



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Die Drainage**

**Schewior, Georg**

**Leipzig, 1912**

23. Beschaffung der Vorflut

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-97301](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-97301)

Treffpunkt wird zwischen den Flächenlinien 13 und 14 ha eingeschätzt. Das Rohr von  $d = 13$  cm entwässert demnach eine Fläche von 13,5 ha.

Auflösung zu b. Der Schnittpunkt der Gefällinie 1,0 % mit der Durchmesserkurve  $d = 13$  cm wird zwischen den Geschwindigkeitskurven  $v = 0,6$  und  $0,7$  m eingeschätzt. Die gesuchte Wassergeschwindigkeit beträgt 0,67 m.

Auflösung zu c. Der Schnittpunkt der Gefällinie 1,0 % mit der Durchmesserkurve  $d = 13,0$  cm wird horizontal nach rechts in die am Rande befindliche Vertikalteilung verschoben und an den Teilstrichen zu 8,7 Liter abgelesen.

**Beispiel 2.** Für einen Vorflutdrain, der nach den örtlichen Verhältnissen ein Gefälle von 0,8 % erhalten kann, ist der Röhrendurchmesser zu bestimmen. Die zu entwässernde Fläche beträgt 20 ha, die sekundliche Abflußmenge ist mit Rücksicht auf ständiges Quellwasser zu 20 Liter für das ha angenommen.

Auflösung. Man bestimmt den Schnittpunkt der Gefällinie 0,8 % mit einer durch die Abflußmenge von 20 Litern gedachten Linie. Der Treffpunkt fällt in die Nähe der Durchmesserkurve  $d = 18$  cm. Die sich im Strang entwickelnde Geschwindigkeit beträgt 0,78 m.

Die Tafel ist, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, für beliebig große vom ha abzuführende Wassermengen zu verwenden, wenn man mit der gleichen Zahl, mit der man den Wert der Schrägen auf der linken Tafelseite multipliziert, die abgelesenen ha dividiert. So wird beispielsweise ein 8 cm weites Rohr bei 3,2 % Gefälle und einer Wasserabführung von 8 l/ha nach der Schrägen 0,8 (eigentlich  $10 \cdot 0,8$ ) eine Fläche von  $\frac{5,0}{10} = 0,5$  ha entwässern.

c) **Bestimmung der Fläche.** Die Flächengröße  $F$  selbst wird in einfachster Weise auf dem Drainplan durch Addition der Saugerlängen und Multiplikation dieser durch die Strangentfernung ermittelt, sodann aber auch mittels eines Planimeters, einer Harfe oder eines anderen Flächenmesswerkzeuges berechnet.

### 23. Beschaffung der Vorflut.

Die Vorbedingung für die dauernde Wirksamkeit einer Drainage und für die bleibende Verbesserung der Grundstücke ist die Beschaffung einer ausreichenden Vorflut. Es ist daher auf die Regulierung vorhandener Wasserläufe und auf die Anlage neuer Gräben die größte Sorgfalt zu verwenden, ebenso ist dem Baue etwa erforderlicher Brücken und Durchlässe besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Vorhandene zu eng angelegte Bauwerke, die einen schädlichen Rückstau erzeugen, müssen entsprechend erweitert werden. Oft genügt hier schon eine Vertiefung des Durchflußquerschnittes durch Abschrägen der Sohle nach der Mitte zu (Fig. 77), durch Ausrundung der Sohle (Fig. 78), Anlage eines gepflasterten Grabens in der Brückensohle, oder durch Einlegen einer Schale oder eines oder zweier Ton- oder Zementrohre (Fig. 79 mit einem Rohr).

Der Querschnitt neu anzulegender Brücken und Durchlässe ist für die größte zu erwartende Wassermenge zu berechnen, wenn eine hochwasserfreie

Lage des angrenzenden Geländes zur Voraussetzung gemacht wird, und den Verhältnissen entsprechend nicht eine Abführung des Sommerhochwassers genügt.

a) Bei der **Bemessung der Gräben** ist zu beachten, daß das Mittelwasser unter der Ausmündungshöhe der Sammler und, soweit der Vorfluter im Ackerlande liegt, das größte Hochwasser, soweit er im Wiesenlande oder Walde liegt, ein Sommerhochwasser bordvoll abgeführt werden kann. Die Ausmündungen (s. S. 39 u. Abschn. 38) sind mindestens 0,8 m, besser jedoch 1,0 bis 1,25 m, unter Geländehöhe anzulegen und zwar so, daß sie, wie soeben gesagt, über dem mittleren Wasserspiegel, wenigstens aber 0,2 m über der Grabensohle liegen.

Fig. 77.

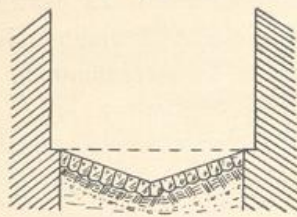


Fig. 78.

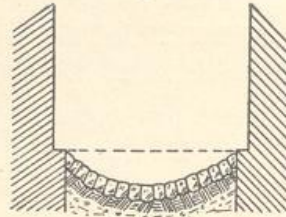
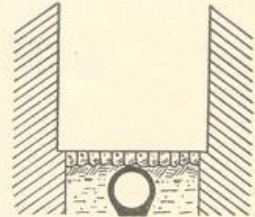


Fig. 79.



Die abzuführende Wassermenge ist abhängig von der geographischen Lage, Größe, Form, Sonnenlage, Neigung, Höhenlage, Bodenbeschaffenheit und Kultur des betreffenden Niederschlagsgebietes, so daß allgemein gültige Angaben hierüber nicht gemacht werden können.

Nach der „Schlesischen Anweisung“ ist für Gräben und kleinere Bäche anzunehmen:

die abzuführende **Mittelwassermenge**

im Hügellande zu 8 bis 15 sl/qkm,

im Flachlande zu 6 bis 10 sl/qkm;

die abzuführende **Sommerhochwassermenge**

im Hügellande bis zu 200 sl/qkm,

im Flachlande zu 25 bis 40 sl/qkm;

die abzuführende **größte Hochwassermenge**

im Hügellande zu 250 bis 600 sl/qkm,

im Flachlande zu 65 bis 250 sl/qkm.

Diese Angaben sind den Verhältnissen Schlesiens und den gleichartigen benachbarten Gebieten angepaßt.

Für **Deutschland** im allgemeinen können etwa folgende Abflußmengen den Berechnungen zu Grunde gelegt werden.

Bei **Höchstfluten** für das qkm und die Sekunde:

α) bei kleinen Niederschlagsgebieten von 0,1 bis 10 qkm:

im Gebirge rd 1,2—0,75 cbm

in berg. Gegend „ 0,9—0,6 „

im Hügelland „ 0,7—0,45 „

im Flachland „ 0,5—0,35 „

β) bei größeren Niederschlagsgebieten von 10 bis 60 qkm und mehr:

rd 0,75—0,6 cbm

„ 0,6—0,45 „

„ 0,45—0,35 „

„ 0,35—0,2 „

Hierzu sei bemerkt, daß die Abflußmenge für die Flächeneinheit (qkm) um so kleiner geschätzt wird, je größer das Gesamtgebiet ausfällt.

Bei **Sommerhochwasser** für das qkm und die Sekunde:

- a) bei kleinen Niederschlagsflächen von 0,1 bis 10 qkm  
 im Gebirge rd 0,45—0,25 cbm  
 im Flachlande „ 0,20—0,10 „
- β) bei größeren Niederschlagsgebieten von 10 bis 60 qkm und mehr:  
 rd 0,25—0,15 cbm  
 „ 0,10—0,05 „

Abstufungen der Geländeverhältnisse wie bei Hochfluten können auch hier zwischen den angegebenen Grenzwerten eingeschaltet werden.

Bei **Mittelwasser** pflegt man anzunehmen, daß es in Prozenten des Sommerhochwassers beträgt:

im Gebirge	gebirgiger Gegend	Hügellande	Flachlande
2 ‰	2,5 ‰	3 ‰	5 ‰

Bei Vorflutern, deren Sammelgebiet größer ist als 1,5 qkm = 150 ha, ist der Nachweis über eine genügende Vorflut rechnerisch zu führen. Die Leistungsfähigkeit der gewählten Querschnitte wird hierbei in nachstehender Weise sichergestellt.

