

213810

J. 22 ~~*F. F. S.*~~
8' *13*

Die

Berechnung der Betonkanäle.

Vereinfachte Formeln
zur Berechnung der Kanalweite, Abflussmenge, Wasser-
geschwindigkeit und des Gefälles.

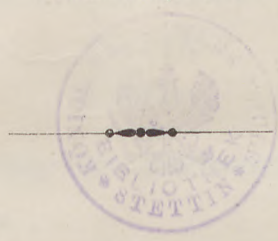
Ein Hilfsbuch für Techniker und Stadtbaubeamte.

Bearbeitet von

Ingenieur M. Bazali,

Oberlehrer und technischer Leiter der König-Friedrich-August-Schule
in Glauchau.

Mit 4 Abbildungen, 8 Tabellen und ausführlichen
Zahlenbeispielen.



Glauchau i. S.

Verlag von Arno Peschke
(Otto Streit.)

1909.

628.2



2344

Alle Rechte vorbehalten.

Der ältere Rechnungsgang.

§ 1. **Allgemeines.** Bei der Berechnung der Kanäle ist meistens die abzuführende Wassermenge Q (in cbm/Sek.) und das Gefälle J gegeben.

Der Rechnungsgang, den man bis jetzt geführt hat, war allgemein der folgende:

- a) man wählte zuerst ein Profil;
- b) rechnete dann die Fläche F_0 (in qm) und den vom Wasser benetzten Umfang U (in m) des Letungsquerschnittes;
- c) mit Hilfe der beiden Größen F_0 und U wurde $R = \frac{F_0}{U}$ bestimmt. Diese Größe wird oft hydraulische Tiefe oder hydraulischer Radius genannt;
- d) nachdem man R bestimmt hatte, wurde mit Hilfe desselben der Koeffizient c (s. die sieben c auf S. 6, 9 u. 10) bestimmt;
- e) war auch diese Größe gerechnet, so hat man die Ausflußgeschwindigkeit v (in m pro Sek.) und die durchfließende Wassermenge Q (in cbm pro Sek.) aus folgenden Formeln bestimmt:

$$1. \quad v = c \sqrt{R \cdot J}$$

$$2. \quad Q = F_0 \cdot v.$$

Vereinfachung des Rechnungsverfahrens.

§ 2. Setzt man

$$v = c \sqrt{R \cdot J} = c \sqrt{R} \cdot \sqrt{J}$$

und

$$c \sqrt{R} = m,$$

so wird

$$v = m \cdot \sqrt{J}. \quad (I)$$

Setzt man nun den Wert von v aus der Gleichung (I) in die Gleichung (II) ein, so erhält man

$$Q = F_0 \cdot v = F_0 \cdot m \sqrt{J}.$$

Wird nun noch $F \cdot m = n$ gesetzt, so erhält man

$$Q = n \sqrt{J} \tag{II}$$

oder

$$J = \left(\frac{Q}{n}\right)^2 \tag{III}$$

oder

$$n = \frac{1}{\sqrt{J}} \cdot Q. \tag{IV}$$

Die Werte von c , m , n , \sqrt{J} und $\frac{1}{\sqrt{J}}$ sind in den Tabellen 1 bis 7 gegeben.

Anwendungen.

§ 3. Fall 1. Ist das Gefälle J und die Wassermenge Q (in cbm pro Sek.) gegeben, so sucht man aus der Tabelle 7 den Wert für $\frac{1}{\sqrt{J}}$, rechnet dann nach Gleichung IV die Größe n aus und sucht dann für den gefundenen n die zugehörige Weite der Rohrleitung aus den Tabellen 2, 4 oder 6.

Fall 2. Ist die Weite der Rohrleitung gegeben, so wird v mit Hilfe der Gleichung I und Q mit Hilfe der Gleichung II berechnet, wenn das Gefälle J bekannt ist. Auch hier werden die Tabellen 2, 4 oder 6 benützt.

Fall 3. Ist der Querschnitt und die Wassermenge Q gegeben, so rechnet man mit Hilfe der Gleichung I die Wassergeschwindigkeit v und mit Hilfe der Gleichung III das Gefälle J aus.

§ 4. Die in den Tabellen 1 bis 7 angegebenen Größen sind nach folgenden Formeln gerechnet worden:

$$1. \quad R = \frac{F}{U}$$

$$2. \quad c_1 = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{0,25 + \sqrt{R}} \quad (\text{nach Kutter})$$

$$3. \quad c_2 = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{0,30 + \sqrt{R}} \quad (\text{nach Dobel})$$

$$4. \quad c_3 = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \quad (\text{nach Frühling})$$

$$5. \quad c_4 = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{0,45 + \sqrt{R}} \quad (\text{nach Baumeister})$$

$$6. \quad c_5 = \frac{123}{1 + \frac{0,23}{\sqrt{R}}} \quad (\text{nach Bazin})$$

$$7. \quad c_6 = \frac{114 \cdot \sqrt{R}}{0,265 + \sqrt{R}} \quad (\text{nach Knauff})$$

$$8. \quad c_7 = \frac{103,8 \cdot \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}} \quad (\text{nach Hering})$$

$$9. \quad \left. \begin{array}{l} m_1 = c_1 \cdot \sqrt{R} \\ n_1 = m_1 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Kutter}$$

$$10. \quad \left. \begin{array}{l} m_2 = c_2 \cdot \sqrt{R} \\ n_2 = m_2 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Dobel}$$

$$11. \quad \left. \begin{array}{l} m_3 = c_3 \cdot \sqrt{R} \\ n_3 = m_3 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Frühling}$$

$$12. \quad \left. \begin{array}{l} m_4 = c_4 \cdot \sqrt{R} \\ n_4 = m_4 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Baumeister}$$

$$13. \quad \left. \begin{array}{l} m_5 = c_5 \cdot \sqrt{R} \\ n_5 = m_5 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Bazin}$$

$$14. \quad \left. \begin{array}{l} m_6 = c_6 \cdot \sqrt{R} \\ n_6 = m_6 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Knauff}$$

$$15. \quad \left. \begin{array}{l} m_7 = c_7 \cdot \sqrt{R} \\ n_7 = m_7 \cdot F \end{array} \right\} \text{nach Hering.}$$

Tabelle 1. Kreisprofile.

d	s_0	w	s_u	b	F_0	U	R	\sqrt{R}	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
10	23	23	23	90	0,0079	0,31	0,025	0,158	38,7	34,4	31,1	26,0	49,2	42,5	32,3
15	25	25	25	126	0,0177	0,47	0,0375	0,194	43,8	39,3	35,7	30,0	56,4	48,3	36,6
20	32	32	32	165	0,0314	0,63	0,050	0,224	47,2	42,8	39,1	33,2	60,6	51,4	40,5
25	38	38	38	205	0,0491	0,79	0,0625	0,250	50,0	45,5	41,6	35,7	64,1	55,4	43,3
30	43	43	43	245	0,0707	0,94	0,075	0,274	52,3	47,7	43,9	37,8	67,0	58,0	45,6
35	48	48	48	285	0,0962	1,10	0,0875	0,296	54,2	49,6	45,8	39,7	69,4	60,2	47,5
40	52	52	52	320	0,1257	1,26	0,100	0,317	55,8	51,4	47,5	41,4	71,4	62,1	49,2
45	65	65	60	350	0,1590	1,41	0,1125	0,336	57,4	52,9	49,0	42,7	73,1	63,7	50,8
50	75	65	70	400	0,1963	1,57	0,125	0,354	58,6	54,2	50,3	44,0	74,6	65,3	52,2
60	80	70	75	450	0,2827	1,89	0,150	0,388	60,8	56,4	52,6	46,5	77,3	67,7	54,5
70	90	75	80	475	0,3848	2,20	0,175	0,419	62,6	58,2	54,4	48,3	79,6	69,8	56,7
80	100	90	95	520	0,5026	2,51	0,200	0,448	64,2	59,9	56,2	50,3	81,3	71,6	58,4
90	105	90	100	600	0,6362	2,83	0,225	0,474	65,5	61,2	57,5	51,3	82,9	73,2	59,7
100	110	95	105	620	0,7854	3,14	0,250	0,500	66,7	62,5	58,8	52,6	84,4	74,6	61,0

Es bedeutet:

d den lichten Durchmesser in cm,

F_0 den Durchfußquerschnitt in cm^2 ,

U den benetzten Umfang in m

$R = \frac{F_0}{U}$ den hydraulischen Radius in m,

s_0 = Scheitelstärke in mm,

w = Wandstärke in mm,

s_u = Sohlenstärke in mm,

b = Sohlenbreite in mm.

} Diese Maße sind sehr verschieden.

Bis zu 600 mm ist etwa $w = 0,1 d + 15$ mm bis $0,1 d + 20$ mm. Bei größeren Rohren ist $w = 0,1 d$. Die Sohlenbreite etwa $b = 0,75 d$.

Tabelle 2. Kreisprofile.

