

Hydraulische Berechnung / Einleitgenehmigung Bahnhof Norddeich: P+R-Anlage

1. Allgemeine Grundlagen der hydraulischen Berechnung

Die hydraulische Berechnung wird auf Grundlage der DIN EN 752-4 [1], der RAS-EW [2] und des DWA-A 138 [3] erstellt.

Entsprechend werden folgende Parameter und anfallenden Regenmengen angesetzt:

Die empfohlene Häufigkeit des Bemessungsregens beträgt nach [3], Tabelle 3

$n = 0,2$

für einfache zentrale Versickerungsanlagen.

Die maßgebliche Regendauer wird danach iterativ bestimmt. Die dafür benötigten Regenspenden sind dem KOSTRA-DWD 2000-Atlas zu entnehmen, dessen Auszug für das Gebiet von Norddeich im Anhang beigefügt ist.

Der Regenwasserabfluss Q wird für die zu entwässernden Flächen nach der Formel:

$$Q = r_{D,n} \cdot \psi \cdot A / 10.000$$

ermittelt.

Die für die Bestimmung der Einzugsflächen notwendigen Maße wurden grafisch aus dem Lageplan ermittelt. Die Ergebnisse sind in der entsprechenden Tabelle der hydraulischen Berechnungen dargestellt.

Als Abflussbeiwert ψ werden folgende Werte angesetzt:

Asphaltflächen:	$\psi = 0,90$
Dachflächen:	$\psi = 0,90$
Schotter-Splittbelag:	$\psi = 0,60$
Ebene Grünflächen :	$\psi = 0,05$
Böschungen:	$\psi = 0,40$

Der Durchlässigkeitsbeiwert der anstehenden Böden wird mit $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s angesetzt.

2. Beschreibung des Entwässerungssystems ohne Bebauung der Sondergebietsfläche

Bis zu einer Bebauung des Sondergebietes wird dieses für Parkzwecke genutzt. Das auf Parkflächen und Fahrgasse anfallende Wasser wird dabei vollständig versickert. Die bituminöse Fahrbahn und die mit einem Schotter-Splitt-Gemisch befestigten Stellplätze sind allesamt in Richtung der auf der Südwestseite des Geländes gelegenen Böschung geneigt. Vor dieser Böschung ist eine Bordrinne mit Straßenabläufen angeordnet, über die das Wasser, welches nicht bereits über die Schotter-Splittflächen versickert, in eine parallel zur Böschung angeordnete neue Rohr-Rigole abgeführt wird.

Diese Rohr-Rigole beginnt in Höhe der Einlassschranke mit Schacht 8008 und endet am südöstlichen Fahrbahndeck beim Schacht 8001. Diese Rohrrigole ist auf einer Länge von 213 m mit einem Vollsickerror DN 200 und auf einer Länge von 73 m mit einem Vollsickerror DN 300 ausgestattet. Der Rigolenkörper mit den Querschnittsabmessungen $B \times H = 0,80 \times 0,60$ m ist mit Geotextil ummantelt und mit grobem Kies gefüllt. Bei den Schächten 8001 und 8002, die im Bereich des Sondergebietes liegen, handelt es sich außerdem um Versickerschächte.

Für diese Entwässerung wurde eine gesonderte hydraulische Berechnung (Teil 1) erstellt.

3. Beschreibung des Entwässerungskonzeptes mit Bebauung des Sondergebietes

Die verbleibenden Parkflächen und die Fahrgasse werden wie bisher entwässert. Da durch die Bebauung des Sondergebietes die Versickerschächte 8001 und 8002 sowie die Rohrrigolen DN 300 und DN 150 ausgebaut werden müssen und somit den Parkflächen nicht mehr als Zwischenspeicher zur Verfügung stehen, muss das fehlende Speichervolumen außerhalb des Sondergebietes neu geschaffen werden. Dies ist durch eine Vergrößerung der Rigolenabmessungen vorgesehen. Die vorhandene Rigole ist dazu auszubauen und durch eine neue zu ersetzen.

Das Sondergebiet wird im Fall der Bebauung über eine am Südwestrand der Fläche neu herzustellende Regenwasserkanalisation an den vorhandenen Graben am Böschungsfuß angeschlossen.

