimentelle Untersuchungen zu den Traglastproblemen biegeweicher, in die Erde eingebetteter Rohre." Veröffentlichung des Institutes für Statik und Stahlbau der Technischen Hochschule Darmstadt, Heft 10/1970</p> <p>[2] Hamco Katalog</p> <p><u>4. Berechnungsgrundlagen</u></p> <p>4.1 Profilabmessung für das Profil K 2 (Wellung 67,7 x 12,7)</p> <table data-bbox="517 927 1453 1137"> <tr> <td>Spannweite s</td> <td>[m]</td> <td></td> <td>0,80</td> </tr> <tr> <td>Höhe h</td> <td>[m]</td> <td></td> <td>0,80</td> </tr> <tr> <td>Radien</td> <td>[m]</td> <td>r₁</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>r₂</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>r₃</td> <td>0,00</td> </tr> </table> <table data-bbox="517 1234 1453 1312"> <tr> <td>Bauwerkslänge LR</td> <td>[m]</td> <td></td> <td>10,37</td> </tr> <tr> <td>Schnittlänge L_S</td> <td>Einlauf / Auslauf</td> <td>[m]</td> <td>0,00</td> </tr> </table> <p><u>4.2 Rohrwandung, Querschnittswerte und Materialkenngrößen</u></p> <table data-bbox="272 1413 1453 1839"> <tr> <td>Plattendicke t</td> <td>[mm]</td> <td></td> <td>3,00</td> </tr> <tr> <td>Korrosionsreserve Δt</td> <td>[mm]</td> <td></td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Trägheitsmoment I</td> <td>[cm⁴/m]</td> <td>*)</td> <td>4,14</td> </tr> <tr> <td>Biegesteifigkeit EI</td> <td>[kNm²/m]</td> <td></td> <td>8,69</td> </tr> <tr> <td>Widerstandsmoment W</td> <td>[cm³/m]</td> <td>*)</td> <td>5,63</td> </tr> <tr> <td>Widerstandsmoment W</td> <td>[cm³/m]</td> <td></td> <td>8,17</td> </tr> <tr> <td>Querschnittsfläche F</td> <td>[cm²/m]</td> <td>*)</td> <td>21,60</td> </tr> <tr> <td>Fließgrenze f_{y,k} für S 235</td> <td>[kN/cm²]</td> <td></td> <td>23,50</td> </tr> <tr> <td>Charakt. Traglast der Schraubenverbindung N_{R,k}</td> <td>[kN/m]</td> <td>*)</td> <td>228,00</td> </tr> <tr> <td>Verschraubung M 12</td> <td>[Anzahl Schrauben/m]</td> <td></td> <td>9,80</td> </tr> </table> <p>(Schrauben und Muttern der Festigkeitsklasse nach DIN ISO 898 Teil1 und 2)</p> <p>*) Werte unter Abzug der Korrosionreserve</p>		Spannweite s	[m]		0,80	Höhe h	[m]		0,80	Radien	[m]	r ₁	0,40			r ₂	0,00			r ₃	0,00	Bauwerkslänge LR	[m]		10,37	Schnittlänge L _S	Einlauf / Auslauf	[m]	0,00	Plattendicke t	[mm]		3,00	Korrosionsreserve Δt	[mm]		1,00	Trägheitsmoment I	[cm ⁴ /m]	*)	4,14	Biegesteifigkeit EI	[kNm ² /m]		8,69	Widerstandsmoment W	[cm ³ /m]	*)	5,63	Widerstandsmoment W	[cm ³ /m]		8,17	Querschnittsfläche F	[cm ² /m]	*)	21,60	Fließgrenze f _{y,k} für S 235	[kN/cm ²]		23,50	Charakt. Traglast der Schraubenverbindung N _{R,k}	[kN/m]	*)	228,00	Verschraubung M 12	[Anzahl Schrauben/m]		9,80
Spannweite s	[m]		0,80																																																																		
Höhe h	[m]		0,80																																																																		
Radien	[m]	r ₁	0,40																																																																		
		r ₂	0,00																																																																		
		r ₃	0,00																																																																		
Bauwerkslänge LR	[m]		10,37																																																																		
Schnittlänge L _S	Einlauf / Auslauf	[m]	0,00																																																																		
Plattendicke t	[mm]		3,00																																																																		
Korrosionsreserve Δt	[mm]		1,00																																																																		
Trägheitsmoment I	[cm ⁴ /m]	*)	4,14																																																																		
Biegesteifigkeit EI	[kNm ² /m]		8,69																																																																		
Widerstandsmoment W	[cm ³ /m]	*)	5,63																																																																		
Widerstandsmoment W	[cm ³ /m]		8,17																																																																		
Querschnittsfläche F	[cm ² /m]	*)	21,60																																																																		
Fließgrenze f _{y,k} für S 235	[kN/cm ²]		23,50																																																																		
Charakt. Traglast der Schraubenverbindung N _{R,k}	[kN/m]	*)	228,00																																																																		
Verschraubung M 12	[Anzahl Schrauben/m]		9,80																																																																		
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 3 Archiv-NR.:																																																																				

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
Hans-Böckler-Straße 21a
46535 Dinslaken