Q = durchfließende Wassermenge in ebm/Sek.,
 v = Wassergeschwindigkeit in m/Sek.,
 J = Gefälle (siehe Tabelle 7),

$$n = \frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{1}{\sqrt{J}} Q,$$

$$v = m \sqrt{J},$$

$$Q = n \sqrt{J}.$$

d	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	d
10	6,10	5,44	4,91	4,10	7,76	6,71	5,10	0,048	0,043	0,039	0,032	0,061	0,053	0,040	10
15	8,50	7,61	6,93	5,82	10,9	9,35	7,10	0,150	0,135	0,123	0,103	0,193	0,166	0,126	15
20	10,5	9,75	8,91	7,44	13,6	11,5	9,25	0,330	0,306	0,280	0,234	0,427	0,361	0,291	20
25	12,5	11,4	10,4	8,93	16,1	13,8	10,8	0,614	0,560	0,511	0,439	0,791	0,678	0,530	25
30	14,3	13,1	12,0	10,4	18,4	15,9	12,5	1,01	0,926	0,850	0,736	1,30	1,13	0,885	30
35	16,0	14,7	13,5	11,8	20,5	17,8	14,1	1,54	1,42	1,30	1,14	1,97	1,71	1,36	35
40	17,7	16,2	15,1	13,1	22,6	19,7	15,6	2,22	2,04	1,90	1,65	2,85	2,49	1,97	40
45	19,2	17,7	16,5	14,3	24,6	21,4	17,1	3,06	2,82	2,62	2,28	3,92	3,40	2,72	45
50	20,7	19,2	17,8	15,6	26,4	23,1	18,5	4,06	3,77	3,49	3,06	5,18	4,53	3,63	50
60	23,8	21,8	20,4	18,1	30,0	26,2	21,2	6,74	6,17	5,77	5,12	8,48	7,41	6,00	60
70	26,2	24,3	22,8	20,2	33,4	29,2	23,7	10,09	9,36	8,78	7,77	12,86	11,24	9,12	70
80	28,7	26,7	25,1	22,4	36,3	32,1	26,1	14,44	13,43	12,63	11,30	18,26	16,15	13,13	80
90	31,0	29,0	27,2	24,3	39,2	34,6	28,1	19,72	18,44	17,30	15,50	24,93	22,01	17,94	90
100	33,3	31,2	29,4	26,3	42,2	37,3	30,5	26,14	24,49	23,08	20,70	33,13	29,28	23,94	100

Bemerkung zu Seite 9. Bei Eiprofilen ist die Scheitelstärke $s_0 = 0,185 d$, Kämpferstärke $w = 0,1 d + 20$ mm, Sohlenstärke $s_u = 0,14 d + 15$ mm und die Sohlenbreite $b = 0,6 d + 30$ mm. Diese Maße sind im allgemeinen sehr verschieden. — Die hier angegebenen Formeln sind bei den Dresdener Kanalbauten vorgeschrieben.

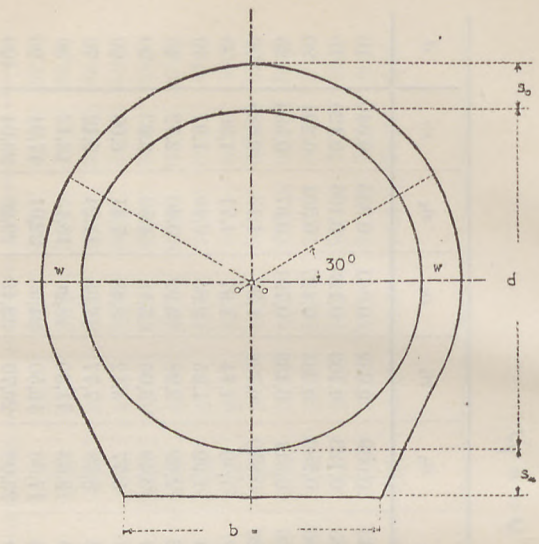


Abb. 1.

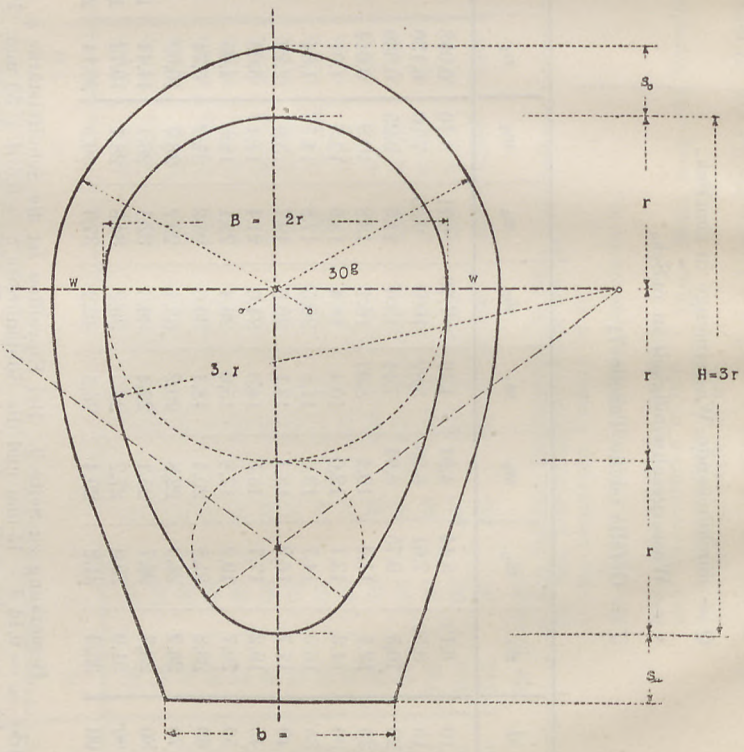


Abb. 2.

Tabelle 3. Eiprofile. Vollauffende Kanäle. (Abb. 2.) (Siehe Bemerkung auf Seite 7.)

Profil mm	B cm	H cm	s ₀ mm	w mm	s _u mm	b mm	F ₀ in qm	R in m	\sqrt{R}	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	c ₇
200/300	20	30,0	38	38	45	150	0,0459	0,058	0,241	49,1	44,6	40,8	34,9	63,0	54,3	42,3
250/375	25	37,5	45	45	55	180	0,0718	0,072	0,268	51,7	47,4	43,4	37,4	66,4	57,4	45,0
300/450	30	45,0	53	45	59	210	0,1149	0,087	0,295	54,1	49,6	45,8	39,7	69,3	60,0	47,4
350/525	35	52,5	65	60	60	250	0,1407	0,101	0,318	55,9	51,4	47,6	41,5	71,4	62,2	49,4
400/600	40	60,0	75	65	75	250	0,1838	0,116	0,341	57,7	53,1	49,4	43,2	73,5	64,2	51,2
500/750	50	75,0	90	70	85	320	0,2871	0,145	0,381	60,3	55,8	52,0	46,0	76,8	67,2	54,0
600/900	60	90,0	120	90	100	400	0,4135	0,174	0,417	62,5	58,1	54,3	48,1	79,3	69,7	56,5
700/1050	70	105	130	95	120	435	0,5628	0,203	0,451	64,4	60,0	56,3	50,0	81,5	71,9	58,5
800/1200	80	120	135	115	125	465	0,7350	0,232	0,482	65,9	61,7	58,0	51,7	83,4	73,6	60,1
900/1350	90	135	155	115	145	500	0,9303	0,261	0,511	67,1	63,8	59,4	53,2	84,8	75,1	61,6
1000/1500	100	150	180	125	150	610	1,1485	0,290	0,538	68,4	64,3	60,7	54,5	87,0	76,4	62,9

Tabelle 4. Eiprofile. Vollauffende Kanäle.

Profil	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	Profil
200/300	11,8	10,7	9,85	8,41	15,2	13,1	10,2	0,54	0,49	0,45	0,38	0,70	0,60	0,47	200/300
250/375	13,9	12,7	11,6	10,0	17,7	15,3	12,1	1,00	0,91	0,83	0,72	1,27	1,10	0,87	250/375
300/450	16,0	14,6	13,5	11,7	20,4	17,7	14,0	1,83	1,68	1,55	1,34	2,34	2,03	1,61	300/450
350/525	17,8	16,3	15,1	13,2	22,7	19,8	15,7	2,51	2,30	2,12	1,86	3,20	2,79	2,21	350/525
400/600	19,7	18,1	16,8	14,7	25,1	21,9	17,4	3,62	3,32	3,08	2,70	4,60	4,02	3,20	400/600
500/750	23,0	21,2	19,8	17,5	29,2	25,6	20,6	6,61	6,09	5,69	5,03	8,39	7,35	5,93	500/750
600/900	26,1	24,2	22,6	20,1	33,0	29,1	23,6	10,8	10,0	9,35	8,33	13,6	12,0	9,75	600/900
700/1050	29,0	27,1	25,4	22,6	36,8	32,4	26,4	16,3	15,3	14,3	12,7	20,7	18,2	14,9	700/1050
800/1200	31,6	29,7	28,0	24,9	40,1	35,5	29,0	23,2	21,8	20,6	18,3	28,5	26,1	21,3	800/1200
900/1350	34,4	32,6	30,3	27,2	43,4	38,4	31,6	32,0	30,3	28,2	25,3	40,4	35,7	29,4	900/1350
1000/1500	36,8	34,6	32,6	28,3	46,8	41,0	33,8	42,3	39,8	37,4	33,6	53,7	47,1	38,8	1000/1500

Tabelle 5. Eiprofile. (Abmessungen s. Tabelle 3.) Füllung bis in den Kämpfer.

Profil	F_0	R_0	$\sqrt{R_0}$	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
200/300	0,0302	0,063	0,251	50,0	45,5	41,7	35,8	64,4	55,4	43,4
250/375	0,0472	0,079	0,281	52,9	48,4	44,5	38,4	67,8	58,8	46,2
300/450	0,0680	0,095	0,308	55,2	50,7	46,9	40,5	70,6	61,4	48,6
350/525	0,0926	0,111	0,334	57,3	52,7	48,9	42,5	73,0	63,6	50,7
400/600	0,1209	0,126	0,355	58,6	54,2	44,1	44,1	74,7	65,4	52,4
500/750	0,1890	0,158	0,398	61,4	57,1	53,3	47,0	78,1	68,4	55,2
600/900	0,2721	0,189	0,435	63,5	59,2	55,4	49,1	80,6	70,8	57,5
700/1050	0,3704	0,221	0,470	65,2	61,0	57,3	51,0	82,6	72,9	59,5
800/1200	0,4837	0,253	0,503	66,7	62,6	59,0	52,7	84,6	74,6	61,3
900/1350	0,6122	0,284	0,533	68,1	64,0	60,3	54,3	85,9	76,2	62,8
1000/1500	0,7558	0,316	0,562	69,1	65,3	61,6	55,5	87,4	77,5	63,9

Tabelle 6. Eiprofile. Füllung bis in den Kämpfer.