Die Grünflächen auf Seite der Bahnanlage versickern das Niederschlagswasser jeweils auf ihrer ganzen Fläche.

Die vorgenannte Böschung gehört ebenfalls noch zum Untersuchungsgebiet. Sie entwässert weiterhin in den am Böschungsfuß vorhandenen Graben. Eine Erhöhung des Einzugsgebietes liegt hier nicht vor. Daher braucht für diese Fläche auch kein hydraulischer Nachweis geführt werden.

Das Eisenbahnbetriebsgebäude ist an eine eigene Entwässerungsanlage angeschlossen. Über die Schächte 8005 und 8006 wird das Wasser in Richtung Böschung geleitet. Der Auslauf ist etwas oberhalb des genannten Grabens. Daher geht das Gebäude nicht in die Bemessung der Rigole mit ein.

4. Hydraulische Berechnung

Zunächst einmal wird die Mehrbelastung des am Böschungsfuß vorhandenen Grabens durch die Baumaßnahmen des B-Plangebietes ermittelt. Ausgangspunkt dafür ist die Fläche vor Herstellung der Parkflächen. Diese wurden dem Umweltbericht (Teil II der Begründung zum B-Plan 191) entnommen und sind in der folgenden Tabelle im oberen Teil unter Zustand vor Umbau dargestellt. Danach ergibt sich für ein 1-jähriges Regenereignis der Häufigkeit 1 eine Abflussmenge von 49,91 l/s. Demgegenüber wurden im unteren Teil der Tabelle die Flächen aus dem Lageplan mit Bebauung Sondergebiet ermittelt. Der Abfluss aus der geänderten Flächennutzung liegt mit 50,97 l/s nur um rd. 1,0 l/s höher als im Urzustand.

Da die Entwässerung von Fahrbahn und Parkständen jedoch über Rohrrigolenversickerung erfolgt, können noch $16,27 + 7,05 = 23,32$ l/s von den 50,97 l/s abgezogen werden. Der Graben am Böschungsfuß wird somit um 23,32 l/s gegenüber dem Zustand vor Umbau entlastet. Für den geplanten Regenwasserkanal des Sondergebietes ist somit keine Rückhaltung erforderlich.

Zustand vor Umbau						
Fläche	A [m ²]	ψ [-]	ΣA_U [m ²]	ΣA_E [m ²]	r15,1 [l/(sxha)]	Q [l/s]
Versiegelt	3569,00	0,90	3212	3569	97,2	31,22
Grünanlagen	404,00	0,05	20	404	97,2	0,20
Schotter/Ruderalflur	1343,00	0,30	403	1343	97,2	3,92
Böschung	3750,00	0,40	1500	3750	97,2	14,58
			5135	9066		49,91
Zustand geplant						
Fahrbahn	1860,00	0,90	1674	1860	97,2	16,27
Parkflächen	1208,00	0,60	725	1208	97,2	7,05
Sondergebiet bef.	1450,00	0,90	1305	1450	97,2	12,68
Sondergebiet unbef.	360,00	0,05	18	360	97,2	0,17
Grünanlagen	438,00	0,05	22	438	97,2	0,21
Böschung	3750,00	0,40	1500	3750	97,2	14,58
			5244	9066		50,97

Die hydraulische Berechnung wird für die Rigole und den Regenwasserkanal mit dem Bemessungsprogramm ATV-A138.XLS der ITWH GmbH Hannover durchgeführt.

Die Neubemessung der Rigole ergab dabei, dass die Nennweite des Rohres von 200 auf 400 mm und die Breite von 0,8 m auf 0,9 m zu erhöhen ist.

Für den Regenwasserkanal des Sondergebietes ergibt sich rechnerisch die Notwendigkeit einer Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von mindestens DN = 200. Das Gefälle wurde dabei mit 0,5 % angenommen.

5. Ergebniss

Die Berechnung zeigt, dass das im Untersuchungsgebiet anfallende Niederschlagswasser auf dem Gelände schadlos abgeführt werden kann.