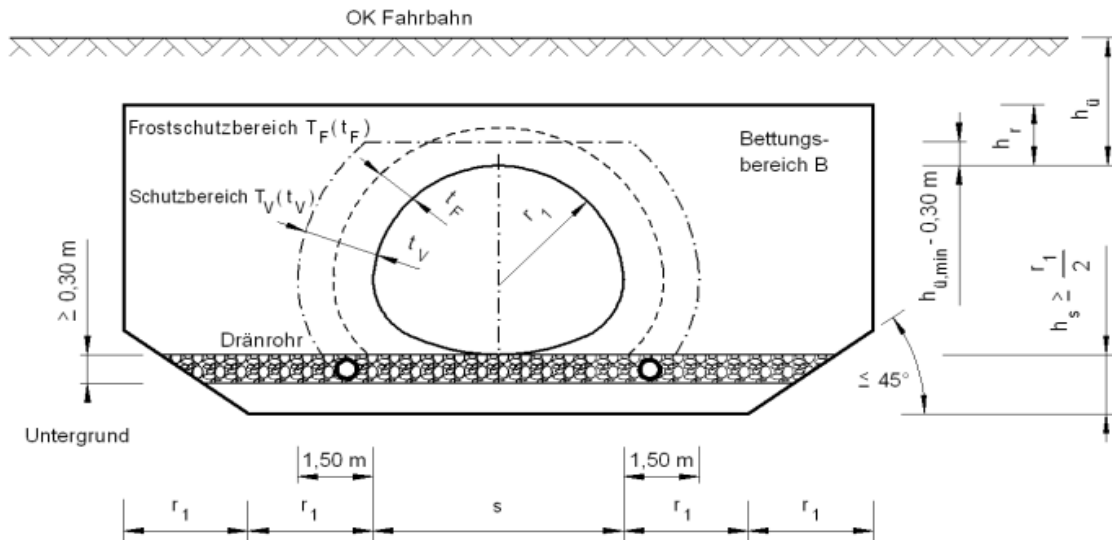


Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.2014

4.3 Bettungsbereich, Abmessung und Bodenkennwerte



Überdeckung h_u [m]

0,60

Für den Bettungsbereich B sind folgende Bodenkennwerte einzuhalten :

Steifemodul des Erdreiches $E_{s,k}$ [kN/m²]

20000

Erdräumgewicht $\gamma_{B,k}$ [kN/m³]

20,0

Erdrreibungswinkel $\varphi_{k'}$ [°]

30,0

5. Zusammenfassung der Standsicherheitsnachweise

Als Ergebnis der statischen Untersuchung ergeben sich folgende Nachweise:

Durchschlagen des Scheitels	83,81 ≤ 353,57
Grundbruch im Scheitelbereich	kein Nachweis erforderlich
Grundbruch im Ulmenbereich	kein Nachweis erforderlich
Aufbruch der Sohle	kein Nachweis erforderlich
Versagen der Schraubenverbindung	50,29 ≤ 182,40
Biegebruch beim Hinterfüllen	0,1 ≤ 2,16
Bereich der Schrägschnitte	2,00 ≤ #DIV/0!

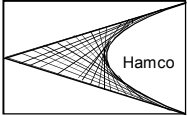
Bauteil :

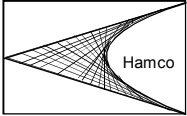
Seite : 4

Archiv-NR.:

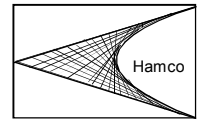
Block :

Vorgang :

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken	
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014
<p><u>6. Standsicherheitsnachweise</u></p> <p><u>6.1 Allgemeines</u></p> <p>Die Standsicherheitsnachweise basieren im wesentlichen auf den Ergebnissen der Veröffentlichung Klöppel/Glock [1]. Die Bemessung erfolgt aufgrund der Vorgaben der ZTV-ING 9.4.</p> <p><u>6.2 Einwirkungen</u></p> <p><u>6.2.1 Ständige Einwirkungen</u></p> $p_{B,k} = \gamma_{B,k} \times h_{\bar{u}} = 20 \times 0,6 = 12 \text{ kN/m}^2$ <p><u>6.2.2 Einwirkungen infolge Verkehr Brückenklasse 60/30</u></p> <p>Aufgrund der Vorgaben des Auftraggebers werden die Lasten gemäß DIN 1072 angesetzt. Die Lasten werden gemäß DIN 1072 auf einer Fläche von 3 x 6 m angesetzt und gemäß ZTV-ING verteilt.</p> <p>Schwingbeiwert:</p> $\varphi = 1,4 - 0,008 \times S - 0,1 \times h = 1,4 - 0,008 \times 0,8 - 0,1 \times 0,6 = 1,33$ $\varphi = 1,33$ <p>Fahrstreifen 1:</p> $q_{1eq} = (1,0 \times 600) / (3,0 \times 6,0) \times \varphi = 44,33 \text{ kN/m}^2$ <p>Fahrstreifen 2:</p> $q_{2eq} = (1,0 \times 300) / (3,0 \times 6,0) = 16,7 \text{ kN/m}^2$ <p>Scheiteldruck :</p> $p_{V,k,TS} = \frac{q_{ieq} \times (3 \times 6)}{(3 + 1,155 h_{\bar{u}}) \times (6 + 1,155 h_{\bar{u}})}$	
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 5 Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken	
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014
<p>Scheiteldruck TS + UDL: (Gemäß DIN 1072 keine UDL-Lasten)</p> $p_{v,k} = p_{v,k,TS} + p_{v,k,UDL}$ $= 44,44 + 0 = 44,44 \text{ kN/m}^2$ <p>Oberflächenlast für den Nachweis Grundbruch im Scheitel:</p> $q_1 = q_{1eq}$ $= 44,33 \text{ kN/m}^2$ <p><u>6.2.3 Bemessungsscheiteldruck</u></p> <p>Der Bemessungsscheiteldruck errechnet sich wegen</p> $h_{\ddot{u}} < 2,60 \text{ m} \quad (\text{geringe Überschüttung})$ $p_{s,d} = 1,1 \times (1,35 \times p_{B,k} + 1,35 \times p_{v,k}) = 83,81 \text{ kN/m}^2$	
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 6 Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
Hans-Böckler-Straße 21a
46535 Dinslaken



Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.2014

6.3 Durchschlagen des Bauwerksscheitels

Für den vorliegenden Fall ergibt sich :