#### Nachweisung der Vorfluter.

Vorflutgraben		Sammelgebiet	Abzuführende Wassermenge in der Sekunde		Gefälle	Rauhigkeit $n = 0,03$ ; Böschung 1 : 1½						Bemerkungen
						Nach Ganguillet und Kutter werden abgeführt				des Entwurfs		
Bezeichnung	Station	qkm	von	im	‰	Sohlenbreite	Wasser-	$v$	$Q$	Sohlenbreite	Wasser-	
			l qkm	ganzen			tiefe	in m	in l		tiefe	
			bei	in l		m	$\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	$\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	$\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	m	$\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
A	0 + 50	4,0	$\frac{11}{110}$	$\frac{44}{440}$	2,0	0,40	$\frac{0,20}{0,60}$	$\frac{0,39}{0,62}$	$\frac{42}{480}$	0,40	$\frac{0,25}{0,65}$	

Zur Bestimmung des Niederschlagsgebietes eignen sich am besten die „Meßtischblätter“ der Landesaufnahme im Maßstabe 1 : 25000.

Die **Gräben** werden mit möglichst gleichmäßigem Gefälle ausgebaut; dasselbe soll jedoch tunlichst nicht geringer sein als 0,4 ‰ (1 : 2500). Starkes Gefälle ist durch Einbauen senkrechter oder geneigter Abfälle (Kaskaden) zu vermindern, oder es sind die Sohle und die Böschungen mittels durchgehender Befestigung gegen den Wasserangriff zu schützen. Für die Sohlenbreite ist ein geringeres Maß als 0,4 m nicht zu wählen, besser ist 0,5 m. Die Anlage der Böschung richtet sich nach der Bodenart, eine steilere Neigung als 1 : 1½ ist nur ausnahmsweise anzuordnen. Oft wird die flachere Böschung 1 : 2, seltener 1 : 3 zweckmäßig erscheinen.

Die Berechnung der **Grabenabmessungen** wird unter Benutzung der neueren Formel von **Ganguillet** und **Kutter** vorgenommen.

In der **allgemeinen Geschwindigkeitsformel**:

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

$$*) \frac{H \cdot W}{H \cdot W} = \frac{\text{Mittlerer Wasserstand}}{\text{Höchster Wasserstand}}$$

Schewior, Die Drainage.

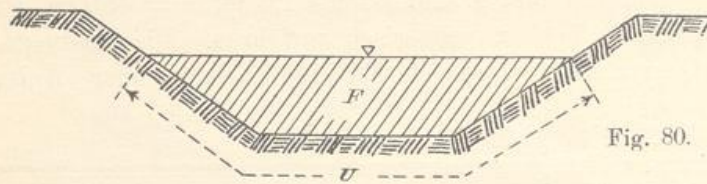
bedeutet:

v die mittlere Geschwindigkeit in m;  
 c einen Geschwindigkeits-Koeffizienten;

R den Profilradius, hydraulischen Radius oder mittleren Radius  $= \frac{F}{U} =$   
 $\frac{\text{Wasserführender Querschnitt}}{\text{Benetzter Umfang}}$ , siehe Fig. 80;

J das Gefälle des Wasserspiegels auf die Längeneinheit (m), d. h. die Senkung des Wasserspiegels auf 1 m Länge.

Die Schweizer Ingenieure **Ganguillet** und **Kutter** haben gefunden, daß der Wert c nicht allein von dem mittleren Radius R und dem Rauigkeitsgrade der Wandungen des Flußbettes, sondern auch von dem Gefälle des Wasserlaufes abhängig ist.



Nach ihren Untersuchungen ist der Geschwindigkeits-Koeffizient

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

und damit die Formel für die **Geschwindigkeit**

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + 0,00155}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

Tabelle 9.

Widerstandskoeffizient n nach Ganguillet und Kutter.

Klasse	Art des Bettes	n	$\frac{1}{n}$
1—5	. . . . .	—	—
6	Ganz reine Gewässer in Erde, Letten usw. ohne Steine, ohne Wasserpflanzen, ohne Unregelmäßigkeiten, mit sorgfältiger Unterhaltung .	0,025	40,00
7	Etwas unregelmäßige und nicht sorgfältig unterhaltene Gewässer, hier und da mit Steinen an der Sohle oder hier und da mit Wasserpflanzen	0,030	33,33
8	Gewässer mit grobem Schotter, Geschieben, Wasserpflanzen usw., unregelmäßig, schlecht unterhalten . . . . .	0,035	28,57

Tabelle 10.  
Geschwindigkeits-Koeffizient  $c$  nach Ganguillet und Kutter.  
(Formel s. Seite 82).  
 $n = 0,025$ .

Mittlerer Radius R in m	Gefälle ‰											
	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	—	—	19,5	20,6	21,3	21,5	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0	22,0
0,2	—	—	25,0	26,2	26,5	26,7	26,8	26,9	27,0	27,1	27,2	27,2
0,3	—	—	28,5	29,3	29,6	29,8	30,0	30,0	30,1	30,2	30,3	30,3
0,4	—	—	31,0	31,8	32,2	32,3	32,4	32,5	32,5	32,5	32,6	32,6
0,5	32,4	33,0	33,2	33,8	34,2	34,3	34,3	34,4	34,4	34,5	34,5	34,5
0,6	34,0	34,6	35,6	35,5	35,6	35,8	35,8	35,8	35,8	35,9	35,9	35,9
0,7	35,7	36,1	36,5	36,9	36,9	37,0	37,1	37,1	37,1	37,2	37,2	37,2
0,8	37,3	37,5	37,8	38,0	38,0	38,0	38,1	38,1	38,1	38,2	38,2	38,2
0,9	38,7	38,8	39,0	39,0	39,0	39,0	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1	39,1
1,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
1,2	42,1	42,0	41,7	41,4	41,4	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3
1,4	43,8	43,3	43,0	42,7	42,5	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4	42,4
1,6	45,2	44,7	44,3	43,8	43,5	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
1,8	46,6	46,1	45,5	44,7	44,4	44,4	44,3	44,3	44,3	44,3	44,3	44,3
2,0	47,9	47,2	46,5	45,6	45,3	45,2	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
2,2	49,0	48,2	47,4	46,4	46,1	45,9	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7
2,4	50,0	49,1	48,3	47,0	46,7	46,5	46,3	46,2	46,2	46,1	46,1	46,1
2,6	51,0	50,0	49,0	47,7	47,4	47,1	46,9	46,8	46,8	46,7	46,7	46,7
2,8	51,9	50,7	49,7	48,2	48,0	47,7	47,4	47,3	47,2	47,1	47,1	47,0
3,0	52,7	51,5	50,3	48,7	48,4	48,1	47,8	47,7	47,6	47,5	47,4	47,4
3,2	53,4	52,1	50,8	49,2	48,8	48,5	48,2	48,1	48,0	47,9	47,8	47,8
3,4	54,1	52,6	51,3	49,6	49,1	48,9	48,6	48,5	48,4	48,3	48,2	48,2
3,6	54,8	53,3	51,8	50,0	49,5	49,3	49,0	48,9	48,8	48,7	48,6	48,6
3,8	55,4	53,7	52,4	50,4	49,9	49,8	49,3	49,1	49,0	49,0	48,9	48,9
4,0	56,0	54,2	52,8	50,8	50,2	50,1	49,6	49,4	49,3	49,3	49,2	49,2

$n = 0,030$

0,1	—	—	15,5	16,5	17,0	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,7
0,2	—	—	20,0	21,0	21,3	21,5	21,6	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0
0,3	—	—	23,0	23,8	24,2	24,3	24,3	24,4	24,5	24,6	24,7	24,7
0,4	—	—	25,2	26,0	26,3	26,4	26,5	26,5	26,6	26,6	26,7	26,7
0,5	26,5	27,0	27,3	27,8	28,2	28,2	28,2	28,3	28,3	28,4	28,4	28,4
0,6	28,1	28,5	28,9	29,2	29,4	29,4	29,4	29,5	29,5	29,6	29,6	29,6
0,7	29,6	29,6	30,3	30,4	30,5	30,5	30,6	30,7	30,7	30,8	30,8	30,8
0,8	31,0	31,2	31,4	31,4	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7	31,7
0,9	32,2	32,3	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
1,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
1,2	35,3	35,2	35,0	34,8	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7
1,4	36,9	36,6	36,3	36,0	35,8	35,8	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7
1,6	38,2	37,8	37,4	37,0	36,7	36,7	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6
1,8	39,4	38,9	38,5	37,9	37,6	37,5	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4
2,0	40,5	39,9	39,4	38,7	38,4	38,3	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1
2,2	41,6	40,9	40,2	39,4	39,1	39,0	38,8	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7
2,4	42,6	41,8	41,0	40,0	39,7	39,5	39,4	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
2,6	43,5	42,6	41,7	40,6	40,2	40,0	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7