Profil	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	Profil
200/300	12,6	11,4	10,5	9,0	16,1	13,9	11,1	0,38	0,34	0,32	0,27	0,49	0,42	0,34	200/300
250/375	14,8	13,6	12,5	10,8	19,0	16,5	12,9	0,70	0,64	0,59	0,51	0,90	0,78	0,61	250/375
300/450	17,0	15,6	14,4	12,5	21,8	18,9	14,9	1,15	1,06	0,98	0,85	1,48	1,29	1,02	300/450
350/525	19,0	17,6	16,3	14,2	24,4	21,2	16,9	1,77	1,63	1,51	1,32	2,26	1,97	1,57	350/525
400/600	20,8	19,3	17,9	15,7	26,5	23,2	18,6	2,52	2,32	2,16	1,90	3,20	2,25	2,25	400/600
500/750	24,4	22,8	21,2	18,7	31,1	27,2	22,0	4,61	4,32	4,01	3,53	5,88	5,15	4,16	500/750
600/900	27,6	25,8	24,1	21,4	35,1	30,8	25,1	7,51	7,03	6,56	5,81	9,56	8,98	6,83	600/900
700/1050	30,6	28,6	26,9	24,0	38,8	34,2	27,9	11,4	10,6	9,96	8,89	14,4	12,7	10,4	700/1050
800/1200	33,6	31,5	29,7	26,5	42,6	37,6	30,8	16,2	15,3	14,4	12,8	20,6	18,2	14,9	800/1200
900/1350	35,8	34,1	32,1	28,9	45,7	40,6	33,4	21,9	20,9	19,7	17,7	28,0	24,9	20,5	900/1350
1000/1500	38,9	36,7	34,7	31,2	49,0	43,5	35,8	29,4	27,8	26,3	23,6	37,1	32,9	27,2	1000/1500

Tabelle 7.

J	\sqrt{J}	$\frac{1}{\sqrt{J}}$	J	\sqrt{J}	$\frac{1}{\sqrt{J}}$	J	\sqrt{J}	$\frac{1}{\sqrt{J}}$			
$\frac{1}{10}$	0,100	$\frac{1}{3,2}$	3,2	$\frac{1}{130}$	0,0077	$\frac{1}{11,4}$	11,4	$\frac{1}{400}$	0,0025	$\frac{1}{20}$	20,0
$\frac{1}{15}$	0,067	$\frac{1}{3,9}$	3,9	$\frac{1}{140}$	0,0071	$\frac{1}{11,8}$	11,8	$\frac{1}{425}$	0,0024	$\frac{1}{20,6}$	20,6
$\frac{1}{20}$	0,050	$\frac{1}{4,5}$	4,5	$\frac{1}{150}$	0,0066	$\frac{1}{12,2}$	12,2	$\frac{1}{450}$	0,0022	$\frac{1}{21,2}$	21,2
$\frac{1}{25}$	0,400	$\frac{1}{5}$	5,0	$\frac{1}{160}$	0,0063	$\frac{1}{12,7}$	12,7	$\frac{1}{475}$	0,0021	$\frac{1}{21,8}$	21,8
$\frac{1}{30}$	0,0333	$\frac{1}{5,5}$	5,5	$\frac{1}{170}$	0,0058	$\frac{1}{13}$	13,0	$\frac{1}{500}$	0,0020	$\frac{1}{22,4}$	22,4
$\frac{1}{35}$	0,0286	$\frac{1}{5,9}$	5,9	$\frac{1}{180}$	0,0055	$\frac{1}{13,4}$	13,4	$\frac{1}{525}$	0,0019	$\frac{1}{22,9}$	22,9
$\frac{1}{40}$	0,0250	$\frac{1}{6,3}$	6,3	$\frac{1}{190}$	0,0053	$\frac{1}{13,8}$	13,8	$\frac{1}{550}$	0,0018	$\frac{1}{23,5}$	23,5
$\frac{1}{45}$	0,0222	$\frac{1}{6,7}$	6,7	$\frac{1}{200}$	0,0050	$\frac{1}{14,1}$	14,1	$\frac{1}{575}$	0,0017	$\frac{1}{24,0}$	24,0
$\frac{1}{50}$	0,0200	$\frac{1}{7,1}$	7,1	$\frac{1}{210}$	0,0048	$\frac{1}{14,5}$	14,5	$\frac{1}{600}$	0,00167	$\frac{1}{24,5}$	24,5
$\frac{1}{55}$	0,0182	$\frac{1}{7,4}$	7,4	$\frac{1}{220}$	0,0045	$\frac{1}{14,8}$	14,8	$\frac{1}{625}$	0,00160	$\frac{1}{25,0}$	25,0
$\frac{1}{60}$	0,0167	$\frac{1}{7,8}$	7,8	$\frac{1}{230}$	0,0043	$\frac{1}{15,2}$	15,2	$\frac{1}{650}$	0,00154	$\frac{1}{25,5}$	25,5
$\frac{1}{65}$	0,0154	$\frac{1}{8,1}$	8,1	$\frac{1}{240}$	0,0042	$\frac{1}{15,5}$	15,5	$\frac{1}{675}$	0,00148	$\frac{1}{26,0}$	26,0
$\frac{1}{70}$	0,0143	$\frac{1}{8,4}$	8,4	$\frac{1}{250}$	0,0040	$\frac{1}{15,8}$	15,8	$\frac{1}{700}$	0,00143	$\frac{1}{26,5}$	26,5
$\frac{1}{75}$	0,0133	$\frac{1}{8,7}$	8,7	$\frac{1}{260}$	0,0038	$\frac{1}{16,1}$	16,1	$\frac{1}{725}$	0,00138	$\frac{1}{27,0}$	27,0
$\frac{1}{80}$	0,0125	$\frac{1}{8,9}$	8,9	$\frac{1}{270}$	0,0037	$\frac{1}{16,4}$	16,4	$\frac{1}{750}$	0,00133	$\frac{1}{27,4}$	27,4
$\frac{1}{85}$	0,0118	$\frac{1}{9,2}$	9,2	$\frac{1}{280}$	0,0036	$\frac{1}{16,7}$	16,7	$\frac{1}{775}$	0,00129	$\frac{1}{27,8}$	27,8
$\frac{1}{90}$	0,0111	$\frac{1}{9,5}$	9,5	$\frac{1}{290}$	0,0034	$\frac{1}{17,0}$	17,0	$\frac{1}{800}$	0,00125	$\frac{1}{28,3}$	28,3
$\frac{1}{95}$	0,0105	$\frac{1}{9,8}$	9,8	$\frac{1}{300}$	0,0033	$\frac{1}{17,3}$	17,3	$\frac{1}{825}$	0,00121	$\frac{1}{28,7}$	28,7
$\frac{1}{100}$	0,0100	$\frac{1}{10,0}$	10,0	$\frac{1}{325}$	0,0031	$\frac{1}{18,0}$	18,0	$\frac{1}{850}$	0,00118	$\frac{1}{29,2}$	29,2
$\frac{1}{110}$	0,0091	$\frac{1}{10,5}$	10,5	$\frac{1}{350}$	0,0029	$\frac{1}{18,7}$	18,7	$\frac{1}{875}$	0,00114	$\frac{1}{29,6}$	29,6
$\frac{1}{120}$	0,0083	$\frac{1}{11,0}$	11,0	$\frac{1}{375}$	0,0027	$\frac{1}{19,4}$	19,4	$\frac{1}{900}$	0,00111	$\frac{1}{30}$	30,0

Tabelle 7 (Fortsetzung).

J	\sqrt{J}	$\frac{1}{\sqrt{J}}$	J	\sqrt{J}	$\frac{1}{\sqrt{J}}$	J	\sqrt{J}	$\frac{1}{\sqrt{J}}$			
$\frac{1}{925}$	0,00108	$\frac{1}{30,4}$	30,4	$\frac{1}{2500}$	0,00040	$\frac{1}{50}$	50,0	$\frac{1}{4300}$	0,000232	$\frac{1}{65,6}$	65,6
$\frac{1}{950}$	0,00105	$\frac{1}{30,8}$	30,8	$\frac{1}{2600}$	0,00039	$\frac{1}{51}$	51,0	$\frac{1}{4400}$	0,000227	$\frac{1}{66,3}$	66,3
$\frac{1}{975}$	0,00103	$\frac{1}{31,2}$	31,2	$\frac{1}{2700}$	0,00037	$\frac{1}{52}$	52,0	$\frac{1}{4500}$	0,000222	$\frac{1}{67,1}$	67,1
$\frac{1}{1000}$	0,00100	$\frac{1}{31,6}$	31,6	$\frac{1}{2800}$	0,00036	$\frac{1}{53}$	53,0	$\frac{1}{4600}$	0,000217	$\frac{1}{67,8}$	67,8
$\frac{1}{1100}$	0,00090	$\frac{1}{33,2}$	33,2	$\frac{1}{2900}$	0,00035	$\frac{1}{54}$	54,0	$\frac{1}{4700}$	0,000213	$\frac{1}{68,6}$	68,6
$\frac{1}{1200}$	0,00080	$\frac{1}{34,6}$	34,6	$\frac{1}{3000}$	0,00033	$\frac{1}{55}$	55,0	$\frac{1}{4800}$	0,000208	$\frac{1}{69,3}$	69,3
$\frac{1}{1300}$	0,00077	$\frac{1}{36,1}$	36,1	$\frac{1}{3100}$	0,00032	$\frac{1}{56}$	56,0	$\frac{1}{4900}$	0,000204	$\frac{1}{70}$	70,0
$\frac{1}{1400}$	0,00071	$\frac{1}{37,4}$	37,4	$\frac{1}{3200}$	0,00031	$\frac{1}{57}$	57,0	$\frac{1}{5000}$	0,000200	$\frac{1}{70,7}$	70,7
$\frac{1}{1500}$	0,00066	$\frac{1}{38,7}$	38,7	$\frac{1}{3300}$	0,00030	$\frac{1}{57,4}$	57,4	$\frac{1}{5500}$	0,000182	$\frac{1}{74,2}$	74,2
$\frac{1}{1600}$	0,00063	$\frac{1}{40}$	40,0	$\frac{1}{3400}$	0,00029	$\frac{1}{58,3}$	58,3	$\frac{1}{6000}$	0,000167	$\frac{1}{77,5}$	77,5
$\frac{1}{1700}$	0,00058	$\frac{1}{41,2}$	41,2	$\frac{1}{3500}$	0,000285	$\frac{1}{59,2}$	59,2	$\frac{1}{6500}$	0,000154	$\frac{1}{80,6}$	80,6
$\frac{1}{1800}$	0,00055	$\frac{1}{42,4}$	42,4	$\frac{1}{3600}$	0,000277	$\frac{1}{60}$	60,0	$\frac{1}{7000}$	0,000143	$\frac{1}{83,7}$	83,7
$\frac{1}{1900}$	0,00053	$\frac{1}{43,6}$	43,6	$\frac{1}{3700}$	0,000270	$\frac{1}{60,8}$	60,8	$\frac{1}{7500}$	0,000133	$\frac{1}{86,6}$	86,6
$\frac{1}{2000}$	0,00050	$\frac{1}{44,7}$	44,7	$\frac{1}{3800}$	0,000263	$\frac{1}{61,6}$	61,6	$\frac{1}{8000}$	0,000125	$\frac{1}{89,4}$	89,4
$\frac{1}{2100}$	0,00048	$\frac{1}{45,8}$	45,8	$\frac{1}{3900}$	0,000256	$\frac{1}{62,5}$	62,5	$\frac{1}{8500}$	0,000118	$\frac{1}{92,2}$	92,2
$\frac{1}{2200}$	0,00045	$\frac{1}{46,9}$	46,9	$\frac{1}{4000}$	0,000250	$\frac{1}{63,2}$	63,2	$\frac{1}{9000}$	0,000111	$\frac{1}{94,9}$	94,9
$\frac{1}{2300}$	0,00043	$\frac{1}{48}$	48,0	$\frac{1}{4100}$	0,000244	$\frac{1}{64}$	64,0	$\frac{1}{9500}$	0,000105	$\frac{1}{97,5}$	97,5
$\frac{1}{2400}$	0,00042	$\frac{1}{49}$	49,0	$\frac{1}{4200}$	0,000238	$\frac{1}{64,8}$	64,8	$\frac{1}{10000}$	0,000100	$\frac{1}{100}$	100