Profilform: Kreis

$$k_{s,k} = 0,5 \frac{E_{s,k}}{r_1} = 25000 \text{ kN/m}^3$$
$$\frac{EI}{k_{s,k} \times r_1^4} = \frac{9}{25000 \times 0,4^4} = 0,01359$$

wegen geringer Überschüttung gilt : $\psi = 1,57$
und man erhält aus ZTV-ING 9.4 Anhang B, Bild B 9.4.4

$$\frac{p_{SD,k}}{k_{s,k} \times r_1} = 0,0495$$

$$p_{SD,k} = 495 \text{ kN/m}^2$$

Nachweis: mit $\gamma_{M,Ep} = 1,4$ da $h/s > 0,7$

$$p_{s,d} \leq \frac{p_{SD,k}}{\gamma_{M,Ep}} = \frac{495}{1,4} \longrightarrow 83,81 \leq 353,57$$

6.4 Grundbruch

6.4.1 Grundbruch im Scheitelbereich

Wegen

$$\frac{h}{R_1} = \frac{0,60}{0,40} = 1,5 \geq 0,60$$

ist kein Nachweis erforderlich.

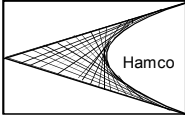
Bauteil :

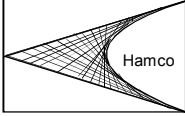
Seite : 7

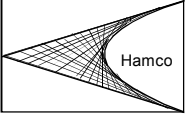
Archiv-NR.:

Block :

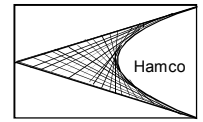
Vorgang :

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken	
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014
<p><u>6.4.2 Grundbruch im Ulmenbereich</u></p> <p>Da $\frac{H}{S} > 0,7$ kein Nachweis erforderlich !</p> <p><u>6.4.3 Aufbruch der Sohle</u></p> <p>Da $\frac{H}{S} > 0,7$ kein Nachweis erforderlich !</p> <p><u>6.5 Bruch der Schraubenverbindung</u></p> <p>Die charakteristischen Traglasten der Schraubenverbindung $N_{R,k}$ wurden durch Auswertung der am Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik der TU Darmstadt ermittelten Versuchswerte (Versuchsbericht Nr. 10/71 vom 21.07.1971) nach DIN EN 1990 ermittelt und sind in Anlage I, Seite 1 zusammengestellt.</p> $R^II = \frac{N_{D,k}}{p_{SD,k}} \quad \begin{array}{l} N_{D,k} \text{ kritische Normalkraft} \\ p_{SD,k} \text{ Durchschlagslast} \end{array}$ $N_d = p_{s,d} \times R^II = p_{s,d} \times \frac{N_{D,k}}{p_{SD,k}}$ <p>Für den vorliegenden Fall ergibt sich gemäß Abschnitt 6.3 :</p> $\alpha = 0,01359 \quad \text{und}$ $p_{SD,k} = 495 \text{ kN/m}^2$ <p>aus ZTV-ING 9.4, Anhang B, Bild B 9.4.8</p> $N_{D,k} = 297,02 \text{ kN/m}$	
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 8 Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken																
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014															
<p>und mit den Werten</p> $N_d = 83,81 \times 297,02 / 495 = 50,29 \text{ kN/m} \quad \text{und}$ $N_{R,k} = 228 \text{ kN/m} \quad (\text{Korrosionsreserve } \Delta t \text{ berücksichtigt})$ <p>der Nachweis</p> $N_d \leq \frac{N_{R,k}}{\gamma_{M2}} \quad \rightarrow \quad 50,29 \leq \frac{228,00}{1,25} = 182,4$ <p><u>6.6 Biegebruch beim Hinterfüllen</u></p> <p>Die Maximalen Biegemomente ergeben sich zu:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Kreisprofil:</td> <td>$M_H = 1,20 \times r_1^3$</td> <td>[kNm/m]</td> </tr> <tr> <td>Maulprofil:</td> <td>$M_H = 0,42 \times r_1^3$</td> <td>[kNm/m]</td> </tr> </table> <p>Im vorliegenden Fall (hier :Kreisprofil) ergibt sich mit $t = 3 \text{ mm}$ (ohne Korrosionsreserve) :</p> $M_{pl,k} = 1,24 \times f_{y,k} \times W_{el} = 2,38 \quad \text{kNm/m}$ <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$M_H =$</td> <td>0,08</td> <td>kNm/m</td> </tr> <tr> <td>$\gamma_G =$</td> <td>1,35</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$\gamma_M =$</td> <td>1,10</td> <td></td> </tr> </table> <p>Nachweis:</p> $M_H \times \gamma_G \leq \frac{M_{pl,k}}{\gamma_M}$ $0,1 \leq 2,16$		Kreisprofil:	$M_H = 1,20 \times r_1^3$	[kNm/m]	Maulprofil:	$M_H = 0,42 \times r_1^3$	[kNm/m]	$M_H =$	0,08	kNm/m	$\gamma_G =$	1,35		$\gamma_M =$	1,10	
Kreisprofil:	$M_H = 1,20 \times r_1^3$	[kNm/m]														
Maulprofil:	$M_H = 0,42 \times r_1^3$	[kNm/m]														
$M_H =$	0,08	kNm/m														
$\gamma_G =$	1,35															
$\gamma_M =$	1,10															
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 9 Archiv-NR.:															