6\*

Mittlerer Radius R in m	Gefälle ‰											
	0,05	0,07	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
2,8	44,3	43,3	42,4	41,1	40,7	40,5	40,3	40,2	40,1	40,1	40,1	40,1
3,0	45,0	44,0	43,0	41,6	41,2	41,0	40,8	40,6	40,5	40,4	40,3	40,3
3,2	45,7	44,7	43,5	42,1	41,6	41,4	41,1	41,0	40,9	40,8	40,7	40,7
3,4	46,4	45,2	44,0	42,5	42,0	41,7	41,5	41,4	41,3	41,2	41,1	41,1
3,6	47,0	45,8	44,5	43,0	42,4	42,2	41,9	41,8	41,6	41,5	41,4	41,4
3,8	47,6	46,2	45,0	43,3	42,8	42,5	42,2	41,9	41,8	41,8	41,7	41,7
4,0	48,1	46,7	45,4	43,7	43,1	42,8	42,5	42,2	42,1	42,1	42,0	42,0

n = 0,035

0,1	—	—	12,8	13,6	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,5	14,5
0,2	—	—	16,7	17,5	17,8	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,4	18,4
0,3	—	—	19,3	20,0	20,2	20,3	20,4	20,5	20,5	20,6	20,6	20,6
0,4	—	—	21,3	22,0	22,1	22,2	22,3	22,3	22,4	22,4	22,4	22,4
0,5	22,6	22,8	23,0	23,5	23,8	23,9	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
0,6	24,0	24,3	24,5	24,8	24,9	25,0	25,1	25,1	25,2	25,2	25,2	25,2
0,7	25,3	25,6	25,8	26,0	26,0	26,1	26,1	26,2	26,3	26,3	26,3	26,3
0,8	26,5	26,7	26,8	26,9	27,0	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
0,9	27,6	27,7	27,7	27,8	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9
1,0	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6
1,2	30,3	30,2	30,1	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
1,4	31,7	31,5	31,3	31,0	30,9	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
1,6	33,0	32,7	32,4	31,9	31,8	31,7	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6	31,6
1,8	34,2	33,8	33,5	32,8	32,6	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4
2,0	35,3	34,8	34,3	33,6	33,4	33,2	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1
2,2	36,3	35,7	35,1	34,4	34,0	33,9	33,8	33,8	33,8	33,8	33,8	33,8
2,4	37,2	36,5	35,9	35,0	34,6	34,5	34,4	34,3	34,3	34,2	34,2	34,2
2,6	38,0	37,2	36,5	35,5	35,1	35,0	34,9	34,8	34,7	34,6	34,6	34,6
2,8	38,7	37,9	37,1	36,0	35,6	35,5	35,3	35,2	35,1	35,1	35,1	35,1
3,0	39,4	38,6	37,7	36,5	36,1	35,9	35,7	35,6	35,5	35,4	35,4	35,4
3,2	40,0	39,1	38,2	37,0	36,5	36,2	36,0	35,9	35,8	35,7	35,7	35,7
3,4	40,5	39,6	38,6	37,4	36,8	36,5	36,3	36,2	36,1	36,0	36,0	36,0
3,6	41,0	40,0	39,0	37,8	37,1	36,8	36,6	36,5	36,4	36,3	36,3	36,2
3,8	41,5	40,4	39,4	38,1	37,4	37,2	36,9	36,8	36,8	36,6	36,5	36,4
4,0	41,9	40,7	39,7	38,4	37,6	37,5	37,2	37,1	37,1	36,9	36,8	36,7

Neben den oben angegebenen Bezeichnungen  $v$ ,  $R$  und  $J$  bedeutet  $n$  den Widerstandskoeffizienten oder Rauheitsgrad, einen Wert, der durch die Beschaffenheit des Bettes bedingt wird und aus der vorstehenden **Tabelle 9** zu entnehmen ist.

Die Ermittlung des Koeffizienten  $c$  ist meist sehr zeitraubend und umständlich. Zur Erleichterung der Rechnung wird daher die vorstehende **Tabelle 10** beigegeben. Sie ist dem Werke „Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen“ von Kutter (Verlag von Paul Parey, Berlin 1904) auszugsweise entnommen und enthält zu den in der **Tabelle 9** aufgeführten Rauheitsgraden  $n = 0,025$ ,  $n = 0,030$  und  $0,035$  die Werte  $c$  für verschiedene mittlere Radien  $R$  und für Gefälle  $J$  von  $0,05 ‰$  bis  $1,0 ‰$ . Bei stärkerem Gefälle als  $1,0 ‰$  bleibt der

**Koeffizient der gleiche.** Zwischenwerte werden nach R und J durch geradlinige Einrechnung genau genug ermittelt.

Nach dem vorangegangenen wird es nicht schwer fallen, die Abflußmengen in natürlichen oder gebesserten Wasserläufen festzustellen. Trotzdem mögen die nachfolgenden beiden Beispiele zur weiteren Erläuterung dienen.

**Beispiel 1.** In einem unregelmäßigen, schlecht unterhaltenen Flußlaufe sind an verschiedenen Stellen die Querschnitte ermittelt und die Höhen des Hochwasserspiegels bestimmt. Zur Berechnung der Abflußmenge soll der mittlere den Verhältnissen sich am besten anpassende Querschnitt nach Fig. 81

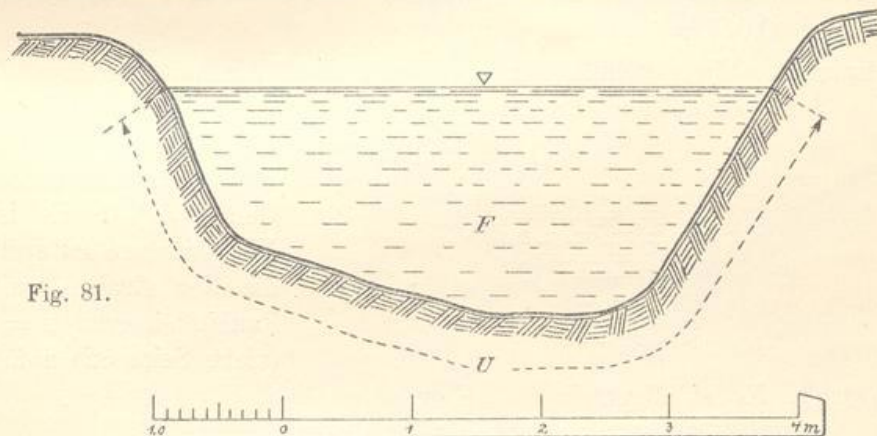


Fig. 81.

dienen. Das Wasserspiegelgefälle beträgt 1 ‰. Es ist unter Annahme des Rauigkeitsgrades  $n = 0,035$  nach Ganguillet und Kutter die Wassermenge zu bestimmen, die der genannte Querschnitt in einer Sekunde abführt.

Lösung. Nach der allgemeinen Geschwindigkeitsformel Seite 81 ist

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

Hierbei ist der mittlere Radius  $R = \frac{F^*)}{U} = \frac{12,25}{6,35} = 1,93$  m (Fig. 81),

das Gefälle  $J = 0,001$  und  
der Geschwindigkeitskoeffizient

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

wenn man die Werte für  $n$ ,  $R$  und  $J$  einsetzt

$$\begin{aligned} &= \frac{23 + \frac{1}{0,035} + \frac{0,00155}{0,001}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{0,001}\right) \frac{0,035}{\sqrt{1,93}}} = \frac{23 + 28,57 + 1,55}{1 + (23 + 1,55) \frac{0,035}{1,389}} \\ &= \frac{53,12}{1 + \frac{0,859}{1,398}} = \frac{53,12}{1,618} \\ &= 32,8. \end{aligned}$$

\*) Berechnung von F siehe S. 86 Anm.

$$\begin{aligned} \text{Es ist demnach } \bar{v} &= 32,8 \sqrt{1,93 \cdot 0,001} = 32,8 \cdot 0,044 \\ &= 1,44 \text{ m.} \end{aligned}$$

Die Abflußmenge ist sodann

$$\begin{aligned} Q &= F \cdot v; \text{ F gemäß Fig. 81*) zu } 12,25 \text{ qm berechnet;} \\ &= 12,25 \cdot 1,44 \\ &= 17,64 \text{ cbm.} \end{aligned}$$

Einfacher gestaltet sich die Rechnung, wenn der Geschwindigkeitskoeffizient  $c$  der auf Seite 84 angegebenen Tabelle 10 von Kutter entnommen wird. Man erhält dort nach Ausführung einer kleinen Zwischenrechnung  $c = 32,8$  und hier- nach  $v = 32,8 \cdot 0,044 = 1,44 \text{ m.}$

**Beispiel 2.** Ein regelmäßig ausgebauter, sorgfältig unterhaltener Graben zeigt eine Sohlenbreite  $s = 0,8 \text{ m}$ , eine größte Wassertiefe  $t = 0,5 \text{ m}$ , die

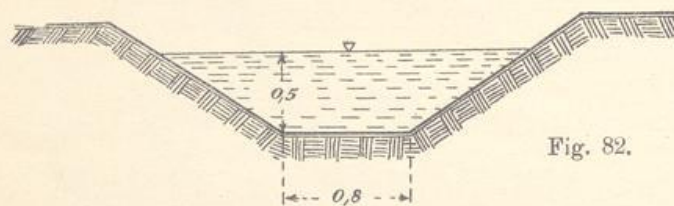


Fig. 82.

Böschungsanlage  $1 : 1\frac{1}{2}$  (s. Fig. 82) und das relative Gefälle  $3 \text{ ‰}$ . Es ist die Wassermenge zu ermitteln, die der Graben bei dem Rauheitsgrad  $n = 0,025$  (siehe Seite 82) abführt.

Lösung. Es ist allgemein  $Q = F \cdot v$ .

$$\begin{aligned} \text{Hierbei ist } F &= (1,5 t + s) t^{**}, \\ &= (1,5 \cdot 0,5 + 0,8) 0,5 \\ &= 1,55 \cdot 0,5 \\ &= 0,775 \text{ qm.} \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit ist  $v = c \sqrt{R \cdot J}$ , dabei

$$R = \frac{F}{U} = \frac{F}{s + 2 \sqrt{t^2 + (1,5 t)^2}} = \frac{F}{s + 2 t \sqrt{3,25}} = \frac{0,78}{2,60} = 0,30$$

$$J = 0,003 \text{ (auf 1 m)}$$

$$c = 30,3 \text{ nach Tabelle 10, Seite 83.}$$

$$\begin{aligned} \text{Demnach ist } v &= 30,3 \sqrt{0,3 \cdot 0,003} = 30,3 \cdot 0,03 = 0,91 \text{ m} \\ \text{und } Q &= 0,78 \cdot 0,91 \\ &= 0,710 \text{ cbm.} \end{aligned}$$

In der Regel ist nun die Aufgabe so gestellt, daß zu einer gegebenen Wassermenge  $Q$  die Grabenabmessungen gesucht werden. Die Lösung ist nur durch Versuchsrechnungen möglich. Um diese sehr umständliche und zeitraubende Arbeit zu sparen, hat Kutter für eine Reihe häufig vorkommender Graben-

\*) Die Fläche eines unregelmäßigen Profils wird mittels eines Planimeters oder einer Harfe berechnet. In Ermangelung eines Flächenmessers wird die Wasserspiegelbreite in eine Anzahl gleichbreiter Teile zerlegt und die so entstandenen Trapeze aus der mittleren Tiefe und Breite berechnet. Bei Verwendung von Millimeterpapier wird durch das farbige Netz in einfachster Weise ein Querschnitt in gleichbreite Teile zerlegt.

\*\*\*) Wenn die Tiefe  $t$ , die Sohlenbreite  $s$  und das Böschungsverhältnis  $1 : x$  des Wasserlaufes gegeben ist, wird die Querschnittsfläche berechnet nach:

$$F = (x \cdot t + s) t.$$

querschnitte mit der Böschung 1 : 1 1/2 die Geschwindigkeiten und Wassermengen in Tabellen zusammengestellt. Letztere sind nach den Rauigkeitsgraden

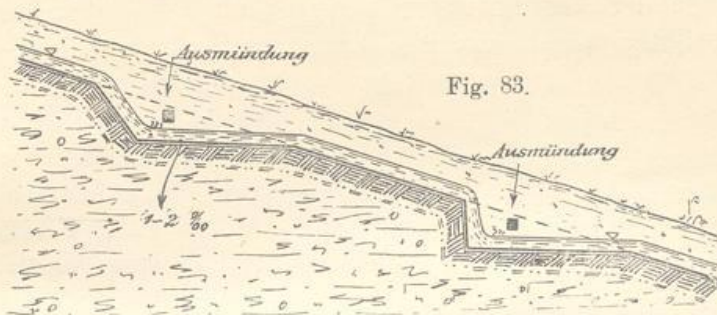


Fig. 83.

$n = 0,025, 0,030$  und  $0,035$  für Gefälle bis  $3\text{‰}$  geordnet und unter dem Titel: „Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen“ bei Paul Parey in Berlin herausgegeben.

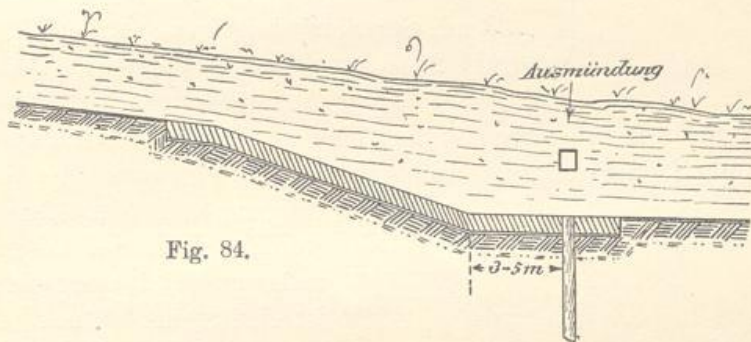


Fig. 84.

Im gleichen Verlage ist ein Tafelwerk\*) des Verfassers erschienen, das eine unmittelbare Entnahme der Abmessungen für kleinste und größte Gräben mit den Böschungen 1:0, 1:1, 1:1 1/2, 1:2 und 1:3 gestattet. Die Tafeln sind graphisch dargestellt und umfassen die Rauigkeitsgrade  $n = 0,025$  und  $n = 0,030$  mit den Gefällen  $J = 0,05 - 100\text{‰}$ .

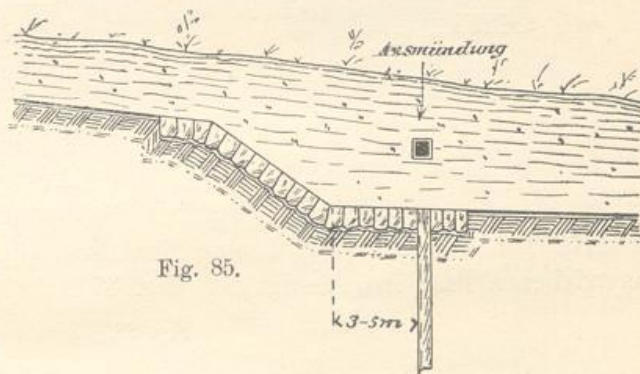


Fig. 85.

\*) Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Aufgaben. Umfassend: Drainrohrweiten; Wassermengen in den Gräben 1:0, 1:1, 1:1 1/2, 1:2 und 1:3; Wassergeschwindigkeit in Gerinnen und Gräben mit beliebigem Querschnitte und Rauigkeitsgrade; Querschnittsflächen, Böschungflächen und Grabenbreiten; Durchflußmengen in kurzen, vollaufenden Rohrleitungen; Abflußmengen für Ueberfallwehre, Grundwehre, Schleusen und Brücken; Staulängen und Stauhöhen. Verlag von Paul Parey, Berlin 1907.

Die Tafeln sind durch den Herrn Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten in Preußen, durch das Ministerium des Innern im Großherzogtum Hessen-Darmstadt, durch den Herrn Staatssekretär des Reichskolonialamtes und durch das k. k. österreichische Ackerbauministerium für den Gebrauch empfohlen.

Ueber die zeichnerische Darstellung der Vorfluter ist das Nähere im Kapitel III zu finden.

Die **Anlage der Ausmündungen** begegnet oft Schwierigkeiten, wenn die natürlichen Vorfluter wegen niedriger Lage des Geländes nicht die erforderliche Tiefe besitzen und der Wasserstand in ihnen ständig zu hoch ist. Um die Ausmündungen auch da in Frosttiefe, wenigstens 0,8 m, besser 1,0 bis 1,25 m, verlegen zu können, werden senkrechte oder geneigte

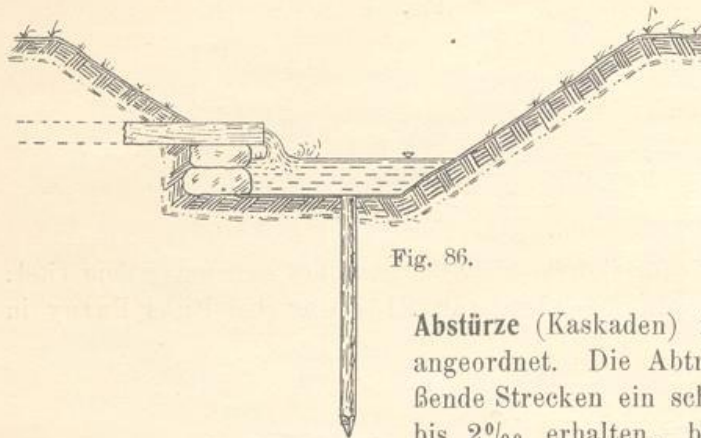


Fig. 86.

**Abstürze** (Kaskaden) in der Sohle nach Fig. 83 angeordnet. Die Abtreppungen, deren anschließende Strecken ein schwaches Gefälle, etwa 1‰ bis 2‰ erhalten, befinden sich 3 bis 5 m oberhalb der Ausmündungen.

Bei senkrechtem Abstürze ist auf eine sorgfältige Sicherung des Bettes, am besten durch Steinpackung, Bedacht zu nehmen. Erhalten die Gefälle eine Neigung von mindestens 1 : 50, so werden sie durch Rasen (Fig. 84) befestigt. Bei einer Neigung 1 : 8 ist eine Steinschüttung oder Pflasterung wirkungsvoller (Fig. 85). Für steil und senkrecht abfallende Abstürze sind große Steine einzubauen.

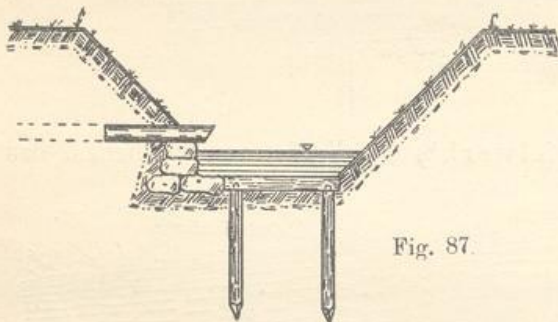
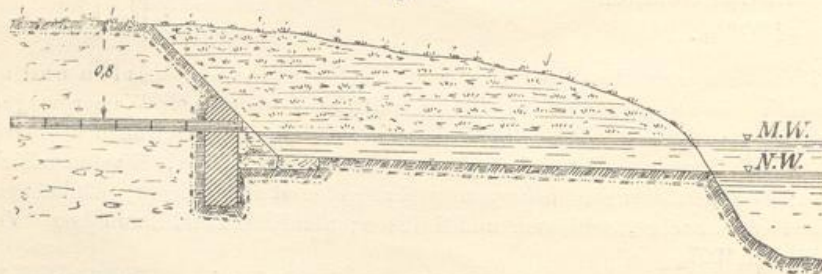


Fig. 87.

Zur Innehaltung der vorgeschriebenen Höhenlage ist an der Ausmündung die Sohle inmitten des Grabens durch den Kopf eines starken Pfahles dauernd festzulegen (Fig. 86). Bei größeren Vorflutern wird eine Grundschwelle eingelegt, die an zwei tief eingetriebenen Pfählen befestigt ist (Fig. 87).

Fig. 88.



An Stelle der treppenförmigen Absätze empfiehlt die „Schlesische Anweisung“, die Ausmündungen in höheres Terrain zurückzulegen und „Stich-

gräben“ zur Verbindung mit dem Vorfluter herzustellen (Fig. 88). Diese Anordnung ist vorzuziehen, sofern Uebelstände durch den offenen Graben nicht verursacht werden.

Die Länge solcher Stichgräben richtet sich nach der Höhe des vorherrschenden Wasserstandes im Vorfluter und der Stärke der über den Röhren liegenden Bodenschicht, welche den Strang am Auslauf vor dem Auffrieren schützt. Falls das letzte Ende des Sammlers aus gedichteten Zement- oder Tonröhren besteht, kann die Deckschicht etwas geringer bemessen werden. Man sollte aber auch hier nicht unter das Maß von 0,8 m gehen (s. a. S. 39).

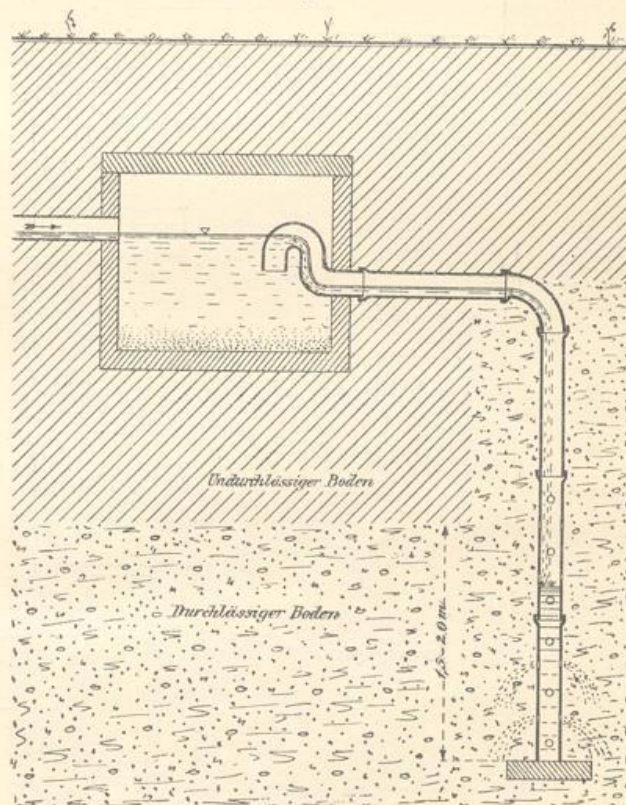
Brücken, Durchlässe und Durchfahrtsmulden sind stets oberhalb einer Ausmündung anzulegen. Letztere darf nie der Einmündung eines Grabens oder einer zweiten Ausmündung gegenüberliegen. Ebenso sind Stellen zu meiden, die nicht vor Abbruch oder Anlandung gesichert sind. Für die Richtung der Ausmündungskörper (s. S. 125) ist möglichst ein Winkel von rd.  $45^\circ$  zur Grabenachse zu wählen.

b) Bei sehr ungünstigen Vorflutverhältnissen kann ausnahmsweise das Drainwasser mittels **Senkbrunnen** in durchlassende Schichten des Untergrundes geführt werden. Dieses Verfahren ist aber nur in solchen Fällen zulässig, wenn erfahrungsmäßig oder durch eingehende Untersuchungen festgestellt ist, daß sich an den betreffenden Orten Kies- und Sandschichten befinden, die eine Versenkung und unterirdische Fortleitung des Wassers in ausreichendem Maße und für alle Zukunft ermöglichen. In Deutschland sind solche Vorflutanlagen in sehr geringer Zahl ausgeführt worden.

Vor jeder Senkgrube ist ein Schlammfang anzulegen, in dem das Drainagewasser zur Ruhe kommt und alle mitgeführten, erdigen Bestandteile ablagert. Die Schlammfänge werden aus Bohlen oder Zementbeton (Fig. 89) hergestellt und mit Brettern bzw. Zementplatten abgedeckt. Für ihre Reinhaltung muß entsprechend gesorgt werden.

Aus dem Klärkasten gelangt das Wasser durch eine besondere Rohrleitung in die durchlassende Schicht. Hierzu werden gelochte Tonröhren verwendet, die

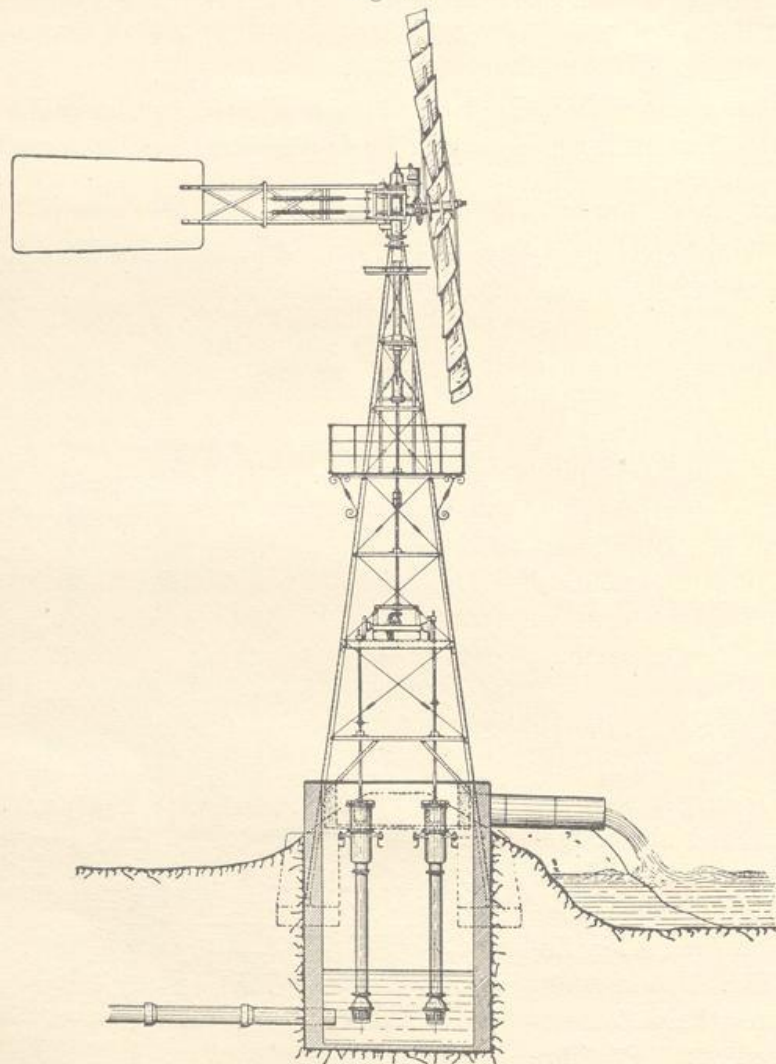
Fig. 89.



zweckmäßig in einer Steinpackung 1,5 bis 2,0 m tief in den durchlässigen Untergrund hinabgeführt werden. Das unterste Tonrohr ruht auf einer Steinplatte. Durch das doppelte Knierohr am Anfange der Leitung wird verhindert, daß bei Unterlassung der Räumung die Sinkstoffe in den Senkbrunnen gelangen. Sobald nämlich der Schlamm die Mündung des Knierohres erreicht, wird diese abgeschlossen und der Abfluß des Wassers in den Brunnen gesperrt.

c) Wo eine hinreichende Vorflut in der unter a) und b) angegebenen Weise überhaupt nicht zu beschaffen ist, kann das Drainwasser auf **künstlichem Wege** zum Abfluß gebracht werden. Die Sammler werden, wenn zugänglich, an der tiefsten Stelle des Geländes in einen Brunnen oder Schacht geleitet und das Wasser hieraus mittels eines Hebwerkes hochgehoben und in einem Graben oder

Fig. 90.



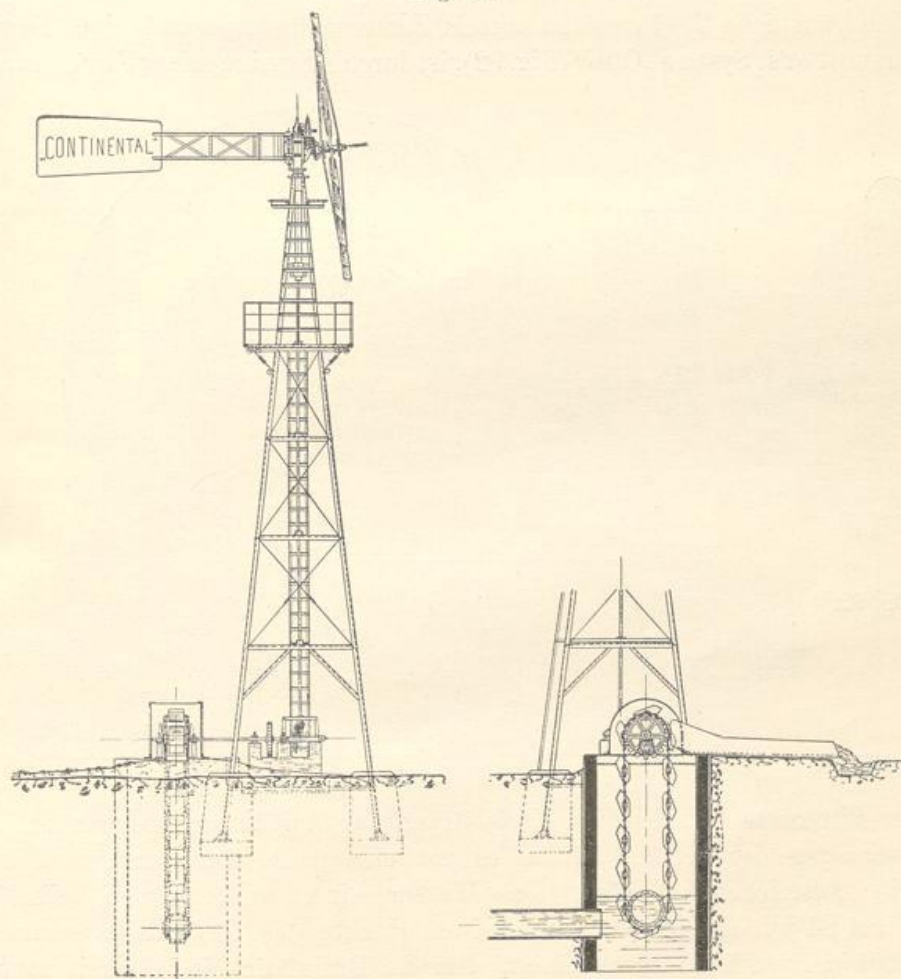
geschlossenem Gerinne (Rohrleitung oder Kanal) fortgeführt. Die Entleerung der Sammelstelle wird nach Bedarf geregelt.

Die Hebevorrichtung besteht aus dem Schöpfwerke und einer Antriebskraft, die den Verhältnissen entsprechend gewählt werden.

Die Art des **Schöpfwerkes** richtet sich nach der Förderhöhe, d. h. nach dem Höhenunterschiede zwischen Wasserspiegel des Brunnens (Schacht) und dem Ausfluß an der höchsten Stelle. Für geringe Hubhöhen und Wassermengen eignen sich Wasserschrauben, Wasserschnecken (Tonnenmühlen) und gewöhnliche Holzpumpen mit Klappenventilen. Für größere Höhen werden Becherwerke, Kolbenpumpen, Zentrifugal- und Plungerpumpen angeordnet. Auf die Einzelheiten der genannten Schöpfvorrichtungen kann hier nicht eingegangen werden. Im Bedarfsfalle sei auf des Verfassers: Die Bodenmelioration, Teil I, Verlag von Bernh. Friedr. Voigt, Leipzig 1909 oder auf ein anderes einschlägiges Werk verwiesen.

Zum Antriebe der Schöpfwerke wird bei größeren Entwässerungsgebieten die Dampfmaschine, sonst einer der vielen Explosionsmotore (Benzin-,

Fig. 91.



Spiritus-, Petroleummotor) oder ein Elektromotor, für geringe Wassermenge ein einfacher Pferdegöpel inbetracht kommen.

Bei günstigen Windverhältnissen ist die Anschaffung eines Windmotors nur anzuraten. Neben den niedrigen Anschaffungskosten beanspruchen die Windräder in der Regel ganz geringe Erhaltungs- und Betriebskosten.

Eine derartige Einrichtung in Verbindung mit einer doppelten Kolbenpumpe und einem Becherwerke ist aus den Figuren 90 und 91 zu ersehen. Die Becherwerke werden von der bekannten Windmotorenfabrik Carl Rheinsch in Dresden-N., der die beiden Abbildungen zu verdanken sind, bis zu einer Förderhöhe von 15 m ausgeführt. Für geringe Hubhöhen, bis 3 m, werden auch Wasserschnecken mit Windrädern verbunden.

Da in Deutschland, auch Oesterreich, im Binnenlande während des größten Teiles des Jahres nur eine Windstärke von 3 bis 4 m durchschnittlich 6 bis 10 Stunden täglich zur Verfügung steht, ist bei Anschaffung eines Windmotors nur mit dieser Kraft zu rechnen. Näheres hierüber siehe: Windkraft oder Kleinmotoren? von Otto Stertz, Verlag von Bernh. Friedr. Voigt, Leipzig 1908 und das eben genannte Werk: Die Bodenmelioration, Teil I. des Verfassers.

Eine künstliche Vorflutanlage mittels Zentrifugalpumpe und eines Deutzer Spiritusmotors, System „Otto“ (Fig. 92), ist durch Kulturingenieur Forchmann\*)

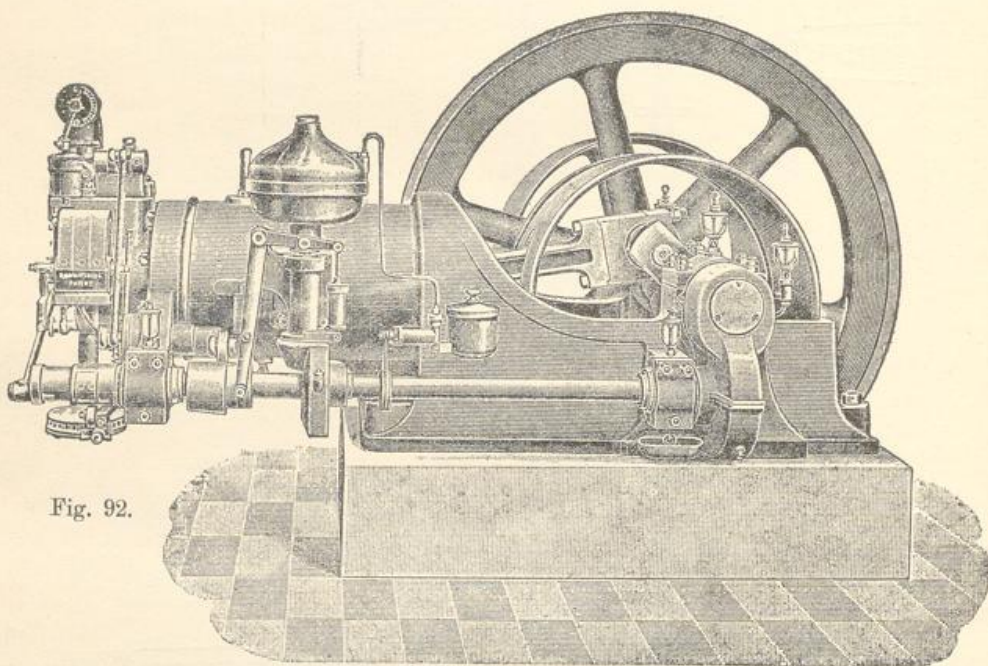


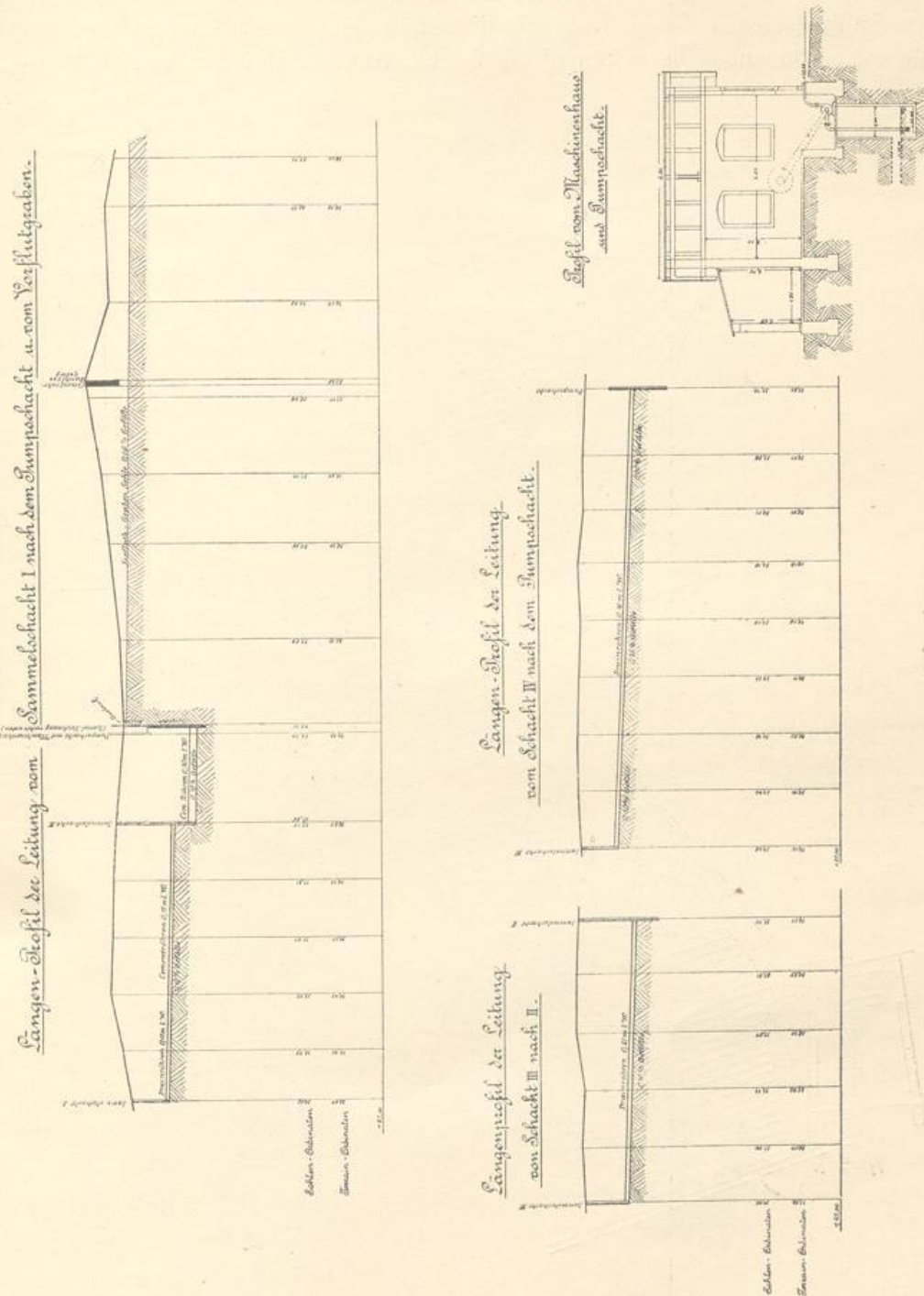
Fig. 92.

auf dem Rittergute Gr. Neudorf, Kreis Brieg, zur Ausführung gekommen. Das Entwässerungsgebiet beträgt 57 ha, es hat eine flache Lage und nach keiner Seite eine ausreichende Vorflut. Das Wasser wird, wie aus den beigefügten Fig. 93 und 94 zu ersehen ist, am tiefsten Punkte des Geländes zusammengezogen und in einen Brunnen vereinigt. Um die Drintätigkeit jederzeit zu beobachten, sind in dem System vier Brunnenstuben (s. Abschnitt 32) eingebaut.

\*) Siehe: „Der Kulturtechniker“. Jahrgang 1903. Seite 90.

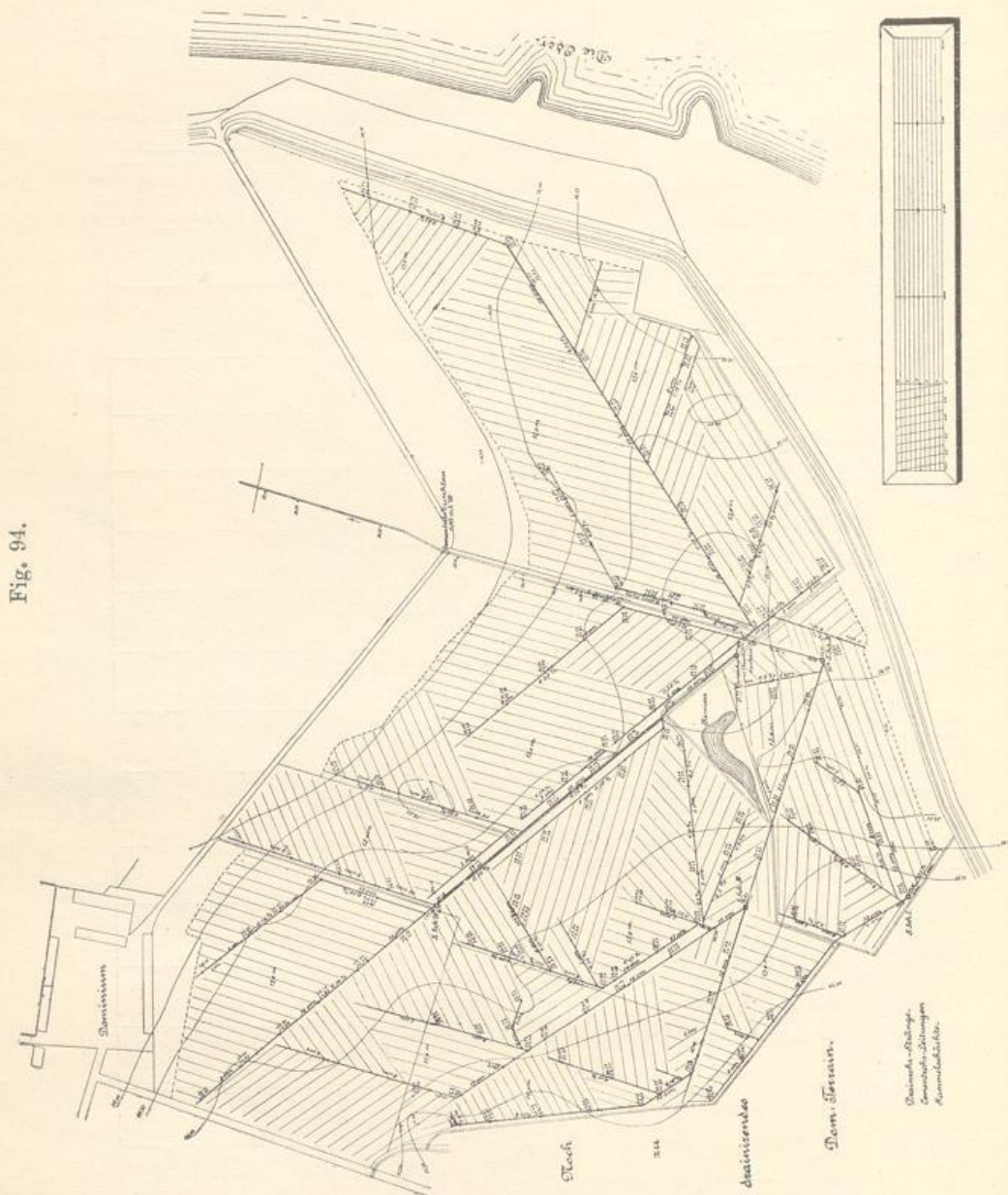
Die Anschaffungskosten des Motors von 4 Pferdekraften einschließlich Pumpe belaufen sich auf 4400 Mk., die des Maschinenhauses 1300 Mk., zusammen

Fig. 93.



also 5700 Mk. Auf das Hektar würden somit  $\frac{5700}{57} = 100$  Mk. an Vorflutkosten entfallen. Der Spiritusverbrauch stellt sich zusammen mit dem Schmiermaterial

stündlich auf etwa 35 Pfg. Eine besondere Bedienung des Motors ist nicht erforderlich; Löhne für Maschinisten entfallen demnach. Die Gesamtkosten der Drainage gibt Forchmann auf 342 Mk./ha an und zwar für Erdarbeiten 130 Mk., Anschaffungskosten der Röhren mit Einschluß der großen Lichtweiten 100 Mk., für die schon angegebene künstliche Vorflut 100 Mk. und für Betriebskosten rd.



12 Mk. für das ha Fläche. Bei  $5\frac{1}{2}\%$  iger Verzinsung würden demnach 18,81 Mk. für das ha jährlich aufzubringen sein, ein Betrag also, der die Rentabilität der Anlage nicht in Frage stellt.

Die obigen Mitteilungen werden von dem Besitzer des Gutes F. v. Löbbbecke in der gleichen Zeitschrift\*) nach verschiedenen Richtungen ergänzt. Das Drainagegebiet befindet sich in unmittelbarer Nähe der Oder, von dieser durch einen 200 bis 300 m breiten Wiesenstreifen und einen Deich getrennt. Infolge dieser Lage ist die Leistung des Pumpwerkes auf 40 Sekundenliter bemessen worden. Man hat damit annähernd das Richtige getroffen, wenngleich bei anhaltendem Regenwetter und hohem Stande der Oder der Zufluß bis 60 und 70 Sekundenliter steigt.

Die jährlichen Unterhaltungskosten setzen sich zusammen aus:

Betriebsstoff (Durchschnitt von 7 Jahren) . . .	360,00 Mk.
hiervon 10% für Schmiermaterialien . . .	36,00 „
Reparaturen . . . . .	100,00 „
Bedienung . . . . .	100,00 „
zur Abrundung . . . . .	4,00 „
	<hr/> 600,00 Mk.

Bei einer Verzinsung des gesamten investierten Kapitals von 5%, Amortisation der Drainage mit 5% und der Maschinen zu 10% entfällt bei einer Gesamtfläche von 55 ha einschl. der jährlichen Betriebskosten von 600 Mk. eine jährliche Belastung von 52,73 m auf das ha. Der durch die Drainage erzeugte Mehrertrag beträgt nach v. Löbbbecke beispielsweise bei Rüben rd. 200 Zentner für das ha, d. h. im Geldbetrage ein roher Mehrertrag von etwa 400 bis 450 Mk.

Die Bedienung des Pumpwerkes beschränkt sich, wie besonders mitgeteilt wird, im allgemeinen darauf, daß der Motor des Morgens in Betrieb gesetzt, dann etwa alle 4 bis 5 Stunden nachgesehen und wöchentlich einmal gründlich gereinigt wird. Die Anlage ist vom Wirtschaftshofe 800 m entfernt; ein angelernter Arbeiter erledigt die erforderlichen Vorrichtungen, so daß der oben angesetzte Betrag von 100 Mk. für Bedienung reichlich bemessen ist.

Bei der Veranschlagung der vermutlichen Betriebskosten hat man damit gerechnet, daß die Anlage jährlich 50 Tage zu 20 Stunden und 50 Tage zu 10 Stun-

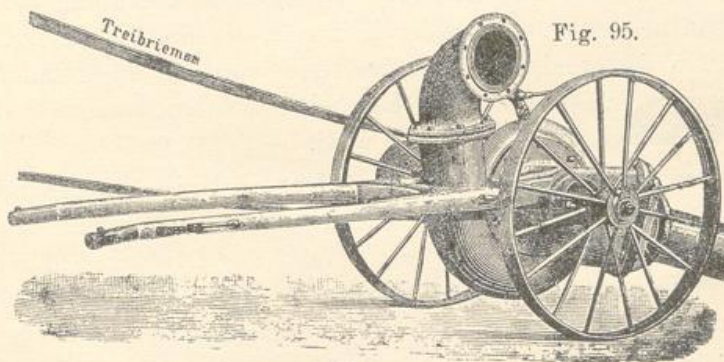


Fig. 95.

den würde in Tätigkeit treten müssen. Das sind also 1500 Betriebsstunden. In Wirklichkeit ist man im Durchschnitt mit 1000 Betriebsstunden ausgekommen.

\*) Der Kulturtechniker. Jahrg. 1909. Seite 5 usw.

Ein auf demselben Gute aufgestellter Windmotor in Verbindung mit einer Wasserschnecke hat den Erwartungen nicht entsprochen, weil der Motor und die Schnecke für eine größere Windgeschwindigkeit eingerichtet war, als sie in jener Gegend zutrifft.

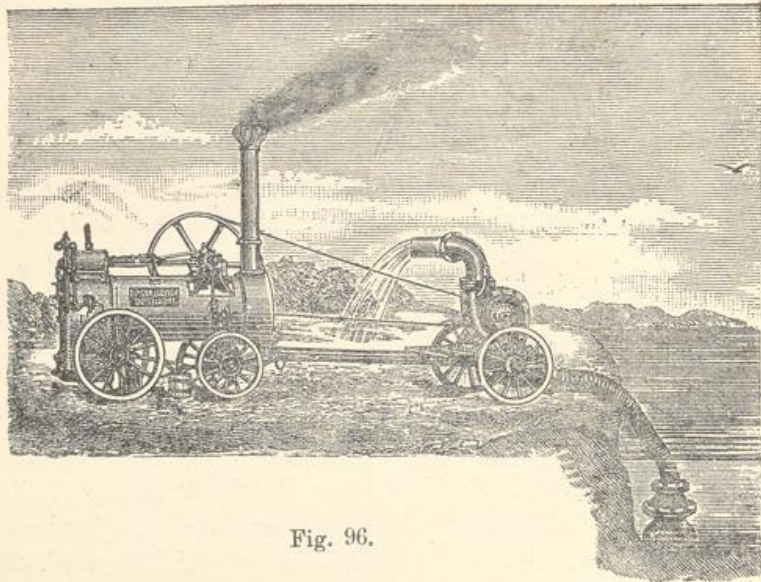


Fig. 96.

Wo eine Lokomobile für sonstige landwirtschaftliche Zwecke vorhanden ist, kann ihre Verwendung zusammen mit einer fahrbaren Zentrifugalpumpe (Fig. 95 und 96) in manchen Fällen am Platze sein.

#### 24. Zeit der Ausführung.

Die Ausführung einer Drainage ist in eine Zeit zu verlegen, in der der Boden so weit ausgetrocknet ist, daß die Arbeiten nicht durch Nässe erschwert oder gehindert werden.

Am zweckmäßigsten wird im Herbst sofort nach Aberntung der Feldfrüchte mit dem Ausbau begonnen. In dieser Zeit ruht die Feldbestellung, ein Mangel an Arbeitskräften ist weniger zu befürchten, und das Feld kann noch nach Fertigstellung der Anlage gründlich bearbeitet werden, wodurch die Wirkung der Drainage in hohem Maße gefördert wird.

Nicht selten freilich verlangen die Bodenverhältnisse, denen bei der Untersuchung vollste Aufmerksamkeit zu schenken ist, eine andere Zeit, wenn unnötige Kosten vermieden werden sollen. Weist das Drainagefeld viel Triebssand auf verbunden mit starkem Wasserandrang, so ist eine trockene Zeit und ein tiefer Grundwasserstand abzuwarten, da nur dann größere Schwierigkeiten bei Herstellung der Gräben und bei Verlegung der Röhren vermieden werden. Dagegen wird in schwerem Lehm- oder Tonboden am vorteilhaftesten drainiert, wenn der Boden noch eine gewisse Feuchtigkeit besitzt, die ein leichtes Ausstechen der Gräben zuläßt. Sind solche Böden ausgetrocknet, so lassen sie sich nur mit vieler Mühe und mit großem Zeitverluste bearbeiten. Schwerer Lehm-