Gefälle der Kanäle.

§ 5. Die Kanäle sollen so ausgeführt werden, daß sie sich selbst reinigen, d. h. daß die Abflußgeschwindigkeit eine derartige ist, daß alle Stoffe, die in die Kanäle hineinkommen, mit fortgenommen werden.

Soll diese Bedingung erfüllt werden, so müssen die Kanäle ein bestimmtes Mindestgefälle besitzen.

Nach Frühling soll das Gefälle betragen:

- a) bei Hauskanälen von 0,1 bis 0,125 m Weite = 1:15 bis 1:30,
- b) „ „ „ 0,15 m „ = 1:20 „ 1:50,
- c) „ Straßenkanälen bis 0,30 m „ = 1:20 „ 1:150,
- d) „ „ von 0,30 bis 0,60 m „ = 1:50 „ 1:200,
- e) „ Nebensammler = 1:100 „ 1:300,
- f) „ Hauptsammler „ 1:1000.

§ 6. Um die Abnutzung der Sohle zu vermeiden, soll als größtes Gefälle angenommen werden: bei a) höchstens 1:10; bei b) höchstens 1:15; bei c) und d) höchstens 1:20; bei Nebenkanälen e) höchstens 1:30 (ausnahmsweise 1:10); bei f) 1:200 (höchstens 1:50).

Als geringstes Gefälle soll angenommen werden:

- für Straßenkanäle bis zu 0,30 m Weite nicht unter 1:250,
- „ „ von 0,30 bis 0,60 m „ „ 1:400,
- „ Nebensammler „ „ 1:1000.

Tabelle 8.

F	$\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$	$\frac{1}{\sqrt[6]{F}}$	F	$\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$	$\frac{1}{\sqrt[6]{F}}$	F	$\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$	$\frac{1}{\sqrt[6]{F}}$
0,01	3,17	2,16	2,00	0,84	0,89	30	0,43	0,57
0,02	2,67	1,92	2,50	0,79	0,86	35	0,41	0,55
0,03	2,43	1,79	3,00	0,76	0,83	40	0,40	0,54
0,04	2,24	1,71	3,50	0,72	0,81	45	0,39	0,53
0,05	2,13	1,65	4,00	0,71	0,79	50	0,38	0,52
0,06	2,00	1,60	4,50	0,69	0,78	55	0,37	0,51
0,07	1,96	1,56	5,00	0,67	0,76	60	0,36	0,51
0,08	1,89	1,52	5,50	0,65	0,75	65	0,35	0,50
0,09	1,82	1,49	6,00	0,64	0,74	70	0,35	0,49
0,10	1,77	1,47	6,50	0,63	0,73	75	0,34	0,49
0,20	1,49	1,31	7,00	0,61	0,72	80	0,33	0,48
0,30	1,35	1,22	7,50	0,60	0,71	85	0,33	0,48
0,40	1,26	1,16	8,00	0,59	0,71	90	0,32	0,47
0,50	1,19	1,12	8,50	0,58	0,70	95	0,32	0,47
0,60	1,14	1,09	9,00	0,58	0,69	100	0,32	0,46
0,70	1,09	1,06	9,50	0,57	0,68	150	0,29	0,43
0,80	1,06	1,04	10,0	0,56	0,68	200	0,27	0,41
0,90	1,03	1,02	15	0,51	0,64	300	0,24	0,39
1,00	1,00	1,00	20	0,47	0,61	400	0,22	0,38
1,50	0,91	0,93	25	0,45	0,58	500	0,21	0,36

Abzuführende Wassermenge.

§ 7. Menge des abzuführenden Brauchwassers.

Die abzuführende Brauchwassermenge (auch Trockenabfluß genannt) deckt sich ungefähr mit der verbrauchten Wassermenge.

Man nimmt an, daß außer dem Wasser für gewerbliche Zwecke im Durchschnitt von jedem Einwohner täglich etwa 100 l (Liter) in die Kanäle gelangen. Da der stündliche Wasserverbrauch mit etwa 10% des täglichen Wasserverbrauches angenommen wird, so wird die größte abzuführende Brauchwassermenge mit rund 10 l für den Kopf und Stunde (etwa 2,78 l für 1000 Köpfe und Sekunde) angenommen.

Um die den einzelnen Straßen zukommende Wassermenge zu bestimmen, muß man noch die Wohndichtigkeit der einzelnen Baugrundflächen kennen. Die Zahl der Einwohner für das Hektar der bebauten Fläche schwankt zwischen 100 und 1000 Einwohnern.

Man nimmt meistens folgende Werte an:

- a) für dicht bebaute Flächen (ältere Stadtteile) etwa 400 bis 500 Menschen für 1 ha;
- b) für neu bebaute Flächen etwa 200 bis 300 Menschen für 1 ha;
- c) für Villenviertel (offene Bebauung) etwa 100 bis 150 Menschen für 1 ha;
- d) für Landstädte 100 bis 120 Menschen für 1 ha.

Die abzuführende Brauchwassermenge wird demnach betragen:

- a) für dicht bebaute Flächen etwa 1,1 bis 1,4 sl für 1 ha,
- b) „ neu „ „ „ 0,6 „ 0,8 sl „ 1 ha,
- c) „ Villenviertel „ 0,3 „ 0,4 sl „ 1 ha,
- d) „ Landstädte „ 0,1 „ 0,35 sl „ 1 ha.

sl bedeutet Sekundenliter (Liter für eine Sekunde).

§ 8. Menge des abzuführenden Regenwassers.

Da die sogenannten Platz- oder Sturzregen in kurzen Zeiten verhältnismäßig große Wassermengen liefern, so richtet sich die abzuführende Regenwassermenge meistens nach der Stärke dieser Niederschläge.

Die Stärke dieser Niederschläge (die Regenintensität) wird durch die Höhe der Wasserschicht (in Millimeter) ge-

messen, die sich bei gleichmäßiger Fortdauer des Sturzregens innerhalb einer Stunde ansammeln würde.

Da die Sturzregen nur von kurzer Dauer sind, so wird jetzt statt der Stunden- die Minutenhöhe und sehr oft noch Sekundenhöhe angenommen.

Als Flächeneinheit wählt man bei den städtischen Entwässerungsanlagen das Hektar

$$1 \text{ ha} = 100 \cdot 100 = 10\,000 \text{ qm.}$$

1 mm stündliche Regenhöhe ergibt $\frac{10\,000}{60 \cdot 60} = \frac{10\,000}{3600} = 2,78 \text{ sl}$ für 1 ha als Niederschlagsmenge.

1 mm minutliche Regenhöhe ergibt $\frac{10\,000}{60} = \sim 167 \text{ sl}$ für 1 ha.

In den meisten Fällen genügt eine stündliche Regenhöhe von 50 bis 60 mm für 1 ha, d. h. eine Regenmenge von $50 \cdot 2,78 = 139 \text{ sl}$ für 1 ha, bis $60 \cdot 2,78 = 167 \text{ sl}$ für 1 ha.

Nach Hellmann darf in der norddeutschen Tiefebene auf einen größten Niederschlag von 170 bis 200 sl für 1 ha gerechnet werden. Nach Knauff kann die Regenmenge (in sl) nach der Formel $N_o = 63 + 0,4 H$ gerechnet werden. In dieser Formel bedeutet H die Jahresregenhöhe in cm. Als Regendauer ist bei dieser Formel höchstens 30 Minuten anzunehmen.

§ 9. Regenabflußmengen.

Die abfließenden Regenmengen sind viel geringer als die gefallenen, weil durch Verdunstung, Versickerung und Zurückhaltung auf dem Gelände ein Teil der Menge verloren geht.

Zum Abfluß gelangen ungefähr (wenn N die gefallene Regenmenge bedeutet):

- | | |
|--|-----------------|
| 1. für alte dicht bebaute Flächen | 0,8 N |
| 2. „ neue dichte Bebauung (geschlossene Bebauung) . | 0,6 N |
| 3. „ offene Bebauung, Fabrikviertel, Landstädte | 0,4 bis 0,5 N |
| 4. „ Villenviertel | 0,3 bis 0,4 N |
| 5. „ unbewaldetes Baugelände | 0,2 N |
| 6. „ Anlagen, Gartenflächen, Wiesen, Äcker im Mittel | 0,15 N |
| 7. „ Waldflächen | 0,10 N |

§ 10. Verzögerungsziffer.