Dipl.-Ing. Ulf Schmidt / Ingenieurbüro Vössing GmbH

aufgestellt am 09.05.2017

Anlagen:

- Regenspenden
- Ermittlung der abflusswirksamen Flächen
- Ermittlung Schachtvolumen
- Berechnung der Rohrrigole
- Berechnung des Regenwasserkanals

Örtliche Regendaten zur Bemessung nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Datenherkunft / Niederschlagsstation	Norddeich
Spalten-Nr. KOSTRA-Atlas	13
Zeilen-Nr. KOSTRA-Atlas	21
KOSTRA-Datenbasis	1951-2000
KOSTRA-Zeitspanne	Januar - Dezember

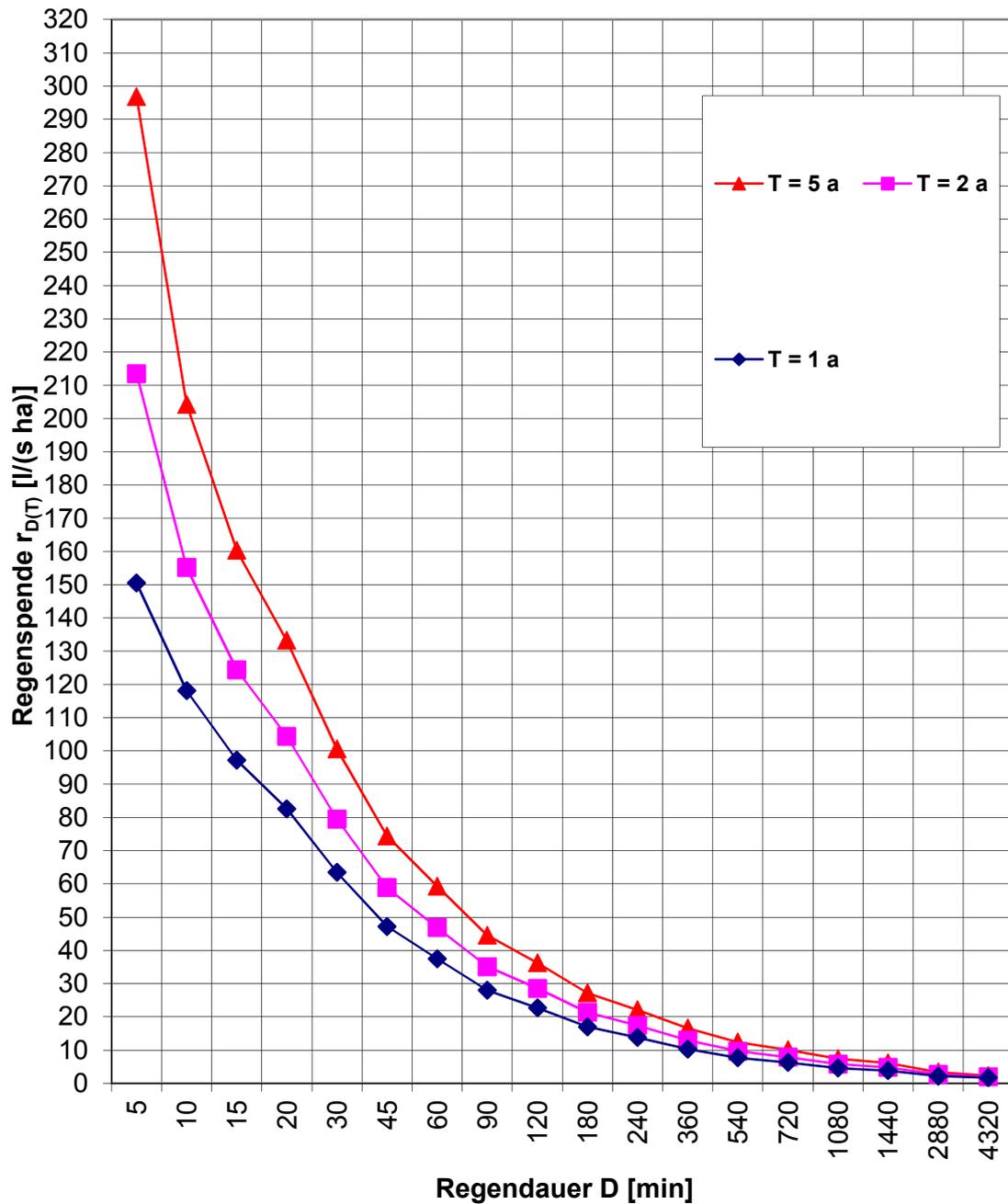
Regendauer D in [min]	Regenspende $r_{D(T)}$ [l/(s ha)] für Wiederkehrzeiten		
	T in [a]		
	1	2	5
5	150,5	213,5	296,8
10	118,1	155,2	204,2
15	97,2	124,4	160,3
20	82,6	104,4	133,2
30	63,5	79,5	100,6
45	47,2	58,9	74,4
60	37,5	46,9	59,3
90	28,0	35,1	44,5
120	22,7	28,6	36,2
180	17,0	21,4	27,2
240	13,8	17,4	22,1
360	10,3	13,0	16,6
540	7,7	9,7	12,4
720	6,3	7,9	10,1
1080	4,6	5,8	7,4
1440	3,8	4,8	6,1
2880	2,2	2,7	3,4
4320	1,7	2,0	2,3