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH Hans-Böckler-Straße 21a 46535 Dinslaken																			
Bauwerk: Wellstahlbauwerk	ASB-NR.: Datum 28.08.2014																		
<p><u>6.7 Bereich der Schrägschnitte</u></p> <p>Nachweis nach ZTV-ING 9.4 Anhang B 6</p> $v_s = \frac{M_{pl} \times L_s + b \times F_{pl} \times r_1^3 / L_s}{a \times L_s \times r_1^3}$ <table border="0" data-bbox="268 705 1452 1048"> <tr> <td style="vertical-align: top;">M_{pl}</td> <td>plastisches Moment in Umfangsrichtung [Mpm/m] Wert aus Tabelle B 9.4.4</td> <td style="text-align: right; vertical-align: top;">0,24</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">F_{pl}</td> <td>max. in Rohrlängsrichtung aufnehmbare Normalkraft [Mp/m] Wert aus Tabelle B 9.4.4</td> <td style="text-align: right; vertical-align: top;">5,55</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">r_1</td> <td>Scheitelradius [m]</td> <td style="text-align: right; vertical-align: top;">0,40</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">L_s</td> <td>größte Schrägschnitlänge [m] ; hier : Einlauf = Auslauf</td> <td style="text-align: right; vertical-align: top;">0,00</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">a</td> <td>profilabhängiger Parameter (aus Tabelle B 9.4.3)</td> <td style="text-align: right; vertical-align: top;">0,195</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">b</td> <td>profilabhängiger Parameter (Tabelle B 9.4.3)</td> <td style="text-align: right; vertical-align: top;">2,36</td> </tr> </table> <p>Nachweis:</p> $\frac{0,24 \times 0 + 2,36 \times 5,55 \times 0,4 / 0^3}{0,195 \times 0 \times 0,4} = \#DIV/0!$		M_{pl}	plastisches Moment in Umfangsrichtung [Mpm/m] Wert aus Tabelle B 9.4.4	0,24	F_{pl}	max. in Rohrlängsrichtung aufnehmbare Normalkraft [Mp/m] Wert aus Tabelle B 9.4.4	5,55	r_1	Scheitelradius [m]	0,40	L_s	größte Schrägschnitlänge [m] ; hier : Einlauf = Auslauf	0,00	a	profilabhängiger Parameter (aus Tabelle B 9.4.3)	0,195	b	profilabhängiger Parameter (Tabelle B 9.4.3)	2,36
M_{pl}	plastisches Moment in Umfangsrichtung [Mpm/m] Wert aus Tabelle B 9.4.4	0,24																	
F_{pl}	max. in Rohrlängsrichtung aufnehmbare Normalkraft [Mp/m] Wert aus Tabelle B 9.4.4	5,55																	
r_1	Scheitelradius [m]	0,40																	
L_s	größte Schrägschnitlänge [m] ; hier : Einlauf = Auslauf	0,00																	
a	profilabhängiger Parameter (aus Tabelle B 9.4.3)	0,195																	
b	profilabhängiger Parameter (Tabelle B 9.4.3)	2,36																	
Bauteil : Block : Vorgang :	Seite : 10 Archiv-NR.:																		

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
Hans-Böckler-Straße 21a
46535 Dinslaken



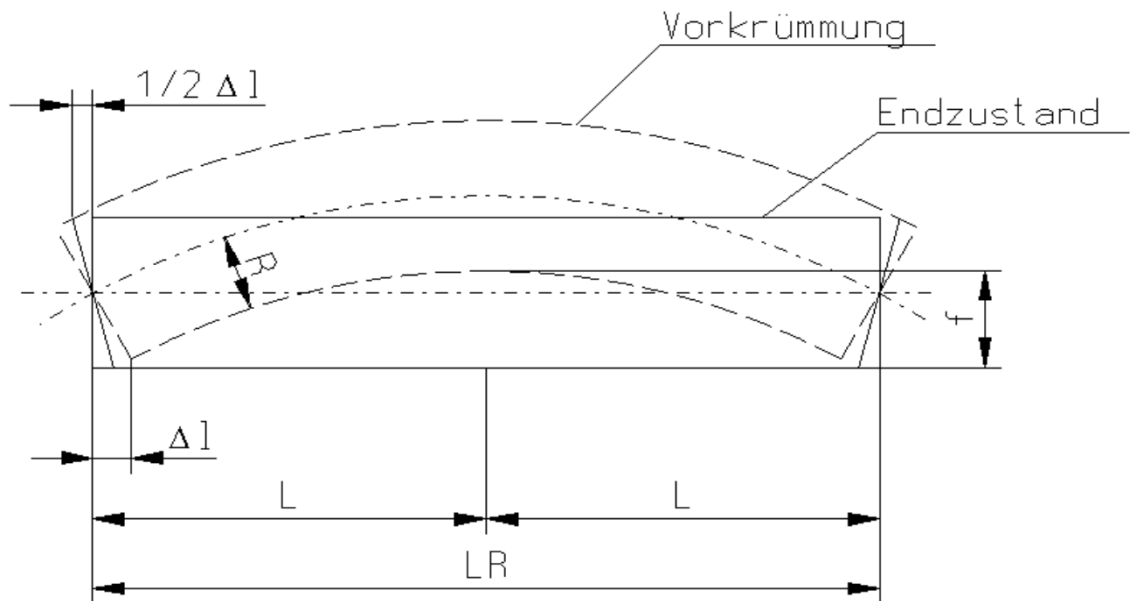
Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.2014

6.8 Nachweis der Längsbeanspruchung des Rohres infolge unterschiedlicher Setzungen

Infolge unterschiedlicher Setzungen treten in Rohrlängsrichtung Biegespannungen senkrecht zur Wellung auf. Da sie orthogonal zur Haupttragrichtung sind, beeinflussen sie die Tragfähigkeit des Rohres nur unbedeutend. Bei größeren Setzungen sollte eine Vorkrümmung vorgenommen werden.