Da die abfließenden Regenmengen nicht alle gleichzeitig in die Kanäle gelangen, die Regenstärke verschieden ist, wird noch eine Verzögerungsziffer eingeführt.

Wird diese Verzögerungsziffer mit „ f “ bezeichnet, so hat diese folgende Werte¹:

$$f = \frac{1}{\sqrt[4]{F}} \text{ für ebenes, wenig befestigtes Gelände,}$$

$$f = \frac{1}{\sqrt[5]{F}} \text{ für ebenes, dicht bebautes, glatt befestigtes Gelände,}$$

$$f = \frac{1}{\sqrt[6]{F}} \text{ für stark geneigtes, wenig befestigtes Gelände, rauhes Pflaster.}$$

F bedeutet das Niederschlagsgebiet (die zu entwässernde Fläche) in Hektar. Aus der Tabelle 8 kann man diese Verzögerungsziffer entnehmen. Statt $\frac{1}{\sqrt[5]{F}}$ kann man, ohne großen Fehler zu begehen, ein Mittel zwischen $\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$ und $\frac{1}{\sqrt[6]{F}}$ nehmen.

Bei der Berechnung ist auch mit Zuwachs der Bevölkerung zu rechnen.

Beispiele.

§ 11. **Beispiel 1.** Welches Profil ist für eine Kanalleitung erforderlich, die bei einem Gefälle von 1 : 100 eine Wassermenge von 574 sl abführen soll?

Auflösung. Für $J = \frac{1}{100}$ findet man aus der Tabelle 7 $\sqrt{J} = \frac{1}{10}$ und $\frac{1}{\sqrt{J}} = 10$.

Soll die Berechnung nach Frühling durchgeführt werden, so müssen die Koeffizienten c_3 , m_3 und n_3 benutzen.

Nach der Gleichung IV ist für $Q = 574 \text{ sl} = 0,574 \text{ cbm/Sek.}$ und $\frac{1}{\sqrt{J}} = 10$:

$$n_3 = \frac{1}{\sqrt{J}} Q = 10 \cdot 0,574 = 5,47.$$

¹ Vor der Anwendung dieser Formeln beachte man die Bemerkung (§ 15) am Schlusse dieser Abhandlung.

Aus der Tabelle 2 findet man für $n_3 = 5,47$ eine Weite von $d = 60$ cm mit $n_3 = 5,77$ und $m_3 = 20,4$.

Mit Hilfe der Formel (I) findet man die Ausflußgeschwindigkeit

$$v = m_3 \sqrt{J} = 20,4 \cdot \frac{1}{10} = \sim 2,04 \text{ m p. Sek.}$$

Soll statt Kreisprofil ein Eiprofil genommen werden, so genügt nach der Tabelle 4 ein Profil von 600/900 mit $n_3 = 9,55$.

§ 12. **Beispiel 2.** Welche Wassermenge kann ein Eiprofil von 1000/1500 bei einer Füllung bis in den Kämpfer abführen, wenn das Gefälle $J = 1 : 100$ beträgt?

Auflösung. Für $J = \frac{1}{100}$ ist nach Tabelle 7 $\sqrt{J} = \frac{1}{10}$ und $\frac{1}{\sqrt{J}} = 10$.

Aus der Tabelle 6 findet man für ein Profil von 1000/1500 (wenn die Rechnung nach Frühling durchgeführt werden soll) $n_3 = 26,3$ und $m_3 = 34,7$.

Nach der Formel 2 ist dann

$$Q = n_3 \sqrt{J} = 26,3 \cdot \frac{1}{10} = 2,63 \text{ cbm/Sek.} = 2630 \text{ sl}$$

und nach Formel 1

$$v = m_3 \sqrt{J} = 34,4 \cdot \frac{1}{10} = \sim 3,47 \text{ m/Sek.}$$

§ 13. **Beispiel 3.** Welches Gefälle muß ein Eiprofil von 1000/1500 mm erhalten, wenn die abzuführende Wassermenge 3749 sl beträgt?

Bei einer Vollfüllung findet man aus der Tabelle 4 (wenn man die Rechnung nach Frühling durchführen will) $n_3 = 37,4$ und $m_3 = 32,6$.

Nach der Formel III ist für $Q = 3749 \text{ sl} = 3,749 \text{ cbm/Sek.}$

$$J = \left(\frac{Q}{n}\right)^2 = \left(\frac{3,749}{37,4}\right)^2 = \sim (0,1)^2 = \sim 0,01 = \frac{1}{100}$$

oder

$$J = \left(\frac{Q}{n}\right)^2 = \left(\frac{3,749}{37,4}\right)^2 = \left(\sim \frac{1}{10}\right)^2 = \frac{1}{100}$$

Nach der Formel I ist dann $v = m_3 \sqrt{J} = 32,6 \cdot \frac{1}{10} = 3,26 \text{ m/Sek.}$



§ 14. **Beispiel 4.** Aufgabe. Auf der in Abb. 3 dargestellten Straße $A-B-C$ soll eine Leitung zur Abführung der

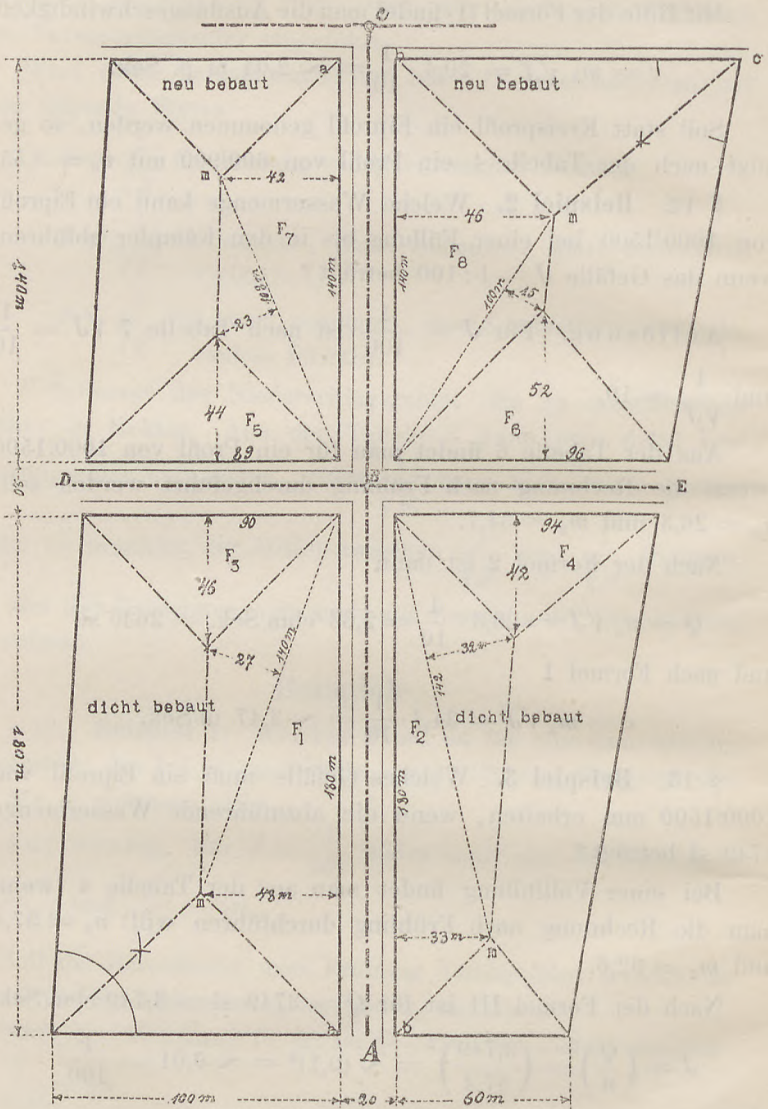


Abb. 3.

Brauch- und Regenwasser angelegt werden. In C liegt der Hauptsammler. Das Gefälle der Leitung liegt zwischen $J=1:100$ und $J=1:200$. Der Rechnung soll eine Regenwassermenge von $N=150\text{ sl}$ für 1 ha zugrunde gelegt werden.

Auflösung. Nachdem man die Winkel jeder Grundstücksecke halbiert (s. d. Winkelhalbierenden $a-m$, $b-m$ usw.) und die Schnittpunkte gradlinig miteinander verbunden hat (in Abb. 3 strich-punktiert), rechnet man den Inhalt der auf diese Weise gefundenen zugehörigen Entwässerungsflächen aus. Man erhält folgende Flächen:

$$F_1 = \frac{180 \cdot 48}{2} + \frac{140 \cdot 27}{2} = 6210 \text{ qm} = 0,621 \text{ ha}$$

$$F_2 = \frac{180 \cdot 33}{2} + \frac{142 \cdot 32}{2} = 5242 \text{ qm} = 0,524 \text{ ha}$$

$$F_3 = \frac{90 \cdot 46}{2} = 2070 \text{ qm} = 0,207 \text{ ha}$$

$$F_4 = \frac{94 \cdot 42}{2} = 1974 \text{ qm} = 0,197 \text{ ha}$$

$$F_5 = \frac{89 \cdot 44}{2} = 1958 \text{ qm} = 0,196 \text{ ha}$$

$$F_6 = \frac{96 \cdot 52}{2} = 2496 \text{ qm} = 0,250 \text{ ha}$$

$$F_7 = \frac{140 \cdot 42}{2} + \frac{108 \cdot 23}{2} = 4182 \text{ qm} = 0,418 \text{ ha}$$

$$F_8 = \frac{140 \cdot 46}{2} + \frac{100 \cdot 15}{2} = 3970 \text{ qm} = 0,397 \text{ ha.}$$

$$\text{Straße } A-B = 20 \cdot 180 = 3600 \text{ qm} = 0,36 \text{ ha}$$

$$,, \quad D-B = 20 \cdot 100 = 2000 \text{ qm} = 0,20 \text{ ha}$$

$$,, \quad B-E = 20 \cdot 104 = 2080 \text{ qm} = 0,208 \text{ ha}$$

$$,, \quad B-C = 20 \cdot 140 = 2800 \text{ qm} = 0,280 \text{ ha.}$$

Bestimmung der Wassermenge.