Bemerkungen:

Örtliche Regendaten zur Bemessung nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Datenherkunft / Niederschlagsstation	Norddeich
Spalten-Nr. KOSTRA-Atlas	13
Zeilen-Nr. KOSTRA-Atlas	21
KOSTRA-Datenbasis	1951-2000
KOSTRA-Zeitspanne	Januar - Dezember

Regenspendenlinien



**Ermittlung der abflusswirksamen Flächen A_u
nach Arbeitsblatt DWA-A 138**

Flächentyp	Art der Befestigung mit empfohlenen mittleren Abflussbeiwerten Ψ_m	Teilfläche $A_{E,i}$ [m ²]	$\Psi_{m,i}$ gewählt	Teilfläche $A_{u,i}$ [m ²]
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement: 0,9 - 1,0			
	Ziegel, Dachpappe: 0,8 - 1,0			
Flachdach (Neigung bis 3° oder ca. 5%)	Metall, Glas, Faserzement: 0,9 - 1,0			
	Dachpappe: 0,9			
	Kies: 0,7			
Gründach (Neigung bis 15° oder ca. 25%)	humusiert <10 cm Aufbau: 0,5			
	humusiert >10 cm Aufbau: 0,3			
Straßen, Wege und Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton: 0,9	1.860	0,90	1.674
	Pflaster mit dichten Fugen: 0,75			
	fester Kiesbelag: 0,6	1.208	0,60	725
	Pflaster mit offenen Fugen: 0,5			
	lockerer Kiesbelag, Schotterrasen: 0,3			
	Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine: 0,25			
	Rasengittersteine: 0,15			
Böschungen, Bankette und Gräben	toniger Boden: 0,5			
	lehmiger Sandboden: 0,4			
	Kies- und Sandboden: 0,3			
Gärten, Wiesen und Kulturland	flaches Gelände: 0,0 - 0,1			
	steiles Gelände: 0,1 - 0,3			

Gesamtfläche Einzugsgebiet A_E [m²]	3.068
Summe undurchlässige Fläche A_u [m²]	2.399
resultierender mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m [-]	0,78

Bemerkungen:

P+R-Anlage Bf Norddeich
Einzugsgebiet Rohrigole

P+R-Anlage Bf Norddeich
Ermittlung Stauvolumen Schächte

Schacht	RS [mNN]	OK Stau	H [m]	DN [mm]	A [m ²]	V [m ³]
8008	5,05	6,00	0,95	1000	3,14	2,98
8007	5,16	6,00	0,84	1000	3,14	2,64
8004	5,20	6,00	0,80	1000	3,14	2,51
8003	5,03	6,00	0,97	1000	3,14	3,05
Summe Volumen Schacht						11,18

OK Stau = 20 cm unter der niedrigsten Schachtdeckelhöhe

Dimensionierung einer Rigole oder Rohr-Rigole nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
30173 Hannover

Auftraggeber:

Aktiengesellschaft
Reederei Norden-Frisia
Mole Norddeich 1
26506 Norddeich

Rigolenversickerung:

P+R-Anlage Bf Norddeich
ohne Sondergebiet

Eingabedaten:

$$L = [(A_u \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - Q_{Dr}/1000) - V_{Sch}/(D \cdot 60 \cdot f_z)] / ((b_R \cdot h_R \cdot s_{RR}) / (D \cdot 60 \cdot f_z) + (b_R + h_R/2) \cdot k_f/2)$$