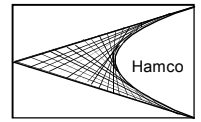


Bauteil :
Block :
Vorgang :

Seite : 11

Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
Hans-Böckler-Straße 21a
46535 Dinslaken



Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.2014

Unter der Annahme, daß sich durch Reibung zwischen Rohr und Boden die Längsdehnungen zu 50 % behindert werden, und unter Berücksichtigung des Schlupfes der Schraubenverbindung ergibt sich für die maximale Setzung f_{\max} bis zu der die Rohrwandung in Längsrichtung sich noch elastisch verhält:

$$f_{\max} = \left(0,2 + \frac{2 \times I_x \times f_y}{E \times e \times t^2} \right) \times \frac{L^2}{R}$$

Für den vorliegenden Fall errechnet man mit

$$\begin{aligned} t - \Delta t &= 2 \text{ mm} \\ e &= 0,635 \text{ cm} \\ f_y &= 235000 \text{ kN/m}^2 \\ E &= 210000000 \text{ kN/m}^2 \\ I_x = I &= 4,14 \text{ cm}^4/\text{m} \\ LR = 2L &= 10,37 \text{ m} \\ R = 0,5 \times H &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$f_{\max} = \left(0,2 + \frac{2 \times 4,14 \times 235000}{210000000 \times 0,63 \times 0,2^2} \right) \times \frac{26,88}{0,4} = 38,15 \text{ cm}$$

Aufgestellt,
Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH

Dipl.-Ing. Robin Wojnowski

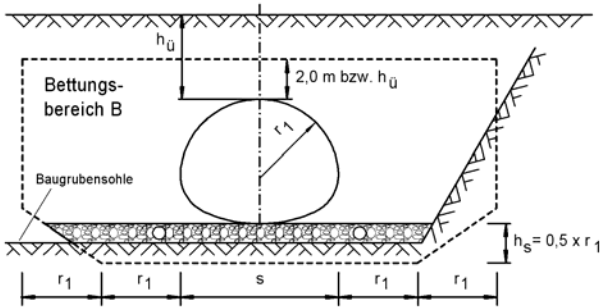
Bauteil :
Block :
Vorgang :

Seite : 12

Archiv-NR.:

Rohrbettungsbereich

Die Eigenart unserer Bauweise verlangt die besondere Beachtung des die Rohrwandung direkt umgebenden Bettungsbereiches B, für den die seitens der Statik geforderte Steifzahl $E_{s,k}$ und der Bodenreibungswinkel φ_k' einzuhalten sind.



Spannweite	Überschüttung	Bodenreibungswinkel	Steifzahl
s (m)	h_u (m)	φ_k' (°)	$E_{s,k}$ (kN/m ²)
0,80	0,60	30	20000

Im allgemeinen erfüllen die Untergrundverhältnisse die obigen Bedingungen und es ist ausreichend, unterhalb der Rohrsohle eine Kies- oder Sandschicht von mindestens 30 cm Dicke vorzusehen, die in die trockengelegte Baugrube eingebracht und mit handelsüblichen Verdichtungsgeräten verdichtet wird. Bei anstehendem Felsuntergrund ist diese Ausgleichsschicht auf mindestens 50 cm Dicke zu erhöhen, um eine gleichmäßige Bettung sicherzustellen.

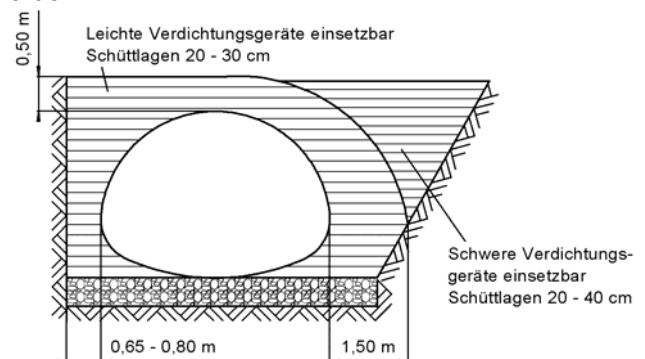
Liegen setzungsempfindliche Untergrundverhältnisse vor, dann genügt es im allgemeinen, den Untergrund bis auf eine Tiefe $h_s = 0,5 * r_1$ auszuräumen und eine entsprechend dicke Ausgleichsschicht in Lagen von 20 – 30 cm aufzubauen und gut zu verdichten. Gegebenenfalls ist eine Überhöhung des Profils in Längsrichtung entsprechend den zu erwartenden Setzungen vorzunehmen. Bei Profilen mit Spannweiten $s > 5$ m ist das Sohlbett entsprechend der Krümmung der Rohrsohle vorzuprofilieren.

Hinterfüllung

Das Hinterfüllungsmaterial ist auf beiden Seiten des Rohres möglichst gleichzeitig oder abwechselnd in gleichen Lagen von etwa 20 – 40 cm einzubringen und zu verdichten. An der Rohrwandung anliegend ist das Größtkorn auf 32 mm zu begrenzen und kein gebrochenes Material zulässig. Bei Profilen mit Spannweiten $s > 5$ m kann eine Auflast gemäß Statik während der Hinterfüllung erforderlich werden. Die Verdichtung muss den zusätzlichen Vorschriften für Erdarbeiten der ZTV E-StB 09 entsprechen. Danach ist eine Lagerungsdichte für nichtbindige Böden von 98 % und für bindige Böden von 97 % der einfachen Proctordichte zu erreichen.

Auf die Verfüllung und Verdichtung des Bodenmaterials im Bereich der Rohrwinkel ist besonders zu achten. Hier sollte mit Stampfgeräten oder Flaschenrüttlern gearbeitet werden. Der hierfür erforderliche Arbeitsraum mit 0,65 – 0,80 m ist bei der Planung zu berücksichtigen. Gegebenenfalls ist ein Einschlämmen von Sand in die Rohrwinkel sinnvoll, falls die Randbedingungen hierfür vorbereitet werden.

Im näheren Bereich der Rohrkonstruktion – bis 1,5 m seitlich des Rohres und 0,5 m oberhalb des Rohrscheitels – sind nur leichte bis mittlere Verdichtungsgeräte (bis 300 kg) einzusetzen und die Schüttlage auf 20 – 30 cm Dicke zu reduzieren. Am Schrägschnitt muss die seitliche Anschüttung mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden, um größere Verformungen des Schrägschnittandes zu vermeiden. Hier sind im Bereich bis zu 1,5 m Abstand von der Rohrwandung bei Schüttlagen von 20 cm nur leichte Verdichtungsgeräte (bis 100 kg) zu verwenden. Außerhalb des gemäß nachfolgender Skizze gekennzeichneten näheren Rohrbereichs können schwere Verdichtungsgeräte wie Planiertrauben eingesetzt werden.



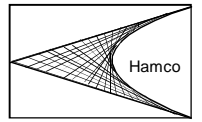
Steifzahl

Die Steifzahl $E_{s,k}$ für den unmittelbar die Rohrwandung umgebenden Bettungsbereich B bestimmt in hohem Maße die infolge Erdauflast und Verkehrslast auftretenden Rohrverformungen und damit die Sicherheit gegen Durchschlagen des Scheitels. Bei Beachtung der obigen Maßnahmen und sorgfältiger Auswahl der für die Hinterfüllung zu verwendenden Bodenmaterialien lässt sich die geforderte Steifzahl ohne Mühe erreichen.

Erdreibungswinkel

Der Bodenreibungswinkel φ_k' und damit die Scherfestigkeit der Anschüttung im Bettungsbereich B bestimmen die Grenztragfähigkeit des die Rohrwandung stützenden Erdkörpers. Durch die Einhaltung der Mindestwerte für den Bodenreibungswinkel φ_k' und die Überschüttung h_{min} wird ein seitliches Ausweichen des Scheitelbereiches infolge Grundbruch nach oben vermieden. Bei Maulprofilen wird darüber hinaus durch eine ausreichende Scherfestigkeit sichergestellt, dass die Eckdrücke ohne örtlichen Grundbruch im Sohlbereich von dem Boden aufgenommen werden können.

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
Hans-Böckler-Straße 21a
46535 Dinslaken



Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.14

Anlage 1

Traglasten der Schraubenverbindung $N_{R,k}$

Bestimmung der charakteristischen Werte R_k (5%-Quantil) auf Grundlage der DIN EN 1990

nom. Blechdicke	Schrauben/m	Anzahl Versuche	Mittelwert der Traglast	normierter Wert R_m	Standardabweichung	charakt. Wert R_k	charakt. Wert $N_{R,k}$
[mm]			[kN]	[kN]	s	[kN]	[kN/m]
1,50	9,8	3	80,00	77,42	5,00	60,57	148
1,70	9,8						180*
2,00	9,8	3	107,83	111,74	5,48	93,26	228
2,50	9,8						257*
2,70	9,8	3	152,17	149,95	11,86	109,99	269
3,00	9,8						352*
3,20	9,8						407*
3,50	9,8	3	222,33	223,60	7,07	199,77	489
4,00	9,8						453*
4,20	9,8	3	193,67	198,88	9,14	178,96	438

*** interpolierter Wert**

Traglasten aus:

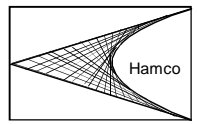
Versuchsbericht Nr. 10/71 "Untersuchung der Tragfähigkeit von feuerverzinkten Wellblechüberlappungsschraubenverbindungen" vom 21.07.1971; Institut für Statik und Stahlbau der TU Darmstadt

Bauteil :
Block :
Vorgang :

Anlage 1 Seite : 1

Archiv-NR.:

Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
Hans-Böckler-Straße 21a
46535 Dinslaken



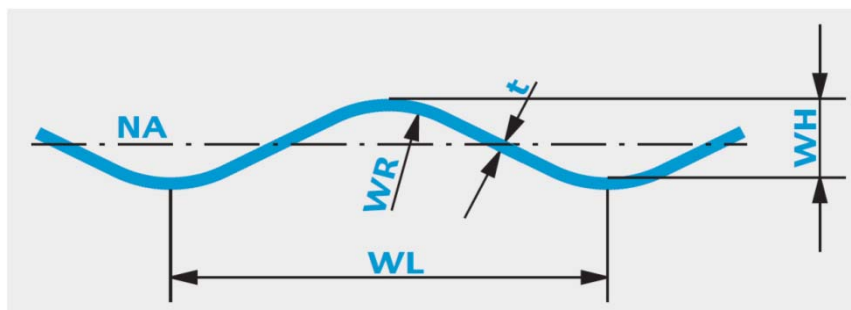
Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.14

Querschnittswerte für Multi-Plate 67,7 x 12,7 mm

Blechdicke	Tangentenlänge	Winkel	Trägheitsmoment	Widerstandsmoment	Querschnittsfläche	Biegesteifigkeit
t	m	α	I	W	F	EI
[mm]	[mm]	[°]	[cm ⁴ /m]	[cm ³ /m]	[cm ² /m]	[kNm ² /m]
1,50	19,58	26,73	3,06	4,31	16,20	6,43
1,70	19,44	26,80	3,49	4,85	18,36	7,33
2,00	19,25	26,89	4,14	5,63	21,60	8,69
2,50	18,91	27,06	5,25	6,91	27,01	11,03
2,70	18,79	27,12	5,71	7,42	29,17	12,00
3,00	18,57	27,23	6,42	8,17	32,42	13,48
3,20	18,44	27,30	6,90	8,68	34,58	14,48
3,50	18,24	27,40	7,63	9,43	37,83	16,03
4,00	17,88	27,58	8,92	10,68	43,24	18,73
4,20	17,74	27,65	9,45	11,18	45,41	19,84



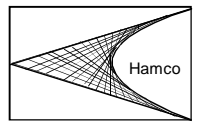
WL: 67,7 mm
WR: 17,5 mm
WH: 12,7 mm
NA: Neutrale Achse

Bauteil :
Block :
Vorgang :

Anlage 1 Seite : 2

Archiv-NR.:

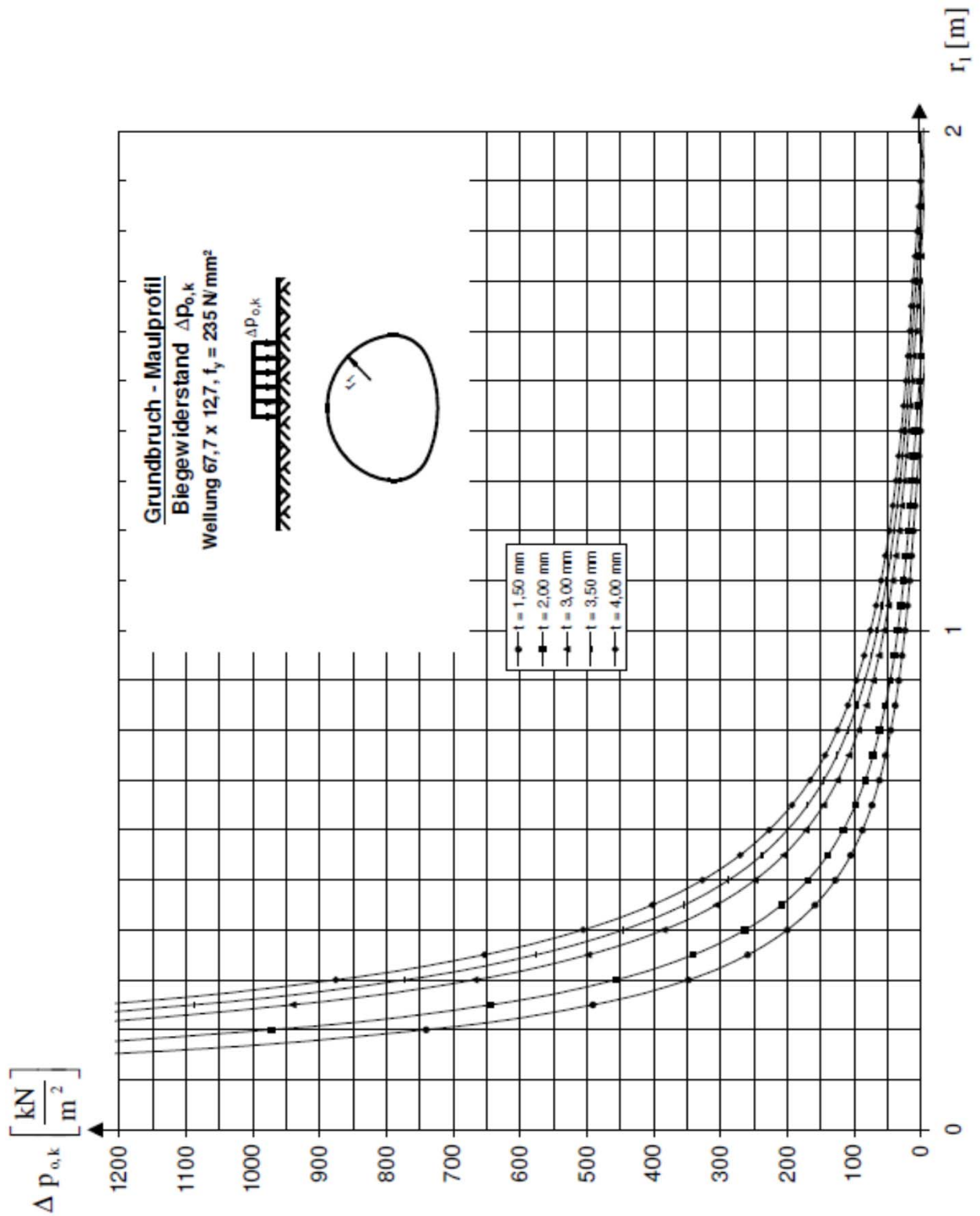
Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
 Hans-Böckler-Straße 21a
 46535 Dinslaken



Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
28.08.14

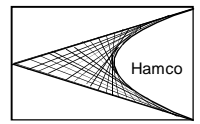


Bauteil :
Block :
Vorgang :

Anlage 1 Seite : 3

Archiv-NR.:

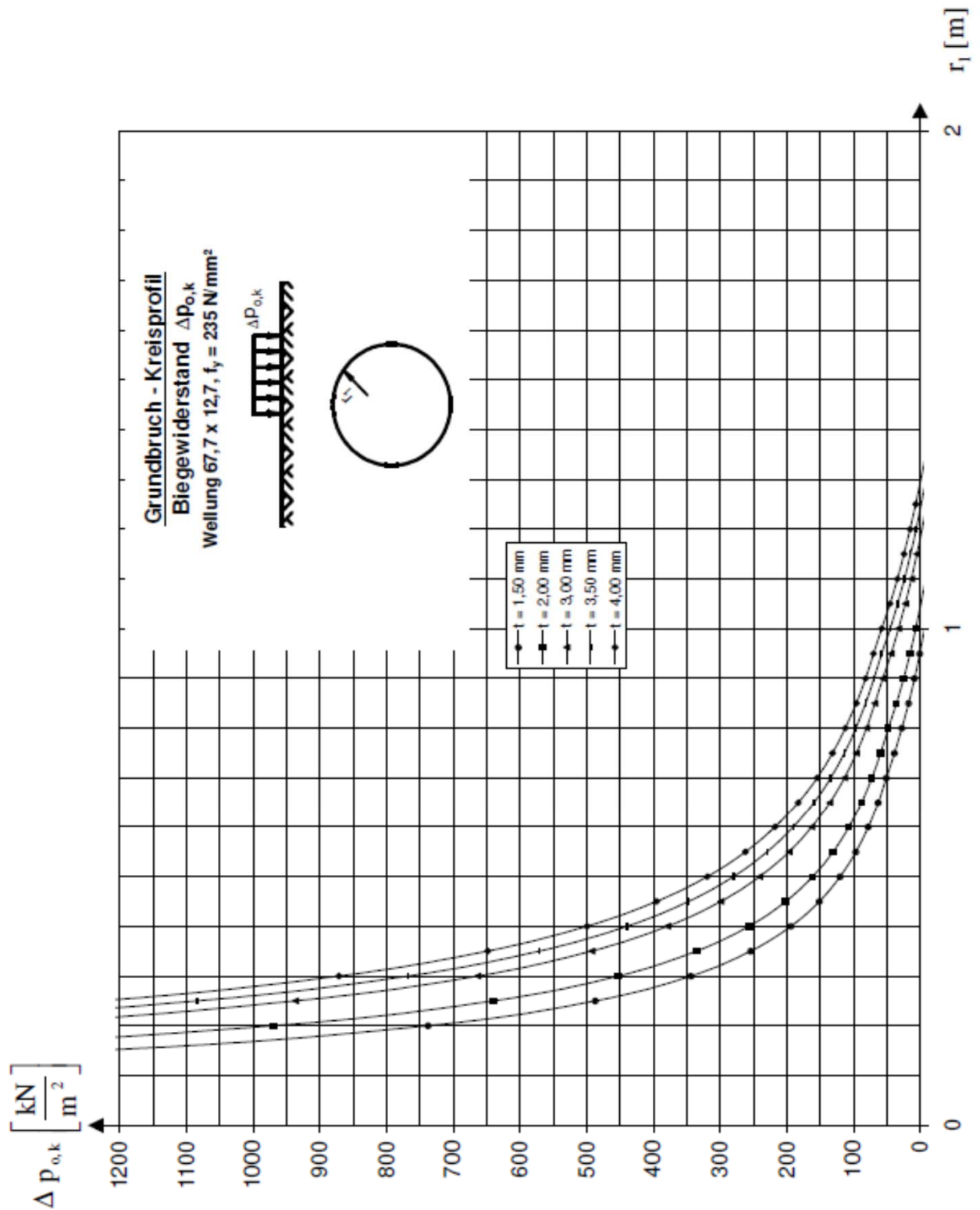
Verfasser: Hamco Dinslaken Bausysteme GmbH
 Hans-Böckler-Straße 21a
 46535 Dinslaken



Bauwerk: Wellstahlbauwerk

ASB-NR.:

Datum
 28.08.14



Bauteil :
 Block :
 Vorgang :

Anlage 1 Seite : 4

Archiv-NR.:



Baumaßnahme

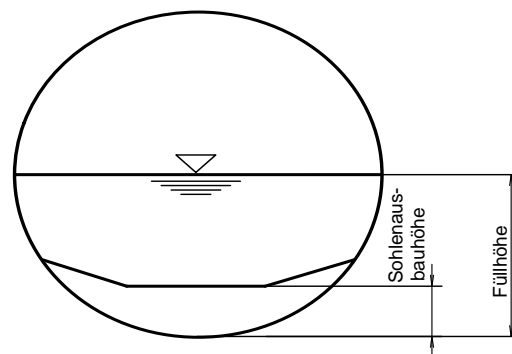
Westküstenleitung

Durchlass

Profil - Bezeichnung	K 2	Füllhöhe H_D [m]	0,80
Volumenstrom Q_{Soll} [m ³ /s]	0,21	inkl. Sohlenausbauhöhe [m]	
Längsgefälle I_D [Promille]	0,70	Rauhigkeitswert Sohle $K_{S,V}$ [m ^{1/3} /s]	35,00
Spannweite S [m]	0,80	Höhe H [m]	0,80
Fläche F [m ²]	0,48	Umfang U [m]	2,51
Radius R_1 [m]	0,400	Winkel W_1 [Grad]	360,00
Wasserspiegelbreite [m]	0,00	Auslastung (bzgl. Vollfüllung) [%]	100,00
Freibord [m]	0,00	hydraulischer Radius $R_{\text{hy},D}$ [m]	0,1910
benetzter Umfang U_D [m]	2,51	Rauhigkeitsbeiwert $K_{S,D}$ [m ^{1/3} /s]	49,98
Abflußquerschnitt F_D [m ²]	0,48	Geschwindigkeit v [m/s]	0,44
<u>Volumenstrom Q_{Soll} [m³/s]</u>	<u>0,21</u>	<u>Volumenstrom $Q_{D,\text{max}}$ [m³/s]</u>	<u>0,21</u>

Erklärung zum oben durchgeführten hydraulischen Nachweis nach Manning-Strickler

1. Profilbezeichnung
2. Volumenstrom Q_{Soll} [m³/s]
3. Längsgefälle I_D [Promille]
4. Füllhöhe H_D [m]
5. inkl. Sohlenausbauhöhe [m]



Wichtige Formeln

1. hydraulischer Radius $R_{\text{hy},D}$: $R_{\text{hy},D} = F_D / U_D$
2. Rauhigkeitsbeiwert $K_{S,D}$: $K_{S,D} = \sqrt{124,58 / (\lambda * d^{1/3})}$ mit $\lambda = 0,2 * [(t/d)^6 * (T/t)^7]^{1/10}$
3. Geschwindigkeit v : $v = K_{S,D} * R_{\text{hy},D}^{2/3} * I_D^{1/2}$
4. maximaler Volumenstrom $Q_{D,\text{max}}$: $Q_{D,\text{max}} = F_D * v$