Leitung A—B. Die der Leitung A—B gehörenden Flächen sind dicht bebaut und haben einen Flächeninhalt von:

$$F = \text{Fläche } F_1 + \text{Fläche } F_2 + \text{Straße } (A-B) = 0,621 + 0,524 + 0,360 = \mathbf{1,505 \text{ ha.}}$$

a) Brauchwasser. Für dicht bebaute Flächen ist nach § 7 eine Wassermenge von 1,1 bis 1,4 sl für 1 ha abzuführen. Nimmt man hier 1,4 sl/ha an, so ist die abzuführende Brauchwassermenge

$$q_1 = 1,505 \cdot 1,4 = \mathbf{2,1 \text{ sl.}}$$

b) Regenwasser. Da die abzuführende Regenmenge zu $N = 150$ sl/ha gegeben wurde, so wird nach § 3 für dicht bebaute Fläche nur $0,8 \cdot N = 0,8 \cdot 150 = 120$ sl/ha zum Abfluß kommen. Nimmt man noch eine Verzögerungsziffer von $\frac{1}{\sqrt[6]{F}}$ an¹⁾, so findet

man aus der Tabelle 8, daß $\frac{1}{\sqrt[6]{F}} = \frac{1}{\sqrt[6]{1,505}} = \sim 0,93$ ist.

Die in Rechnung zu setzende Regenmenge ist dann

$$0,93 \cdot 120 = 111,6 = \sim 112 \text{ sl/ha.}$$

Die abzuführende Regenmenge ist dann hier

$$q_2 = 1,505 \cdot 112 = \mathbf{168,6 \text{ sl.}}$$

Die Leitung $A-B$ muß eine Wassermenge abführen von

$$Q = q_1 + q_2 = 2,1 + 168,6 = \sim 171 \text{ sl} = \mathbf{0,171 \text{ cbm/Sek.}}$$

Querschnittsbestimmung. Die Weite der Leitung soll nach Baumeister gerechnet werden. Man muß also die Größen m_4 und n_4 benutzen.

Für ein Gefälle von $J = 1:150$ findet man in Tabelle 7 die Größen

$$\sqrt{J} = \frac{1}{12,2} \text{ und } \frac{1}{\sqrt{J}} = 12,2.$$

Nach der Formel IV ist dann für $Q = 0,171$ cbm/Sek.

$$n = \frac{1}{\sqrt{J}} Q = 12,2 \cdot 0,171 = \sim 2,09.$$

Aus der Tabelle 2 findet man eine Weite von $d = 45$ cm mit $n_4 = 2,28$ und $m_4 = 14,3$.

Nach der Formel I ist dann

$$v = m \sqrt{J} = 14,3 \cdot \frac{1}{12,2} = \sim 1,1 \text{ m pro Sek.}$$

und nach der Formel II die durchfließende Wassermenge

$$Q = n \sqrt{J} = 2,28 \cdot \frac{1}{12,2} = 1,8 \text{ cbm pro Sek.}$$

Leitung D—B.

I. Zu den dichtbebauten Flächen gehören F_3 und Straße (A—B). Es wird $F = 0,207 + 0,200 = \mathbf{0,407 \text{ ha.}}$

¹⁾ Hier soll nur der Rechnungsgang mittelst dieses Koeffizienten gezeigt werden. Siehe noch § 15.

a) Brauchwasser. Nach § 7 ist für 1,4 sl ha

$$q_1 = 1,4 \cdot 0,407 = \sim 0,57 \text{ sl.}$$

b) Regenwasser. Nach § 9 ist für $N = 150$ sl/ha eine Abflußmenge zu nehmen von $0,8 \cdot 150 = 120$ sl/ha. Nach Tabelle 8

ist für eine Verzögerungsziffer von $\frac{1}{\sqrt[6]{F}} = \frac{1}{\sqrt[6]{0,407}} = \sim 1,16$ zu

nehmen. Die abzuführende Wassermenge ist dann $1,16 \cdot 120 = 139$ sl/ha. Hier wird, da die zu entwässernde Fläche $F = 0,407$ ha ist :

$$q_2 = 139 \cdot 0,407 = 56,6 \text{ sl.}$$

II. Zu den neu bebauten Flächen gehört nur die Fläche $F_5 = 0,196$ ha.

Brauchwasser. Nach § 7 ist 0,8 sl/ha zu nehmen. Hier ist

$$q_1' = 0,8 \cdot 0,196 = \sim 0,16 \text{ sl.}$$

Regenwasser. Abzuführen ist nach § 9 nur 0,6 $N = 0,6 \cdot 150 = 90$ sl/ha. Die Verzögerungsziffer ist (§ 10 und Tabelle 8) hier

$$\frac{1}{\sqrt[4]{F}} = \frac{1}{\sqrt[4]{0,196}} = \sim 1,49.$$

Die abzuführende Wassermenge ist $1,49 \cdot 90 = 134$ sl/ha.

Hier

$$q_2' = 0,196 \cdot 134 = \sim 26 \text{ sl.}$$

Die Leitung (D—B) hat abzuführen eine Wassermenge von $Q = q_1 + q_2 + q_1' + q_2' = 0,57 + 56,6 + 0,16 + 26,0 = 83,4$ sl $Q = 0,0834$ cbm/Sek.

Ist $J = \frac{1}{100}$ so ist nach Tabelle 7 die Größe

$$\sqrt{J} = \frac{1}{10} \text{ und } \frac{1}{\sqrt{J}} = 10.$$

Nach Formel IV ist

$$n = \frac{1}{\sqrt{J}} Q = 10 \cdot 0,0834 = 0,83.$$

Hierfür genügt nach Tabelle 2 eine Weite von $d = 35$ cm mit $n_4 = 1,14$ und $m_4 = 11,8$.

Nach der Formel I ist dann

$$v = m \sqrt{J} = 11,8 \cdot 10 = 1,18 \text{ m/Sek.}$$

Leitung B—E.

I. Dicht bebaut: $F = F_4 + \text{Straße } (B—E) = 0,197 + 0,208 = \mathbf{0,405 \text{ ha}}$.

Brauchwasser. Nach § 7 ist abzuführen

$$q_1 = 1,4 \cdot 0,405 = \mathbf{0,567 \text{ sl}}$$

Regenwasser. Nach § 9 ist für $N = 150 \text{ sl/ha}$; $0,8 N = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ sl/ha}$.

Nach Tabelle 8 ist

$$\frac{1}{\sqrt[6]{F}} = \frac{1}{\sqrt[6]{0,405}} = \sim 1,16.$$

Die abzuführende Wassermenge $1,16 \cdot 120 = 139 \text{ sl/ha}$ und hier für $F = 0,405 \text{ ha}$ ist

$$q_2 = 0,405 \cdot 139 = \sim \mathbf{56,3 \text{ sl}}$$

II. Neu bebaut. Neu bebaut ist nur $F_6 = 0,25 \text{ ha}$.

Brauchwasser. Nach § 7 ist abzuführen für $0,8 \text{ sl/ha}$

$$q_1' = 0,8 \cdot 0,25 = \mathbf{0,2 \text{ sl}}$$

Regenwasser. Nach § 9 für $0,6 N = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ sl/ha}$ ist für $F = 0,25 \text{ ha}$ (nach Tabelle 8)

$$\frac{1}{\sqrt[4]{F}} = \frac{1}{\sqrt[4]{0,25}} = \frac{1}{2} [1,49 + 1,35] = \frac{1}{2} \cdot 2,84 = 1,42.$$

Die abzuführende Wassermenge ist $1,42 \cdot 90 = 127,8 \text{ sl/ha}$ und hier

$$q_2' = 0,25 \cdot 127,8 = \mathbf{31,95 \text{ sl}}$$

Die Leitung (B—E) hat abzuführen eine Wassermenge von $Q = q_1 + q_2 + q_1' + q_2' = 0,567 + 56,3 + 0,20 + 31,95 = 89,017 \text{ sl}$
 $Q = \mathbf{0,089 \text{ cbm/Sek}}$.

Hierfür wie bei der Leitung (D—B) eine Weite von $d = 35 \text{ cm}$.

Leitung B—C.

I. Dicht bebaut. Nur Straße B—C = $0,28 \text{ ha}$.

Brauchwasser. Nach § 7 ist $q_1 = 1,4 \cdot 0,28 = \mathbf{0,39 \text{ sl}}$.

Regenwasser. Nach § 9 ist $0,8 N = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ sl/ha}$.

Für $F = 0,28 \text{ ha}$ ist (nach Tabelle 8) $\frac{1}{\sqrt[6]{F}} = \frac{1}{\sqrt[6]{0,28}} = \sim 1,22$ und

die abzuführende Wassermenge $1,22 \cdot 120 = 146,4 \text{ sl/ha}$.

Hier für $F = 0,28$ ha ist abzuführen

$$q_2 = 0,28 \cdot 146,4 = \sim 41 \text{ sl.}$$

II. Neu bebaut. $F = F_7 + F_8 = 0,418 + 0,397 = 0,815$ ha.

Brauchwasser. Nach § 7 ist für 0,8 sl/ha

$$q_1' = 0,8 \cdot 0,815 = 0,65 \text{ sl.}$$

Regenwasser. Nach § 9 für 0,6 $N = 0,6 \cdot 150 = 90$ sl/ha

ist (nach Tab. 8) für $F = 0,815$ die Größe $\frac{1}{\sqrt[4]{F}} = \frac{1}{\sqrt[4]{0,815}} = \sim 1,04$

und die abzuführende Wassermenge $1,04 \cdot 90 = 93,6$ sl/ha. Hier für $F = 0,815$ ha ist

$$q_2' = 0,815 \cdot 93,6 = 76,3 \text{ sl.}$$

Die Leitung (B—C) hat abzuführen eine Wassermenge von

$$Q_0 = q_1 + q_2 + q_1' + q_2' = 0,39 + 41,00 + 0,65 + 76,3 = 118,34 \text{ sl.}$$

Hierzu kommt noch

aus der Leitung (D—B) eine Wassermenge von	83,4 sl
" " " (B—E) " " "	89,0 "
" " " (A—B) " " "	171,0 "
	171,0 "

Zusammen eine Wassermenge von $Q = 461,7$ sl
oder $Q = 0,462$ cbm/Sek.

Für $J = \frac{1}{200}$ ist (nach Tabelle 7) $\sqrt{J} = \frac{1}{14,1}$; $\frac{1}{\sqrt{J}} = 14,1$.

Nach Formel IV ist $n = \frac{1}{\sqrt{J}} \cdot Q = 14,1 \cdot 0,462 = 6,51$. Es genügt eine Weite von $d = 70$ cm mit $n_u = 7,77$ und $m_4 = 20,2$.

Nach Formel I ist dann $v = m \sqrt{J} = 20,2 \cdot \frac{1}{14,1} = 1,4$ m/Sek.

§ 15. Schlußbemerkung.

Die von englischen Ingenieuren entstammenden Formeln in § 10

$\left[\frac{1}{\sqrt[4]{F}} \text{ nach Bürkli und } \frac{1}{\sqrt[6]{F}} \text{ nach Brix} \right]$, die noch heute sehr viel angewendet werden, sind veraltet und könnten heute höchstens noch bei Flächen, die kleiner sind als 1 ha, verwendet werden. Bei Flächen, die größer sind als 1 ha, empfiehlt es sich, um grobe Fehler zu vermeiden, diese Formeln außer acht zu lassen.

Eine zuverlässigere Rechnung ist die, bei der man die Dauer des Regens, die Länge der Kanalleitung, die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers in Rechnung zieht und danach die Verzögerung rechnet.

In § 14 Beispiel 4 ist der Gang der Rechnung mit den oben genannten Formeln von Bürkli und Brix gezeigt. In dem nächstfolgenden Beispiel soll die genauere Rechnung gezeigt werden.

§ 16. **Beispiel 5.** Die abzuführende Regenwassermenge soll z. B. 100 sl und die Regendauer 15 Minuten betragen.

Man soll nun bei der Berechnung der in Abb. 4 angegebenen Kanalleitungen auf die Verzögerung, die durch die Dauer des Regens, durch die Länge der Leitung und durch Wassergeschwindigkeit entsteht, Rücksicht nehmen.

Die zu entwässernden Flächen (s. Abb. 4) sind:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 600 \cdot 400 = 240\,000 \text{ qm} && = 24 \text{ ha dicht bebaut,} \\
 F_2 &= 500 \cdot 800 + 200 \cdot 200 = 440\,000 \text{ qm} && = 44 \text{ " " " } \\
 F_3 &= 400 \cdot 400 = 160\,000 \text{ qm} && = 16 \text{ " " " } \\
 F_4 &= 400 \cdot 500 + 700 \cdot 200 = 340\,000 \text{ qm} && = 34 \text{ " neu bebaut,} \\
 F_5 &= 400 \cdot (600 + 200 + 400 + 200) + 300 \cdot \\
 &\quad (400 + 300 + 200 + 200) = 890\,000 \text{ qm} && = 89 \text{ " " " }
 \end{aligned}$$

Nach § 9 kommt für $N = 100$ sl eine Regenwassermenge zum Abfluß von

$$\begin{aligned}
 0,6 N &= 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ sl pro Hektar für dichte Bebauung und} \\
 0,4 N &= 0,4 \cdot 100 = 40 \text{ " " " " offene " }
 \end{aligned}$$

Die abzuführenden Wassermengen sind:

$$\begin{aligned}
 \text{von } F_1 &\dots\dots Q_1 = 60 \cdot 24 = 1440 \text{ sl} \\
 \text{" } F_2 &\dots\dots Q_2 = 60 \cdot 44 = 2640 \text{ " } \\
 \text{" } F_3 &\dots\dots Q_3 = 60 \cdot 16 = 960 \text{ " } \\
 \text{" } F_4 &\dots\dots Q_4 = 40 \cdot 34 = 1360 \text{ " } \\
 \text{" } F_5 &\dots\dots Q_5 = 40 \cdot 89 = 3560 \text{ " }
 \end{aligned}$$

Die Regendauer wurde mit 15 Minuten, d. h. $15 \cdot 60 = 900$ Sekunden angegeben.

Nimmt man nun eine Durchschnittsgeschwindigkeit des Wassers von $v = 0,9$ m/Sek. an, so hat das am Kopfende *A* der Kanalleitung (*l*) einfließende Kanalwasser am Ende des Regens (also nach Ablauf der 900 Sekunden) einen Weg von $v \cdot 900 = 0,9 \cdot 900 = 810$ m zurückgelegt. Da die Länge der Leitung (*l*)

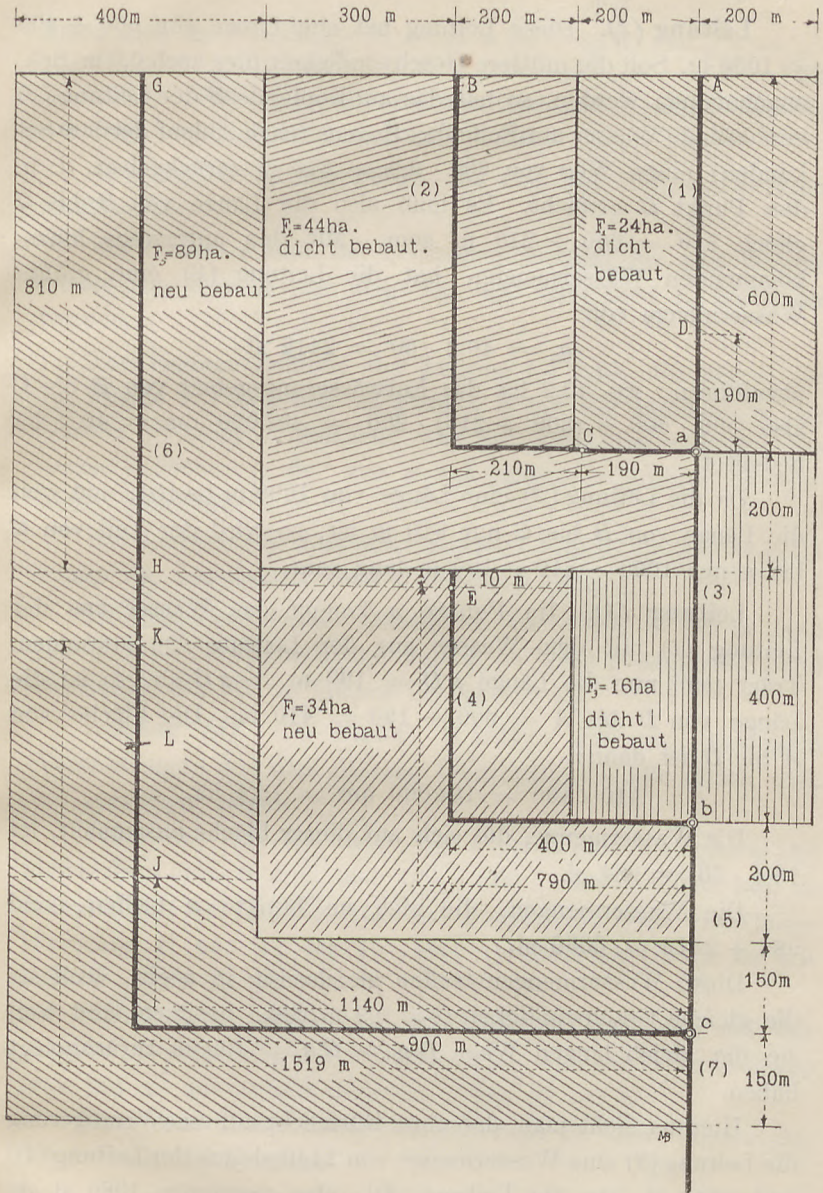


Abb. 4.

nur 600 m ist, so muß diese Leitung im Punkte **a** die Menge von $q_1 = 1440$ sl abführen können.

Leitung (2). Diese Leitung hat eine Länge von $600 + 400 = 1000$ m. Soll die mittlere Geschwindigkeit hier auch $0,9$ m/Sek. angenommen werden, so hat das am Kopfende **B** der Leitung (2) einfließende Wasser am Ende des Regens (nach Ablauf der 900 Sekunden) einen Weg von $900 \cdot 0,9 = 810$ m zurückgelegt, d. h. den Punkt **C** erreicht. Es muß also die Länge von **B** bis **C** gleich $810 = 600 + 210$ m sein. Mit den unterwegs hinzukommenden Wassermengen hat die Leitung (2) eine größte Wassermenge von

$$q_2 = 40,2 \cdot 60 = 2412 \text{ sl}$$

abzuführen, wo $40,2$ ha das Entwässerungsgebiet von **B** bis **C** also $500 \cdot 600 + (300 + 210) \cdot 200 = 402000$ qm $= 40,2$ ha bedeutet.

Da die Leitung (2) eine Länge von 1000 m besitzt, und weil die Länge von **B** bis **C** nur 810 m ist, so wird der Teil von **C** bis **a** nur $1000 - 810 = 190$ m lang sein.

Leitung (3). Im Punkte **a** kommt das Wasser aus der Leitung (1) mit dem Wasser aus der Leitung (2) zusammen. Trägt man nun die Länge **aD** $= 190$ m $= \mathbf{aC}$ ab, so ist die Länge von **D** bis **A** $= 600 - 190 = 410$ m. Die Fläche von **A** bis **D** ist dann:

$$410 \cdot 400 = 164000 \text{ qm} = 16,4 \text{ ha.}$$

Die Wassermenge, die sich auf dieser Fläche ansammelt, ist $16,4 \cdot 60 = 984$ sl.

Die Wassermengen, die sich im Punkte **a** treffen, sind $984 + 2412 = 3396$ sl.

Diese Wassermengen treffen gleichzeitig in **a** ein, weil sie die gleiche Geschwindigkeit ($v = 0,9$ m/Sek.) besitzen, und weil sie die gleich langen Wege **Da** $= \mathbf{Ca} = 190$ m zurückgelegt haben.

Hieraus sieht man, daß ohne Rücksicht auf eine Verzögerung die Leitung (3) eine Wassermenge von 1440 sl [aus der Leitung (1)] und 2640 sl [aus der Leitung (2)], also zusammen 4080 sl abzuführen hat, mit Rücksicht auf die Verzögerung dagegen nur 3396 sl.

Würde man mit der alten Formel von $\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$ rechnen, so bekäme man, da $F = (F_1 + F_2) = 24 + 44 = 68$ ha und $\frac{1}{\sqrt[4]{F}} = \frac{1}{\sqrt[4]{68}} = 0,35$ (n. Tabelle 8) ist, eine abzuführende Wassermenge von nur $0,35 \cdot 4080 = 1428$ sl statt 3390 sl.

Das sind die groben Fehler, die man mit den alten Formeln machen kann.

Im Punkte **a** muß der Leitungsquerschnitt für eine Wassermenge von 3396 sl (und nicht für 4080 oder 1428 sl) berechnet werden.

Die eigenen Zuflüsse der Leitung (β) (also die 960 sl aus der Fläche F_3) kommen im Punkte **b** bei der Berechnung der Leitung (β) nicht in Betracht, weil sie, nach dem Aufhören des Regens, noch vor der von **a** ankommenden größten Wassermenge abfließen.

Die Leitung (β) muß also auch im Punkte **b** eine Wassermenge von mindestens 3396 sl abführen können.

Leitung (4). Diese Leitung ist $400 + 400 = 800$ m lang und muß eine Wassermenge von $q_4 = 1360$ sl abführen (weil die Länge von 800 m kleiner ist als 810 m).

Leitung (5). Im Punkte **c** treffen sich nur diejenigen Wassermengen aus den anderen Leitungen, die alle gleich weit von **c** entfernt liegen.

Trägt man nun die Länge von **b** bis **E** [auf die Leitung (4)] gleich der Länge **b, a, C**, also $400 + 200 + 190 = 790$ m, auf, so befindet sich bei **E** (beim Ende des Regens) nur noch eine Fläche (zwischen **E** und **F**) von $10 \cdot 5000 = 5000$ qm = 0,5 ha mit $0,5 \cdot 60 = 30$ sl.

Diese 30 sl haben nun den gleichen Weg und mit der gleichen Geschwindigkeit zurückzulegen wie die Wassermenge (von 984 sl) aus **D** und diejenige (2412 sl) aus **C**.

Die größte abzuführende Wassermenge für den Punkt **c** [für die Leitung (5)] ist dann

$$q_5 = 984 + 2412 + 30 = 3426 \text{ sl.}$$

Leitung (6). Die Länge der Leitung (6) ist $1400 + \frac{1}{2} \cdot 300 + 900 = 2450$ m.

Nimmt man eine Wassergeschwindigkeit von $v = 0,9$ m/Sek. an, so legt das Wasser in der Zeit von 900 Sek. (Regendauer) einen Weg von $0,9 \cdot 900 = 810$ m, also von **G** bis **H** zurück. Die zu entwässernde Fläche ist dann $810 \cdot 400 = 324\,000$ qm $= 32,4$ ha. Da diese Fläche also neu bebaut angenommen würde, so ist die abzuführende Regenwassermenge

$$q_6 = 32,4 \cdot 40 = 1296 \text{ sl.}$$

Für diese Wassermenge muß der Querschnitt der Leitung (6) bestimmt werden.

Würde man die Formel $\frac{1}{\sqrt[4]{F}} = \frac{1}{\sqrt[4]{89}} = \sim 0,32$ (s. Tabelle 8) anwenden, so erhält man nur $0,32 \cdot 3560 = 1139$ sl (statt 1296 sl).

Leitung (7). Im Punkte **c** war die größte abzuführende Wassermenge 3426 sl. Dieser von **b** kommenden Wassermenge von 3426 sl kann nur diejenige Wassermenge hinzutreten, die von **c** ebensoweit entfernt ist als der Punkt **c** von **D** bzw. **C**. Da die Strecke von **b** bis **c** $150 + 200 = 350$ m und diejenige von **b** bis **D** 790 m beträgt, so ist die Länge von **c** bis **D** (oder bis **C**) $350 + 790 = 1140$ m.

Trägt man nun diese Länge von 1140 m auf die Leitung (6) von **c** nach **G** ab, so erhält man den Punkt **J**.

Die Länge der Leitung (6) ist 2450 m. Die Strecke von **G** bis **J** ist dann $2450 - 1140 = 1310$ m. Die zu entwässernde Fläche $1310 \cdot 400 = 524\,000$ qm $= 52,4$ ha. Die abzuführende Wassermenge ist dann $52,4 \cdot 40 = 2096$ sl. Diese Wassermenge von 2096 sl hat den gleichen Weg (von 1140 m) zurückzulegen wie die Wassermenge aus **E** (30 sl) oder wie diejenige (2412 sl) aus **C** oder (984 sl) aus **D**.

Die Leitung (5) muß also eine größte Wassermenge abführen von:

$$q_7 = 2096 + 30 + 2412 + 984 = \sim 5522 \text{ sl.}$$

Zur Bestimmung der Kanalweite, die nach § 3, Fall 1 und § 11, Beispiel 1 durchzuführen ist, müssen folgende Wassermengen in Rechnung gesetzt werden:

Leitung (1)	Wassermenge	$q_1 = 1440$	sl
" (2)	" "	$q_2 = 2412$	"
" (3)	" "	$q_3 = 3396$	"

Leitung (4)	Wassermenge	$q_4 = 1360$	sl
„ (5)	„	$q_5 = 3426$	„
„ (6)	„	$q_6 = 1296$	„
„ (7)	„	$q_7 = 5522$	„

Bei der Querschnittsberechnung müssen die Rohrweiten und das Gefälle so gewählt werden, daß die Geschwindigkeit des Wassers $v = 0,9$ m/Sek. (wie anfangs gewählt wurde) betragen soll.

Ist dies nicht möglich, so muß man die tatsächliche Geschwindigkeit in Rechnung setzen.

Es soll hier auch noch dieser Rechnungsgang kurz gezeigt werden.

Fließt z. B. in der Leitung (6) das Wasser nicht mit $0,9$ m/Sek., sondern mit einer Geschwindigkeit von $v_1 = 1,2$ m/Sek., so legt das Wasser in der Zeit von 900 Sek. (Regendaer) einen Weg von $1,2 \cdot 900 = 1080$ m (statt 810 m) zurück. Also von **G** bis **L**. In diesem Falle ist die zu entwässernde Fläche bis **L** zu rechnen, also $1080 \cdot 400 = 432000$ qm = $43,2$ ha. Die abzuführende Wassermenge ist dann nicht 1296 sl, sondern $q'_6 = 43,2 \cdot 40 = 1728$ sl.

Leitung (7). Für diese Leitung ist dann die Rechnung wie folgt durchzuführen.

Sollen sich die Wassermengen aus der Leitung (6) mit denen aus **C**, **D** und **E** kommenden Wassermengen in **c** treffen, so muß die Länge von **c** bis **J** viel größer sein, als diejenige von **c** bis **D** (oder **C**), weil die Geschwindigkeit des Wassers in dieser Leitung (6) eine viel größere ist ($1,2$ m/Sek.) als diejenige in den anderen Leitungen ($0,9$ m/Sek.).

Bezeichnet man diese längere Strecke mit **cK**, so findet man sie wie folgt.

Die Zeit, die das Wasser braucht, um die Länge von **D** nach **c** (also 1140 m) zurückzulegen, findet man, wenn man diese Strecke (1140 m) mit der Wassergeschwindigkeit (hier $0,9$ m/Sek.) teilt. Der Weg von **D** nach **c** wird also in einer Zeit von $\frac{1140}{0,9} = \sim 1266$ Sek. zurückgelegt.

In der Leitung (6) fließt das Wasser aber mit einer Geschwindigkeit von $1,2$ m/Sek.

In der Zeit von 1266 Sek. wird das Wasser dieser Leitung (6) einen Weg zurücklegen von $1,2 \cdot 1266 = 1519$ m.

Soll sich das Wasser aus **K** mit der Wassermenge aus **D**, **C** oder **E** im Punkte **c** treffen, so muß der Punkt **K** in einer Entfernung von 1519 m (von **c**) liegen.

Die Länge von **G** bis **K** ist dann $2450 - 1519 = 931$ m. Die zu entwässernde Fläche ist $931 \cdot 400 = 372\,400$ qm = 37,2 ha (statt 52,4 ha bei der Geschwindigkeit von 0,9 m/Sek.). Die abzuführende Wassermenge ist $37,2 \cdot 40 = 1488$ sl.

Die in **c** sich ansammelnde Wassermenge ist

2412 sl aus dem Punkte **C**,

984 " " " " **D**,

30 " " " " **E**,

1488 " " " " **K**,

4914 sl zusammen.

In diesem Falle hat die Leitung (7) nur 4914 sl und nicht 5522 sl abzuführen.



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Der ältere Rechnungsgang. Allgemeines	3
Vereinfachung des Rechnungsverfahrens	3
Anwendungen	4
Gefälle der Kanäle	12
Abzuführende Wassermenge. Menge des abzuführenden Brauchwassers	14
Menge des abzuführenden Regenwassers	14
Regenabflußmengen	15
Verzögerungsziffer	15
Beispiele	16
Bestimmung der Wassermenge	19
Tabelle 1 und 2. Kreisprofile	6 und 7
Tabelle 3 und 4. Eiprofile (vollaufend)	9
Tabelle 5 und 6. Eiprofile (Kämpferfüllung)	10
Tabelle 7. Gefällsverhältnisse	11 und 12
Tabelle 8. Verzögerungsziffer	13

Buchstabenbezeichnungen.

F_0 = Querschnitt der Leitung in Quadratmeter.

J = das Gefälle.

Q = abzuführende oder durchfließende Wassermenge
in cbm/Sek.

v = Abflußgeschwindigkeit.

N = Regenmenge.

f = Verzögerungsziffer.

cm = Zentimeter.

l = Liter.

cbm = Kubikmeter.

sl = Sekundenliter (Liter für eine Sekunde).

cbm/Sek. = Kubikmeter für eine Sekunde.

m. p. Sek. oder m/Sek. = Meter für eine Sekunde.

ha = Hektar.

sl/ha = Sekundenliter für einen Hektar.

Sek. = Sekunden.

qm = Quadratmeter.

Altenburg.
Pierersche Hofbuchdruckerei
Stephan Geibel & Co.