Einzugsgebietsfläche	A_E	m ²	3.068
Abflussbeiwert gem. Tabelle 2 (DWA-A 138)	Ψ_m	-	0,78
undurchlässige Fläche	A_u	m ²	2.399
Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone	k_f	m/s	1,0E-05
Höhe der Rigole	h_R	m	0,6
Breite der Rigole	b_R	m	0,9
Speicherkoefizient des Füllmaterials der Rigole	s_R	-	0,35
Außendurchmesser Rohr(e) in der Rigole	d_a	mm	450
Innendurchmesser Rohr(e) in der Rigole	d_i	mm	400
gewählte Anzahl der Rohre in der Rigole	a	-	1
Gesamtspeicherkoefizient	s_{RR}	-	0,48
mittlerer Drosselabfluss aus der Rigole	Q_{Dr}	l/s	0
Wasseraustrittsfläche des Dränagerohres	$A_{Austritt}$	cm ² /m	50
gewählte Regenhäufigkeit	n	1/Jahr	0,2
Zuschlagsfaktor	f_z	-	1,10
anrechenbares Schachtvolumen	V_{Sch}	m ³	11,2

Ergebnisse:

maßgebende Dauer des Bemessungsregens	D	min	360
maßgebende Regenspende	$r_{D(n)}$	l/(s*ha)	16,6
erforderliche Rigolenlänge	L	m	207,6
gewählte Rigolenlänge	L_{gew}	m	213,0
vorhandenes Speichervolumen Rigole	V_R	m ³	55,2
versickerungswirksame Fläche	$A_{S, Rigole}$	m ²	255,9
maßgebender Wasserzufluss	Q_{zu}	l/s	48
vorhandene Wasseraustrittsleistung	$Q_{Austritt}$	l/s	107

Dimensionierung einer Rigole oder Rohr-Rigole nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
30173 Hannover

Auftraggeber:

Aktiengesellschaft
Reederei Norden-Frisia
Mole Norddeich 1
26506 Norddeich

Rigolenversickerung:

P+R-Anlage Bf Norddeich
ohne Sondergebiet

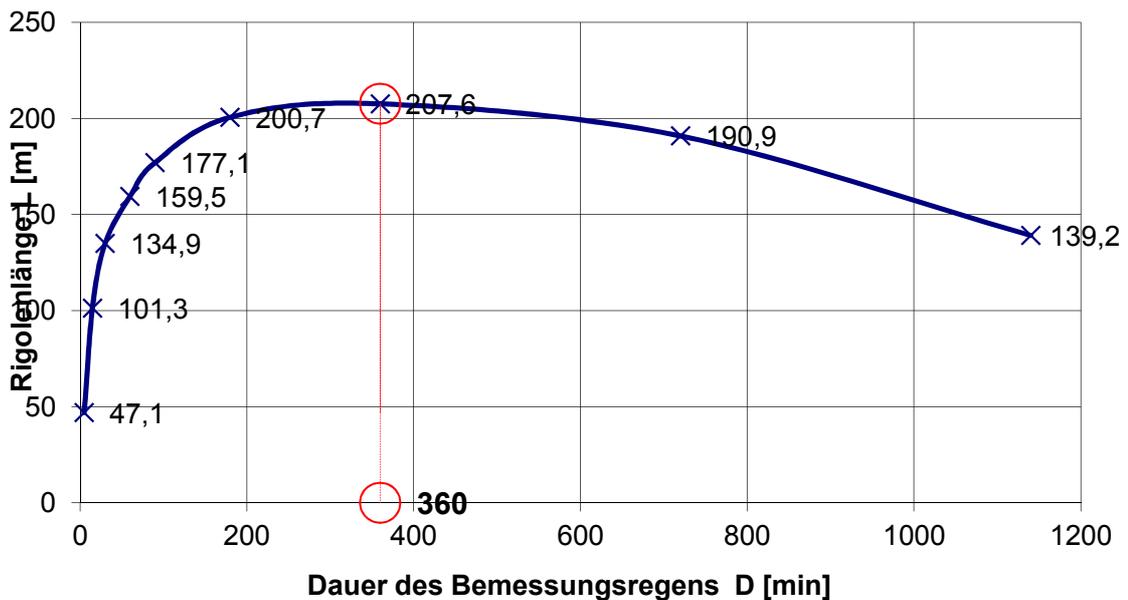
örtliche Regendaten:

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s*ha)]
5	296,8
15	160,3
30	100,6
60	59,3
90	44,5
180	27,2
360	16,6
720	10,1
1140	6,1

Berechnung:

L [m]
47,1
101,3
134,9
159,5
177,1
200,7
207,6
190,9
139,2

Rigolenversickerung



**Ermittlung der abflusswirksamen Flächen A_u
nach Arbeitsblatt DWA-A 138**

Flächentyp	Art der Befestigung mit empfohlenen mittleren Abflussbeiwerten Ψ_m	Teilfläche $A_{E,i}$ [m ²]	$\Psi_{m,i}$ gewählt	Teilfläche $A_{u,i}$ [m ²]
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement: 0,9 - 1,0			
	Ziegel, Dachpappe: 0,8 - 1,0	1.450	0,90	1.305
Flachdach (Neigung bis 3° oder ca. 5%)	Metall, Glas, Faserzement: 0,9 - 1,0			
	Dachpappe: 0,9			
	Kies: 0,7			
Gründach (Neigung bis 15° oder ca. 25%)	humusiert <10 cm Aufbau: 0,5			
	humusiert >10 cm Aufbau: 0,3			
Straßen, Wege und Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton: 0,9			
	Pflaster mit dichten Fugen: 0,75			
	fester Kiesbelag: 0,6			
	Pflaster mit offenen Fugen: 0,5			
	lockerer Kiesbelag, Schotterrasen: 0,3			
	Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine: 0,25			
	Rasengittersteine: 0,15			
Böschungen, Bankette und Gräben	toniger Boden: 0,5			
	lehmiger Sandboden: 0,4			
	Kies- und Sandboden: 0,3			
Gärten, Wiesen und Kulturland	flaches Gelände: 0,0 - 0,1	360	0,05	18
	steiles Gelände: 0,1 - 0,3			

Gesamtfläche Einzugsgebiet A_E [m²]	1.810
Summe undurchlässige Fläche A_u [m²]	1.323
resultierender mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m [-]	0,73

Bemerkungen:

P+R-Anlage Bf Norddeich

Einzugsgebiet Regenwasserkanal Sondergebiet

Berechnung der Vollfülleistung einer Rohrleitung mit Kreisquerschnitt nach Prandtl-Colebrook

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
30173 Hannover

Auftraggeber:

Aktiengesellschaft
Reederei Norden-Frisia
Mole Norddeich 1
26506 Norddeich

Rohrleitung

P+R-Anlage Bf Norddeich
Sondergebiet

Eingabedaten:

$$Q_{\text{voll}} = \pi * d^2/4 * (-2 * \lg [(2,51 * \nu / d / (2g * I_E * d)^{0,5}) + k_b / (3,71*d)]) * (2g * I_E * d)^{0,5} * 1000$$

$$Q_{\text{Bem}} = A_u * r_{D(n)} / 10000 + Q_{\text{zu}}$$

Einzugsgebietsfläche	A_E	m ²	1.810
Abflussbeiwert gem. Tabelle 2 (DWA-A 138)	Ψ_m	-	0,73
undurchlässige Fläche	A_u	m ²	1.323
konstanter Zufluss	Q_{zu}	l/s	0,00
Innendurchmesser Rohr mit Kreisquerschnitt	d	mm	200
Kinematische Viskosität	ν	m ² /s	1,31E-06
Fallbeschleunigung	g	m/s ²	9,81
Sohlgefälle Rohrleitung	$I_l \approx I_E$	%	0,50
betriebliche Rauheit	k_b	mm	0,50
gewählte Regenhäufigkeit	n	1/Jahr	1,0
gewählte Dauer des Bemessungsregens	D	min	15
maßgebende Regenspende	$r_{D(n)}$	l/(s*ha)	97,2

Ergebnisse:

Bemessungsabfluss	Q_{Bem}	l/s	12,9
Vollfülleistung der Rohrleitung	Q_{voll}	l/s	27,3
Abflussverhältnis	$Q_{\text{Bem}}/Q_{\text{voll}}$	-	0,47
Fließtiefe im Profil bei Bemessungsabfluss	h	cm	10

Bemerkungen: