UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Drainage

Schewior, Georg

Leipzig, 1912

II. Das Drainrohr

urn:nbn:de:hbz:466:1-97301

Visual Library

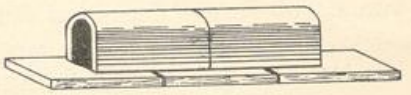
c) Hohlziegeldrains.

Als Vorläufer der jetzt allgemein eingeführten tönernen Röhren, Drainröhren, können die zu Drains benutzten Dachziegeln angesehen werden. Ihre Verwendung bestand darin, daß die sonst an einer Schmalseite abgerundeten rechteckigen Biberschwänze ohne diese Abrundung, auf die Sohle des Grabens gelegt, die Unterlage für die aufgesetzten Firstziegeln bildeten (Fig. 34).

Dieser in England zuerst eingeführte und vielfach erprobte Drain wurde bald dahin erweitert, daß die Hohlziegeln in etwas größerer Höhe als die gewöhnlich in Halbkreis ausgeführten Firstziegeln angefertigt wurden. Dabei erhielten die Nebendrains und die Hauptdrains verschieden große Abmessungen.

Fig. 34.

Fig. 35.



Die Hohlziegeln für die Nebendrains hatten eine lichte Weite von 5 cm, eine lichte Höhe von 6 cm, $1^1/_2$ cm starke Wandungen und eine Länge von 33 bis 38 cm. Die Sohlplatten (Fig. 35) besaßen dieselbe Länge, eine Breite von 12 cm und eine Dicke von 2 cm. Die Anordnung der beiden Ziegelstücke ist in Fig. 35 und 36 dargestellt.

Die Hauptdrains erhielten größere Ziegelformen; letztere wurden in einer Höhe von 9 cm, einer lichten Weite von 8 cm bei sonst gleicher Länge und etwas größerer Wandstärke als die Hohlziegeln des Nebendrains angefertigt.

Fig. 36.

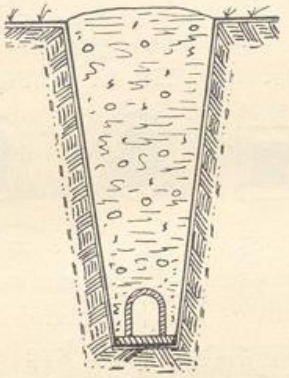
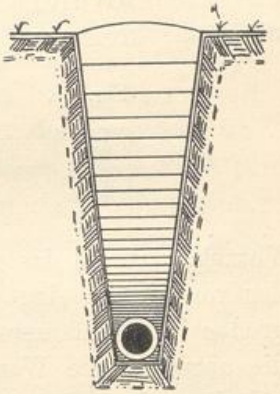


Fig. 37.



Zur Abführung größerer Wassermengen wurden zwei derartige Leitungen nebeneinander gelegt.

Die Wirkung der Abzüge ist ohne weiteres verständlich.

II. Das Drainrohr.

1. Allgemeines.

Die Hohlziegeldrains waren bis zum Jahre 1845 in England fast ausschließlich im Gebrauch, trotzdem schon einige Jahrzehnte früher tönerne Röhren bekannt gewesen und auch — in allerdings geringem Umfange — zur Verbauung gekommen sind.

So hat unter anderen John Read bereits im Jahre 1808 in der Grafschaft Kent **Drainröhren** und zwar solche mit **kreisrundem Querschnitte** verwendet.

Wenn die Röhren trotz ihrer Vorzüge zunächst in weiteren Kreisen nur spärlich Eingang fanden, so lag das hauptsächlich daran, daß sie mühsam mit der Hand angefertigt werden mußten. Hierdurch wurde nicht nur ihre Güte in Frage gestellt, sondern sie blieben auch wegen des hohen Bezugspreises unberücksichtigt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Erst als die Erfindung der Drainrohrpresse im Jahre 1844 durch Whitehead es möglich machte, Röhren in großen Massen und in guter Ausführung zu mäßigen Preisen zu liefern, nahm ihre Verbreitung in außerordentlich hohem Maße zu.

Gleichzeitig mit der Erfindung der Röhrenpressen wurden zweckmäßige Geräte zur Herstellung der Gräben und Verlegung der Rohrleitungen eingeführt. Durch praktische Ausnutzung verschiedener in den Handel gebrachter Spaten und anderer Werkzeuge wurden die Erdarbeiten auf ein Mindestmaß eingeschränkt und ein sicheres Lager der Röhren geschaffen.

Damit trat ein wichtiger Zeitabschnitt für die Drainage ein, die von da ab ihren Siegeslauf durch alle Kulturstaaten beginnen sollte.

2. Baustoffe der Drainröhren.

Die Drainröhren sind in der Regel gebrannte unglasierte Tonröhren. In neuester Zeit werden Drainröhren auch aus Zement hergestellt, doch fehlt bis jetzt jede Erfahrung, um die angeblichen Vorzüge feststellen zu können.

3. Form des Drainrohres.

Die Erfolge der Röhrendrainage haben zur Herstellung der verschiedensten Querschnitte Veranlassung gegeben. Man verfertigte Tonröhren mit rechteckigem (Fig. 38), quadratischem (Fig. 39), elliptischem (Fig. 40), ei- und auch birnförmigem (Fig. 41 und 42) Querschnitte, die aber sämtlich durch die **kreisrunde** Form (Fig. 43) verdrängt worden sind. Letztere hat den

Fig. 38. Fig. 39. Fig. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

Vorzug, daß sie das günstigste Verhältnis zwischen dem inneren Umfange und der von diesem eingeschlossenen Fläche aufweist. Unter Annahme eines gleichgroßen Durchflußquerschnittes und einer gleichen Rauhigkeit der Wandungen hat die abzuführende Wassermenge in dem kreisrunden Querschnitte die verhältnismäßig geringste Reibung zu überwinden. Diese Eigenschaft tritt besonders bei geringem Gefälle in den Vordergrund und hat viel zur Beseitigung der übrigen oben aufgeführten Querschnitte beigetragen.

Daneben hat die kreisrunde Form noch nachstehende bemerkenswerte Vorzüge:

1. Sie läßt sich leicht und damit wohlfeil herstellen;
2. sie beansprucht nur wenig Raum, wodurch die Gräben geringe Erdarbeiten und somit auch geringe Kosten verursachen;
3. sie läßt sich leicht und bequem verlegen;
4. sie schmiegt sich der Grabensohle gut an und ermöglicht einen dichten und sicheren Zusammenschluß der einzelnen Röhren;
5. sie widersteht am besten dem Erddrucke.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Röhren wurden im Anfange mit Muffen hergestellt. Diese Anordnung war mit Rücksicht auf die gebräuchlichen engen Röhren (2,5 und 3 cm Lichtweite) erforderlich, weil diese ohne Muffen leicht außer Verbindung kamen*). Nach Einführung der Drains mit 4 cm lichtem Durchmesser traten solche Nachteile weniger auf, und man ließ diese Vorsichtsmaßregel fallen, die nur die Kosten und die Arbeit der Verlegung unnötig erhöhte bezw. erschwerte.

4. Beschaffenheit der Röhren.

Wirksamkeit und Dauer einer Röhrendrainage sind in erster Linie von der Güte der verwendeten Röhren abhängig.

Die Drainröhren müssen nicht nur eine genügende Widerstandsfähigkeit gegen ein Zersetzen und Zerfallen im Boden besitzen, sondern sie müssen auch eine derartige Beschaffenheit der Innenseite zeigen, daß ein regelmäßiger, dauernd glatter Abzug gesichert bleibt.

Zunächst sollen die Röhren aus gutem, genügend durchgearbeitetem Material hergestellt werden. Die Wandungen müssen überall eine gleichmäßig dichte Masse bilden und dürfen keine Kalknieren oder Mergelknollen (größere oder kleinere Kalk- oder Mergelstücke) enthalten, da diese bei Zutritt von Feuchtigkeit aus dem Boden sich lösen und die sie umgebende Tonhülle sprengen.

Die Röhren müssen sodann scharf gebrannt sein und beim Anschlagen einen hellen, reinen Klang geben, der auch dann nicht verloren geht, wenn sie einige Tage lang im Wasser gelegen haben.

Zur Erzielung eines regelmäßigen Drainzuges sollen die Röhren möglichst gerade, also nicht gekrümmt sein und den kreisrunden Querschnitt besonders an den Endflächen besitzen. Sobald der Querschnitt ungleich ist, was durch Zusammendrücken der Röhren vor oder bei dem Trocknen (siehe Abschnitt 44) leicht eintreten kann, hat das abfließende Wasser einen größeren Widerstand zu überwinden. Hierdurch können Versandungen und Verschlammungen eintreten.

Die innere Wand muß möglichst glatt sein. Brandrisse, Erhöhungen durch einsitzende Steinchen und andere Unregelmäßigkeiten dürfen nicht vorkommen, da sie gleichfalls den Abfluß des Wassers hindern und Ablagerungen begünstigen.

Die Endflächen müssen rechtwinkelig zur Rohrachse, scharf und glatt abgeschnitten sein; die Schnittflächen dürfen an der Innenseite des Rohres keine Erhöhungen, sogen. „Brahmkanten“, aufweisen.

Zur Beurteilung der Drainröhren auf ihre Beschaffenheit gibt Kopecky**) noch nachstehende Prüfung an. Ein abgebrochenes Stück eines Rohres wird über eine Stunde lang in 10 %iger Salzsäure gekocht und, nachdem es in kaltem Wasser abgekühlt wurde, mit der Spitze eines gewöhnlichen Taschenmessers geritzt. Wenn die Messerspitze tiefer als 1 mm in die Tonmasse eindringt, kann man annehmen, daß das Rohr nicht scharf genug gebrannt ist und daß ein derartiges Rohr nicht lange im Boden unverletzt bleiben wird. Solche Ware muß als

*) Kreuter: Praktisches Handbuch der Drainage. Wien 1887. S. 174.

**) Referat der Sektion V des Oberingenieurs Kopecky auf dem 8. intern. landw. Kongreß zu Wien.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

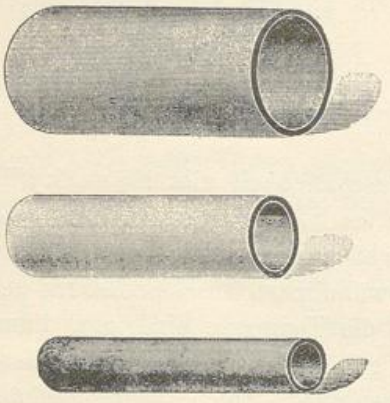
nicht beständig angesehen und zu Entwässerungszwecken des Bodens als ungeeignet zurückgewiesen werden. Ein anderes Stück desselben Rohres wird im trockenen Zustande abgewogen. Darauf legt man es in Wasser, läßt es 24 Stunden darin liegen und wiegt es wieder, nachdem man seine Oberfläche mit einem Leinwandlappen abgetrocknet hat. Der Gewichtszuwachs kann bis zu einem Grade als proportional zur Porosität angesehen werden. Wenn er weniger als 10 % beträgt und der Ritz mit dem Taschenmesser bei dem ersten Versuche nicht über 1 mm tief war, kann man die Röhre als sehr gute Ware bezeichnen. Beträgt der Gewichtszuwachs 11 bis 15 % und sind die anderen Eigenschaften und Merkmale entsprechend gut, so wird die Ware als gut angesehen. Wenn schließlich der Gewichtszuwachs über 15 % groß wird, dann ist die Wasserdurchlässigkeit zu groß. Die Röhren sind von der Verwendung anszuschließen, auch in dem Falle, wenn bei den übrigen Untersuchungen günstige Ergebnisse gefunden werden.

Neuerdings werden von der Ziegelei Jens. Kr. Jensen in Klützow (Pommern) sogen. **Kuppelungsrohre** (Fig. 44) angefertigt, die geeignet erscheinen, eine festere Verbindung der Drainrohre zu erreichen, als es bis jetzt möglich war. Die Röhren sind durch eine Reihe Patente im In- und Auslande geschützt.

Fig. 44.

Mit Hilfe einer sinnreich konstruierten Abschneidevorrichtung werden die Röhren nicht mit glatten, sondern, wie die Figur zeigt, mit wellenförmigen Stoßfugen hergestellt. Weiter können die Röhren an einer Seite um wenige Millimeter länger angefertigt werden, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, den Drainstrang bei fester Verbindung der Rohre miteinander in einer Kurve (siehe Abschnitt 27) zu verlegen.

Fig. 45.



Als besondere Vorzüge der Kuppelungsrohre werden angegeben: Unverschiebbarkeit und festere Verbindung der Röhren, selbst bei nachgiebigem Untergrunde, ferner erheblich größere Saugfähigkeit, weil die Röhren infolge ihrer wellenförmigen Stoßfugen eine größere Einlauffläche haben (siehe Abschnitt 9).

5. Rohrlänge.

Die Baulänge der Drainröhren schwankt zwischen 0,30 und 0,33 m. Von den meisten Ziegeleien werden die Röhren jedoch in einer Länge von 0,31 m (Fig. 45) geliefert. Letztere Abmessung wird den Massenberechnungen zu Grunde gelegt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wobei für das laufende Meter Drainstrang einschließlich Bruch bei **guten** Röhren 3,3 Stück, bei **minder guten** Röhren 3,5 Stück in Anrechnung gebracht werden.

Für die Sammler von mehr als 16 cm Lichtweite sind zweckmäßig Röhren von doppelter Länge zu verwenden.

6. Lichte Weite.

Die lichte Weite der Röhren wird jetzt fast durchweg nach dem metrischen Maß bestimmt und angefertigt. Die zur Zeit von allen größeren Ziegeleien hergestellten Weiten bewegen sich zwischen 4 und 21 cm. Kleinere lichte Durchmesser als 4 cm sind von der Verwendung auszuschließen, da solche Röhren sich leicht verschieben und verstopfen (s. a. S. 25 oben).

7. Wandstärke.

Je nach der Rohrweite und der Güte des Rohmaterials ist die Wandstärke der Drainröhren verschieden.

Die Röhren haben im Boden keinen starken Druck auszuhalten; aus diesem Grunde dürfen die Wandungen, sofern es das Rohmaterial zuläßt, ziemlich dünn ausfallen. Andererseits ist die Stärke so zu bemessen, daß die Röhren, ohne Schaden zu leiden, befördert und verlegt werden können. Da mit der lichten Weite die Zerbrechlichkeit zunimmt, wird auf die Herstellung der Röhren größeren Durchmessers dementsprechend Rücksicht genommen.

Die durchschnittlichen Wandstärken sind in der nachstehenden Tabelle 1 aufgeführt.

8. Gewicht und Kosten der Röhren.

Das Gewicht ist bei Berechnung der Anfuhrkosten von Wichtigkeit und hängt ab von dem lichten Durchmesser und damit von der Wandstärke der Röhren.

In der nachfolgenden Tabelle 1 wird eine Uebersicht der üblichen Weiten für Ton-Drainröhren und ihren mittleren Wandstärken gegeben, ferner des durchschnittlichen Gewichts und Preises für 1000 Röhren.

Tabelle 1.

Lichtweite, Wandstärke, Gewicht und Kosten der Drainröhren aus Ton.

Lichtweite in cm . . .	4	5	6,5	8	10	13	16	18	21
Wandstärke in mm . .	12	13	15	16	18	21	24	26	29
Gewicht von 1000 Röhren in Tonnen = 1000 kg	0,95	1,25	1,75	2,35	3,20	4,80	7,00	8,50	12,00
Kosten für 1000 Röhren in Mk. etwa: . . .	23	28	36	47	64	94	140	210	300

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus obiger Zusammenstellung ist zu ersehen, daß die Preise für die größeren Lichtweiten unverhältnismäßig stark zunehmen. Es empfiehlt sich daher die Anwendung von Röhren über 16 cm lichter Weite zu vermeiden, was durch geschickte Einteilung der Systeme (siehe auch Abschnitt 31) meist immer zu erreichen ist. Nur ausnahmsweise z. B. bei kurzen Verbindungen mit dem Vorfluter können 18 und 21 cm weite Röhren in Frage kommen.

Ueber Kosten der Zement-Drainröhren ist einiges im Abschnitt 44 unter b gesagt.

9. Der Eintritt des Wassers in die Röhren.

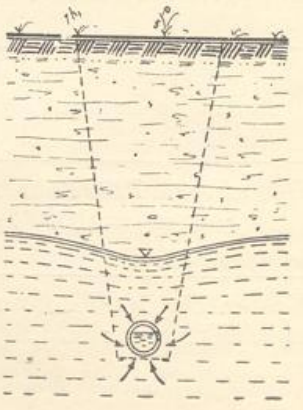
Auch jetzt noch ist die Ansicht vielfach verbreitet, daß das Wasser durch die Wandungen in die Drainröhren eindringt. Dies ist durchaus nicht der Fall. Das Wasser tritt vielmehr ausschließlich durch die Stoßfugen zwischen den einzelnen Röhren ein; die etwa beobachtete aufsaugende Wirkung der Rohroberfläche hört nach erfolgter Sättigung des Tonrohres vollständig auf. Nach den Feststellungen von Wodicka tritt ein Abtropfen des Wassers an den Innenwandungen neuer Röhren erst unter einem Drucke von etwa einer Atmosphäre ein, d. h. unter Verhältnissen, die bei der Drainage nie eintreten. Wenn die Stoßfugen zwischen den einzelnen Röhren auch noch so eng ausfallen, so verbleibt doch immer genügend Spielraum, durch das Wasser in das Innere der Röhren gelangen kann. Nimmt man an, daß die Stoßfugen durchschnittlich nur 0,5 mm breit sind, so würde die Fugenfläche zwischen zwei benachbarten Röhren die Größe $= d \cdot \pi \cdot b$ oder bei Annahme eines Rohres mit 4 cm $= 40$ mm lichter Weite eine Größe $= 40 \cdot \pi \cdot 0{,}5 = 20\ \pi$ qmm ergeben. Der innere Querschnitt des Rohres beträgt $\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40 \cdot 40 \cdot \pi}{4} = 400\ \pi$ qmm. Es sind demnach $\frac{400\ \pi}{20\ \pi} = 20$ Fugen nötig, um dem Rohrquerschnitte gleichzukommen. Dies wird bei einer Rohrlänge von rd. 30 cm erreicht in einer Drainleitung von $20 \cdot 30$ cm $= 6{,}0$ m Länge.

10. Wirkung eines Drainstranges.

Das im Boden befindliche Grundwasser hat infolge der Schwere das Bestreben, seine Lage dahin zu verändern, wo es den geringsten Widerstand findet.

Denkt man sich in dem Bereiche des Grundwassers eine Rohrleitung eingebaut (Fig. 46), so werden zunächst die an den Stoßfugen der Drainröhren lagernden Wassertropfen, soweit sie nicht durch die Kapillarität oder Haarröhrchenwirkung im Boden festgehalten werden, gemäß dem Gesetze der Schwerkraft in das Innere des Abzuges entweichen. Die hierdurch entstehenden kleinen Hohlräume werden sofort von den benachbarten Wasserteilchen eingenommen, die nun selbst durch die Fugen in das Rohr eintreten. Dieser Vorgang wiederholt sich und breitet sich immer weiter aus. Ein Tropfen nach dem andern

Fig. 46.



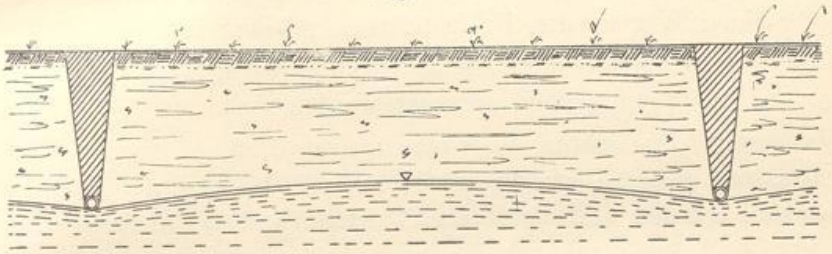
schließt sich der Bewegung an und vergrößert die Menge des Wassers, das von dem Drainstrange aufgenommen und entsprechend dessen Gefälle fortgeführt wird.

Das Wasser dringt in das Rohr auf dem ganzen Umfange der Fuge ein, denn auch die Wasserteilchen unter dem Rohre werden unter dem Einflusse des seitlichen Wasserdruckes, sofern er genügend stark ist, gezwungen, in das Innere des Rohres zu entweichen. Je größer die Druckhöhe ist, d. h. je höher der Grundwasserspiegel über dem Drainrohre steht, und je größer die Durchlässigkeit des Bodens ist, desto rascher und kräftiger werden die Wasserteilchen dem Drain zuströmen.

Mit der abfließenden Wassermenge nimmt die Druckhöhe ab, der Wasserablauf wird geringer und hört ganz auf, wenn der Grundwasserspiegel sich bis zu den Röhren gesenkt hat.

Aus der Beziehung zwischen Druckhöhe und der zu überwindenden Reibung der Wasserteilchen im Boden selbst folgt, daß der Grundwasserspiegel in unmittelbarer Nähe des Drains seinen tiefsten Stand erreicht, während er mit der Entfernung vom Drain sich hebt. Das Grundwasser wird also bei seiner tiefsten, durch zwei Drains bewirkten Senkung nicht etwa eine horizontale Lage zwischen diesen einnehmen, sondern entsprechend der Bodendurchlässigkeit und den Schichtungsverhältnissen eine mehr oder weniger ansteigende, gewölbeartige Oberfläche bilden (Fig. 47).

Fig. 47.



Der gewölbte Wasserspiegel wird mit der Zeit um so tiefer sinken, je länger der Drain wirkt, wenn nicht ein weiterer Zufluß von Grund- oder Sickerwasser erfolgt. Bei gewöhnlichen Bodenverhältnissen und bei trockener Witterung wird sich im allgemeinen die Grundwasserkurve 0,3 bis 0,4 m über den Drainsohlen einstellen.

Die Wirkung der Drainage auf den Boden und den Pflanzenwuchs ergiebt sich aus dem, was auf Seite 3 über die Nachteile der Bodennässe gesagt ist, von selbst. Hier sei nur noch folgendes bemerkt.

Mit der Absenkung des Wassers findet eine durchgehende Auflockerung selbst des strengsten Bodens statt.

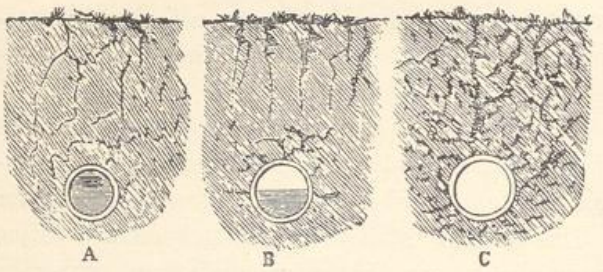
In dem Maße, als das überschüssige Wasser sich senkt, entstehen Poren und Risse in dem Erdreich, die Luft dringt von oben in die freien Räume ein und erzeugt einen Zustand, der auf das Wachstum der Pflanzen in denkbar günstigster Weise einwirkt. Denn durch die Wärme und durch den Sauerstoff muß sich bei der Frische des Bodens die Lösung der Nährstoffe in ausgiebigstem Maße vollziehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Welcher Einfluß der Drainage in bezug auf die Bereicherung des Bodens mit Luft zugeschrieben wird, zeigt das Vorgehen von Kopecky*) und auch englischen Technikern, von denen Flächen drainiert werden, obwohl dem Wassergehalte nach kein Bedürfnis vorliegt, allein zu dem Zwecke, um dem Untergrunde mehr Luft zuzuführen.

In Fig. 48 ist die Wirkung eines Drainzuges veranschaulicht. Bei dem Querschnitte A ist das Rohr ganz mit Wasser angefüllt und der Boden fast garnicht zerklüftet. B zeigt diese Stelle nach einiger Zeit, wo der Boden schon vielfach mit Rissen durchzogen ist, und das Rohr nur mehr halbvoll läuft. Bei C ist die Wirkung der Entwässerung bereits eingetreten und der Boden vollständig gelockert.

Fig. 48.



Die Schnelligkeit, mit der sich der Erfolg der Drainage einstellt, ist natürlich verschieden. In leichteren Böden kann die volle Wirkung schon nach einigen Wochen wahrgenommen werden. Nicht so bei schweren Böden. Hier kann es, wenn der Untergrund sehr undurchlässig ist, lange Zeit, ein Jahr und darüber dauern, bis sich das Grundwasser einen Weg zu den Drainsträngen gebahnt hat.

Es sei auch hier auf die Bedenken hingewiesen, die gegen die Ausführung von Drainagen geltend gemacht worden sind.

α) In erster Linie wurde die Frage aufgeworfen, ob durch die Abführung des Grundwassers nicht auch wasserlösliche Teile des Bodens und des Düngers fortgeschwemmt würden und damit als Pflanzennährstoffe verloren gingen. Einschlägige Untersuchungen von verschiedenen Forschern haben eindeutig ergeben, daß das Drainwasser von Ammoniak noch weniger als Regenwasser enthält und die wertvollen Dungstoffe Kali und Phosphorsäure nur in ganz geringen Mengen. Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, lösliche Kieselsäure, Chlor und Eisen, vornehmlich aber auch Salpetersäure haben sich im Drainwasser allerdings in größerer Menge vorgefunden. Die vier ersten genannten Stoffe sind aber in fast allen Kulturböden in der Regel so reichlich vorhanden, daß ein etwaiger Verlust wenig zu bedeuten hat. Der Bedarf an Chlor und Eisen ist gleichfalls überall vollauf gedeckt. Im Uebermaße sind diese Stoffe direkt schädliche Verbindungen, und daher ihre Auslaugung nur von Vorteil. Gegen einen Stickstoffverlust schützt man sich am besten, indem man nur salpeterhaltige Düngerstoffe nimmt und sie als Kopfdüngung gibt.

Daß eine entsprechende Draintiefe vor Nährstoffverlusten schützt, ist leicht einzusehen. Die aus den oberen Bodenschichten in die Tiefe geführten Pflanzennährstoffe werden bei stärkerer Erdschicht eher festgehalten als wenn die Drains nur in geringer Entfernung von der Bodenoberfläche liegen.

*) Siehe: Der Kulturtechniker, Jahrg. 1908, S. 17.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

β) Die Befürchtung, daß drainierte Böden in regenarmen Jahren zu trocken werden, hat sich als vollständig grundlos erwiesen. Im Gegenteil sind zu solchen Zeiten*) die Erträge auf drainierten Böden viel reichlicher ausgefallen, als auf Böden, die nicht drainiert waren. Durch die Drainage wird eben nicht alles Wasser, sondern nur das schädliche Uebermaß abgeführt. Die Pflanzen können mit ihren Wurzeln in größere Tiefen vordringen, wo der Boden auch nach langer regenloser Zeit immer noch genügende Feuchtigkeit vorfindet. Außerdem verwandelt nach Vogelvanger die durch die Drains in den Boden eindringende Wärme die bis zur Tiefe derselben versenkten, und die noch tiefer liegenden Bodenschichten mittels Kapillarität angesammelten Wassermengen zum Teil in Wasserdämpfe, die von der oberen Bodenschicht absorbiert werden, und zwar in umso größerem Maße, je ausgetrockneter diese ist.

γ) Auch der Einwand, daß durch die Drainage umfangreicher Flächen der Wasserabfluß beschleunigt und die Hochwassergefahr vergrößert wird, hat keine Berechtigung. Durch die Drainage wird ja der Boden lockerer, luftiger, tiefgrundiger gemacht. Es kann daher hier von dem auffallendem Tagewasser mehr zur Versickerung gelangen, als es vor der Drainage möglich war. Da nun das versickerte Wasser zu seinem weiteren Abfluß durch den Boden mehr Zeit braucht, als wenn es oberirdisch abfließen würde, kann sogar mit Recht angenommen werden, daß die Drainagen eher zur Verlangsamung als zur Beschleunigung des Wasserabflusses beitragen**).

11. Allgemeine Anordnung der Drains.

Die bei den ersten Anlagen übliche Anordnung, die Drains einzeln in offene Wasserläufe ausmünden zu lassen, wird auch jetzt noch, nicht ohne Schaden für die betreffenden Besitzer, von Landwirten befolgt, die eigenhändig das Drainieren ihrer Grundstücke vornehmen.

Die unmittelbare Ueberführung des Wassers aus den Drains in die Vorfluter hat naturgemäß eine große Anzahl von Ausmündungen zur Folge, die bei umfangreicheren Anlagen sich als durchaus unzweckmäßig und kostspielig erweisen. Denn die Ausmündungen sind die einzigen sichtbaren Teile einer Drainageanlage und mannigfachen Gefahren durch Beschädigung oder Verstopfung ausgesetzt. Sie müssen daher, falls sie einen dauernden Erfolg gewähren sollen, eine feste und dauerhafte Fassung erhalten, wodurch die Ausgaben bedeutend erhöht werden. Außerdem bringt es eine derartige Anordnung mit sich, daß ohne eine vermehrte Anzahl von Gräben eine größere Anlage schwer durchführbar wird. Damit würde der Vorteil der unterirdischen Abzüge nur zum Teil ausgenutzt.

Alle diese Nachteile haben die Engländer selbst schon frühzeitig erkannt und mit Erfolg beseitigt, indem sie die Drains nicht einzeln ausmünden ließen, sondern eine größere Anzahl in einem genügend weiten Strange vereinigten und zur Ausmündung brachten.

*) Siehe: Der Kulturtechniker, Jahrg. 1905, S. 194.

**) Siehe: Spöttle, Landwirtschaftl. Wasserbau, S. 186. Ferner: Der Kulturtechniker, Jahrg. 1898, S. 1 und Lauterburg, Berechnung der Quellen und Stromabflußmengen.

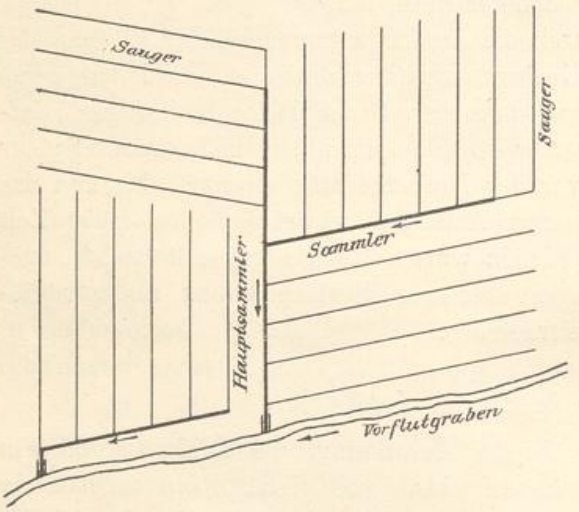
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wir kommen hiermit zur sogenannten **systematischen Drainage.** Darunter ist die planmäßige Anordnung verschiedener Stränge zu verstehen, die in einheitlichem Zusammenhange zu einem Ganzen, dem System, vereinigt sind. Ein **Drainsystem** wird demnach durch alle zu einer Ausmündung gehörenden Drains gebildet.

Die Drains erhalten entsprechend ihrer Aufgabe verschiedene Bezeichnungen.

Die eigentliche Entwässerung des Bodens erfolgt durch die meist parallel zu einander gerichteten **Saugedrains** oder **Sauger,** auch Neben- oder Seitendrains genannt (Fig. 49). Wie aus dem vorigen Abschnitte zu ersehen ist, findet durch die Sauger, wie die allgemein verbreitete Bezeichnung vermuten ließe, nicht ein Ansaugen des Wassers statt, denn dieser Vorgang würde einen luftverdünnten Raum in den Röhren voraussetzen, sondern die Wasserteilchen werden von außen veranlaßt, in das Innere der Drains einzutreten.

Fig. 49.



Die durch die einzelnen Nebenstränge aufgefangenen Wassermengen werden in die **Sammeldrains** oder **Sammler** (Fig. 49) entleert. Die Sammler führen das vereinigte Wasser entweder unmittelbar dem Vorflutgraben zu (Fig. 49 links) oder leiten dasselbe in einen weiteren Drainzug, in einen **Hauptsammler** (Fig. 49, Mitte), der mehrere Sammler aufnimmt und schließlich in den Vorfluter mündet.

Eine besondere Aufgabe erfüllen die **Kopfdrains,** die da angelegt werden, wo es gilt, das „fremde" Wasser der höher gelegenen Gebiete abzufangen, bevor es in die zu drainierende Fläche eindringt. Ihre Tiefe ist stets so zu bemessen, daß das einströmende Wasser wirklich gefaßt wird. Hierzu ist eine genaue Untersuchung der wasserführenden Schichten erforderlich.

Da die Kopfdrains gewöhnlich mehr Wasser als die Saugedrains abzuführen haben, ist es zweckdienlich, sie in gesonderter Leitung dem Vorflutgraben zuzuführen. Ist eine derartige unmittelbare Führung aus örtlichen Gründen oder weil sonst eine lange, kostspielige Leitung nötig wäre, nicht angebracht, dann wird der Kopfdrain in den nächstgelegenen Sammler übergeführt. Die Rohrweite des letzteren muß sodann unter Berücksichtigung auch des fremden Wassers bemessen werden.

Bei unbedeutendem Zuflusse und der in Fig. 50 angegebenen Richtung der Saugedrains — Längsdrainage siehe Seite 40 — kann der Kopfdrain durch eine fast parallel zu den Schichtenlinien bewirkte Führung der einzelnen Sauger ersetzt werden. Die Abzweigungen bleiben von der Grenze $^1/_4$ bis $^1/_2$ der festgesetzten Strangentfernung (siehe Abschnitt 17) entfernt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei der in Fig. 51 skizzierten Anordnung der Sauger — Querdrainage siehe Seite 40 —, nach der die Drains mehr oder weniger die Wirkung als Kopfdrains von vornherein ausüben, kann von der besonderen Anlage abgesehen werden, falls nicht örtliche Verhältnisse sie dennoch gebieten.

Fig. 50.

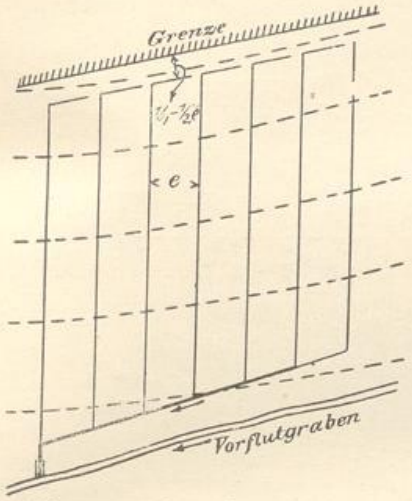
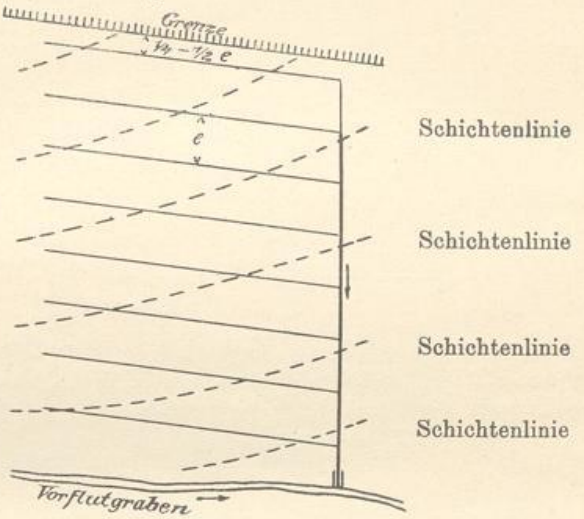


Fig. 51.



Wo nur einzelne versumpfte Stellen infolge wasserführender Schichten oder Quellen auftreten, werden die Saugstränge ohne weitere Rücksicht auf ihre gegenseitige Lage dem Bedürfnis entsprechend mit mehr oder weniger großen Verzweigungen angelegt. Die Stränge werden in einem Sammler zusammengefaßt, der das Wasser auf dem kürzesten Wege dem Vorfluter übermittelt, siehe z. B. Fig. 52.

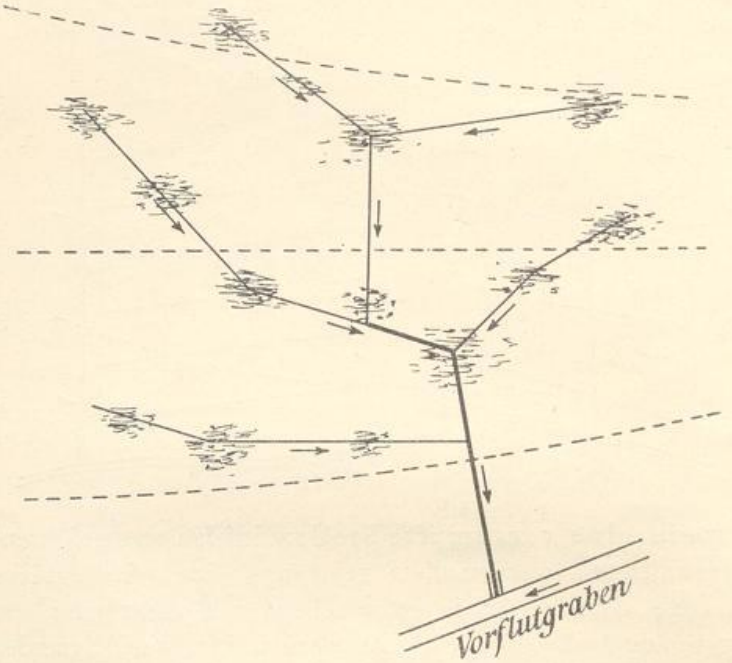
Ueber das Auffangen von Quellen ist im Abschnitt 35 das Erforderliche gesagt. Die dort beschriebene Anordnung zur beschleunigten Abführung des Sickerwassers kann auch bei der Aufnahme von Schichtwasser in Betracht kommen, wie noch besonders im Abschnitt 27 bemerkt wird.

Zu dieser **Einzel-** oder **Partialdrainage** sind mit wenigen Einschränkungen auch die Drainagen von Wegen, Hausgrundstücken und Kirchhöfen zu rechnen, worüber einiges nachstehend gesagt sei.

Wege, die eine Anhöhe hinaufführen, werden oft durch einzelne Quellen oder durch Schichtwasser auf größere Breite in einen unfahrbaren Zustand gebracht. Hier gilt es, das Grundwasser in zweckentsprechender Tiefe durch Röhrendrains, die durch Steinpackung gesichert werden (siehe Abschn. 27 u. 35) auf- oder abzufangen und auf dem kürzesten Wege zur Ausmündung zu bringen. Bewegt sich das Grundwasser auf einer undurchlässigen Bodenschicht in der Richtung des Wegekörpers, so wird, wenn die Entwässerung durch Seitengräben nicht ausreicht, die Einlage eines oder zweier zu einander parallel liegenden Drains in der Wegerichtung vorgesehen (siehe auch Seite 38). Die Entleerung der Stränge erfolgt, wenn es den Verhältnissen entspricht, in die Seitengräben alle 100 bis 200 m, sonst wird der eine Drain als Sammeldrain ausgebildet, in welchen der andere in angemessenen Abständen mündet.

In feuchten Niederungen, wo eine hinreichend hohe Dammschüttung aus Mangel an geeignetem Material ausgeschlossen ist, kann neben den Seitengräben gleichfalls die zuletzt angegebene Drainanordnung in Frage kommen. Dies gilt vornehmlich für schwerere Böden. Nasse Sandwege regelmäßig zu drainieren,

Fig. 52.



wäre falsch, weil hier eine gute Bahn von einer gewissen Feuchtigkeit des Erdreichs abhängt. Die Tiefe der Drains wird je nach den Verhältnissen von der üblichen Normaltiefe (siehe Abschnitt 12) abweichen, doch sollte die Frosttiefe mit Rücksicht auf ein Zufrieren der Stränge nicht unterschritten werden.

Wohnhäuser, Scheunen und Keller unter Gebäuden leiden oft an den Folgen eines zu hohen Grundwasserstandes. Die Absenkung kann in der Weise vorgenommen werden, daß man außerhalb des Gebäudes — von den Umfassungsmauern in einem Abstande von 3 bis 4 m — Drains legt, die das Wasser abfangen, ehe es zu den Gebäuden gelangt. Die Draingräben werden zweckmäßig tiefer eingeschnitten, als das Grundmauerwerk reicht. Wird die Notwendigkeit, das Grundstück zu entwässern, schon vor Aufführung des Gebäudes erkannt, so ist der ganze Untergrund systematisch zu drainieren. Dies kann auch nachträglich da geschehen, wo die Gebäude unterkellert sind, was ja meistens der Fall ist. Es werden hier gleichgerichtete Sauger in kleinen Abständen, je nach der Nässe 1 bis 3 m, bei geringer Tiefe — bis 0,6 und 0,5 m unter der Kellersohle — mit ausreichendem Gefälle vorgesehen und zu einer Ausmündung zusammengefaßt. In Ortschaften mit Kanalisation wird die Vorflutgewinnung sehr einfach sein.

Die Drainage der ganzen Gebäudefläche, wozu auch noch, falls es notwendig erscheint, die angrenzenden Grundstücke hinzuzuziehen sind, muß in der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Regel da einsetzen, wo das Grundwasser von unten nach oben aufsteigt, während die erstere Anordnung — Drains außerhalb des Gebäudes — gewöhnlich nur bei seitlichem Wasserandrange ihren Zweck erfüllt.

Bei Kirchhöfen unterscheidet man Drainagen, die vor Gebrauchnahme der Anlage oder die erst später ausgeführt werden. Im ersteren Falle liegen Schwierigkeiten nicht vor, vorausgesetzt, daß eine hinreichende Vorflut vorhanden ist und die Bodenverhältnisse nicht schwierig sind. Wo die erstere auf natürlichem Wege nicht zu beschaffen ist, kann eine künstliche Ableitung des Wassers in Frage (siehe Abschnitt 23) kommen.

Die Grabstätten erhalten in der Regel eine Tiefe von 1,80 m unter der Bodenoberfläche, wobei zwischen Sohle der Grube und dem höchsten Grundwasserspiegel noch ein Abstand von etwa 0,5 m sich befinden soll. Die Drain-tiefe ist daher nicht unter 2,3 bis 2,5 m, besser zu 3,0 m zu bemessen. Kann diese Tiefe nicht erzielt werden, so werden hier, wie auch bei Kirchhöfen, die schon im Gebrauche sind, die Leitungen zwischen den Grabstätten und von diesen möglichst 1 m entfernt angelegt. Die Sammeldrains sind, wenn angängig, in den Wegen und Zugängen anzuordnen. Die Entfernung der Sauger ist mit Rücksicht auf rasche Wirkung ziemlich kurz zu bemessen.

Die Lichtweite der Sauger ist in den Wegen usw., wo es auf die möglichst schnelle und ungehinderte Abführung des Wassers ankommt, größer als sonst zu wählen, 5 cm, 6,5 cm, auch wohl 8 cm.

12. Tiefe der Drains.

Die günstige Wirkung einer Drainage hängt in hohem Maße von der richtig gewählten Tiefe der Drains ab.

Die älteren Anlagen hatten insgesamt den großen Nachteil, daß die Stränge nicht genügend tief verlegt waren. Eine Tiefe von 0,6 bis 0,8 m, höchstens von 1,0 m, hielt man bei Holz-, Steindrains usw. für ausreichend, tiefer wurde selten drainiert. Man scheute die großen Kosten der Erdarbeiten bei zunehmender Tiefe der bei den obigen Drains allerdings ziemlich breit anzulegenden Gräben und begründete das geringe Maß damit, daß nach der Frühjahrsschmelze das Wasser schneller in die Drains gelangen könne.

Auch bei Einführung der Röhrendrainage ging man anfänglich nicht über 1,0 m hinaus. Indessen traten doch bald in sehr vielen Fällen die Schäden der geringen Tiefe zutage, und man lernte sie rasch erkennen und beseitigen.

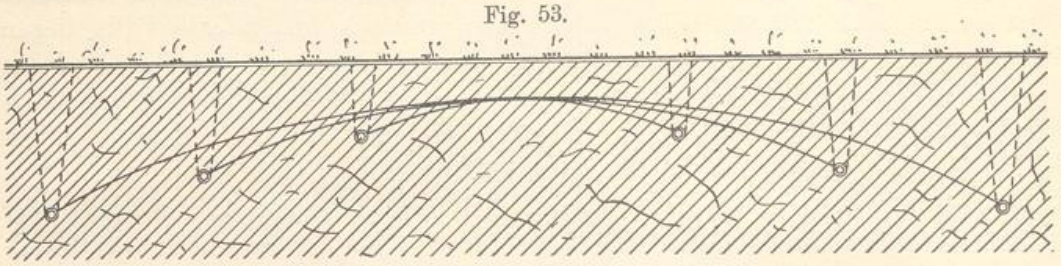
Die Umstände, welche Wirkung und Dauer einer derartigen Anlage stark beeinträchtigen, sind folgende;

a) Die Röhren liegen nicht genügend frostfrei. Friert der Boden bis hinab zu Drains, so versagt gerade in der wichtigen Zeit der Schneeschmelze die Leitung den Dienst. Die um den Drain gefrorenen Bodenschichten müssen erst auftauen, ehe die Wasserteilchen den gezeichneten Weg zum Rohrinnern verfolgen können, wodurch der Entwässerungsvorgang beträchtlich aufgehalten wird. Auch ein Zerfrieren der Röhren ist nicht ausgeschlossen, sowie eine Verschiebung im Lager, wenn die Grabensohle aufgetaut und weich geworden ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

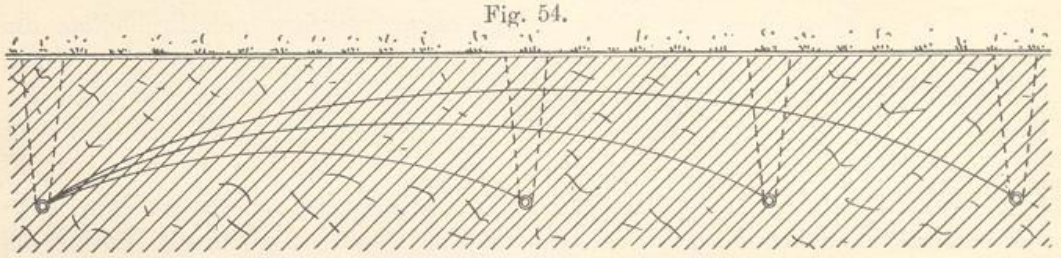
b) Bei leichten Böden kann sehr leicht der Fall eintreten, daß Pflanzenwurzeln durch die Fugen in das Innere der Röhren eindringen und letztere mit der Zeit vollständig verstopfen.

Fig. 53.



Wassersenkung bei verschiedener Draintiefe und verschiedener Strangentfernung.

Fig. 54.



Wassersenkung bei gleicher Draintiefe und ungleicher Strangentfernung.

c) Aus der Betrachtung auf Seite 29 usw. und den Fig. 53 und 54 ist ohne weiteres zu entnehmen, daß bei gleicher Strangentfernung und Grundwasserabsenkung die Größe der entwässerten Fläche von der Tiefe der Drains abhängt. Je geringer also letztere angeordnet wird, desto schmäler wird die Fläche, desto größer wird die Anzahl der notwendigen Drainleitungen und desto erheblicher werden die Anlagekosten.

d) Da das Grundwasser nur auf eine geringe Tiefe gesenkt wird, kann der Boden auch nur bis zu dieser nutzbar gemacht werden. Je tiefer daher der Boden aufgeschlossen wird, desto mehr Nährstoffe vermögen die Kulturpflanzen ihm zu entnehmen und desto größer und sicherer sind die Erträge und die Erfolge. Siehe auch das im Abschnitt 17 (Seite 44) Gesagte.

e) Liegen die Drains zu nahe an der Bodenoberfläche, dann sickern die im Unterwasser enthaltenen Dungstoffe unverbraucht durch die Leitung ab, während diese bei größerer Tiefe durch die mächtigere Bodenschicht zurückgehalten und den Pflanzenwurzeln zugänglich gemacht werden. Hiermit im Zusammenhange besteht, namentlich in weniger feuchten Gegenden, die Gefahr, daß geringe Niederschläge abgeführt werden, bevor der Boden imstande ist, sich vollzusaugen. Hiernach kann also auch andererseits der Fall eintreten, daß mit Rücksicht auf eine schnellere Abführung eines reichlichen Oberflächenwassers die Draintiefe geringer angesetzt wird, als sie durch die Bodenverhältnisse allein gerechtfertigt erscheint (siehe Seite 37).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Neben diesen allgemeinen Gesichtspunkten spielen bei der Bemessung der Draintiefen die Bodenarten und ihre Lagerung, ferner die Grundverhältnisse, sowie die angebauten Kulturgewächse selbst eine nicht unbedeutende Rolle.

Die durch die „Anweisung für die Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen"*) für Preußen maßgebende **Normaltiefe** für alle Bodenarten von **1,25 m**, die schon von Vincent um die Mitte des vorigen Jahrhunderts empfohlen wurde, hat sich für den gewöhnlichen Getreide- und Hackfruchtbau im allgemeinen bewährt. Nur in schweren, undurchlässigen Tonböden, vornehmlich auch in rauhen Lagen mit kurzer Vegetationszeit, ist eine geringere Tiefe zu empfehlen, weil auf solchen Böden ausgeführte Drainagen vielfach ihren Zweck nur mangelhaft erfüllt oder gänzlich versagt haben**). Infolge der geringen Durchlässigkeit des Tones geht die Absickerung des Wassers und damit die Abtrocknung der Felder in der Mitte zwischen den Drainsträngen nicht rechtzeitig von statten. Will man den Entwässerungsvorgang beschleunigen, so ist eine geringere Tiefe mit einer engeren Strangentfernung (s. Abschnitt 17) anzuordnen.

Breitenbach**) schlägt auf Grund eingehender Untersuchungen vor, die Tiefe zu bemessen:

in schwerem Ton auf . . . . 1,00 m,
in gewöhnlichem Tonboden auf . 1,10 m,
in leichteren Böden auf . . . 1,25 m.

Diese Zahlen stehen in gewissen Grenzen mit englischen Erfahrungen**) im Einklange, insofern dort mit vollkommenem Erfolge in neuerer Zeit den Drainagen zu Grunde gelegt wird:

in sehr schwerem Boden eine Tiefe von . . 0,76 bis 0,84 m,
in Mittelboden „ „ „ . . 0,92 „ 0,99 m,
in leichterem Boden „ „ „ . . 1,07 „ 1,37 m.

Die Gefahr des Zuwachsens der Röhren durch Pflanzenwurzeln bei der Minimaltiefe von 1,00 m nach Breitenbach ist nicht groß, da bei schwerem Tonboden die Pflanzenwurzeln so tief in den Boden nicht einzudringen pflegen. Auch bei den in England üblichen, sehr flachen Drainanlagen wird besonders hervorgehoben, daß die Röhren nur äußerst selten durch Wurzeln verstopft werden.

Mit den obigen Angaben steht scheinbar im Widerspruch, daß in Böhmen nach den Mitteilungen von Kopecky***) in kalkreichen, drainagebedürftigen Böden die Drains bis 1,5 und 1,6 m tief eingeschnitten werden, und daß man in diluvialen und ähnlichen Böden, die in einer großen Tiefe eine gleichartige und günstige Bodenbeschaffenheit aufweisen, eine Tiefe von 1,3 bis 1,5 vorsieht.

---

*) Herausgegeben von der Königl. Generalkommission für die Provinz Schlesien. Berlin 1911. Im weiteren Verfolg des Werkes ist unter „Schlesische Anweisung" diese Schrift zu verstehen.

**) Siehe: Breitenbach, Die Bestimmung der Drain-Entfernung auf Grund der Hygroskopizität des Bodens. Königsberg i. Pr. 1911.

***) Siehe Referat 4, Sektion V des Oberingenieurs Kopecky auf dem 8. intern. landw. Kongreß zu Wien.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Zweck ist dort, dem Pflanzenaufwuchs eine möglichst starke Erdschicht aufzuschließen und die hier angehäuften Nährstoffe nutzbar zu machen.

Wird ein sonst gleichmäßig gelagerter Kulturboden durch eine undurchlässige Erdschicht*), in etwa 1,0 m Tiefe, gestört, so vollzieht sich in der Hauptsache die Bewegung des Wassers nach dem Drain zu über dieser undurchlässigen Schicht. Hier eine tiefere Verlegung der Drains, als die hindernde Schicht beträgt, anzuordnen, würde keinen weiteren Erfolg haben. In solchen Fällen bleibt die zweckmäßigste Draintiefe etwa 1,1 m, so daß die Drains etwas tiefer liegen als die Sohle der wasserführenden Schicht. Derartige Verhältnisse können auch z. B. bei Felsuntergrund vorkommen.

Liegt andererseits die undurchlässige Bodenschicht um manches tiefer als die übliche Draintiefe, so kann eine Verlegung der Drains in dem wasserführenden Untergrund für die Drainage und für die Aufschließung der tieferen Bodenlage von großem Nutzen sein.

Eine Abweichung von der Normaltiefe bedingen einzelne landwirtschaftliche Gewächse.

Bei dem großen Feuchtigkeitsbedarf der Wiesen- und Weidenpflanzen ist es zweckmäßig, für Weiden und Wiesen nur eine durchschnittliche Tiefe von 1,0 m einzuhalten. Unter dieses Maß, das auch von der genannten „Schlesischen Anweisung“ als Normaltiefe für Wiesen angegeben wird, sollte ohne Not nicht herabgegangen werden, um die Rohrstränge nicht den Gefahren des Frostes, des Einwachsens von Pflanzenwurzeln und der Lockerung durch Maulwürfe auszusetzen.

Auch Kleegrundstücke sind etwas flacher zu entwässern, etwa 1,1 m.

Weiter wird in Lagen für Zuckerrübenanbau fast ausschließlich ein größeres Maß, wenigstens 1,4 m, besser 1,5 m gewählt, um das Verwachsen der Stränge zu verhüten. Je lockerer der Boden ist, desto tiefer treiben die Rüben ihre Wurzeln. Auf frisch drainierten Feldern dürfen daher Zuckerrüben nicht gepflanzt werden. Tiefwurzelnde Gewächse, wie z. B. auch Erbsen, Esparsette, Luzerne und Gerste, sollten selbst noch nicht einmal im zweiten Jahre nach Ausführung der Drainage angebaut werden.

Böden, die für Hopfenkultur bestimmt sind, drainiert man auf eine Tiefe von 1,80 m.

In **Moorböden** wird die Draintiefe entsprechend der Beschaffenheit des Moores und der Kulturart verschieden angegeben. Sie beträgt bei Acker- und Gartenland auf dicht gelagertem Moor im Durchschnitt 1,0 m, auf lockerem 1,2 bis 1,3 m und in sehr schwammigem, losem Moor bis 1,5 m. Auf Wiesen und Weiden wird die Tiefenlage in fest gelagertem Moor zu 0,9 m, auf lockerem zu 1,0 bis 1,1 m bestimmt. Es ist stets zu empfehlen, bei der Drainage von Moorländereien den Rat einer Moorversuchsstation einzuholen (s. a. S. 53).

Wo die Drainanlagen besonderen Zwecken dienen, wie z. B. in **Rieselfeldern,** die nur unter gewissen Bodenverhältnissen arbeiten, sind die Saugstränge

*) Siehe: Zeitschrift für Vermessungswesen. Jahrg. 1903, S. 619.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sehr tief, etwa 1,8 bis 2,0 einzuschneiden, um eine möglichst günstige Reinigung der Schmutzwässer zu erhalten. Auf den Breslauer Rieselfeldern liegen die Stränge sogar bis 4,0 m unter der Erdoberfläche. Eine geringere Tiefenlage als 1,5 bis 1,8 m ist nur bei mangelhafter Vorflut anzuordnen.

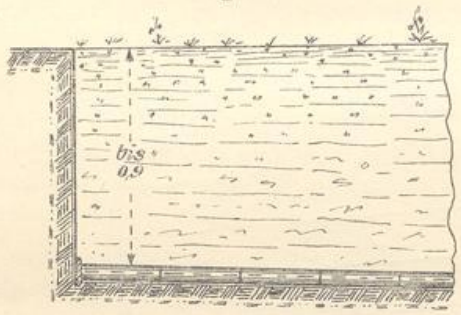
Nur für die „Bodenfiltration" empfiehlt Dünkelberg*) die Tiefe der Drainstränge bei Beginn zu 1,1 m und an der Mündung in die Sammler zu 1,2 m. Die Lichtweite der Sauger beträgt hier 8 cm. Die Sammler beginnen entsprechend dem ersten einlaufenden Saugdrain mit 8 cm Durchmesser und nehmen entsprechend dem Zuflusse bis 21 cm an der Ausmündung der 2416 qm großen Filterbecken zu.

Ueber die Tiefe der Drains bei Wegen, Gebäuden und Kirchhöfen ist einiges auf Seite 34 nachzulesen.

Alle oben angegebenen Tiefenmaße sind selbstverständlich nur als **Durchschnittszahlen** anzusehen, denn die Bodenoberfläche und ihre Neigung ist nie so gleichmäßig gestaltet, daß die Draingräben überall eine gleiche Tiefe erhalten können.

Bei sehr geringem Gefälle einzelner Geländeteile muß nicht selten, sofern von der Anlage nicht ganz abgesehen werden soll, eine künstliche Gefällvermehrung stattfinden. Diese wird dadurch erreicht, daß man die Drains an ihrem oberen Teile in einer geringeren Tiefe und zwar bis zu 0,90 m anlegt (Fig. 55).

Fig. 55.



Bei mangelhafter Vorflut kann auch an der Ausmündung eine Abweichung von der Regel eintreten. Hier wird man sehr oft mit einem Maße von 0,8 bis 0,9 m sich begnügen müssen (siehe auch Seite 80). Liegt die Gefahr des Einfrierens vor oder des Durchwachsens von Pflanzen, so ist der Strang mit Boden in erforderlicher Höhe künstlich zu bedecken und gegen das Eindringen von Wurzeln (s. Abschn. 34) zu sichern, oder es ist ein offener Graben, ein Stichgraben, in entsprechender Länge anzulegen (s. Abschnitt 23).

Bei Abweichungen von der normalen Tiefe schreibt die „Schlesische Anweisung" vor: „Geringere Tiefen, welche etwa durch mangelhafte Vorflut oder durch die Eigenart des Bodens bedingt sind oder zur schnellen Abführung von Oberflächenwasser angezeigt erscheinen, bleiben in jedem Falle eingehend zu begründen".

Die Tiefe der Sammler richtet sich im allgemeinen nach der Lage der Sauger an der Mündungsstelle und nach der Verbindung beider, ob „mit Ueberdeckung" oder „seitlicher Verbindung" (s. Abschnitt 28). Die Sammler werden schon wegen ihrer stärkeren Durchmesser eine etwas größere Tiefe erhalten; bei der Normaltiefe von 1,25 m also etwa 1,30 m, und zwar gemessen von

*) Die Technik städtischer und industrieller Abwässer durch Berieselung und Filtration. Braunschweig 1900.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Erdoberfläche bis Oberkante Rohr. Wo sie als Vorfluter dienen, wird sich die Tiefe nach dem einzuhaltenden Gefälle, nach der Höhe der Ausmündung und nach der Bodengestaltung von selbst ergeben.

13. Richtung der Sauger.

Je nach der Lage der Saugedrains zu dem stärksten Gefälle des Geländes tritt ein grundsätzlicher Unterschied in der Bauweise der Drainage ein. Man spricht nach dem Vorschlage von **Gerhardt** kurz von Längs- und Querdrainage.

Liegen die Sauger in der Richtung des stärksten Gefälles, d. h. werden die Schichtenlinien oder Horizontalkurven rechtwinklig geschnitten (Fig. 56), so ist nach den Grundsätzen der **Längsdrainage** verfahren. Bei der **Querdrainage** hingegen sind die Saugstränge mehr oder minder schräg zu den Schichtenlinien angeordnet (Fig. 57).

Fig. 56.

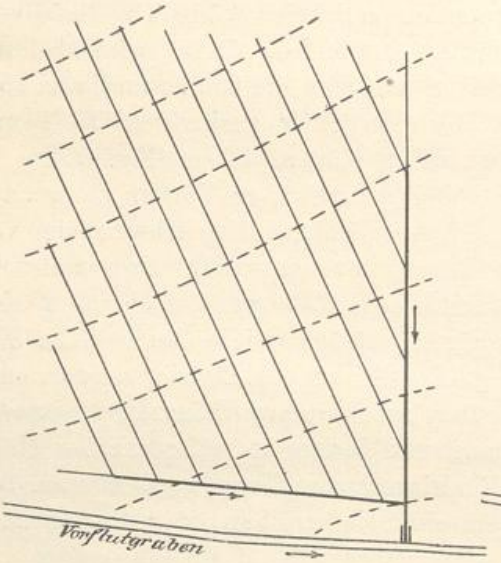
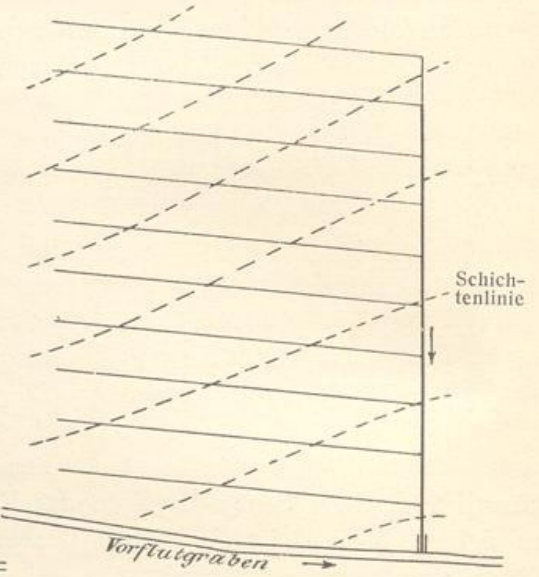


Fig. 57.



Ursprünglich wurden die Drainagen nur nach dem letzteren Gesichtspunkte entworfen. Man kannte die Bauweise von der Entwässerung durch offene Gräben und hielt sie zunächst auch bei, als man die verdeckten Abzüge mit Steinfüllung baute. Da diese aber wegen des geringen Gefälles leicht verschlammten, wurde das zu Gebote stehende Gefälle mehr und mehr ausgenutzt, bis schließlich die Stränge die Richtung des stärksten Gefälles einnahmen. Diese Anordnung wurde auch nach Einführung der Drainröhren festgehalten, obwohl die Rohrleitungen einen weit glatteren Abfluß gestatten.

In Deutschland wurde die Längsdrainage von Vincent ausgebildet und zur Theorie erhoben.

Trotzdem schon früher hier und da Stimmen (C. Heinze in Posen) zu gunsten der Querdrainage laut geworden waren, sind doch erst vom Jahre 1890

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ab, hauptsächlich durch Merl*) und Gerhardt**), die meisten Anhänger der Längsdrainage von den Vorzügen der anderen Bauweise überzeugt worden.

In der Tat besitzt die Querdrainage eine Reihe bedeutender Vorteile, von denen besonders folgende zu nennen sind:

a) Alle Wasserfäden und Quelladern, die unter der Bodenoberfläche mehr oder weniger in der Richtung des stärksten Gefälles verlaufen, werden sicherer aufgefangen und abgeleitet.

b) Die Sammler werden in das stärkste Gefälle gelegt; sie haben deshalb kleinere Rohrabmessungen nötig und ermöglichen die Anlage größerer Entwässerungsgebiete (Systeme). Hierdurch kann an Ausmündungen gespart werden.

c) Die große Wassergeschwindigkeit in den Sammlern, bedingt durch das starke Gefälle, läßt weniger Verstopfungen eintreten, als die zumeist in geringem Gefälle liegenden Sammler der Längsdrainage.

d) Im Gegensatz zu einem Längssauger, der nach beiden Seiten hin gleich weit wirkt, entwässert ein Querdrain nach der Talseite zwar nicht weit, dafür aber nach der Bergseite

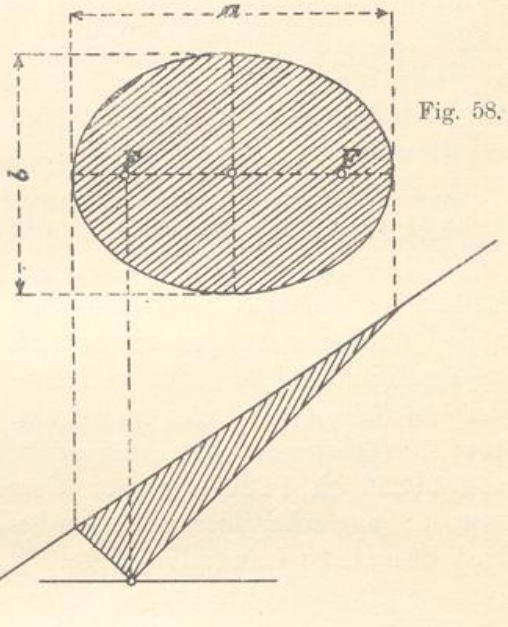


Fig. 58.

Fig. 59.

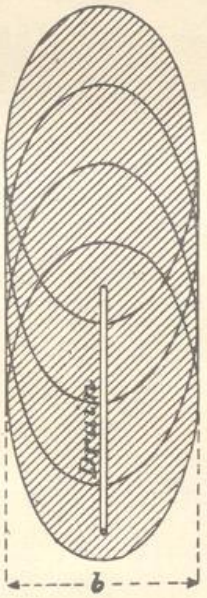
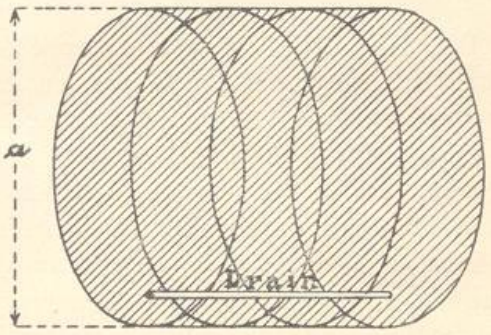


Fig. 60.



*) Neue Theorie der Bodenentwässerung von F. Merl. Ansbach 1890.

**) Umgestaltung der Drainagebauten von Längsdrainagen zu Querdrainagen von Gerhardt. Berlin 1891.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auf um so größere Entfernung. Seine Gesamtwirkung erstreckt sich auf eine bedeutendere Bodenfläche. Die Stränge können deshalb weiter auseinander gelegt werden, mithin sind die Kosten der Anlage geringer.

Der Nachweis der größeren Entwässerungsfläche wird von Gerhardt und Merl in den vorgenannten Abhandlungen übereinstimmend geführt. Hiernach ergibt sich, daß die Stoßfuge eine Fläche von der Form eines Kegelschnittes entwässert. Bei einer Reihe von Stoßfugen ist sonach die von diesen entwässerte Bodenfläche die von allen Kegelschnitten begrenzte Fläche. Diese Kegelschnitte zeigen gewöhnlich die Form von Ellipsen (Fig. 58).

Bei Betrachtung der umstehenden Abbildungen wird ersichtlich, daß das Wirkungsgebiet eines Längsdrains (Fig. 59) gleich ist einem Streifen von der Breite b (= kleine Achse der Ellipsen), bei einem Querdrain (Fig. 60) hingegen gleich einem Streifen von der Breite a (= große Achse der Ellipsen). Da aber a immer größer ist als b, so folgt daraus, daß die Querdrainage ein größeres Gebiet beherrscht, daß demnach die Querdrainage weniger Gräben und Röhren erfordert als die Längsdrainage. Dieser Vorzug bleibt bestehen, wenn auch die Wirkung des Stranges nach oben, wie praktische Erfahrungen*) gezeigt haben, nicht so weit geht, wie sie nach den theoretischen Untersuchungen sich ergibt.

Die Anwendung der reinen Querdrainage erreicht da ihre Grenze, wo das Gefälle des Geländes nicht ausreicht, um den schräg gelegten Saugedrains die nötige Wassergeschwindigkeit zu sichern. Wir entnehmen einem späteren Abschnitte (Seite 44), daß die geringste Geschwindigkeit des Wassers von 0,16 bis 0,20 m für einen Sauger von 4 cm Lichtweite ein Gefälle von 0,25 % oder etwa 1 : 400 beansprucht. Bei einer Neigung des Geländes von 1 : 400, **besser von 1 : 250 bis 1 : 200,** müssen die Saugedrains in das stärkste Gefälle gelegt werden; man erhält hiernach einen besonderen Fall: die vordere ausschließlich benutzte Längsdrainage.

Bei eisenschüssigem Boden und Triebsand ist zweckmäßig schon ein Gefälle von 1 : 100 bis 250 als Grenze zwischen Längs- und Querdrainage anzunehmen.

14. Rohrweite der Sauger.

Die nach den Grundsätzen der ehemaligen Längsdrainage (siehe vorigen Abschnitt) angeordneten Sauger wurden den örtlichen Verhältnissen entsprechend nicht selten in ganz beträchtlichen Längen verlegt und gemäß der zunehmenden Wassermenge mit verschieden großen Rohrweiten beschickt. Die hierbei fast immer gewählten kleinsten Durchmesser von $2^1/_2$ oder 3 cm sind wegen ihres leichten Versagens infolge Verschiebung im Lager oder Verstopfung durch Algen oder Eisenoxyd ganz aufgegeben. Jetzt wird fast durchweg für Saugedrains eine einzige Rohrweite und zwar von mindestens 4 cm vorgesehen, wenn nicht besondere Umstände ein größeres Maß vorschreiben.

So ist z. B. im Schliefsande und eisenschüssigem Boden Röhren von 5 cm Durchmesser der Vorzug zu geben, wenigstens sind sie im unteren Teile der

*) Siehe: Der Kulturtechniker, Jahrg. 1907, S. 243.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

über 80 m langen Sauger zu verwenden. Ebenso sind Sauger über 150 m Länge auch bei regelrechten Bodenverhältnissen zweckmäßig im unteren Teile mit 5 cm weiten Röhren zu verlegen*).

Ueber Lichtweiten der Sauger siehe auch Abschnitt 11, 17 und 42.

15. Länge der Sauger.

Bei Verwendung von Strängen mit zunehmender Weite — wie im vorigen Abschnitte gesagt wurde — konnten die Saugedrains naturgemäß eine große Länge erhalten. Beschränkt wurde diese zunächst durch die Geländeverhältnisse und weiter durch die Erwägung, daß zu lange Leitungen große und daher kostspielige Rohrweiten für die Sauger selbst, dann aber auch für die Sammeldrains erforderlich machten. Ferner zeigte es sich, daß die Wirkung der Drainage bedeutend günstiger sich gestaltete, wenn durch Einschalten eines Sammlers quer zum Geländegefälle, also im Sinne der Querdrainage, die Längen der Sauger auf etwa 200 bis 250 m verkürzt wurden.

Die Wirkungsweise der **Querdrainage** bedingt eine Bestimmung der zulässigen Länge nach der Größe der zu entwässernden Fläche.

Bei Verwendung einer einzigen Rohrweite wird demnach mit zunehmender Größe der Strangentfernung, von der die Fläche und damit die abzuführende Wassermenge abhängig ist, die Länge der Saugedrains kleiner werden und umgekehrt.

Die jetzt übliche Rohrweite der Sauger von 4 cm entwässert bei dem zulässig geringsten Gefälle von 0,25 % eine Fläche von ungefähr 0,34 ar = 3400 qm, wobei der Wasserabführung 0,65 l für 1 ha und Sekunde zugrunde gelegt sind (siehe Abschnitt 22 unter a). Bei einer Strangentfernung von 10, 15, 20, 25, 30 und 35 m ergeben sich daher folgende, größte Stranglängen:

bei einer Strangentfernung von 10 m: $\frac{3400}{10}$ = rd 340 m,

" " " " 15 m: $\frac{3400}{15}$ = rd 220 m,

" " " " 20 m: $\frac{3400}{20}$ = rd 170 m,

" " " " 25 m: $\frac{3400}{25}$ = rd 140 m,

" " " " 30 m: $\frac{3400}{30}$ = rd 110 m,

" " " " 35 m: $\frac{3400}{35}$ = rd 100 m.

Eine Wasserabführung von 0,8 l für 1 ha und Sekunde (siehe Abschn. 22 unter a) führt dagegen zu nachstehenden Längen:

Strangentfernung 10 m: rd 280 m,
" 15 m: rd 185 m,
" 20 m: rd 140 m,

*) Siehe: „Schlesische Anweisung", Anm. S. 37.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Strangentfernung 25 m: rd 110 m,
„ 30 m: rd 95 m,
„ 35 m: rd 80 m.

Nach der „Schlesischen Anweisung“ darf, wenn auch die obigen Zusammenstellungen ein größeres Maß gestatten, die Länge der Sauger nicht über 150 m betragen. Hiernach ist die Lage der Sammler unter möglichster Berücksichtigung der Geländeverhältnisse anzuordnen. Nur ausnahmsweise sind Längen einzelner Saugedrains bis zu 200 m zulässig, wobei aber über 150 m hinaus eine größere Rohrweite Verwendung findet (siehe vorigen Abschn. S. 42).

16. Geringstes Gefälle der Sauger.

Das durch die Saugedrains dem Boden entzogene Wasser soll seiner Bestimmung gemäß den Sammlern zur Weiterbeförderung übermittelt werden. Dazu ist eine gewisse Neigung der Rohrleitung zu der horizontalen Ebene, das Gefälle, notwendig. Hierdurch wird das gesammelte Wasser vermöge seiner Schwere zum Fließen gebracht und in die Sammler entleert.

Der durch den Grundwasserstand ausgeübte Druck löst neben den Wasserteilchen auch feine, abschlämmbare Bestandteile und Sandkörnchen vom Boden los, die dem Wassertropfen folgend durch die Fugen in das Innere der Rohrleitung gelangen und hier infolge ihrer Schwere zu Boden sinken. Bleiben diese Ablagerungen liegen, so wird die Leitung mit der Zeit verstopft und gestört. Um diesem Uebelstande von vornherein entgegenzutreten, muß die Leitung ein solches Gefälle erhalten, daß das in den Röhren fließende Wasser die Ablagerungen mit sich fortspült und dem Sammler zuführt, der seinerseits die Arbeit in gleicher Weise fortzusetzen und die Sinkstoffe zur Ausmündung zu tragen hat.

Ist die Gefahr der Verstopfung groß, wie z. B. bei Well- oder Triebsand, dann muß eine entsprechend reichlichere Geschwindigkeit gewählt werden.

Das Gefälle der Saugedrains ist daher so zu bemessen, daß in den Röhren bei voller Füllung eine sekundliche Wassergeschwindigkeit von 0,16 bis 0,20 m erreicht wird, bei Triebsand, Wellsand oder Schliefsand eine solche von wenigstens 0,35 m. Es entspricht dies einem Mindestgefälle von 0,25 m auf 100 m (0,25 %) bei gewöhnlichen Bodenarten, bei Trieb- oder Wellsand von 1,0 m auf 100 m Länge (1,0 %) unter Zugrundelegung einer Rohrweite von 4 cm Durchmesser.

Nach der „Schlesischen Anweisung“ ist bei Schliefsande usw. und bei eisenschüssigem Boden das Wasser mit tunlichst starkem Gefälle zum Abfluß zu bringen.

Im Hochmoorboden, wo die Gefahr des Verschlammens wegen der sperrigen Beschaffenheit des Untergrundes sehr gering ist, kann man das Gefälle wohl bis auf 0,20 und 0,15 % ermäßigen.

17. Strangentfernung.

a) Strangentfernung im Kulturland. Aus der Wirkung eines Drainstranges (s. Seite 29) ist ersichtlich, daß zwischen zwei Saugedrains der Grundwasser-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

spiegel sich nicht zu horizontaler Lage absenkt, sondern von Rohr zu Rohr sich gewölbeartig einstellt (Fig. 47). Die Stärke der Wölbung hängt lediglich von dem Grade der Durchlässigkeit des Bodens ab. Sie wird um so geringer, je leichter oder durchlässiger, und um so stärker, je schwerer oder undurchlässiger der Boden ist.

Bei einer richtig ausgeführten Drainage muß sich das Grundwasser, insbesondere im Frühjahr, an allen Stellen so rasch und so tief absenken, daß die Felder rechtzeitig bestellt werden und nirgends schädliche Einwirkungen auf das Wachstum der Pflanzen eintreten können. Dieser Forderung wird Rechnung getragen, sobald entsprechend den allgemeinen örtlichen Verhältnissen, entsprechend den physikalischen Eigenschaften und der Zusammensetzung des Bodens und entsprechend der Tiefenlage der Drains die Entfernung der Saugstränge richtig gewählt wird. Dabei ist wohl zu beachten, daß mit Rücksicht auf die **Wirtschaftlichkeit** das Unternehmen mit **möglichst geringen Mitteln** durchgeführt wird.

α) Für die ersten in Deutschland ausgeführten Drainagen ist nach dem Vorgange von **Vincent** (1852) die Strangentfernung unmittelbar aus der Draintiefe, je nach der Bodenart verschieden, abgeleitet worden. Es wurde für gewöhnlichen Lehmboden eine Entfernung gleich der 12fachen Tiefe, steigend bei leichteren Böden bis zur 25fachen Tiefe, und nur bei ganz schwerem Boden ein geringeres Maß gewählt. Bei der Normaltiefe von 1,25 m ergab sich hiernach eine Entfernung von 15 bis 31 m für mittleren bis leichten Boden.

Die Wechselbeziehung zwischen Tiefe und Entfernung wird besonders in England beachtet, wie die nachstehende vom **General Board of Health** in London angenommene Uebersicht zeigt, die eine sehr sorgfältige und weitgehende Abstufung der einzelnen Bodenarten auszeichnet.

Natur des Bodens	Strangentfernnng in m	Tiefe der Drains in m
1. Sehr dichte oder schwere Böden.		
Zäher, sehr kompakter Ton	4,57	0,76
Schwerer Ton	5,03	
Lockerer Ton (argile friable)	5,49	0,84
Milder Ton	6,40	
2. Mittelböden.		
Toniger Lehmboden	6,71	0,92
Mergeliger Lehm	7,32	
Grandiger Lehm	8,23	0,99
Lockerer (leichter) Lehm	9,15	
3. Leichte Böden.		
Grandiger leichter Lehm	10,06	1,07
Mergeliger leichter Lehm	10,98	1,14
Kieselerdehaltiger Lehm	11,89	1,22

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Natur des Bodens	Strangentfernung in m	Tiefe der Drains in m
Sehr leichter Lehm	12,81	1,22
Sandboden	13,72	
Etwas grandiger Sand	15,10	1,30
Sehr grandiger Sand	16,78	
Grober Sand	18,30	1,37
Sehr grober Sand	20,13	

Die **Königl. Generalkommission** für die Provinz **Schlesien** hat schon im Jahre 1887 in ihrer „Instruktion für Drainetechniker" bei der Normaltiefe von 1,25 im Acker und 0,95 m auf Wiesen die Entfernungen festgesetzt:

für schwersten Tonboden . . . . . zu 2 – 2½ Ruten = 7,50— 9,42 m,
für milderen Ton- und schweren Lehmboden zu 2½ – 3 Ruten = 9,42 – 11,30 m,
für Lehmboden . . . . . zu 3 — 4 Ruten = 11,30 – 15,06 m,
für sandigen Lehmboden . . . . , . zu 4 — 5 Ruten = 15,06 – 18,83 m,
für Sandboden . . . . . zu 5 — 6 Ruten = 18,83 – 22,60 m.

Die nächste Auflage der genannten Instruktion, vom Jahre 1884, schreibt bei den gleichen Tiefen folgendes vor:

für schwersten Tonboden . . . . . 10 – 12 m,
für milden Ton- und kräftigen Lehmboden 12 – 16 m,
für sandigen Lehmboden . . . . . 16 - 20 m,
für Sandboden . . . . . 20 – 24 m.

Bemerkenswert ist, daß in der zweiten Auflage die Entfernung für schwerste Tonböden von 7,5 m auf 10 m erhöht worden ist. In neuester Zeit kommt man wieder auf dieses Maß zurück, allerdings bei einer Draintiefe von 1,0 m.

Die drei neueren Auflagen der Instruktion, die unter dem schon angegebenen Titel „Anweisung für die Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen" von der Generalkommission der Provinz Schlesien in den Jahren 1893, 1899 und 1911 wiederholt bearbeitet ist, erweitern die Skala gleichlautend um zwei weitere Unterabteilungen. Wir entnehmen der letzten Herausgabe (1911) folgendes:

„Im allgemeinen lassen sich nach den bisherigen Erfahrungen bei den Normaltiefen von 1,25 m im Acker und 1,0 m in Wiesen und bei geringerem Gefälle des Geländes als 1 : 250 bis 1 : 300" — also bei Anwendung der **Längsdrainage** — „folgende Entfernungen annehmen:

in mildem Sandboden . . . . . 24—30 m,
in lehmigem Sandboden . . . . . 20—24 „
in sandigem Lehmboden . . . . . 16—20 „
in gewöhnlichem Sandboden mit Steinen . 14—16 „
in schwerem Lehmboden . . . . . 12—14 „
in schwerstem Tonboden . . . . . 10—12 „

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schliefsand, d. h. ganz feiner wasserhaltender Sand und stark eisenschüssiger Boden erfordern eine kleine Strangentfernung, die in jedem Falle besonders festzusetzen ist.

Bei stärkerer Neigung des Geländes und schräg zum Hang gerichteten Saugern" — also im Sinne der **Querdrainage** — „können obige Maße bis zu 20 % vergrößert werden".

Hiernach würden unter Annahme der höchst zulässigen Erweiterung von 20 % folgende Abstände sich ergeben:

in mildem Sandboden	29—36 m,
in lehmigem Sandboden	24—29 „
in sandigem Lehmboden	19—24 „
in gewöhnlichem Lehmboden mit Steinen	17—19 „
in schwerem Lehmboden	14—17 „
in schwerstem Tonboden	12—14 „

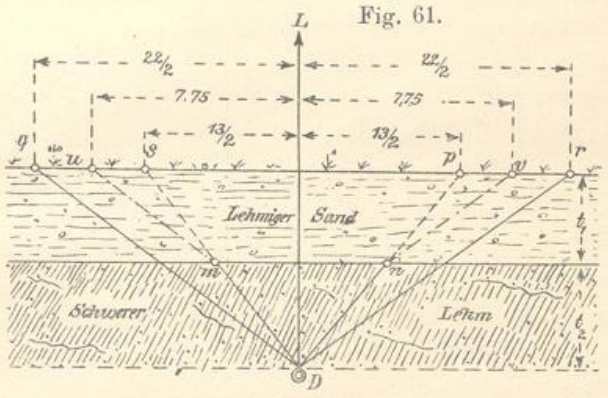
Die angeführte Anweisung fährt weiter fort:

„Bei verschieden geschichtetem Untergrunde muß die Entfernung nach dem Verhältnis der Stärke der einzelnen Schichten beurteilt und eine Durchschnittszahl angenommen werden (s. auch unten); finden sich die schweren Böden nur nesterweise, so können Zwischendrains eingelegt werden. Für andere Bodenarten und Tiefen der Röhren werden die erforderlichen Maßnahmen in jedem Falle besonders zu begründen sein. In Rücksicht auf die durch die Strangentfernung bedingte Höhe der Kosten ist den Bodenunterführungen ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen und auf mindestens 5 ha zusammenhängende Fläche je eine Untersuchung bis zu der geringsten Tiefe von 1,5 m vorzunehmen."

Für den obigen Fall, wo etwa zwei verschiedene Bodenschichten zur Beurteilung der Strangentfernung in Betracht kommen, wendet Oberingenieur Dr. Blauth in Lemberg ein einfaches graphisches Verfahren an*).

In Fig. 61 bedeutet t_1 und t_2 die Stärke der beiden Schichten; bei D befindet sich das Drainrohr in einer Tiefe $t_1 + t_2$. Der Bodenbeschaffenheit entsprechend würde für die Schicht t_1 eine Strangentfernung von 22 m und für t_2 eine solche von 13 m erforderlich sein. Dr. Blauth setzt nun von der lotrechten D L aus die Punkte q und r, ferner s und p in Entfernungen von $\frac{22}{2}$ bezw. $\frac{13}{2}$ m ab, verbindet D mit q, r, s und p und zieht durch m und n zu q D und D r Parallele. Zwischen den Schnittpunkten u und v liegt die gesuchte mittlere Strangentfernung, hier u v = 15,5 m.

Fig. 61.



*) Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau. Verlag von Paul Parey, Berlin 1907.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

β) Alle oben aufgeführten **Vorschläge** und **Vorschriften** haben den großen Nachteil, daß die zu bemessende Strangentfernung zu sehr von der bloßen Schätzung der mineralischen Zusammensetzung des Bodens abhängig gemacht wird und daher je nach der persönlichen Auffassung des betreffenden Technikers sehr verschieden ausfallen kann. Mit Rücksicht auf die Herstellungskosten, die bei dem andauernden Steigen der Material- und Arbeitspreise immer größer werden, bleibt es nicht gleichgültig, ob die Bestimmung der Drainentfernung auf rein äußerlicher Beurteilung oder auf einer zuverlässigen Untersuchung des Bodens beruht.

Den Versuch eines genaueren Anhalts finden wir zum ersten Male in der Skala von **Waege,** der gleichfalls die Normaltiefe von 1,25 m voraussetzt. **Waege** geht aus von dem Gehalte des Bodens an feinen abschlämmbaren Teilen, da diese die Durchlässigkeit in erster Linie bedingen. Entsprechend seinen Untersuchungen gibt Waege nachstehende Tabelle 2 an:

Tabelle 2.

Strangentfernung nach **Waege.**

Beschaffenheit des Bodens	abschlämmbare Teile %	Drainentfernung in m
Tonboden	über 50	9,5—11,3
Tonboden im Gebirge . .	„ 50	7,5— 9,5
Lehmboden	20—30	11,3—18
Lehmiger Sandboden . .	10—20	18 —22,5
Grobkörniger Sand . . .	unter 10	22,5—36

Eine eingehendere Uebersicht nach abschlämmbaren Teilen hat **Gerhardt** in Voglers Grundlehren der Kulturtechnik, Verlag von Paul Parey, Berlin 1909, veröffentlicht, siehe Tabelle 3, Seite 49.

Die Einteilung des Bodens schließt sich derjenigen der „Schlesischen Anweisung“ an, auch stimmen die Strangentfernungen für die Längsdrainage überein, doch hat Gerhardt bei den schweren Böden eine weitere Klasse eingefügt. Auch er hält für stärker geneigtes Gelände, also bei der Anwendung der Querdrainage, eine größere Entfernung für zulässig als in ebenen Lagen mit geringem Gefälle, wo die Längsdrainage allein in Frage kommt.

Nach Gerhardt kann insbesondere eine Erweiterung der Drainentfernung beim Vorkommen der „natürlichen Drainage“ eintreten, d. h. da, wo mehr oder minder wasserführende Bodenschichten auftreten, die gleichsam als Drains niederer Ordnung anzusehen sind.

Die Entfernung kann hier entsprechend den Grundsätzen der Querdrainage mit der Zunahme des Geländegefälles bis zu einer Grenze wachsen, die von den wasserführenden Schichten selbst bestimmt wird. Denn bei zu starker Neigung der Bodenoberfläche treten diese zutage, und die künstliche Drainanlage geht ihrer Mitwirkung verlustig. Hieraus folgt, daß von einer gewissen Neigung die Strangentfernung um so mehr abnehmen muß, je steiler das Gelände wird. Nach

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle 3.

Entfernung der Saugedrains nach **Gerhardt.**

1. In flachen Lagen bis 1 : 270 (Längsdrainage)	Bemerkung	2. In mittleren und steilen Lagen von mehr als 1 : 270 (Querdrainage) bei geringer bis stärkerer Neigung des Geländes	Bemerkung
In strengem Tonboden oder solchem mit über 75 % abschlämmbaren Teilen 8—10 m	Erweiterung zulässig beim Vorkommen natürlicher Drainage	8—12 m	Strangentfernung zunehmend mit der natürlichen Drainage, außerdem mit der Neigung des Geländes bis zu derjenigen Grenze, bei der die lotrechte Entfernung 0,5 m betragen würde; doch selten weniger als 12 m, nie weniger als 8 m, selbst im steilsten Hang.
In gewöhnlichem Tonboden oder solchem mit 75 bis 50 % abschlämmbaren Teilen 10—12 m		10—15 m	
In schwerem Lehmboden oder solchem mit 50 bis 40 % abschlämmbaren Teilen 12—14 m		12—18 m	
In gewöhnlichem Lehmboden oder solchem mit 40 bis 30 % abschlämmbaren Teilen 14—16 m		14—21 m	
In sandigem Lehmboden oder solchem mit 30 bis 20 % abschlämmbaren Teilen 16—20 m		17—25 m	
In lehmigem Sandboden oder solchem mit 20 bis 10 % abschlämmbaren Teilen 20—24 m		21—30 m	
In mildem Sandboden oder solchem mit 10 bis 5 %*) abschlämmbaren Teilen 24—30 m		25—35 m	

den Beobachtungen des Draintechnikers C. Heinze in Kletzko ist der Wechsel dort zu suchen, wo der lotrechte Abstand zweier benachbarten Saugedrains mehr als 0,5 m beträgt; doch hat sich gezeigt, daß geringere Strangentfernungen als 12 m selten, kleinere als 8 m fast nie erforderlich werden.

*) Für Sandböden mit weniger als 5 % abschlämmbaren Teilen kann die systematische Drainage nicht mehr empfohlen werden. Solche Böden sind, wenn sie drainiert werden sollen, je nach Bedürfnis mit einzelnen Drainsträngen in weiter Lage zu durchziehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für einzelne schwierige Fälle fordert **Kopecky***) nicht nur die Ermittelung der feinen abschlämmbaren Teile, sondern auch die Kenntnis des tonigen Inhalts des Bodens, um auf Grund der so gewonnenen Doppelzahlen die Strangentfernung festzusetzen. Unter tonigen Teilen versteht Kopecky alle Bodenteilchen kalkiger und toniger Natur unter 0,002 mm Korngröße (s. S. 58).

Die Feststellung des Tongehalts wird von Kopecky mit Hilfe eines hierzu eigens zusammengesetzten Apparats*) vorgenommen, der auch der Schlämmanalyse dient. Auf die Einrichtung der Vorrichtung kann hier nicht eingegangen werden.

Die Skala für die Drainentfernung nach Kopecky ist nachstehend in Tabelle 4 aufgeführt. Sie ist von Oberbaurat Canz in Württemberg eingeführt und den dortigen Verhältnissen mit Erfolg angepaßt worden.

Tabelle 4.

Strangentfernung nach **Kopecky.**

Nr.	Untergrundbeschaffenheit (Draintiefe = 1,30 m)	Gehalt an feinen abschlämmbaren Teilen, unter 0,01 mm Korngröße %	Gehalt an tonigen Teilen, unter 0,002 mm Korngröße %	Strangentfernung in m	Strangentfernung, in Vielfachen der Tiefe ausgedrückt
1	Schwere Ton- und Lettenböden	über 70	mehr als 55	8—9	7 mal so groß als die Tiefe
2	Feinsandige Tone (magere Tone und Tonmergelböden) . . .	70—55	55—40	9—10	7,5 mal desgl.
3	Sandige und lehmige Tonböden	55—40	40—25	10—12	7,5 9mal „
4	Festgelagerte Lehmböden oder sandige, lehmig-tonige Bodenschichten	40—30	25—15	12—14	9—10,5 mal „
5	Merklich sandige oder feinsandige Lehmböden	30—20	15—7	14—16	10—12 mal „
6	Stark sandige Lehmböden, stark sandige oder humose Sandböden (über 5 % Humus) . .	20—10	7—2	16—18	12—14 mal „
7	Schwach lehmige oder schwach humose Sandböden	unter 10	unter 2	18—20	14—15,5 mal „
8	Sand	—	—	20—24	—

Nach den Feststellungen von Kopecky**) haben auf die Bindigkeit des Bodens noch andere Faktoren einen nicht unwesentlichen Einfluß.

Beträchtlicher Eisen- und Humusgehalt wirkt verzögernd auf die Tätigkeit der Drainage, während kalkreiche Böden die Entwässerung in ge-

*) Siehe: „Die Bodenuntersuchung zum Zwecke der Drainagearbeiten". Prag 1901.

**) Referat 4, Sektion V des Oberingenieurs Kopecky auf dem internationalen landwirtschaftlichen Kongreß zu Wien.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wissem Sinne begünstigen. Es kann also in letzterem Falle die Strangentfernung etwas größer genommen werden als bei kalkarmen Böden bei sonst gleicher mechanischer Zusammensetzung. Das rührt daher, daß infolge der stärker einsetzenden Verwitterung die Vegetationsschicht vertieft und dadurch die Wirkung der Drainage unterstützt wird.

Die zulässige Vergrößerung der Strangentfernung bei Anwesenheit von Kalk bestätigt auch Krüger*), der folgende sich bewährte Angaben macht:

bei 15 % kohlensaurem Kalk Vergrößerung um 0,5 m,
bei 30 % „ „ „ „ 1,0 m,
bei 50 % „ „ „ „ 2,0 m,
bei 70 % „ „ „ „ 2,5 m.

Die Eisenverbindungen dagegen verkitten die lehmigen und tonigen, ferner auch sandigen Bestandteile zu einer festen Masse und drücken dadurch den Grad der Durchlässigkeit des Bodens wesentlich herab. Es ist daher notwendig, die Drainentfernung, sobald ein größerer Eisengehalt vorliegt, um 1 bis 2 m zu verringern.

Ferner erschwert der Humusgehalt im nassen Boden infolge seiner hohen Wasserkapazität die rechtzeitige Absenkung des Grundwassers, so daß auch hier eine engere Lage der Drains geboten erscheint. Ein zu großer Humusgehalt kann sogar zwingen, bei sandigen Böden eine Drainage einzuführen, um die Einwirkung schädlicher Humussäuren zu verhindern, obwohl eine Entwässerungsbedürftigkeit nicht vorliegt.

γ) Auch die Schlämmanalyse läßt es **zweifelhaft** erscheinen, ob auf Grund ihrer Ergebnisse ein sicherer Schluß auf die Bindigkeit und Durchlässigkeit des Bodens gezogen werden kann. So hat Spöttle**) eine große Anzahl drainierter Böden aus allen Formationen im Königreich Bayern schlämmanalysisch untersuchen lassen, ohne eine Gesetzmäßigkeit hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen dem Gehalt an abschlämmbaren Teilen und der Strangentfernung finden zu können. Ferner haben umfangreiche Durchlässigkeitsversuche, die Breitenbach***) an drainierten Böden vorgenommen hat, gezeigt, daß der vorbeschriebene Weg die maßgebenden Eigenschaften des Bodens zur Bestimmung der Strangentfernung nicht zuverlässig genug kennzeichnet.

Einen sehr bemerkenswerten Beitrag zur Lösung der Drainentfernung hat neuerdings **Breitenbach** in seiner Schrift: „Die Bestimmung der Drain-Entfernung auf Grund der Hygroskopizität des Bodens", Verlag von R. Leupold, Königsberg i. Pr. 1911, geliefert.

Breitenbach benutzt die von Prof. Dr. E. H. Mitscherlich†) eingeführte Methode, den physikalischen Charakter eines Bodens auf Grund der Bodenoberfläche zu bestimmen.

Nach Mitscherlich ist unter Bodenoberfläche die Gesamtoberfläche aller Bodenteilchen zu verstehen. An dieser Bodenoberfläche, die identisch

*) Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. 1910. S. 121.
**) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, Leipzig 1903, Bd. VII, S. 134.
***) Siehe Anmerkung S. 37.
†) Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Berlin 1905.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist mit der Oberfläche des Hohlraumvolumens, spielen sich alle Vorgänge im Boden ab, wie die kapillare Wasserbewegung, die Aneinanderlagerung der festen Bestandteile, die chemischen und physikalischen Ab- und Adsorptionen, die kolloidalen und chemischen Umsetzungen und alle physiologischen Vorgänge.

An einer großen Reihe drainierter Böden hat nun Breitenbach die Bodenoberfläche ermittelt, wobei er die von Mitscherlich angegebene Bestimmung der Hygroskopizität anwendete. Unter Hygroskopizität ist die Wassermenge gemeint, die der Boden enthält, wenn sämtliche Bodenteilchen mit einer Molekülschicht Wasser bedeckt sind. Der Boden hat in absolut trockenem Zustande die Eigenschaft, infolge der Molekularkräfte Wassermoleküle anzuziehen, bis die Oberfläche sämtlicher Bodenteilchen mit Wasser benetzt ist. Es ist also die Hygroskopizität eine der Gesamtoberfläche proportionale Größe und der Kenntnis der letzteren praktisch gleichbedeutend.

In der genannten Schrift hat Breitenbach sowohl die in kulturtechnischen Kreisen noch wenig bekannte Methode der Untersuchung als auch die Ergebnisse seiner Forschung in anschaulichster Weise wiedergegeben. Er kommt zu dem Resultat, daß für jede beliebige Hygroskopizität w sich die Strangentfernung d ergibt nach der Formel:

$$d = \frac{1{,}6211 - \log w}{0{,}055}.$$

Darnach sind — **Mineralböden** vorausgesetzt — folgende Strangentfernungen bei Bodenarten nachstehender Hygroskopizität erforderlich:

Tabelle 5.

Strangentfernung nach **Breitenbach.**

Entfernung der Drains in m	bei einer Hygroskopizität von %	Entfernung der Drains in m	bei einer Hygroskopizität von %	Entfernung der Drains in m	bei einer Hygroskopizität von %
5	22,20	12	9,14	20	3,32
6	19,55	13	8,06	21	2,93
7	17,22	14	7,10	22	2,58
7,5	16,17	15	6,25	24	2,00
8	15,18	16	5,51	25	1,76
9	13,37	17	4,85	26	1,95
10	11,78	18	4,28	28	1,21
11	10,38	19	3,77	30	0,94

Auf **Moorböden** sind die obigen Untersuchungen nicht ausgedehnt worden. Nach Breitenbach*) würde aber auch hier die Bodenoberfläche bzw. Hygroskopizität gute Dienste leisten, doch ist dazu die Bestimmung der äußeren Bodenoberfläche erforderlich. Für diesen Fall hat Mitscherlich**) gleichfalls eine Methode ausgearbeitet, wenn auch weniger genau, wie die der Hygroskopizität.

*) S. a. a. O., Anm. S. 51.

**) Landwirtschaftliche Jahrbücher. Berlin 1911. S. 645 usw.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dank der umfangreichen Arbeiten und Forschungen der verschiedenen Moorversuchsstationen liegen bereits so viele praktische Erfahrungen vor, daß für Moorkulturen eine ziemlich sichere Grundlage zur Bemessung der zweckmäßigsten Strangentfernung gegeben ist. Der Abstand der Drains ist hier verschieden je nach der Art des Moorgrundes, ob Hochmoor oder Niederungsmoor, der Kultur, ob Garten- oder Ackerland, Wiese oder Weide, und je nach der Beschaffenheit des betreffenden Moores und bewegt sich in den Grenzen von 10 bis 25 m. Da in der Regel vor Inangriffnahme einer Moorkultur zur Erkundung der einzuschlagenden Melioration nnd zur Feststellung des Düngebedürfnisses Bodenproben an eine Moorversuchsstation — die bedeutendste ist in Bremen — gesandt werden, wird diese Stelle im Einzelfalle über die zweckmäßigste Strangentfernung und auch Draintiefe, wie schon Seite 38 gesagt ist, beratende Auskunft erteilen.

δ) Neben den **physikalischen Eigenschaften** des Bodens kommen vielfach noch äußere Umstände in Betracht, die einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Wahl der Strangentfernung haben.

In Gegenden mit reichen Niederschlägen sind die Stränge unter sonst gleichen Verhältnissen näher zusammenzulegen als in regenarmen Landstrichen. Das gleiche gilt für Lagen, die auf der Regenseite oder am Nordhange eines Höhenzuges liegen. Auch bei sonstigen klimatischen Verhältnissen kann eine kleinere Entfernung zutreffender sein gegenüber Gebieten, die in dieser Hinsicht eine günstigere Lage zeigen. Für rauhe Lagen und Gebirge mit schweren Böden, langen Wintern und kurzer Vegetationszeit werden enge Strangentfernungen bei geringer Draintiefe (s. a. S. 37) stets wirksamer sein, als wenn der Entwässerungsbereich trotz größerer Einschnittstiefe der Drains weiter ist.

Daß die Strangentfernung bei stärkerer Neigung des Geländes größer ausfallen kann als bei geringem Gefälle ist bereits auf Seite 48 usw. (siehe auch die Tabellen auf Seite 46, 47 u. 49) aus der Anordnung der Stranglage usw. näher begründet worden. Das Oberflächengefälle spielt aber noch für den oberirdischen Abfluß eine gewisse Rolle. Je größer dasselbe ist, desto geringer ist — wenigstens bei leichteren Böden — die versickernde und abzuführende Wassermenge, und deshalb wird man hier auch aus diesem Grunde die Drains mehr auseinanderlegen dürfen. Auf schweren Böden ist der Einfluß des Gefälles geringer anzuschlagen.

Sind Ländereien zeitweise dem Zutritt fremden Wassers, z. B. Höhenwasser oder einer Ueberschwemmung durch einen Fluß, ausgesetzt, so sind die Flächen enger zu drainieren als Felder, die von derartigen Verhältnissen nicht berührt werden.

Nicht außer acht zu lassen ist schließlich die Bewegung. des Grundwassers. Pflegt dieses in größerer Menge hochzusteigen, so erscheint, falls keine Aussicht besteht, durch eine größere Draintiefe (s. a. Seite 38) das Uebel zu beseitigen, eine enge Anordnung der Saugedrains geboten.

Soll in Gegenden drainiert werden, in denen noch keine Erfahrungen über die günstigsten Entfernungen der Drainstränge in bestimmten Bodenarten gemacht werden konnten, so empfiehlt Spöttle a. a. O., vor Ausführung einer großen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Drainage, wenn tunlich, ein paar Versuchsstränge zu legen und zwischen ihnen den Grundwasserstand eine Zeitlang, insbesondere aber während des Frühjahrs, zu beobachten und nach dem Ergebnis dieser Beobachtungen die gewählte Strangentfernung zu korrigieren, wobei aber sowohl der Witterungscharakter des Beobachtungsjahres und die Anbauweise der Felder, wie auch die Tatsache zu beachten ist, daß auch die schwersten Böden nach dem Drainieren im Laufe der Jahre durchlässiger werden (s. a. S. 30).

b) Strangentfernung bei besonderen Maßnahmen. Gilt die Drainage besonderen Maßnahmen, so richtet sich die Strangentfernung nach dem vorliegenden Zwecke.

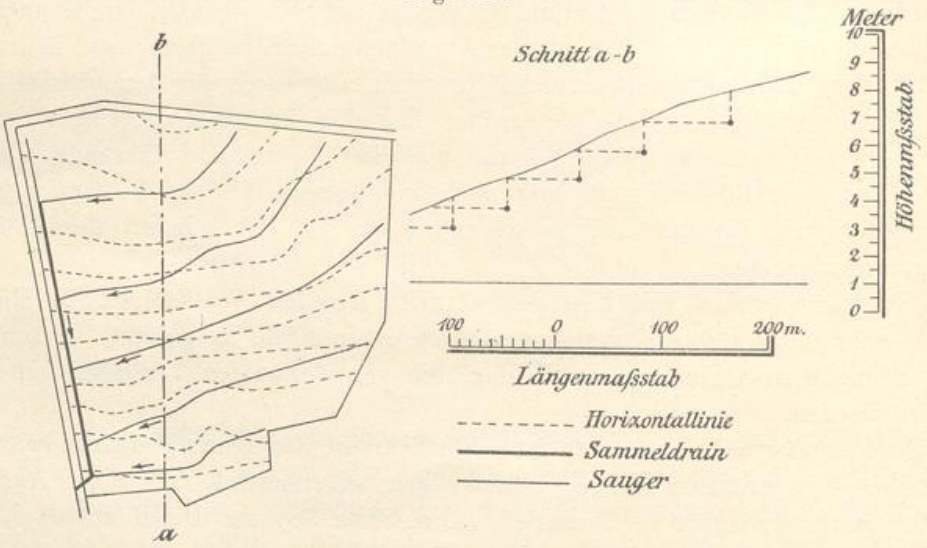
Auf Rieselfeldern, wo es darauf ankommt, die Schmutzwässer in kurzer Zeit durch die filtrierende Bodenschicht zum Abfluß zu bringen, werden die Saugstränge (bei 4 bis 5 cm Lichtweite) trotz der erheblichen Tiefe (s. S. 38 usw.) und trotz der für den fraglichen Zweck erforderlichen leichteren Bodenarten nur etwa 8 bis 10 m auseinandergelegt. Die Staubecken, die hier zur zeitweisen Aufspeicherung der überflüssigen Abwässer dienen, werden mit 8 bis 10 cm weiten Röhren sogar nur mit einer Strangentfernung von 4 bis 5 m drainiert, um eine möglichst rasche Absenkung des Wassers herbeizuführen.

Auch bei der Bodenfiltration nach Dünkelberg (s. S. 39) wird der gegenseitige Abstand der 8 cm weiten Sauger zu 4 m angegeben.

Für drainierte Rieselwiesen (s. Abschnitt 40) und Petersensche Wiesen (s. Abschnitt 40), wo nur schwerere Böden in Frage kommen, werden die Sauger 8 bis 10 m auseinandergelegt.

c) Strangentfernung nach Wöldicke*). Einen eigenen Weg ging Wöldicke, Landeskulturinspektor in Livland und Estland. Er bestimmte die Strangent-

Fig. 61a.



fernung in der Weise, daß er die Lage der Drains, die als Querdrains wirken, nicht, wie üblich, nach dem horizontalen, sondern nach dem vertikalen

*) Siehe: Der Kulturtechniker, Jahrgang 1907, Seite 244.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Abstande festlegte (Fig. 61a). Wöldicke nannte seine Bauweise die „ökonomische Drainage". Sie verdient auch, was die Wohlfeilheit der Herstellung betrifft, diesen Namen, denn die Kosten betrugen, weil die Strangabstände 25 bis 50 m, auch wohl 60 bis 100 groß waren, nur ein Viertel bis zur Hälfte der bisherigen Aufwendungen. Das kam daher, daß man die Drains, wenn man einen Schnitt durch die Anlage legt (s. Fig. 61a rechts oben), stufenförmig anlegte in der Art, daß da, wo die von einer Drainsohle ausgehende Horizontallinie die Terrainoberfläche schneidet, ein neuer Drain angelegt wurde. Diese Anordnung der Stränge ist natürlich nur innerhalb gewisser Grenzen richtig, da einerseits mit zunehmendem Gefälle eine noch größere Dichtigkeit des Drains erforderlich sein würde, als erfahrungsgemäß notwendig ist (s. S. 49), und andererseits bei abnehmendem Gefälle die Wirkung unendlich weit reichen müßte.

Man hat später die baltischen Drainagen mit der systematischen Querdrainage kombiniert, wobei die Kosten immer noch 20 % geringer ausfielen als bei der gewöhnlichen Querdrainage.

18. Entnahme und mechanische Untersuchung der Bodenproben.

a) Entnahme der Bodenproben. Mit der örtlichen Entnahme der zu untersuchenden **Bodenproben** ist zugleich die Ermittelung der Bodenart, der

Fig. 62.

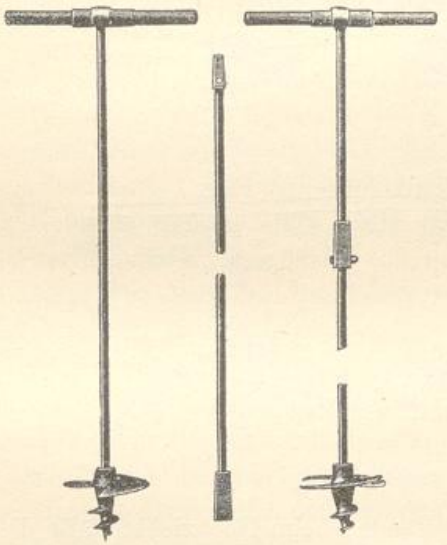


Fig. 63.

Fig. 64.

Fig. 65.

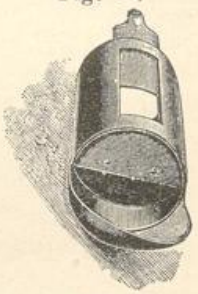
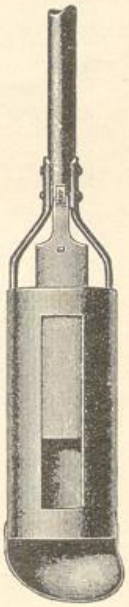


Fig. 66.



Mächtigkeit der Ackerkrume, der Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Schichten und der Bewegung des Grundwassers zu verbinden. Es erscheint deshalb vorteilhaft, die Erdproben nicht mittels eines Bohrers, sondern wenigstens in den meisten Fällen durch Aufgraben des Bodens zu entnehmen.

Sofern Bohrer gewählt werden, ist der in Fig. 62 dargestellte Erdbohrer zu empfehlen. Er ist auch in etwas hartem Boden mit Leichtigkeit zu handhaben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sehr zweckmäßig sind die vom Bohrtechniker H. Meyer in Hannover, im Moore Nr. 14, gefertigten Erdbohrer, die bereits eine große Verbreitung gefunden haben.

Der Triumph-Bohrer (Fig. 63) besteht aus einem sehr steilen Schraubengewinde, das unten mit zwei horizontalen Greifspitzen versehen ist und in eine Spitze ausläuft. Bei einem Bohrdurchmesser von 10 cm kann ein 2 m tiefes Loch in Ton- und Lehmboden mit 2 Mann in $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden gebohrt werden.

Der zweischneidige Zylinder-Bohrer (Fig. 64) eignet sich vorwiegend zum Bohren in Sand, Kies, Gerölle und Schotter und kommt besonders da zur Verwendung, wo es sich um größere Löcher, bis zu 60 cm Durchmesser, handelt.

Ein neuer Bohrer, der Universal-Bohrer (Fig. 65 und 66) ist ebenfalls zylindrisch gebaut und ist mit seitlich zuschiebbarem Schlitz und mit einer an- und abschraubbaren Ventilklappe versehen. Diese Anordnung gestattet im trockenen Gelände, in Ton, Lehm, Kies, Sand usw. ohne verschlossenen Schlitz und ohne Ventilklappe zu arbeiten, im nassen Erdreich, z. B. auch in Triebsand und Schlamm dagegen den Schlitz mittels Schieber zu schließen und die Ventilklappe anzuschrauben. In letzterem Zustande füllt sich der Zylinder durch ein-

Fig. 67.

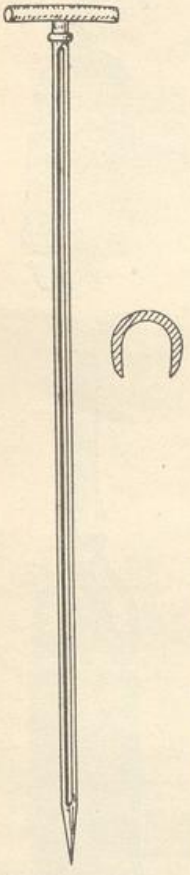
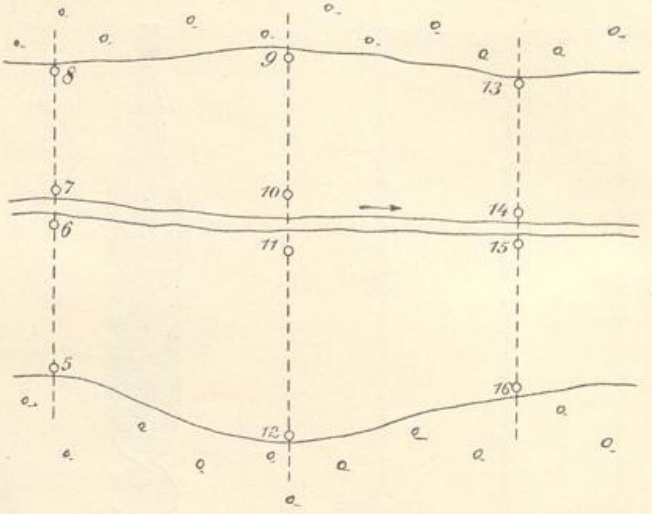


Fig. 68.



faches Drehen bis zum oberen Rande; beim Hochziehen fällt die Klappe zu und das erbohrte Gut wird sicher an die Oberfläche befördert. Infolge der eigenartigen Schneidestellung dreht der Bohrer sich nicht wie andere fest, sondern schneidet sich frei und ist infolgedessen leicht hochzuziehen. Dieser Universalbohrer kann je nach Größe Steinstücke bis zu 20 cm Durchmesser aufnehmen.

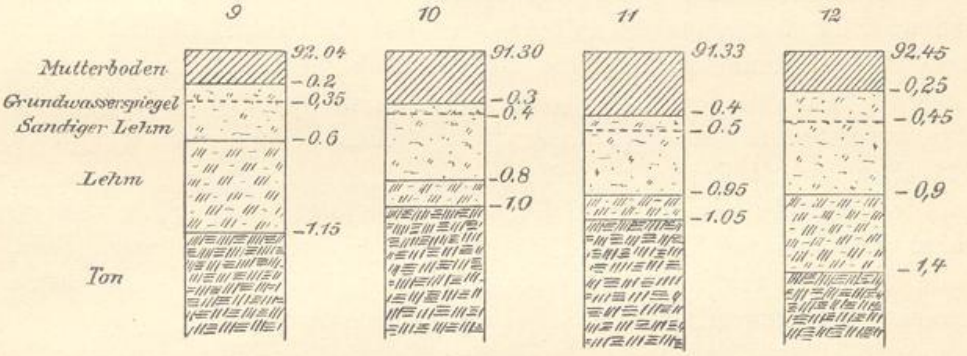
Nach Breitenbach*) eignet sich für die Entnahme von Bodenproben der Gersonsche Bohrer (Fig. 67) am besten;

*) Siehe Anm. Seite 37.

allerdings bedarf er dazu einer Umgestaltung. Die Benutzung des Bohrers ist bei 1 m und mehr Tiefe nur unter Benutzung eines Hammers möglich. Der Kopf des Bohrers muß deshalb so gestaltet sein, daß er jederzeit neu zugeschmiedet werden kann, wenn er durch das Aufhauen mit dem Hammer breit geschlagen wird.

Die Stellen, an denen die **Untersuchungen** stattfinden sollen, sind der Oertlichkeit und den Bodenverhältnissen entsprechend enger oder weiter, in Entfernungen von etwa 50 bis 200 m und mehr auszuwählen. Nach Vorschrift der „Schlesischen Anweisung“ (s. a. S. 47) ist auf mindestens 5 ha zusammenhängender Fläche je eine Untersuchung bis zu der geringsten Tiefe von 1,5 m vorzunehmen. Die Probelöcher sind von festen Punkten aus in der Oertlichkeit einzumessen, um ihre Lage mit Sicherheit in den Drainplan ein-

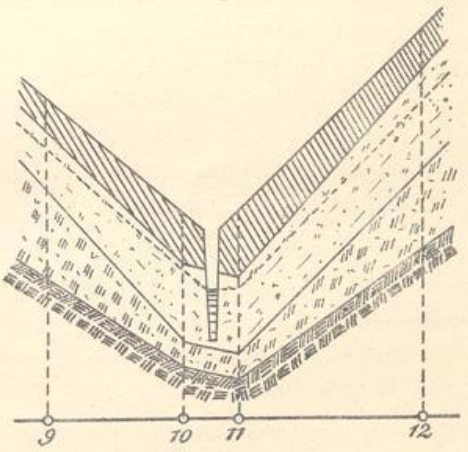
Fig. 69.



tragen zu können (s. Kapitel III). Wo es die Verhältnisse bedingen oder zweckmäßig erscheinen lassen, sind sie, wenn möglich, senkrecht zum Gefälle des zu untersuchenden Gebietes und in einer Linie zu legen (Fig. 68), um die Bodenverhältnisse erforderlichenfalls graphisch darzustellen.

Das Ergebnis der Untersuchung wird nach Fig. 69 in ein Feldbuch eingetragen. Es werden aber nur einzelne typische Bodenschnitte angegeben. Die Tiefenbeziehungen zwischen den aufgenommenen Bodenschichten und den Grundwasserständen der einzelnen Probenlöcher werden durch Nivellement der Bodenpunkte vermittelt, siehe z. B. Fig. 69, Probe 9, oben rechts 92,04 m über N. N.

Fig. 70.



Die Messung des Wasserstandes darf erst nach Ablauf von wenigstens 12 Stunden nach Herstellung des Probeschachtes erfolgen, da das erschlossene Grundwasser in der Grube steigt und erst nach einiger Zeit in den Beharrungszustand gelangt.

Aus den Probelöchern läßt sich durch Auftragen der zugehörigen Schnitte der Boden in seiner Zusammensetzung und der Grundwasserstand übersichtlich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

vor Augen führen, wie die Fig. 70 zusammen mit Fig. 68 zeigt. In schwierigen Fällen kann die Grundwasseroberfläche der besseren Uebersicht wegen in Horizontallinien dargestellt werden.

Die für die mechanische Untersuchung erforderlichen Bodenproben werden je nach Erfordernis allen vorkommenden Schichten entnommen. Da bei den Drainagearbeiten in erster Linie die physikalischen Eigenschaften des Untergrundes entscheidend sind, genügt unter Umständen die Probeentnahme aus den Untergrundschichten, bei gleichartigem Boden aus einer Tiefe von 0,7 bis 1,0 m.

Zweckmäßig ist es, jede Probe — $^1/_2$ bis 1 kg Gewicht — für sich zu fassen und zu untersuchen. Die Herstellung von „Mittelproben" ist nur bei gleichartigen Verhältnissen zuzulassen.

Zur Charakterisierung des Humusgehaltes (s. S. 63) ist auch von der Ackerkrume eine Probe aus einer Tiefe von 10 bis 20 cm zu entnehmen.

b) Die mechanische Bodenuntersuchung. Der **Gehalt** an **abschlämmbaren Teilen** wird durch die mechanische Analyse bestimmt, die sich darauf beschränkt, die Zusammensetzung des Bodens nach seinem Mischungsverhältnisse aus den feinen und feinsten Bestandteilen und den größeren, gewöhnlich noch unverwitterten Gesteinstrümmern festzustellen, sodann auch den Gehalt an Kalk, Humus und Eisen zu prüfen.

Die Trennung der gröberen Gemengteile erfolgt durch Siebe mit runden Löchern verschiedener Lichtweite, während die feineren und feinsten Teile, die für die Untersuchung in Betracht kommen, mit Hilfe des Wassers, durch das sogenannte **Schlämmverfahren** noch weiter gesondert werden.

Je nach dem Durchmesser der Korngröße wird eine Benennung der Bodenkörner vorgenommen, und zwar bezeichnet man:

solche von	über 5 mm	Durchmesser	als Steine,
„ „	5— 2 „	„ „	Kies,
„ „	2— 0,2 „	„ „	gröberen bis mittleren Sand,
„ „	0,2— 0,1 „	„ „	feinen Sand,
„ „	0,1—0,05 „	„ „	sehr feinen Sand,
„ „	0,05—0,01 „	„ „	Staub,
„ „	0,01 und darunter	„ „	abschlämmbare Teile.

Von den verschiedenen im Gebrauche befindlichen **Schlämmvorrichtungen** sind die bekanntesten nachstehend beschrieben.

a) Die Schlämmflasche von **von Benningsen** besteht aus einem Glaskolben b mit einem zylindrischen Halse a (Fig. 71), der mit einer Teilung (in ccm) versehen ist. Für die Untersuchung werden etwa 10 g Boden zur besseren Auflösung der Erdteilchen mit Wasser schwach gekocht, mittels eines Siebes von Steinen und Pflanzenfasern befreit und mit so viel Wasser in die Schlämmflasche gespült, daß der Kolben zu zwei Drittel gefüllt ist. Nachdem man die Flasche mit einem Korken geschlossen und tüchtig geschüttelt hat, kehrt man sie um und hängt sie an einem Gestell auf. Hierbei fallen die gröberen Teile ihrer Schwere wegen zuerst zu Boden und nehmen den untersten, die feineren Teile den darüber befindlichen Raum ein. Nach Verlauf von $1^1/_2$ bis 2 Stunden kann man nach der Teilung die Raumprozente der mannigfachen Abstufungen berechnen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

β) Die **Kühn**sche Schlämmvorrichtung (Fig. 72) besitzt außer einem 30 cm hohen und 8,5 cm weiten Schlämmzylinder, der an der unteren Seite ein kurzes

Fig. 71.

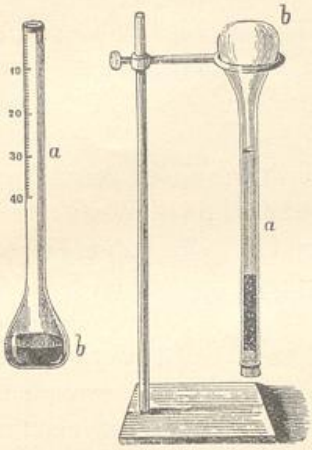
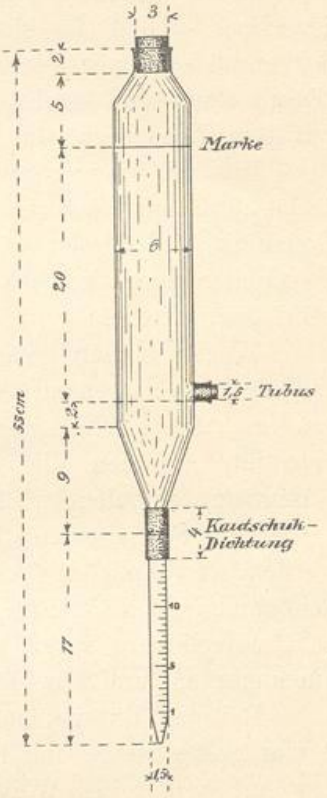


Fig. 72.

Fig. 73.



Ablaufrohr mit Gummipfropfen trägt, 5 Siebe mit runden Löchern von 5, 3, 2, 1 und 0,5 mm Lichtweite. Der zu untersuchende Boden wird zunächst durch das 5 mm-Sieb von Steinchen befreit und sodann durch das 3 und 2 mm-Sieb in gröbere und mittlere Teile zerlegt. Der Rest wird in den Schlämmzylinder gebracht, der bis zu einer Marke (28 cm über dem Boden) mit Wasser angefüllt wird. Nachdem das Ganze gründlich mit einem Holzstabe umgerührt worden ist, läßt man nach einer Pause von 10 Minuten die feinsten Bodenteilchen durch das Ansatzrohr ablaufen. Dieser Vorgang, das „Schlämmen“, wird so lange wiederholt (20 bis 30 mal), bis das Wasser im Zylinder nach dem Absetzen, dem aber jetzt nur 5 Minuten Zeit gegeben wird, vollständig klar bleibt. Die abgeschlämmten Teile werden nunmehr filtriert und gewogen und die im Zylinder niedergeschlagenen sandigen Bodenteile, wenn man will, durch das 1 mm- und 0,5 mm-Sieb weiter zerlegt.

γ) Die **Sikorski**sche Schlämmflasche. Die Einfachheit und Bequemlichkeit der Benningsenschen und die Genauigkeit der Kühnschen Vorrichtung hat Oberingenieur Sikorski, Professor an der Universität in Krakau, in einer neuen Schlämmflasche zu vereinigen gesucht, indem er in deren oberem Teile den Zylinder von Kühn, in dem unteren den Schlämmkolben von v. Benningsen nachbildete.

Die Sikorskische Schlämmflasche*), ganz aus Glas, hat nach beigefügter Zeichnung (Fig. 73) in ihrem oberen Teile die Gestalt eines länglichen Zylinders von 6 cm lichtem Durchmesser. Der Zylinder ist seitwärts mit einem kurzen Ausflußrohr (Tubus) von 1,5 cm Innenweite versehen und endet oben in einem 3 cm weiten Flaschenhals. 2 cm unterhalb der seitlichen Ausfluß-

*) Nach einer Mitteilung des Prof. Sikorski in Krakau.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

öffnung läuft der Zylinder auf einer Länge von 9 cm konisch zu und geht in ein 17 cm langes und 1,5 cm weites Rohr über, das mit einer Teilung versehen und am unteren Ende geschlossen ist.

In einer Höhe von 20 cm oberhalb des Tubus — vom unteren Ende an gerechnet — befindet sich eine im Glase eingeritzte Marke, bis zu der die Schlämmflasche mit Wasser anzufüllen ist. Zwischen dieser Marke und dem Flaschenhals sind noch etwa 5 cm Spielraum vorhanden, um die Bodenprobe mit dem Wasser gut durcheinander schütteln zu können.

Das mit einer genauen Teilung versehene Rohr ist in halbe Kubikzentimeter zerlegt. Damit aber auch geringe Mengen des groben Sandes mit hinreichender Genauigkeit abgelesen werden können, wird zweckmäßig das Rohr unten einige Zentimeter lang konisch verlängert und auf diese Länge in Viertel-Kubikzentimeter geteilt.

Wegen seiner bedeutenden, 55 cm betragenden Länge wird der obere Zylinder zur bequemen Beförderung mit dem geteilten Rohr nicht fest verbunden, sondern mittels metallener, mit Schraubengewinden versehenen Hülsen aneinander befestigt, zwischen die, um einen wasserdichten Verschluß zu erzielen, ein Gummiring eingelegt wird.

Zum Schließen der beiden Oeffnungen, nämlich des Halses und des Tubus, werden gewöhnliche Gummistöpsel verwendet. Um einen Sandverlust beim Schlämmen zu vermeiden, muß der Stöpsel des Tubus mit der Innenwand des Schlämmzylinders scharf abschneiden, gut passen und schließen, aber doch bequem heraus- und hineingedreht werden können.

Bei der Untersuchung werden von der lufttrockenen Erdprobe, die über 2 mm große Steine und Pflanzen nicht enthalten darf, 10 g abgewogen und mit gewöhnlichem reinen Wasser in eine genügend große Porzellanschale geschüttet. Durch $^1/_2$ bis $1^1/_2$ stündiges Kochen wird unter fleißigem Umrühren und sanftem Zerdrücken der Brocken mit einem glatten gläsernen Stabe die Probe in einen feinen Brei verwandelt, wobei stets zu achten ist, daß von den abgewogenen 10 g durch Ueberkochen, Herausspritzen usw. nicht das geringste verloren geht. Ist der Boden völlig aufgeweicht und fein verteilt, so wird er mittels eines Trichters in die Schlämmflasche gefüllt und die auf der Schale zurückbleibenden Sandkörner sorgfältig mit einer Spritzflasche nachgespült. Schließlich wird in die Schlämmflasche reines Wasser genau bis an die eingeritzte Marke gegossen.

Nachdem die Flasche fest verkorkt worden ist, schüttelt man Wasser und Erde tüchtig (ruckweise) durcheinander, um die Bodenteile voneinander zu trennen, und dreht dann durch eine rasche Handbewegung die Flasche in eine lotrechte Lage mit der geteilten Röhre nach unten um. In diesem Augenblicke wird auch die Zeit nach einer Sekundenuhr bestimmt und die Schlämmflasche möglichst lotrecht an einem eigens hierzu eingerichteten Gestell aufgehängt.

Indem nun angenommen wird, daß die Fallgeschwindigkeit abschlämmbarer Teile unter 0,01 mm Durchmesser 0,2 mm in der Sekunde beträgt, so sind, bei der Höhe von 200 mm des Zylinders — gerechnet vom unteren Rande der Abflußöffnung bis zur Marke —, $\frac{200}{0{,}2} = 1000$ Sekunden = 16 Minuten 40 Se-

kunden nötig, bis sämtliche Sandkörner in der Röhre sich setzen, während die Tonteilchen und andere feine abschlämmbare Teile des Bodens schwebend in dem Wasser oberhalb der Abflußöffnung zurückbleiben.

Nach Ablauf der genannten Zeit wird das Wasser abgelassen. Dann wird von neuem Wasser bis zur Marke aufgefüllt, geschüttelt und wieder nach Ablauf von 16 Minuten und 40 Sekunden abgelassen. Dieses Verfahren wird so oft wiederholt, bis das Wasser nicht mehr trübe, sondern klar erscheint. Daran erkennt man, daß weiter keine abschlämmbaren Teile in der Schlämmflasche vorhanden sind.

Es ist jetzt in der Röhre nur Sand zurückgeblieben, den man noch weiter zerlegen kann in

1. Staub von 0,01 bis 0,05 mm Größe mit 2 mm Fallgeschwindigkeit in der Sekunde, also $\frac{200}{2} = 100$ Sekunden Gesamtfallzeit;
2. sehr feinen Sand von 0,05 bis 0,1 mm Größe mit 7 mm Fallgeschwindigkeit, also $\frac{200}{7} = 29$ Sekunden Gesamtfallzeit;
3. feinen Sand von 0,1 bis 0,2 mm Größe mit 25 mm Fallgeschwindigkeit, also $\frac{200}{25} = 8$ Sekunden Gesamtfallzeit;
4. mittleren und groben Sand über 0,2 mm Größe, der nach vollendeter Abschlämmung am Boden der geteilten Röhre sich absetzt.

Nach dem Abschlämmen der feinsten Teilchen, sowie nach dem Abschlämmen der einzelnen Sandkorngrößen wird an der Teilung der Rauminhalt des in dem Rohre zurückgebliebenen Sandes abgelesen, damit aus den Unterschieden jeder vorherigen und der nachfolgenden Ablesung der Kubikinhalt der einzelnen Sandsorte berechnet werden kann.

Für die vorerwähnten Korngrößen des Sandes sind nachstehende Beziehungen zwischen Gewicht und Rauminhalt durch oft wiederholte Messungen und Wägungen ermittelt worden. Es entspricht:

1.	1 ccm Staub	einem Gewichte von	1,328 g,
2.	1 ccm sehr feiner Sand	„ „ „	1,448 g,
3.	1 ccm feiner Sand	„ „ „	1,515 g,
4.	1 ccm mittlerer und grober Sand	„ „ „	1,612 g.

Zur Erläuterung diene folgendes Beispiel. Das Gewicht der lufttrockenen abgesiebten Feinerde betrage 10 g.

Die 1. Ablesung nach dem Abschlämmen der feinsten Teilchen sei 5,6 ccm,
„ 2. „ „ „ „ des Staubes sei 4,1 ccm,
„ 3. „ „ „ „ des sehr feinen Sandes sei 1,9 ccm,
„ 4. „ „ „ „ des feinen Sandes sei 1,1 ccm.

Aus der Differenz der 1. und 2. Ablesung erhält man
$5{,}6 - 4{,}1 = 1{,}5$ ccm Staub zu 1,328 g . . . . $= 1{,}992$ g $= 19{,}9$ %
Aus der Differenz der 2. und 3. Ablesung erhält man
$4{,}1 - 1{,}9 = 2{,}2$ ccm sehr feinen Sandes zu 1,448 g $= 3{,}186$ g $= 31{,}9$ %

Zu übertragen 5,178 g = 51,8 %

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Uebertrag = 5,178 g = 51,8 %

Aus der Differenz der 3. und 4. Ablesung erhält man
1,9 — 1,1 = 0,8 ccm feinen Sandes zu 1,515 g . = 1,212 g = 12,1 %
Und zuletzt aus der 4. Ablesung erhält man
1,1 ccm mittleren Sandes zu 1,612 g. . . . . = 1,773 g = 17,7 %

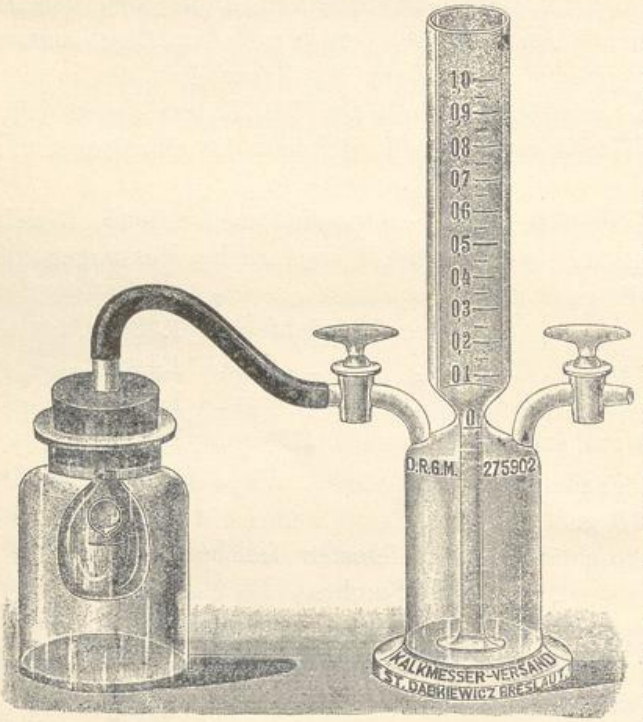
Also zusammen Sand = 8,163 g = 81,6 %
Zur Probe wurden verwendet = 10,000 g = 100 %

Folglich **abschlämmbare Teile** = 1,837 % = 18,4 %

Für die Bestimmung von Kalk, Humus und Eisen genügt in der Regel eine rohe Schätzung, da hier nur größere Mengen der genannten Stoffe entscheidend wirken.

Zur rohen Beurteiluag des **Kalkgehalts** genügt schon das einfache Benetzen der Bodenprobe mit verdünnter Salzsäure. Bei schwachem und gleichmäßigem Aufbrausen (Kohlensäureentwickelung) hat man es mit mergeligem Boden zu tun, bei schwachem ungleichmäßigen Aufbrausen sind Kalkstückchen vorhanden. Eine ganz schwache Aeußerung entspricht einem Gehalte von 1 bis 2 %, ein stärkeres, aber nicht anhaltendes Aufbrausen dem Gehalte von 3 bis 5 %, ein starkes und anhaltendes Aufbrausen einem höheren Gehalte von kohlensaurem Kalke. Nur in letzterem Falle wird er zu berücksichtigen sein. Denn dann ist anzunehmen*), daß so viel Kalk vorhanden ist, daß mit ihm bei der Veränderung der physikalischen Eigenschaften nach durchgeführter Entwässerung gerechnet werden kann (siehe Seite 50 usw.).

Fig. 74.



Eine ziemlich sichere Ermittelung des Kalkgehalts wird durch den nachstehend beschriebenen **Kalkmesser** „Krone“ (D. R. G.-M. Nr. 275902) von St. Dabkiewicz, Breslau I, Ritterplatz 9, ermöglicht.

Der Kalkmesser (Fig. 74) besteht im wesentlichen aus einer Entwickelungsflasche und einem mit einer Teilung versehenen Glasgefäß (Ablesrohr). Durch den Stopfen der ersteren wird ein unten kolbenartig erweitertes und zugeschmolzenes Glasrohr (mit seitlichem Loch) geführt, das zur Aufnahme

*) Siehe Anm. Seite 50.

von Salzsäure bestimmt ist. Das Glasrohr wird durch einen Gummischlauch mit dem Ableserohr luftdicht verbunden. Zwei an diesem angebrachte Glashähne dienen dazu, einmal die Verbindung mit der Entwickelungsflasche aufzuheben (linker Hahn), zum anderen Mal die Kohlensäure aus dem Ableserohr treten zu lassen (rechter Hahn).

Von der zu untersuchenden Bodenprobe, die in trockenem Zustande möglichst fein gerieben wird, werden 20 g in die Entwickelungsflasche geschüttet und mit dem Stopfen verschlossen, nachdem der Kolben der Glasrohre durch das seitliche Loch mit verdünnter Salzsäure (2 Teile reine Salzsäure, 1 Teil reines Wasser) bis zur angebrachten Marke gefüllt worden ist. Das Ableserohr wird bis zur Nullmarke mit abgestandenem Wasser angefüllt und durch den Gummischlauch mit der Entwickelungsflasche in luftdichte Verbindung gebracht. Sobald durch entsprechendes Neigen der Flasche aus dem Glaskolben etwas Salzsäure über die Bodenprobe sich ergießt, drängt die sich entwickelnde Kohlensäure das Wasser in dem Ableserohr in die Höhe. Die Entwickelungsflasche ist, so lange das Wasser noch im Steigen begriffen ist, in wallender Bewegung zu halten. Hört das Wasser zu steigen auf, so gilt die Untersuchung als beendet, und der Gehalt an kohlensaurem Kalk ist an der Teilung in 0,1 % unmittelbar abzulesen.

Ist im Boden mehr als 1 % kohlensaurer Kalk vorhanden, so ist der linke Hahn sofort zu schließen, sowie das Wasser die Marke 1,0 erreicht. Der rechte Hahn wird hierauf geöffnet, damit die Kohlensäure entweichen kann, und dann wieder geschlossen, sobald das Wasser bis zur Nullmarke gesunken ist. Durch Oeffnen des linken Hahnes wird von neuem die Untersuchung eingeleitet und so oft wiederholt, so lange sich noch Kohlensäure entwickelt. Am Ende werden die Ergebnisse zusammengezählt.

Für stark kalkhaltige Böden (Mergel, Wiesenkalk usw.) wird der vorstehende Apparat in 10facher Größe als „Krone 2“ hergestellt, damit bei der Untersuchung die Wiederholung verringert wird.

Für den **Humusgehalt** gibt die Färbung des Bodens einigen Anhalt. Sand zeigt im feuchten Zustande schon bei 0,5 % Beimischung von Humus eine merklich graue, dagegen bei 2 bis 5 % eine bedeutend dunkelgraue und bei mehr als 5 % eine ganz schwarze Färbung. Auch bei Lehm läßt sich eine solche Abstufung vornehmen. Böden, die einen Humusgehalt unter 2 % haben, werden humusarm genannt, von 2 bis 5 % humos, von 5 bis 10 % humusreich, über 10 % sind es reine Humusboden.

Genauer wird der Humusgehalt aus dem Glühverluste der völlig getrockneten Bodenprobe bestimmt.

Von der durchgesiebten Erde*) werden 10 g in einem Porzellantiegel so stark wie möglich getrocknet und mit diesem abgewogen. Hierauf wird die Probe so lange geglüht, bis alle organischen Bestandteile verbrannt sind. Um dem Kalk usw. die durch die Hitze ausgetriebene Kohlensäure wiederzugeben, befeuchtet man die abgekühlte Feinerde mit einigen Tropfen kohlensauren Am-

*) „Praktische Bodenkunde“. Von A. Nowackli. Berlin 1904, Verlag von Paul Parey.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

moniak. Nachdem man das zugesetzte Ammoniak durch schwaches Erwärmen sich hat verflüchten lassen, kommt das Ganze wieder auf die Wage. Der Gewichtsverlust gegen die erste Wägung wird als Glühverlust in Rechnung gebracht. Zum Beispiel;

Erste Wägung: Tiegel + getrocknete Erde . . 67,32 g,
Zweite Wägung: Tiegel + geglühte Erde . . . 66,71 g,

folglich Glühverlust 0,61 g.

Dieser Glühverlust — hier auf 10 g Erde in Prozenten ausgedrückt = 6,1 % — kann als Humusgehalt nur bei denjenigen Böden angesehen werden, die unter 10 % Ton erhalten, als da sind: Grusböden, Kies- und Grandböden, lose und humose Sandböden und die eigentlichen Humusböden. Bei allen Böden aber, die Ton über 10 % enthalten, ist die Annahme nicht zutreffend, vielmehr fällt hier die Humusbestimmung nach dem Glühverluste allein zu hoch aus. Dies kommt daher, daß der Ton einen Teil des Wassers so fest hält, daß dieses erst bei der Glühhitze ausgetrieben wird. Um nun aber doch den Gehalt annähernd genau zu erhalten, muß man nach Nowacki von dem aus dem Glühverluste berechneten Humusgehalte:

bei Ton- und schweren Lehmböden . . . . . $^1/_2$
bei gewöhnlichen Lehmböden . . . . . $^1/_3$
bei sandigen Lehm- und lehmigen Sandböden . . . $^1/_4$

in Wasser in Abzug bringen. Wäre also in obigem Beispiele die Humusbestimmung an einem gewöhnlichen Lehmboden vorgenommen worden, so hätte man statt der gefundenen 6,1 % nur 4 % Humus anzunehmen.

Auch der **Eisengehalt** im Boden kann nach dem Augenscheine beurteilt werden. So deutet bei Sandböden eine gelblichrote Färbung auf 1 % Eisenoxyd hin, weiter die dunkle, graue auf 1 bis 2 %. Im lehmigen Boden kann seine Menge an den charakteristischen rostigen Stellen beurteilt werden. Auch das Wasser, das in Gräben einen ockergelben Schlamm absetzt, läßt auf einen größeren Gehalt an Eisen im Boden schließen.

Ein verhältnismäßig einfaches Mittel, um das Vorkommen von Eisen nachzuweisen, besteht darin, daß man etwa 50 g Erde mit 50 ccm reinem Wasser übergießt, die Masse gut umrührt und 24 Stunden stehen läßt, hierauf den Brei filtriert und zu dem Filtrat einige Tropfen gelbes Blutlaugensalz zufügt. Ein Niederschlag von intensiv blauer Färbung läßt auf 1 % Eisenoxyd im Boden schließen.

19. Rohrweite der Sammler.

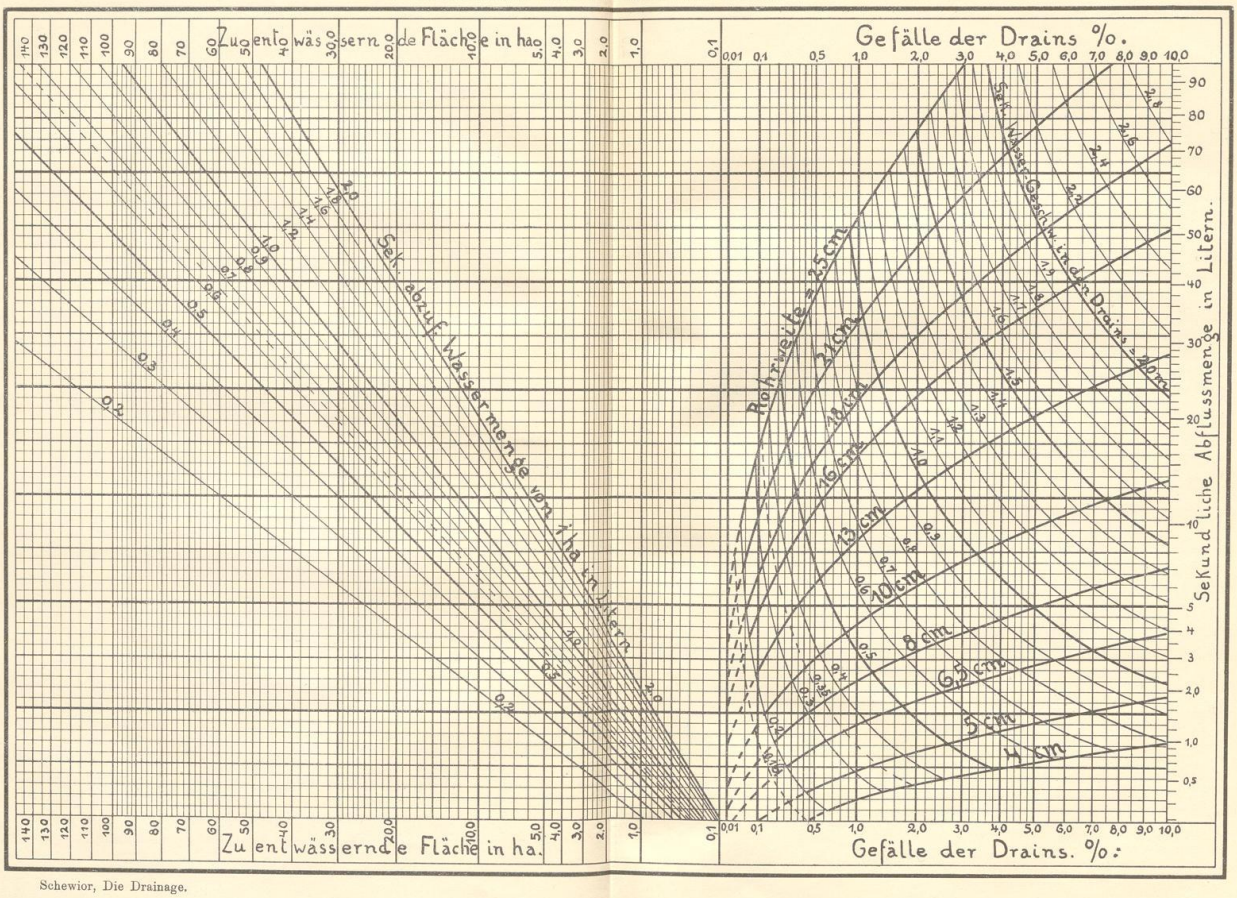
Für Sammeldrains werden allgemein nachstehende Rohrweiten verwendet und von den meisten Ziegeleien in diesen Abmessungen geliefert. Die lichte Weite der Sammeldrains beträgt:

5, 6,5, 8, 10, 13, 16, ausnahmsweise 18 und 21 cm.

20. Lage der Sammler.

Wie bereits auf Seite 40 bemerkt ist, wirkt die Lage der Sauger bestimmend auf die auszubauende Richtung der Sammeldrains.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



Schewior, Die Drainage.

Die Querdrainage läßt infolge ihrer schrägen Anordnung der Sauger zur Gefällrichtung des Geländes fast ausschließlich eine Ausnutzung des stärksten Gefälles zu, während bei der Längsdrainage die Sammler je nach der Bodengestaltung in einem mehr oder weniger schwachen Gefälle angeordnet werden müssen.

Als Grundsatz mag festgehalten werden: **„Die Sammler sind derartig zu entwerfen, daß das Wasser möglichst auf kürzestem Wege dem Ausgusse zugeführt wird."***)

21. Gefälle des Sammlers.

Die bei den Saugedrains gegebenen Gesichtspunkte, nach denen das Mindestgefälle der Drains bestimmt wird, haben auch hier gleiche Geltung.

Die Geschwindigkeit des durch die Sammler abgeführten Wassers muß sonach bei voller Füllung der Röhren ohne Ueberdruck im gewöhnlichen Boden 0,16 bis 0,20 m, bei Trieb- oder Wellsand mindestens 0,35 m betragen, wenn die Ablagerung von Sinkstoffen verhütet werden soll. Daraus ergeben sich für die verschiedenen Rohrweiten nachstehende geringste Gefälle auf 100 m Länge, wobei aber kleinere Maße als 0,15 % wegen der schwierigen Herstellung der Drainsohle grundsätzlich vermieden worden sind. Die **„Schlesische Anweisung"** schreibt für **Sammler** als geringstes Gefälle **0,20** % vor und hält es für erforderlich, daß im Schliefsande und eisenschüssigem Boden das Wasser mit tunlichst starkem Gefälle (s. a. S. 44) dem Vorfluter zugeführt wird und daß kleine Systeme angeordnet werden.

Geringstes Gefälle

bei einem Rohrdurchm. von:	5	6,5	8	10	13	16	18	21 cm
im **gewöhnlichen** Boden								
bei 0,16 m Geschwindigkeit:	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15 %
bei 0,20 m Geschwindigkeit:	0,25	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15 %
bei **Trieb-** oder **Wellsand**								
und 0,35 m Geschwindigkeit:	0,70	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20	0,15	0,15 %.

Geringere Gefälle als die angegebenen sind nur ausnahmsweise oder nur dann zulässig, wenn sonst von der Drainageanlage abgesehen werden müßte. Jedenfalls bedarf es in solchen Fällen einer eingehenden Begründung im Erläuterungsberichte (s. Kapitel III. 4).

Wie schwierig es ist, eine Drainsohle mit geringem Gefälle zu schaffen, wird von Seyfert**), wie folgt, geschildert. „Selbst wenn in der Wandung der herzustellenden Drains in gleichem Abstande von der herzustellenden Sohle in 5 bis 10 m Entfernung Pflöcke durch Nivellement (s. a. S. 98) eingewogen werden, und über dieselben eine Schnur gespannt wird, so daß der Drainarbeiter von der Schnur aus nur überall die gleiche Tiefe auszustechen braucht, bleibt die Sohle um Zentimeter uneben. Auch die folgende Bearbeitung mit der Sohlkelle schafft noch keine ganz glatte Sohle. Dieselbe wird auch durch das Einbringen von

*) Siehe: „Schlesische Anweisung" 1911.

**) Siehe „Der Kulturtechniker" Jahrg. 1903. S. 298.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

weichem Boden nicht vollständig erzielt. Eine vollständige Ausgleichung des Sohlengefälles ist eben nicht möglich. Der Unterschied zwischen schwachem und stärkerem Gefälle ist aber der, daß die unvermeidlichen kleinen Unregelmäßigkeiten der Sohle im zweiten Falle unschädlich bleiben, weil jedes Rohr immer noch im Gefälle liegt, während im ersten Falle einzelne Rohre im Gegengefälle liegen und Ursachen eintretender Verstopfung werden."

Das in Prozenten zu ermittelnde Gefälle ist möglichst gleichmäßig zu verteilen, auch ist eine **Abnahme der mittleren Geschwindigkeit des Wassers in den Sammlern, soweit es angeht, zu vermeiden.**

Einige Beachtung verdient auch die zulässige größte Geschwindigkeit des Wassers.

Nach Friedrich*) soll die in den Drainröhren sich entwickelnde Geschwindigkeit womöglich 1 m in einer Sekunde nicht überschreiten. Im allgemeinen wird aber je nach der Güte des Rohrmaterials und der Beschaffenheit des Untergrundes eine höhere Grenze gezogen werden können.

Ist ein Ausspülen auf der Sohle oder neben den Rohrsträngen und damit eine Verschiebung der Röhren zu befürchten, was bei stärkerem Gefälle leicht eintreten kann, so empfiehlt es sich, die Röhren durch eine Steinpackung oder in anderer Weise zu sichern.

22. Berechnung der Sammler.

Die richtige Bemessung der Rohrweiten ist nicht nur für eine geregelte und rechtzeitige Abführung des Wassers — besonders bei Flächen mit geringem Gefälle — von großer Wichtigkeit, sondern auch mit Rücksicht auf die wirtschaftliche Ausführung der Anlage durchaus geboten.

Die Rohrweite der Sammler richtet sich lediglich nach der abzuführenden Wassermasse und nach der Geschwindigkeit, mit der sich das Wasser in den Röhren bewegt. Während die erstere durch die Größe der zu entwässernden Fläche und der Wasseransammlung bestimmt wird, hängt die Geschwindigkeit von dem Gefälle der Leitung und von der Beschaffenheit der verwendeten Röhren ab.

a) Abzuführende Wassermenge. Die dem Boden zu entziehende Wassermasse besteht zum weitaus größten Teil aus den auf der Meliorationsfläche gefallenen Niederschlägen, die infolge unzureichender Durchlässigkeit des Untergrundes nicht in eine für die Pflanzen oder die Nutzung des Grundstückes günstige Tiefe gelangen oder sonst zum seitlichen Abfluß kommen können. Daneben ist nicht selten Grundwasser abzuleiten, das aus der höher gelegenen Umgebung als sogenanntes „Druckwasser" dem Drainagegebiete zufließt. Das Auftreten des letzteren und seine Größe muß durch örtliche Untersuchung festgestellt werden.

Für die Bestimmung der aus den direkten Niederschlägen herrührenden Wassermengen stehen Anhaltspunkte zu Gebote, deren Zuverlässigkeit durch langjährige Erfahrung und durch einschlägige Versuche erprobt sind. Für Preußen kommen die von der Königlichen Generalkommission für Schlesien eingeführten Abflußmengen in Betracht.

*) Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1909. Teil I. S. 307.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nach der mehrerwähnten „Schlesischen Anweisung“ für die Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen ist zur Berechnung der Lichtweiten der Sammler die Abführung einer sekundlichen Wassermenge von **0,65 Liter von 1 ha für die Ebene** mit geringeren jährlichen Niederschlagshöhen und von **0,80 Liter von 1 ha für gebirgige Gegenden** mit höheren Niederschlägen anzunehmen.

Bei der Ermittelung der Zahl 0,65 ging die genannte Generalkommission von der Voraussetzung aus, daß die Drainage im Frühjahr das Tauwasser, das die Niederschläge der Wintermonate Dezember, Januar, Februar und März in sich schließt, möglichst schnell beseitigen, dann aber auch bei längeren Regenperioden das überschüssige Wasser so abführen muß, daß der Abfluß möglichst dem Zuflusse entspricht.

Der Berechnung wurden die Niederschlagsverhältnisse von Ober-, Mittel- und Niederschlesien nach den langjährigen Beobachtungen der meteorologischen Stationen zu Ratibor, Breslau und Görlitz zugrunde gelegt.

Für die Ermittelung der im Frühjahre nach Eintritt der Schneeschmelze abzuführenden Wassermengen dienten die mittleren Niederschläge der genannten vier Monate. Hierbei wurde angenommen, daß nach Abzug des auf der Oberfläche abfließenden Wassers und der Verdunstung nur 50 % der Niederschläge in die Drains gelangen und daß dieses Frühjahrswasser in einer 14tägigen Tauperiode aus dem Boden entfernt wird.

Zur Beurteilung des zweiten Falles wurde unter Benutzung der größten monatlichen Regenhöhen nach der Anzahl der Regentage und Beobachtungsjahre eine durchschnittliche tägliche Regenhöhe für die drei Stationen abgeleitet. Hiervon sollten wieder nur 50 % in die Drains gelangen, während die andern 50 % oberirdisch abfließen oder verdunsten sollten.

Die unter den beiden Voraussetzungen erzielten 6 Ergebnisse der drei Beobachtungsstationen wurden zu 0,65 Liter gemittelt und als sekundliche Abflußmenge von 1 ha Fläche für die schlesische Ebene vorgeschrieben.

Diese Zahl — 0,65 l auf 1 ha und 1 Sekunde — hat sich in ganz Norddeutschland eingebürgert und hat überall da Geltung, wo die jährliche Regenhöhe weniger als 900 mm beträgt.

Daneben werden von verschiedenen bedeutenden Kulturtechnikern teilweise stark voneinander abweichende Abflußmengen verzeichnet. Da diese den jeweiligen Boden- und Regenverhältnissen oder sonstigen, besonders auch klimatischen Einflüssen angepaßt sind, ist gegen ihre Berechtigung nichts einzuwenden.

Die für **Deutschland** von Vincent vorgeschlagene Wassermenge bildet fast das arithmetische Mittel der von der Generalkommission für Schlesien angegebenen Zahlen.

Vincent nahm für seine Berechnung einen monatlichen höchsten Niederschlag von 100 mm = 0,10 m an, der innerhalb eines halben Monats, also in einem Zeitraum von 15 Tagen versickern und ganz zum Abfluß gelangen sollte. Diese Regenhöhe entspricht bei einem Sammelgebiet von 1 ha Größe einer Wassermenge von $10000 \cdot 0{,}10 = 1000$ cbm; da der Abfluß in 15 Tagen oder in $15 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60$ Sekunden erfolgen soll, ergibt sich eine durchschnittliche Wassermenge von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$\frac{1000}{15 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1000}{1296000} = 0{,}00077$ cbm oder 0,77 l für 1 ha und 1 Sekunde.

Weiter sind für Deutschland nachstehende Angaben gemacht, die z. T. stark voneinander abweichen.

Schweder nimmt eine sekundliche Wassermenge von 0,60 l für Tonboden, von 0,70 l für leichten Boden und erhöht sie bei viel fremdem Grundwasser auf 1,0 l.

Dünkelberg rechnet für die norddeutsche Tiefebene 0,271 l für das ha und die Sekunde, für gebirgige Gegenden Norddeutschlands 0,386 l. Für größere Ebenen im Süden und Osten von Europa gibt er 0,347 l bezw. 0,579 l an; ausnahmsweise bei erheblichen Regenmengen: 0,462 bezw. 0,772 l.

v. Möllendorf u. Wäge rechneten für schweren Boden 0,331 l, für leichten Boden 0,468 l; Stocken*) 0,35 l; Gropp*) 0,40 l; Luedecke*) hält bei gewöhnlichen Verhältnissen 0,40 l und bei stärkerem oberirdischen und unterirdischen Zuflusse 0,50 l für ausreichend. Nach Spöttle**) sind folgende Grenzwerte zugrunde zu legen:

für sehr schweren Tonboden . . . 0,35 — 0,50 l f. d. ha.
„ gewöhnliche Drainageböden . 0,50 — 0,70 „ „ „ „
„ durchlässigere Böden . . . . . 0,70 — 2,10 „ „ „ „

Für **Belgien** berechnet Leclerc unter Annahme einer täglichen Regenhöhe von 10 mm = 0,01 m eine tägliche Niederschlagsmenge von $10000 \times 0{,}01 =$ 100 cbm für 1 ha. Hiervon sollen nur 74,5 %, also 74,5 cbm innerhalb 36 Stunden zu Versickerung und zum Abfluß kommen. Daraus folgt eine durchschnittliche Wasserabführung von $\frac{74{,}5}{36 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{74{,}5}{129600} = 0{,}00057$ cbm = 0,57 l für 1 ha und 1 Sekunde.

Stephenson empfiehlt für **England** eine Wassermenge von 1,13 l für ha und Sekunde.

Die **Franzosen** Hervé Mangon und Débauve erhalten unter verschiedenen Voraussetzungen dieselbe Zahl, nämlich 0,37 l.

In der **Schweiz** wird die von Lubberger im „Lexikon der gesamten Technik" angegebene Wasserführung der Drains mit 1,5 l empfohlen.

Professor Friedrich†) gibt für **Oesterreich** nachstehende Werte an:

1. für schwere und mittlere Böden im Flachlande 0,65 l,
2. in durchlässigeren Böden und in Gegenden mit stärkeren Niederschlägen 0,75 l,
3. in sehr durchlässigen Böden 1,0 l.

Die angegebenen Werte gelten selbstverständlich nur für Anlagen, die im Interesse der Landwirtschaft in drainagebedürftigen Böden ausgeführt werden. Abweichend sind diejenigen Wassermengen zu beurteilen, die z. B. von Riesel-

*) Siehe: Der Kulturtechniker. Jahrg. 1906. S. 124 usw.
**) Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Leipzig 1907. Bel. 7. S. 144.
***) Kopp's Anleitung zur Drainage. Frauenfeld 1907. S. 47.
†) Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1907. Teil I. S. 297.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

feldern abfließen. Hier wird je nach Leistung der Bodenart (leichte Lehmböden und Sandboden) von 25 bis 100 cbm für ha und Tag bei der intermittierenden Bodenfiltration, d. i. Rieselung ohne landwirtschaftliche Nutzung, auch von 200 cbm/ha/Tag eine Abflußmenge von 1 bis 2 und 3 Liter für das Hektar und die Sekunde anzunehmen sein.

Die Wasserführung bei der Berieselung und Filtration nach Dünkelberg*) soll sogar bei einem 24stündigen Wechsel der Filterbecken von einem ha 10000 cbm/Tag, d. i. rd. 115 Liter in 1 Sekunde betragen.

Bei der Petersenschen Wiese (s. Abschn. 40b) und den drainierten Riesel-Wiesen (s. Abschn. 40b) werden gewöhnlich 1,5 l zur Berechnung der Sammler angenommen.

b) Bestimmung der Rohrweite. Die Fasskraft eines Sammeldrains ist abhängig von der Größe seines Querschnittes und der Geschwindigkeit, mit der das Wasser den Drain in der Zeiteinheit (1 Sekunde) durchströmt. Die Abflußmenge wächst demnach mit der Größe des Rohrdurchmessers und des Gefälles, das, wie oben erwähnt, in erster Linie die Geschwindigkeit beeinflußt. Hieraus folgt, daß ein weites Rohr bei geringer Geschwindigkeit eine gleiche Wassermenge abführen kann als ein enges Rohr bei entsprechend größerer Geschwindigkeit.

Für die Wassergeschwindigkeit in Drainröhren wurde von **Prony** die Eytelweinsche Formel für Röhren $v = 50{,}9 \sqrt{R\,J}$ anwendbar gemacht und in folgende Gleichung gebracht:

$$v = 3{,}59 \sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}}.$$

Hierbei bedeutet:

v die sekundliche Wassergeschwindigkeit in m;
d den inneren Rohrdurchmesser in m;
h das Gefälle der Leitung auf die Länge l, beide in m.

Die Rauhigkeit der inneren Mantelfläche, die vielen infolge der Kürze der Röhren entstehenden Stoßfugen und die meist etwas verschobene Lage der Röhren zueinander üben auf die Bewegung des Wassers einen ungünstigen Einfluß aus, so daß in Wirklichkeit eine geringere Geschwindigkeit sich einstellt, als die Formel ausweist.

Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, hat **Vincent** einen Koeffizienten k der rechten Seite der Gleichung zugefügt, den sogenannten Drainkoeffizienten, der die Formel berichtigt zu:

$$v = 3{,}59\ k \sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}}.$$

Hierbei erhält k je nach der Größe des Rohrdurchmessers verschiedene Werte und zwar ist bei einem

Rohrdurchmesser d =	(4)	5	6,5	8	10	13	16	18	21 cm
der Drainkoeffizient k =	(0,71)	0,75	0,78	0,80	0,83	0,86	0,88	0,90	0,92

*) Siehe Anmerkung Seite 39.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zur Verallgemeinerung der Geschwindigkeitsformel wird $l = 100$ m gesetzt, so daß h das Gefälle in Prozenten angibt und die Formel übergeht in:

$$v = 3{,}59\ k \sqrt{\frac{50\ d\ h}{100 + 50\ d}} = 3{,}59\ k \sqrt{\frac{50\ d\ h}{50\ (2 + d)}}$$

$$\mathbf{v = 3{,}59\ k \sqrt{\frac{d\ h}{2 + d}}}. \qquad (1)$$

Bezeichnet nun f den inneren Röhrenquerschnitt in qm und Q die sekundlich abfließende Wassermenge in cbm, so ist:*)

$$\mathbf{Q = f \cdot v}. \qquad (2)$$

Die Querschnittsfläche eines Drainrohres wird der Kreisformel gemäß berechnet nach:

$$\mathbf{f = \frac{d^2\ \pi}{4}}. \qquad (3)$$

Werden in Formel (2) die Bestimmungsstücke für v und f eingesetzt, so erhält man die Gleichung:

$$Q = \frac{d^2\ \pi}{4} \cdot 3{,}59\ k \sqrt{\frac{d\ h}{2 + d}} = \frac{d^2 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 3{,}59\ k \sqrt{\frac{d\ h}{2 + d}}$$

$$= d^2 \cdot 0{,}785 \cdot 3{,}59\ k \sqrt{\frac{d\ h}{2 + d}}$$

$$\mathbf{Q = 2{,}818\ d^2\ k \sqrt{\frac{d\ h}{2 + d}}}. \qquad (4)$$

Das Ergebnis wird zur bequemeren Benutzung durch entsprechende Verschiebung des Kommas in Liter (l) verwandelt.

Die obige Formel (4) ist in die **„Schlesische Anweisung"** übernommen und wird in Preußen und anderen deutschen Staaten fast ausschließlich den Berechnungen der Drains zugrunde gelegt.

Eine einfachere Gestalt zeigt die **Geschwindigkeitsformel** nach **Stocken****), die aus der Pronyschen Formel $v = 26{,}3 \sqrt{\frac{d \cdot h}{l}}$ abgeleitet worden ist. Sie lautet:

$$\mathbf{v = 20 \sqrt{\frac{d \cdot h}{l}}}.$$

Es ist nach obigem:

$$Q = f \cdot v = \frac{d^2\ \pi}{4} \cdot 20 \sqrt{\frac{d \cdot h}{l}} = 15{,}7\ d^2 \sqrt{\frac{d \cdot h}{l}}$$

und bei $l = 100$

$$\mathbf{Q = 1{,}57\ d^2 \sqrt{d \cdot h}}.$$

Diese Formel hat in Oesterreich und in der Schweiz große Verbreitung gefunden.

*) Es sei bemerkt, daß die größte Wassermenge nicht durch vollaufende, sondern durch teilweise gefüllte Röhren abgeführt wird. Das Maximum ergibt sich bei einem Füllungswinkel von etwa 308° entsprechend einer Füllhöhe von 0,94 d. Der Einfachheit wegen soll hier aber das Maximum bei vollaufendem Rohr angenommen werden.

**) Der Kulturtechniker, Jahrg. 1906.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Weiter werden empfohlen:

von **Frank***) ein Reibungskoeffizient

$$k = \frac{1}{\sqrt{0{,}000495 + \frac{0{,}000652}{\sqrt{d}}}};$$

von **Merl****) die neuere Geschwindigkeitsformel nach Bazin:

$$v = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot J}^{***});$$

wobei $\gamma = 0{,}19$ gesetzt werden soll;

von **Spöttle**†) die alte Kuttersche Formel:

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot J},$$

worin $m = 0{,}27$;

von **Gerhardt**††) gleichfalls die ältere Kuttersche Geschwindigkeitsformel

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot J} \text{ mit } m = 0{,}30;$$

von **Schewior**†††) die neuere Geschwindigkeitsformel von Ganguillet und Kutter (siehe Seite 82)

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

worin der Rauhigkeitsgrad $n = 0{,}013$ beträgt.

Zum Vergleich der angegebenen Formeln setzt man:

nach Prony $= (1{,}57\, d^2 \sqrt{d}) \cdot \sqrt{h} = Q_1 \cdot \sqrt{h},$

nach Vincent: $= \left(2{,}818\, d^2\, k \sqrt{\frac{d}{2+d}}\right) \cdot \sqrt{h} = Q_2 \cdot \sqrt{h},$

nach Frank: $= (0{,}0785\, k \cdot d^2 \sqrt{d}) \cdot \sqrt{h} = Q_3 \cdot \sqrt{h},$

nach Merl: $= (0{,}0785\, k \cdot d^2 \sqrt{d}) \cdot \sqrt{h} = Q_4 \cdot \sqrt{h},$

nach Spöttle: $= (0{,}0785\, k \cdot d^2 \sqrt{d}) \cdot \sqrt{h} = Q_5 \cdot \sqrt{h},$

nach Gerhardt: $= (0{,}0785\, k \cdot d^2 \sqrt{d}) \cdot \sqrt{h} = Q_6 \cdot \sqrt{h},$

nach Schewior: $= (0{,}0785\, k \cdot d^2 \sqrt{d}) \cdot \sqrt{h} = Q_7 \cdot \sqrt{h}.$

Werden die hier nicht weiter aufgeführten Werte für k (k für Vincent siehe Seite 69) in die Formeln eingesetzt und die Ergebnisse für Q_1 bis Q_7 in

---

*) Deutsche Bauzeitung 1889.

**) Der Kulturtechniker 1902.

***) R = mittlerer Radius = $\frac{\text{Wasserführender Querschnitt}}{\text{Benetzter Umfang}} = \frac{d^2\pi}{4 \cdot d\pi} = \frac{d}{4}$. J = Gefälle auf 1 m.

†) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Teil III. Landwirtschaftlicher Wasserbau. 1907.

††) Grundlehren der Kulturtechnik. Berlin 1909. Bd. I. Teil 2.

†††) Die Bodenmelioration. Teil II. Leipzig 1910.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der nachstehenden Tabelle 6 zusammengefaßt, so erhält man ein Bild der Leistungsfähigkeit in Liter der jeweiligen Drainrohrweiten d.

Tabelle 6.

Leistungsfähigkeit in l der verschiedenen Geschwindigkeitsformeln.

Rohrdurchmesser d cm	Leistungsfähigkeit nach						
	Prony	**Vincent**	Frank	Merl	Spöttle	**Gerhardt**	Schewior
4	0,50	**0,45**	0,41	0,38	0,34	**0,31**	0,30
5	0,88	**0,83**	0,75	0,71	0,64	**0,60**	0,58
6,5	1,69	**1,64**	1,53	1,48	1,37	**1,26**	1,22
8	2,84	**2,83**	2,69	2,64	2,44	**2,27**	2,20
10	4,96	**5,10**	4,91	4,89	4,59	**4,29**	4,14
13	9,58	**10,12**	9,97	9,68	9,63	**9,00**	8,77
16	16,08	**17,28**	17,44	17,90	17,10	**16,06**	15,66
18	21,57	**23,61**	24,07	24,75	23,74	**22,33**	21,80
21	31,69	**35,24**	36,21	37,72	36,33	**34,27**	33,47

Von gewisser Bedeutung ist der Vergleich der Leistungsfähigkeit der bislang üblichen **Vincent**schen zur **Gerhardt**schen Abflußformel. Wird entsprechend der „Schlesischen Anweisung“ mit dem zulässig geringsten Gefälle (siehe Seite 44) für Sauger mit 0,25 % und für Sammler 0,20 % (S. 65) bei einer Wasserführung von 0,65 l für das ha gerechnet, so ergibt sich für die einzelnen Rohrweiten die Größe der entwässerten Fläche, wie folgt:

Ein Drain von d =	4	5	6,5	8	10	13	16	18	21 cm
entwässert bei 0,20 % Gefälle*) eine Fläche									
nach der Abflußformel von Vincent:	0,34	0,58	1,13	1,95	3,5	6,9	11,9	16,2	24,2 ha
desgl. von Gerhardt:	0,22	0,42	0,17	1,56	3,0	6,1	10,9	15,0	23,0 ha.
Die Gerhardtsche Berechnung gibt									
gegen die Vincentsche weniger:	35	28	23	20	14	12	8	7	5 %

Die Gegenüberstellung zeigt vornehmlich bei den kleineren Abmessungen einen merklichen Unterschied zu ungunsten der Gerhardtschen Formel. Zieht man insbesondere die übliche Lichtweite der Sauger mit 4 cm in Betracht, so darf gesagt werden, daß bislang die Leistungsfähigkeit der Drainröhren zu groß angeschlagen wurde. Die Richtigkeit der Annahme wird durch die Erfahrung bestätigt. Sie spiegelt sich in der „Schlesischen Anweisung“ wieder, wo auch unter gewöhnlichen Verhältnissen für Sauger über 150 m Länge im unteren Teile 5 cm weite Röhren vorgeschrieben werden (s. S. 43 u. S. 44 oben).

Die Abweichungen bei den für Sammler in Betracht kommenden größeren Rohrweiten sind praktisch von keiner Bedeutung, da der Spielraum zwischen den einzelnen Lichtweiten und ihrer Leistungsfähigkeit so groß ist, daß die richtige Wahl der erforderlichen Rohrweite hierdurch kaum berührt wird.

*) Bei d = 4 cm beträgt das Gefälle 0,25 %.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle 7.

Drainrohrweiten.

Bei Annahme einer sekundlichen Abflußmenge von **0,65 Liter** von 1 ha Fläche. Nach der Formel von **Vincent.**

Größe der entwässerbaren Fläche in ha und Wassergeschwindigkeit v in m

Gefälle der Drainröhren-Leitung %	bei einem Röhrendurchmesser von																	
	4 cm		5 cm		6,5 cm		8 cm		10 cm		13 cm		16 cm		18 cm		21 cm	
	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v
0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,95	0,19	8,12	0,21	12,12	0,23
0,10	—	—	—	—	—	—	1,38	0,18	2,48	0,21	4,92	0,24	8,40	0,27	11,48	0,29	17,13	0,32
0,15	—	—	0,49	0,16	0,98	0,19	1,69	0,22	3,04	0,25	6.03	0,30	10,29	0,33	14,06	0,36	20,98	0,39
0,20	—	—	0,57	0,19	1,13	0,22	1,95	0,25	3,51	0,29	6,96	0,34	11,88	0,38	16,24	0,41	24,24	0,46
0,25	0,34	0,18	0,64	0,21	1,26	0,25	2,18	0,28	3,92	0,32	7,78	0,38	13,29	0,43	18,16	0,46	27,11	0,51
0,30	0,38	0,20	0,69	0,23	1,39	0,27	2,39	0,31	4,30	0,36	8,53	0,42	14,57	0,47	19,91	0,51	29,71	0,56
0,35	0,41	0,21	0,75	0,25	1,50	0,29	2,58	0,33	4,65	0,38	9,22	0,45	15,74	0,51	21,51	0,55	32,10	0,60
0,40	0,44	0,23	0,80	0,27	1,60	0,31	2,76	0,36	4,96	0,41	9.84	0,48	16,80	0,54	22,96	0,59	34,27	0,64
0,45	0,46	0,24	0,85	0,28	1,70	0,33	2,93	0,38	5,27	0,44	10,45	0,51	17,84	0,58	24,38	0,62	36,38	0,68
0,50	0,49	0,25	0,90	0,30	1,79	0,35	3,08	0,40	5,55	0,46	11,01	0,54	18,79	0,61	25,68	0,66	38,33	0,72
0,55	0,51	0,26	0,94	0,31	1,88	0,37	3,24	0,42	5,82	0,48	11,55	0,57	19,72	0,64	26,96	0,69	40,23	0,76
0,60	0,53	0,28	0,98	0,33	1,96	0,39	3,38	0,44	6,08	0,50	12,07	0,59	20,60	0,67	28,16	0,72	42,02	0,79
0,65	0,56	0,29	1,02	0,34	2,04	0,40	3,51	0,45	6,33	0,52	12,55	0,61	21,42	0,69	29,28	0,75	43,70	0,82
0,70	0,58	0,30	1,06	0,35	2,11	0,42	3,65	0,47	6,57	0,54	13,03	0,64	22,25	0,72	30,41	0,78	45,38	0,85
0,75	0,60	0,31	1,10	0,36	2,19	0,43	3,78	0,49	6,80	0,56	13,48	0,66	23,02	0,74	31,46	0,80	46,95	0,88
0,80	0,62	0,32	1,14	0,38	2,26	0,44	3,90	0,50	7,02	0,58	13,92	0,68	23,76	0,77	32,48	0,83	48,47	0,91
0,85	0.64	0,33	1,17	0,39	2,33	0,46	4,02	0,52	7,24	0,60	14,36	0,70	24,51	0,79	33,50	0,86	49,99	0,94
0,90	0,65	0,34	1,21	0,40	2,40	0,47	4,14	0,53	7,45	0,62	14,78	0,72	25,22	0,82	34,48	0,88	51,45	0,97
0,95	0,67	0,35	1,24	0,41	2,47	0,48	4,25	0,55	7,65	0,63	15,18	0,74	25,92	0,84	35,42	0,90	52,86	0,99
1,00	0,69	0,36	1,27	0,42	2,53	0,50	4,36	0,56	7,85	0,65	15,57	0,76	26,58	0,86	36,33	0,93	54,22	1,02
1,25	0,77	0,40	1,42	0,47	2,83	0,56	4,88	0,63	8,77	0,73	17,41	0,85	29,72	0,96	40,62	1,04	60,62	1,14
1,50	0,84	0,44	1,55	0,51	3,09	0,61	5,33	0,69	9,61	0,79	19,07	0,93	32,56	1,05	44,50	1,13	66,42	1,24
1,75	0,91	0,47	1,68	0,55	3,34	0,66	5,76	0,74	10,38	0,86	20,60	1,01	35,17	1,14	48,06	1,22	71,73	1,35
2,00	0,97	0,50	1,79	0,59	3,57	0,70	6,16	0,79	11,10	0,92	22,02	1,08	37,58	1,21	51,37	1,31	76,66	1,44
2,50	1,09	0,56	2,01	0,66	4,00	0,79	6,89	0,89	12,40	1,03	24,62	1,21	42,02	1,36	57,44	1,47	85,72	1,61
3,00	1,19	0,62	2,20	0,73	4,38	0,86	7,55	0,97	13,59	1,12	26,96	1,32	46,04	1,49	62,92	1,61	93,91	1,76
3,50	1,29	0,67	2,37	0,79	4,73	0,93	8,15	1,05	14,68	1,22	29,13	1,43	49,73	1,61	67,97	1,74	101,45	1,91
4,00	1,38	0,71	2,54	0,84	5,06	0,99	8,72	1,13	15,70	1,30	31,14	1,53	53,16	1,72	72,66	1,86	108,44	2,04
4,50	1,46	0,76	2,69	0,89	5,36	1,05	9,24	1,19	16,64	1,38	33,02	1,62	56,38	1,82	77,06	1,97	115,00	2,16
5,00	1,54	0,80	2,84	0,94	5,67	1,11	9,74	1,26	17,54	1,46	34,81	1,71	59,43	1,93	81,23	2,08	121,24	2,28
6,00	1,69	0,87	3,11	1,02	6,20	1,22	10,68	1,38	19,23	1,59	38,13	1,87	65,09	2,11	88,97	2,27	132,78	2,50
7,00	1,82	0,95	3,37	1,11	6,70	1,32	11,53	1,49	20,76	1,72	41,20	2,02	70,32	2,28	96,13	2,46	143,47	2,70
8,00	1,95	1,01	3,59	1,19	7,16	1,41	12,32	1,59	22,19	1,84	44,03	2,16	75,17	2,43	102,74	2,63	153,33	2,89
9,00	2,07	1,07	3,81	1,26	7,59	1,49	13,08	1,69	23,55	1,95	46,71	2,29	79,74	2,58	108,99	2,78	162,66	3,06
10,00	2,18	1,13	4,01	1,33	8,00	1,57	13,78	1,78	24,82	2,05	49,23	2,41	84,05	2,72	114,88	2,93	171,44	3,22

Die stetig wiederkehrende Aufgabe beim Entwurfe einer Drainage besteht in der Bestimmung der Rohrweite des Sammeldrains, der das ihm von einer gegebenen Fläche durch die Sauger zugeführte Wasser bei gewissem Gefälle weiterleiten soll.

Die Beziehung der zu entwässernden Fläche F zu der abzuführenden Wassermenge Q wird durch die Gleichung ausgedrückt:

$$Q = m \cdot F. \qquad (5)$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle 8.

Drainrohrweiten.

Bei Annahme einer sekundlichen Abflußmenge von **0,80 Liter** von 1 ha Fläche. Nach der Formel von **Vincent.**

Größe der entwässerbaren Fläche in ha und Wassergeschwindigkeit v in m

Gefälle der Drainröhren-Leitung %	bei einem Röhrendurchmesser von																	
	4 cm		5 cm		6,5 cm		8 cm		10 cm		13 cm		16 cm		18 cm		21 cm	
	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v	ha	v
0,10	—	—	—	—	—	—	1,12	0,18	2,02	0,21	4,00	0,24	6,83	0,27	9,33	0,29	13,92	0,32
0,15	—	—	0,40	0,16	0,80	0,19	1,37	0,22	2,47	0,25	4,90	0,30	8,37	0,33	11,44	0,36	17,07	0,39
0,20	—	—	0,46	0,19	0,92	0,22	1,58	0,25	2,85	0,29	5,66	0,34	9,66	0,38	13,20	0,41	19,69	0,46
0,25	0,28	0,18	0,52	0,21	1,03	0,25	1,77	0,28	3,19	0,32	6,32	0,38	10,80	0,43	14,76	0,46	22,02	0,51
0,30	0,31	0,20	0,56	0,23	1,13	0,27	1,94	0,31	3,50	0,36	6,93	0,42	11,84	0,47	16,18	0,51	24,14	0,56
0,40	0,35	0,23	0,65	0,27	1,30	0,31	2,24	0,36	4,03	0,41	7,99	0,48	13,65	0,54	18,66	0,59	27,84	0,64
0,50	0,40	0,25	0,73	0,30	1,46	0,35	2,50	0,40	4,51	0,46	8,94	0,54	15,27	0,61	20,87	0,66	31,14	0,72
0,60	0,43	0,28	0,80	0,33	1,60	0,39	2,74	0,44	4,94	0,50	9,80	0,59	16,74	0,67	22,88	0,72	34,14	0,79
0,70	0,47	0,30	0,86	0,35	1,72	0,42	2,96	0,47	5,34	0,54	10,59	0,64	18,08	0,72	24,71	0,78	36,87	0,85
0,80	0,50	0,32	0,92	0,38	1,84	0,44	3,16	0,50	5,70	0,58	11,31	0,68	19,31	0,77	26,39	0,83	39,38	0,91
0,90	0,53	0,34	0,98	0,40	1,95	0,47	3,36	0,53	6,05	0,62	12,00	0,72	20,50	0,82	28,01	0,88	41,80	0,97
1,00	0,56	0,36	1,03	0,42	2,06	0,50	3,54	0,56	6,38	0,65	12,65	0,76	21,60	0,86	29,52	0,93	44,05	1,02
1,50	0,69	0,44	1,26	0,51	2,52	0,61	4,34	0,69	7,82	0,79	15,50	0,93	26,46	1,05	36,16	1,13	53,96	1,24
2,00	0,79	0,50	1,46	0,59	2,91	0,70	5,00	0,79	9,02	0,92	17,89	1,08	30,54	1,21	41,74	1,31	62,29	1,44
3,00	1,02	0,62	1,78	0,73	3,57	0,86	6,13	0,97	11,05	1,12	21,91	1,32	37,41	1,49	51,13	1,61	76,29	1,76
4,00	1,12	0,71	2,06	0,84	4,12	0,99	7,08	1,13	12,76	1,30	25,30	1,53	43,20	1,72	59,04	1,86	88,10	2,01
5,00	1,25	0,80	2,30	0,94	4,60	1,11	7,92	1,26	14,26	1,46	28,28	1,71	48,30	1,93	66,01	2,08	98,49	2,28
6,00	1,37	0,87	2,52	1,02	5,05	1,22	8,67	1,38	15,63	1,59	30,98	1,87	52,90	2,11	72,29	2,27	107,88	2,50
7,00	1,48	0,95	2,72	1,11	5,45	1,32	9,37	1,49	16,88	1,72	33,47	2,02	57,15	2,28	78,11	2,46	116,56	2,70
8,00	1,58	1,01	2,91	1,19	5,83	1,41	10,01	1,59	18,04	1,84	35,77	2,16	61,08	2,43	83,48	2,63	124,57	2,89
9,00	1,68	1,07	3,09	1,26	6,18	1,49	10,62	1,69	19,14	1,95	37,95	2,29	64,80	2,58	88,56	2,78	132,15	3,06
10,00	1,77	1,13	3,26	1,33	6,51	1,57	11,19	1,78	20,17	2,05	40,00	2,41	68,30	2,72	93,34	2,93	139,29	3,22
11,00	1,86	1,18	3,42	1,41	6,83	1,65	11,74	1,87	21,16	2,16	41,96	2,53	71,64	2,85	97,92	3,08	146,11	3,38
12,00	1,94	1,24	3,57	1,47	7,14	1,72	12,26	1,95	22,10	2,25	43,82	2,64	74,82	2,98	102,26	3,22	152,59	3,53
13,00	2,02	1,29	3,71	1,53	7,43	1,79	12,76	2,03	23,01	2,34	45,61	2,75	77,89	3,10	106,45	3,35	158,84	3,67
14,00	2,10	1,34	3,85	1,59	7,71	1,86	13,25	2,11	23,87	2,43	47,34	2,85	80,83	3,22	110,46	3,47	164,84	3,81
15,00	2,16	1,38	3,99	1,65	7,98	1,92	13,71	2,18	24,71	2,52	48,99	2,95	83,66	3,33	114,33	3,60	170,61	3,94
16,00	2,24	1,43	4,12	1,70	8,24	1,99	14,16	2,25	25,52	2,60	50,60	3,05	86,40	3,44	118,08	3,71	176,20	4,07
17,00	2,31	1,47	4,25	1,75	8,49	2,05	14,60	2,32	26,30	2,68	52,16	3,14	89,06	3,55	121,71	3,83	181,62	4,20
18,00	2,38	1,51	4,37	1,80	8,74	2,11	15,02	2,39	27,07	2,76	53,67	3,24	91,65	3,65	125,25	3,94	186,90	4,32
19,00	2,44	1,56	4,49	1,85	8,98	2,17	15,43	2,46	27,81	2,83	55,14	3,32	94,15	3,75	128,68	4,05	192,01	4,44
20,00	2,50	1,60	4,61	1,90	9,21	2,22	15,83	2,52	28,53	2,91	56,57	3,41	96,60	3,85	132,01	4,15	196,99	4,55

Hierbei bedeutet:

m die sekundliche Wasserabführung in l (Liter) von 1 ha Fläche — für die angegebenen Verhältnisse (s. S. 67) 0,65 oder 0,80 l —;

F die Fläche in ha.

Aus den beiden Gleichungen (4) und (5) lassen sich die Größen F, d und h berechnen.

Derartige Ermittelungen sind infolge des damit verbundenen Arbeitsaufwandes sehr zeitraubend und lästig. Zweckmäßig sind tabellarische Aufzeichnungen, die für gangbare Drainrohrweiten und für bestimmte Gefällverhältnisse die Flächen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 75.

Tafel zur Bestimmung der Drainrohrweiten
bei einer Wasserabführung von **0,65 Liter** auf Hektar und Sekunde.
Nach der Formel von **Vincent.**

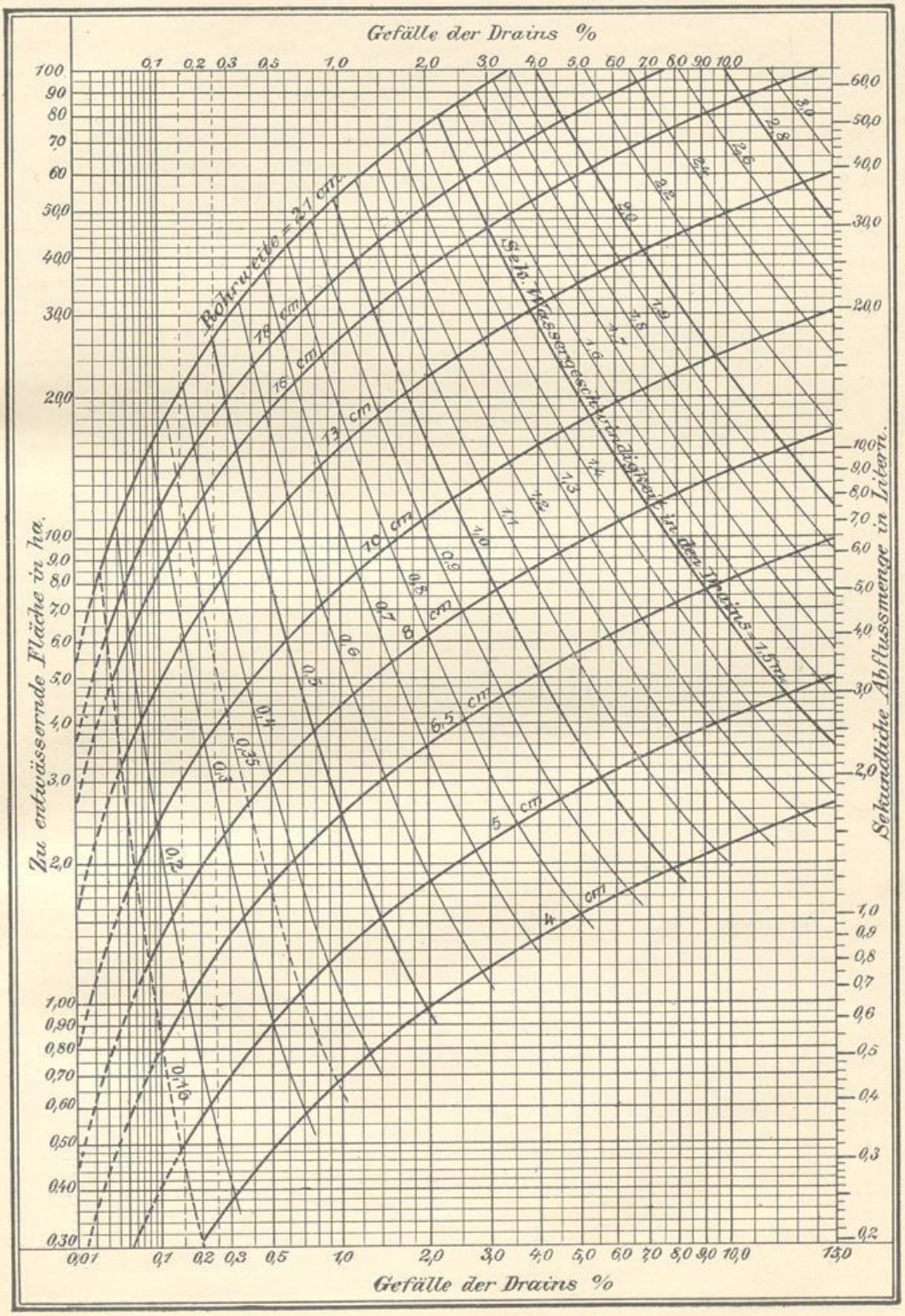
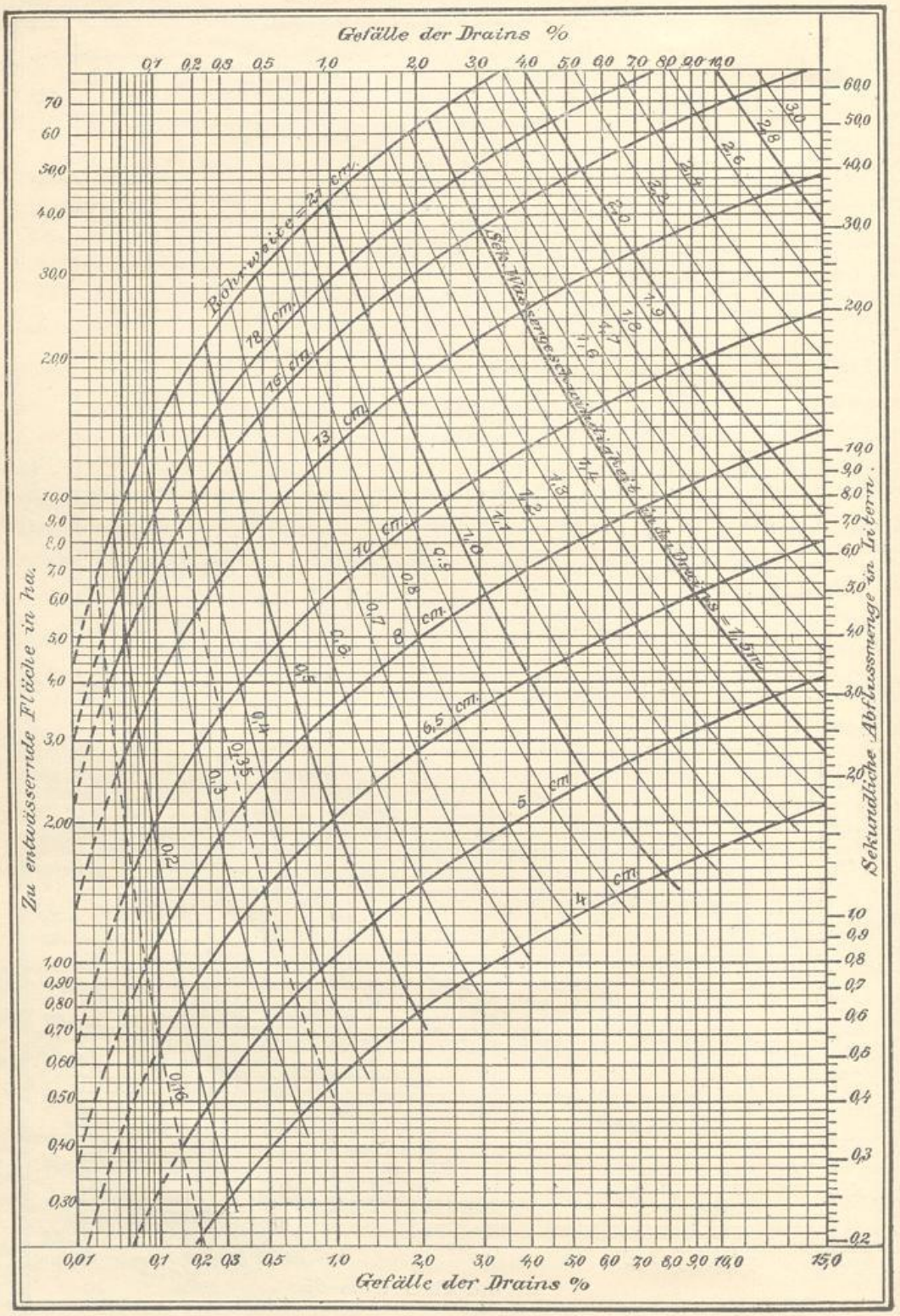


Fig. 76.

Tafel zur Bestimmung der Drainrohrweiten
bei einer Wasserabführung von **0,80 Liter** auf Hektar und Sekunde.
Nach der Formel von **Vincent.**



größen unmittelbar angeben. Eine solche Zusammenstellung zeigen die zwei Tabellen 7 und 8 auf Seite 73 u. 74, denen bei Annahme einer Wasserführung von 0,65 und 0,80 l neben den erwähnten Größen auch die sekundliche Wassergeschwindigkeit in den Drains entnommen werden kann.

Noch geeigneter für den Gebrauch sind graphische Darstellungen, die auf kleinem Raume mit großer Uebersichtlichkeit und vollständig ausreichender Genauigkeit die gewünschten Angaben entnehmen lassen. Solche zeichnerische Aufzeichnungen haben den Zahlentabellen gegenüber außerdem den großen Vorzug, daß die Ermittelung der Rohrweiten für beliebige Flächen und Gefälle ohne weitere Zwischenrechnung erfolgen kann.

Die beigefügten **graphischen Tafeln** (Fig. 75 und 76), sind gleichfalls für die sekundlichen Abflussmengen von 0,65 l und 0,80 l von 1 ha Fläche und zwar mit Rücksicht auf die genannte „Schlesische Anweisung," welche die Geschwinddigkeitsformel von Vincent berücksichtigt, nach letzterer aufgestellt. Eine entsprechende Tafel für beliebige Abflußgrößen befindet sich für die gleiche Formel in dem vom Verfasser bei Paul Parey-Berlin 1907 herausgegebenen Werke: Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Aufgaben (s. Anm. S. 87).

Die Einrichtung und Anwendung der vorliegenden zwei graphischen Darstellungen, Fig. 75 und 76, sei nachstehend erläutert.

Durch vertikale Linien wird das Gefälle J = 0,01 % bis 15 % dargestellt. Horizontale Linien geben links die Größe der zu entwässernden Flächen in ha an unter Zugrundelegung einer sekundlichen Wasserabführung von 0,65 bezw. 0,80 l von 1 ha Fläche. Auf der rechten Längsseite sind durch kurze Striche die von den Drains aufgenommenen Wassermengen kenntlich gemacht.

In das Netz der senkrecht einander schneidenden J- und ha-Linien sind zwei Scharen Kurven eingezeichnet, die sich schräg kreuzen. Sie geben die lichten Rohrdurchmesser d = 4 bis 21 cm und die Geschwindigkeiten v = 0,16 bis 3,0 m an. Die unter gewöhnlichen Verhältnissen zulässige geringste Geschwindigkeit v = 0,16 m, ebenso die Mindestgeschwindigkeit v = 0,35 bei Triebsand sind punktiert.

Beispiel. Wird bei einer Wasserabführung von 0,65 l von 1 ha für eine Fläche von 2,6 ha und für ein Gefälle J = 4,0 % der erforderliche Rohrdurchmesser gesucht, so bestimmt man in Fig. 75 den Schnittpunkt der horizontalen ha-Linie 2,6 und der vertikalen J-Linie 4,0; der Punkt fällt mit der Durchmesserkurve d = 5 cm zusammen, sodaß d = 5 cm der gesuchte Rohrdurchmesser ist. Um gleichzeitig die Geschwindigkeit zu ermitteln, wird der Schnittpunkt zwischen den Geschwindigkeitskurven v = 0,8 und 0,9 m zu 0,85 m eingeschätzt.

Zur Bestimmung der von dem Drain geführten Wassermenge verschiebt man den obigen Schnittpunkt nach rechts in die Vertikalteilung und liest hier die Abflußmenge zu 1,68 l ab.

Bei einer Wasserführung von 0,80 l (s. Fig. 76) würde ein Drainrohr von 5 cm Durchmesser bei dem gleichen Gefälle von 4 % eine Fläche von 2,1 ha entwässern. Die abgeführte Wassermenge muß auch hier 1,68 l betragen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da die ältere oder abgekürzte Formel $v = \frac{100\sqrt{R}}{m+\sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot J}$ von **Kutter** (S. 71) bei der Berechnung von Rohrleitungen und gedeckten Kanälen sehr weite Verbreitung gefunden hat, liegt es nahe, um ein einheitliches Verfahren zu erzielen, auch für den vorliegenden Zweck den Abflußvorgang gemäß dieser Formel nachzuweisen und den von Gerhardt (s. S. 71) angegebenen Wert $m = 0{,}30$ anzuhalten. Dieser Wert ist auch z. B. bei Kanalisationen bekannt, wo gleicherweise Ton- und Zementröhren im Gebrauch sind.

Der vom Verfasser*) nach der neueren Geschwindigkeitsformel von Ganguillet und Kutter empfohlene Koeffizient mit den Rauhigkeitsgrade $n = 0{,}013$ weicht zwar von den Gerhardtschen Werten (s. Tabelle S. 72) sehr wenig ab, er mag aber mit Rücksicht auf die anzustrebende allgemeine Einführung der abgekürzten, älteren Kutterschen Formel keine weitere Berücksichtigung finden. Aus gleichem Grunde ist auch die beigefügte **Tafel I** nach den Angaben Gerhardts für $Q = 0{,}0785\, k\, d^2\sqrt{d\, h}$ aufgestellt worden.

Die **Tafel I** besteht aus zwei Teilen. Die rechte Seite enthält wie Fig. 75 und 76 in vertikalen Linien, „Gefällinien", die Gefälle von 0,01 bis 10%. Sie werden von den Durchmesserkurven für Drainröhren von $d = 4$ bis 25 cm und von Geschwindigkeitskurven von $v = 0{,}16$ bis 2,8 m geschnitten. Letztere geben die Größe der sich in den Röhren wahrscheinlich entwickelnden Wassergeschwindigkeit an; die unter gewöhnlichen Verhältnissen zulässig geringste Geschwindigkeit von $v = 0{,}16$ m, ebenso die bei Triebsand erforderliche Mindestgeschwindigkeit von $v = 0{,}35$ m ist in der Tafel punktiert. Die rechte Tafelseite enthält ferner am Rande eine vertikale Einteilung, welche die von den Röhren sekundlich abgeführte Wassermenge in Litern nachweist.

Die linke Tafelseite gibt durch vertikale Linien, „Flächenlinien", die Größe der zu entwässernden Fläche in ha an. Die Linien werden durch „Wasserführungskurven" geschnitten, die eine sekundliche Wasserabführung von 0,2 bis 2,0 Liter auf 1 ha Fläche darstellen.

Die Beziehungen der beiden Tafelseiten und ihrer Größen zueinander werden durch horizontale Leitlinien vermittelt.

Zwei Beispiele mögen den Gebrauch der Tafel erläutern.

Beispiel 1. Eine Drainrohrleitung mit einem Durchmesser $d = 13$ cm hat ein Gefälle $J = 1{,}0$ %. Die sekundlich abzuführende Wassermenge von 1 ha wird zu 0,65 l angenommen.

a) Welche Fläche kann entwässert werden?
b) Welche Wassergeschwindigkeit wird sich in der Leitung einstellen?
c) Welche Wassermenge wird in einer Sekunde abgeführt?

Auflösung zu a. Man bestimmt in der rechten Tafelseite den Schnittpunkt der Gefällinie 1,0% mit der Durchmesserkurve $d = 13$ cm und verschiebt diesen Punkt horizontal nach links bis zur Wasserführungskurve 0,65. Dieser

*) Siehe Anmerkung Seite 71.

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).

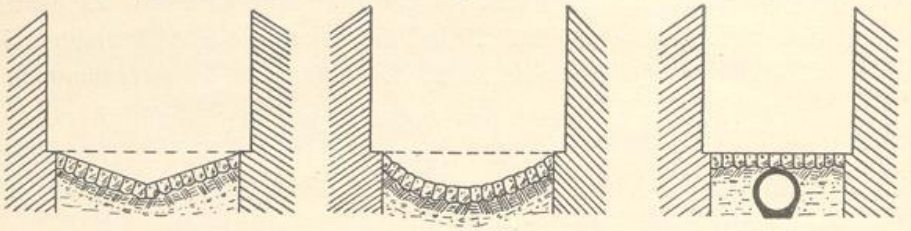
Der Querschnitt neu anzulegender Brücken und Durchlässe ist für die größte zu erwartende Wassermenge zu berechnen, wenn eine hochwasserfreie

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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:		β) bei größeren Niederschlagsgebieten von 10 bis 60 qkm und mehr:	
im Gebirge	rd 1,2—0,75 cbm		rd 0,75—0,6 cbm
in berg. Gegend	„ 0,9—0,6 „		„ 0,6 —0,45 „
im Hügelland	„ 0,7—0,45 „		„ 0,45—0,35 „
im Flachland	„ 0,5—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.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

α) 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 Sommer-Hochwassers 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 1 qkm bei $\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$ *) in l	im ganzen in l	‰	Sohlenbreite m	Wassertiefe $\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	v in m $\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	Q in l $\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	Sohlenbreite m	Wassertiefe $\frac{M \cdot W}{H \cdot W}$	
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:**

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

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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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 Rauhigkeitsgrade der Wandungen des Flußbettes, sondern auch von dem Gefälle des Wasserlaufes abhängig ist.

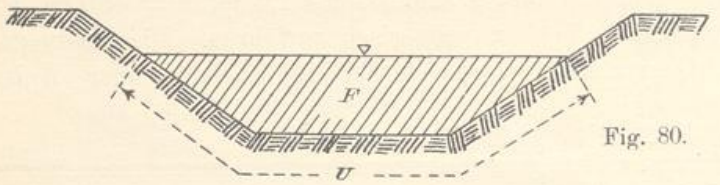


Fig. 80.

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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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 Rauhigkeitsgrad, einen Wert, der durch die Beschaffenheit des Bettes bedingt wird und aus der vorstehenden **Tabelle 9** zu entnehmen ist.

Die Ermittelung 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 Rauhigkeitsgraden 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**

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

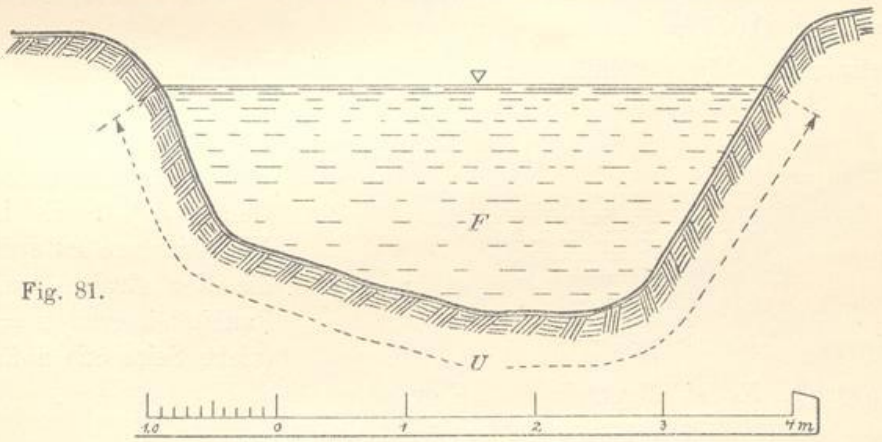


Fig. 81.

dienen. Das Wasserspiegelgefälle beträgt 1 ‰. Es ist unter Annahme des Rauhigkeitsgrades 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

$$= \frac{23 + \frac{1}{0{,}035} + \frac{0{,}00155}{0{,}001}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{0{,}001}\right)\frac{0{,}035}{\sqrt{1{,}93}}} = \frac{23 + 28{,}57 + 1{,}55}{1 + (23 + 1{,}55)\frac{0{,}035}{1{,}389}}$$

$$= \frac{53{,}12}{1 + \frac{0{,}859}{1{,}398}} = \frac{53{,}12}{1{,}618}$$

$$= 32{,}8.$$

*) Berechnung von F siehe S. 86 Anm.

Es ist demnach $v = 32{,}8 \sqrt{1{,}93 \cdot 0{,}001} = 32{,}8 \cdot 0{,}044$
$= 1{,}44$ m.

Die Abflußmenge ist sodann
$Q = F \cdot v$; F gemäß Fig. 81*) zu 12,25 qm berechnet;
$= 12{,}25 \cdot 1{,}44$
$= 17{,}64$ cbm.

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 hiernach $v = 32{,}8 \cdot 0{,}044 = 1{,}44$ m.

Beispiel 2. Ein regelmäßig ausgebauter, sorgfältig unterhaltener Graben zeigt eine Sohlenbreite $s = 0{,}8$ m, eine größte Wassertiefe $t = 0{,}5$ m, die Böschungsanlage $1 : 1\frac{1}{2}$ (s. Fig. 82) und das relative Gefälle 3 ‰. Es ist die Wassermenge zu ermitteln, die der Graben bei dem Rauhigkeitsgrad $n = 0{,}025$ (siehe Seite 82) abführt.

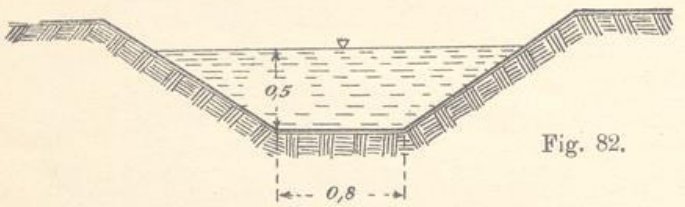


Fig. 82.

Lösung. Es ist allgemein $Q = F \cdot v$.
Hierbei ist $F = (1{,}5\,t + s)\,t$**),
$= (1{,}5 \cdot 0{,}5 + 0{,}8)\,0{,}5$
$= 1{,}55 \cdot 0.5$
$= 0{,}775$ qm.

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

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

$J = 0{,}003$ (auf 1 m)
$c = 30{,}3$ nach Tabelle 10, Seite 83.

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

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:

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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

querschnitte mit der Böschung 1 : 1 ½ die Geschwindigkeiten und Wassermengen in Tabellen zusammengestellt. Letztere sind nach den Rauhigkeitsgraden

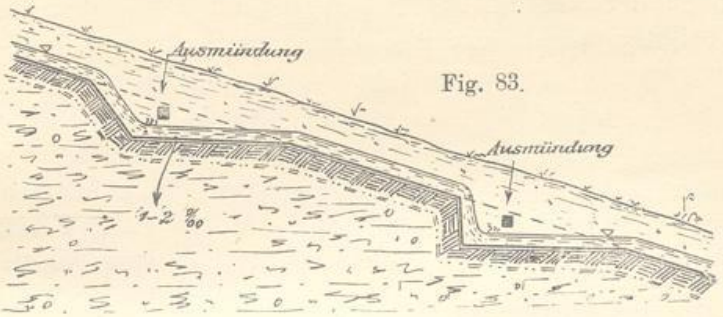


Fig. 83.

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

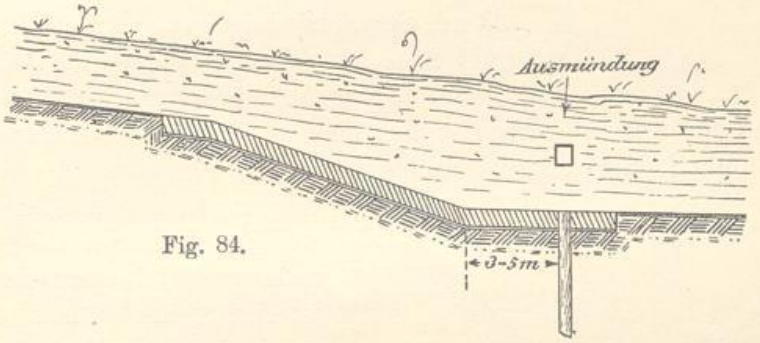


Fig. 84.

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 : 1½, 1 : 2 und 1 : 3 gestattet. Die Tafeln sind graphisch dargestellt und umfassen die Rauhigkeitsgrade n = 0,025 und n = 0,030 mit den Gefällen J = 0,05 — 100‰.

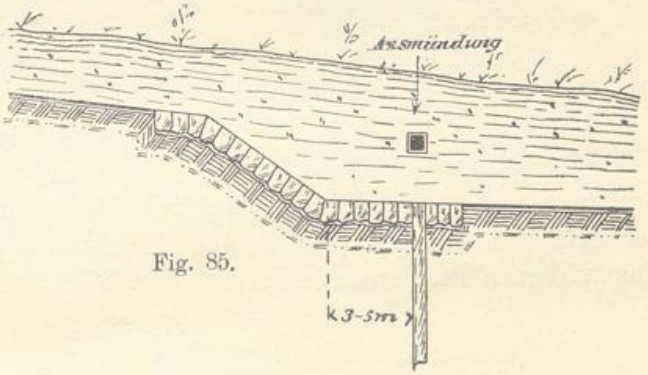


Fig. 85.

*) Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Aufgaben. Umfassend: Drainrohrweiten; Wassermengen in den Gräben 1 : 0, 1 : 1, 1 : 1½, 1 : 2 und 1 : 3; Wassergeschwindigkeit in Gerinnen und Gräben mit beliebigem Querschnitte und Rauhigkeitsgrade; Querschnittsflächen, Böschungsflächen 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.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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 **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.

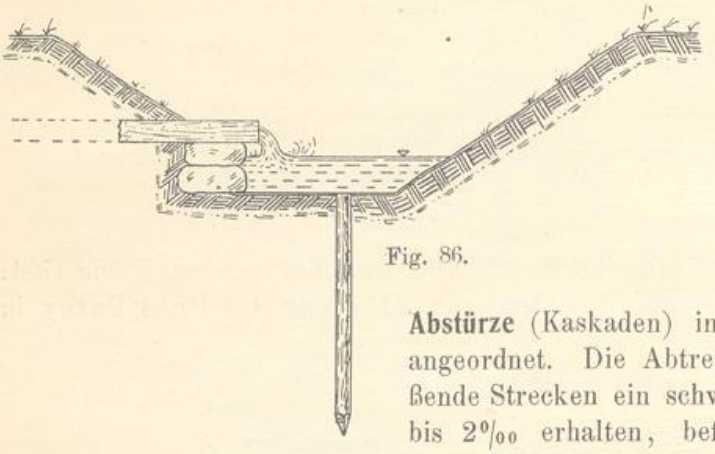


Fig. 86.

Bei senkrechtem Absturze 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.

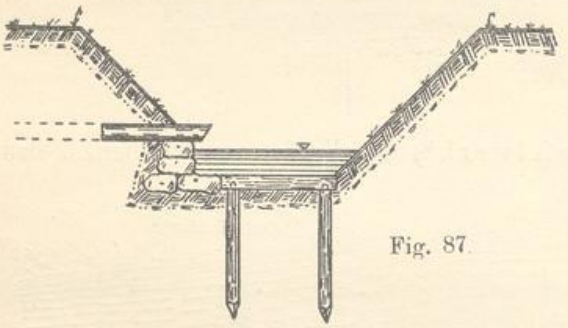
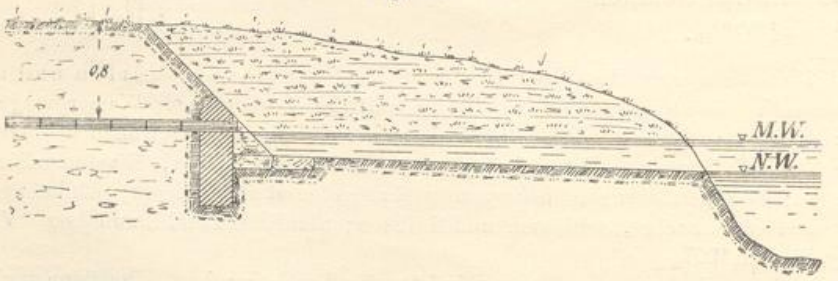


Fig. 87.

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-**

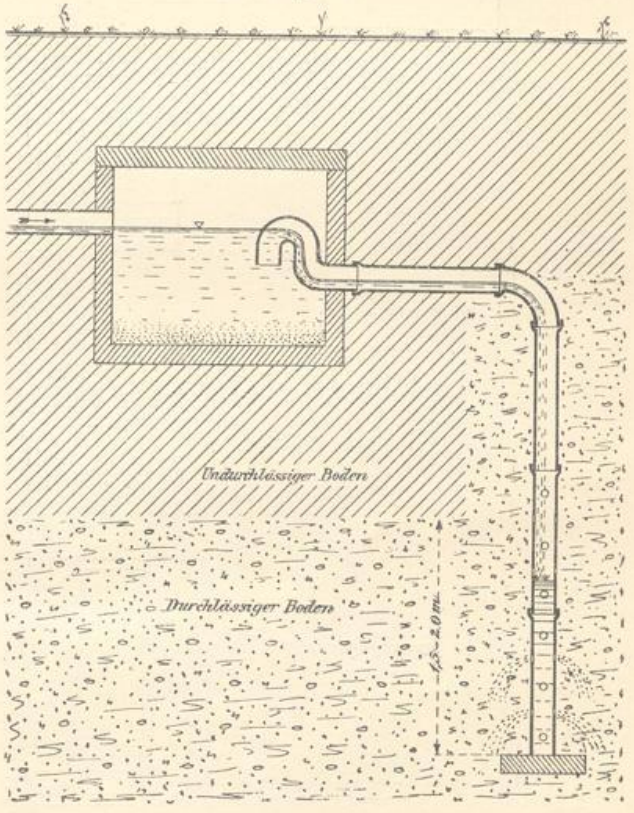
gräben" zur Verbindung mit dem Vorfluter herzustellen (Fig. 88). Diese Anordnung ist vorzuziehen, sofern Uebelstände durch den offenen Graben nicht verursacht werden.

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° 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.

Fig, 89.



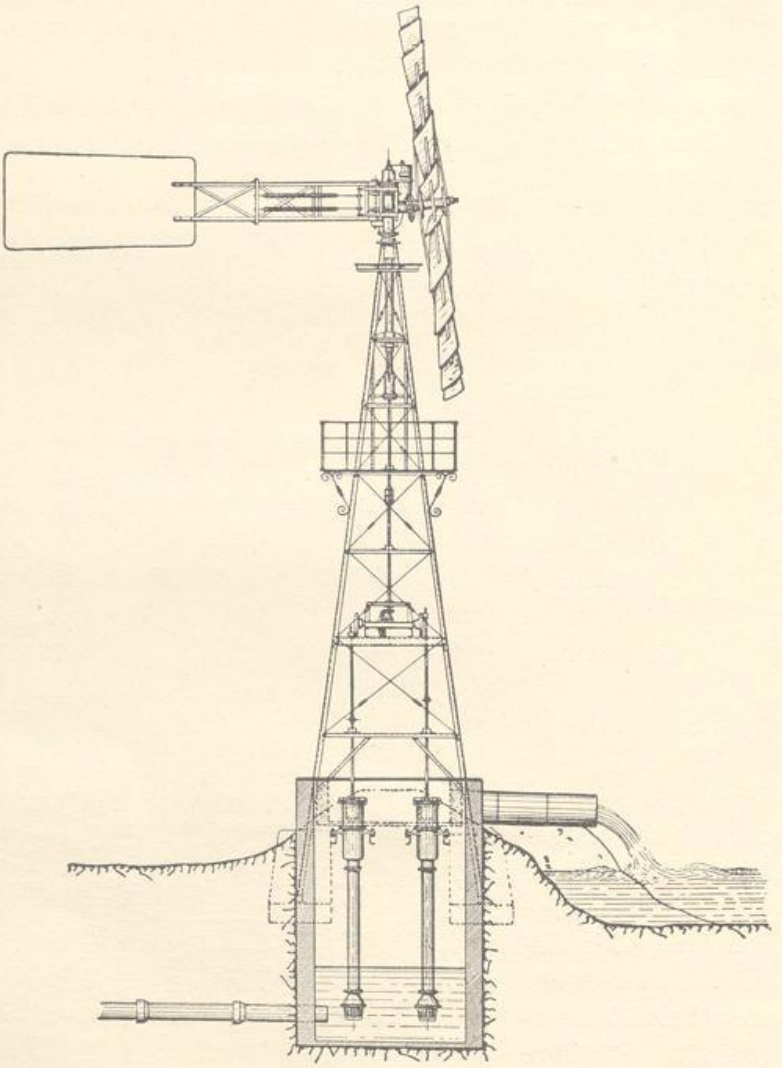
Vor jeder Senkgrube ist ein Schlammfang anzulegen, in dem das Drainagewasser zur Ruhe kommt und alle mitgeführten, erdigen Bestandteile ablagert. Die Schlammfänge werden aus Bohlen oder Zementbeton (Fig. 89) hergestellt und mit Brettern bezw. Zementplatten abgedeckt. Für ihre Reinhaltung muß entsprechend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

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

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 angängig, an der tiefsten Stelle des Geländes in einen Brunnen oder Schacht geleitet und das Wasser hieraus mittels eines Hebewerkes hochgehoben und in einem Graben oder

Fig. 90.



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

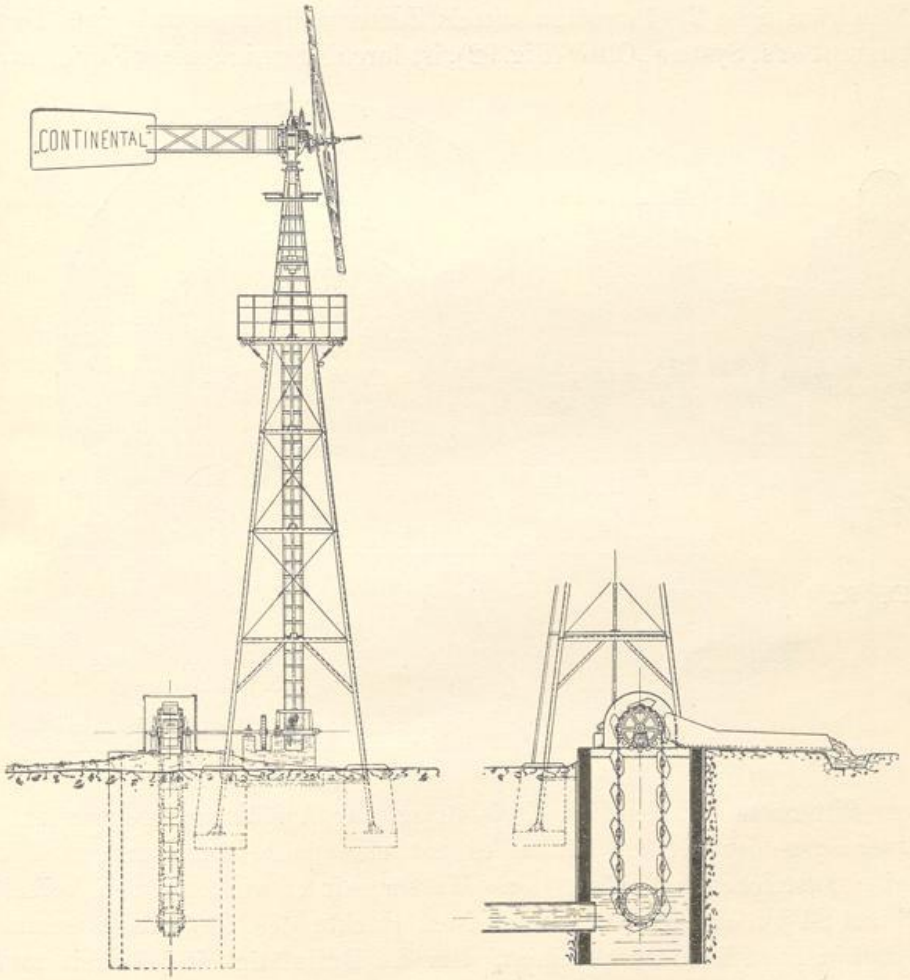
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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*)

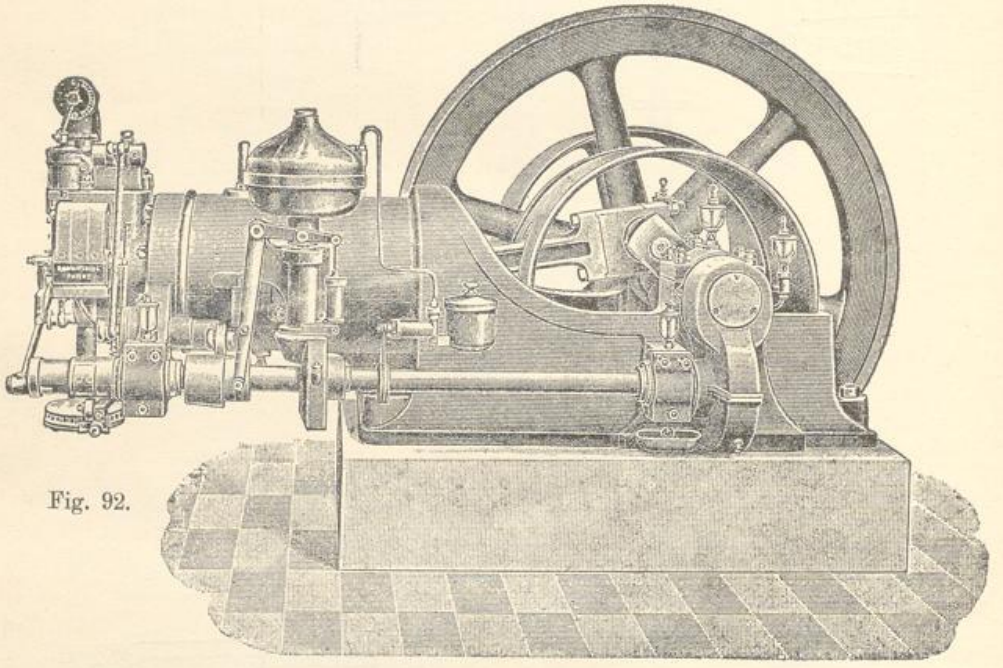


Fig. 92.

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 Draintätigkeit jederzeit zu beobachten, sind in dem System vier Brunnenstuben (s. Abschnitt 32) eingebaut.

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

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

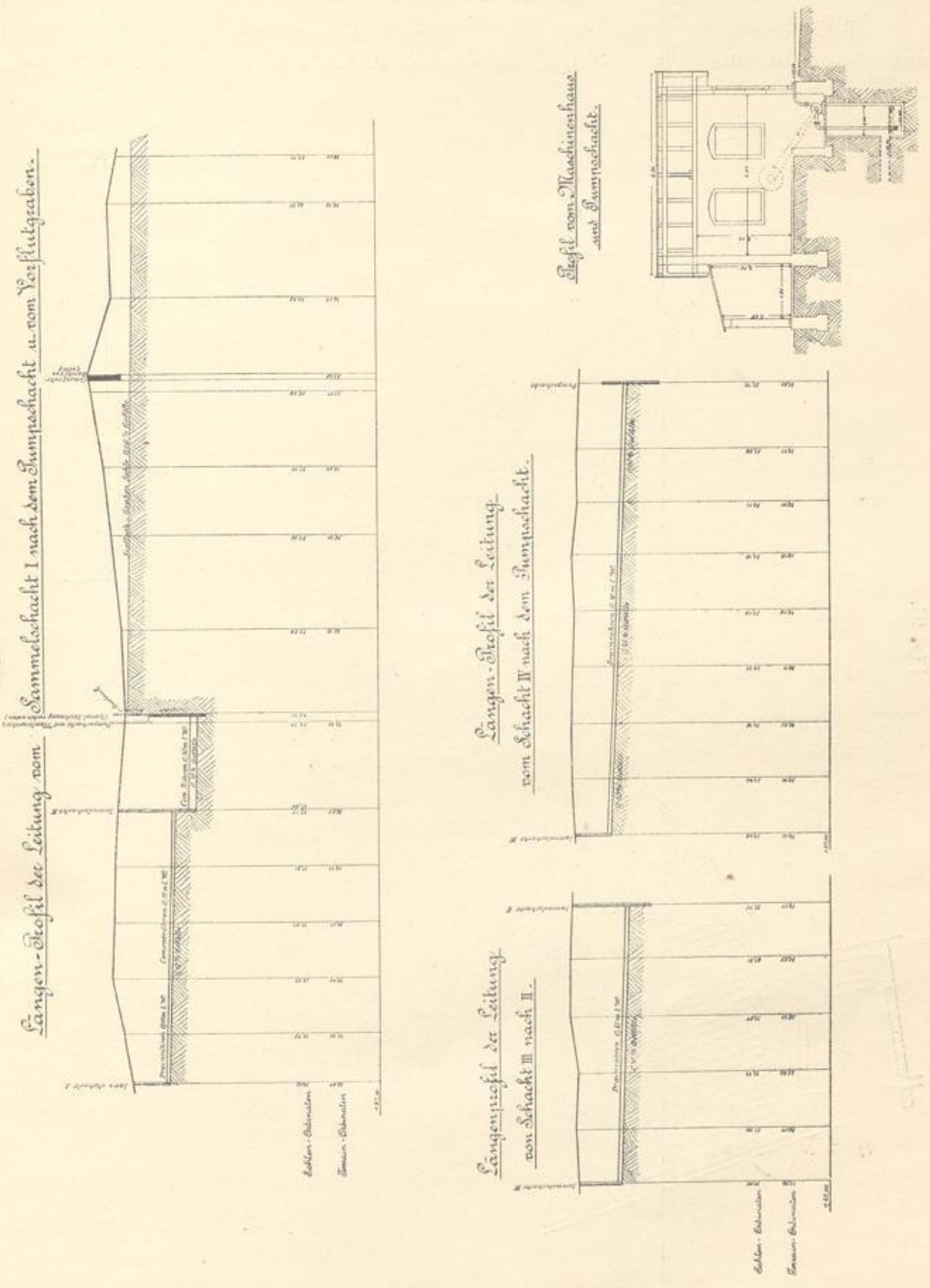


Fig. 93.

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.

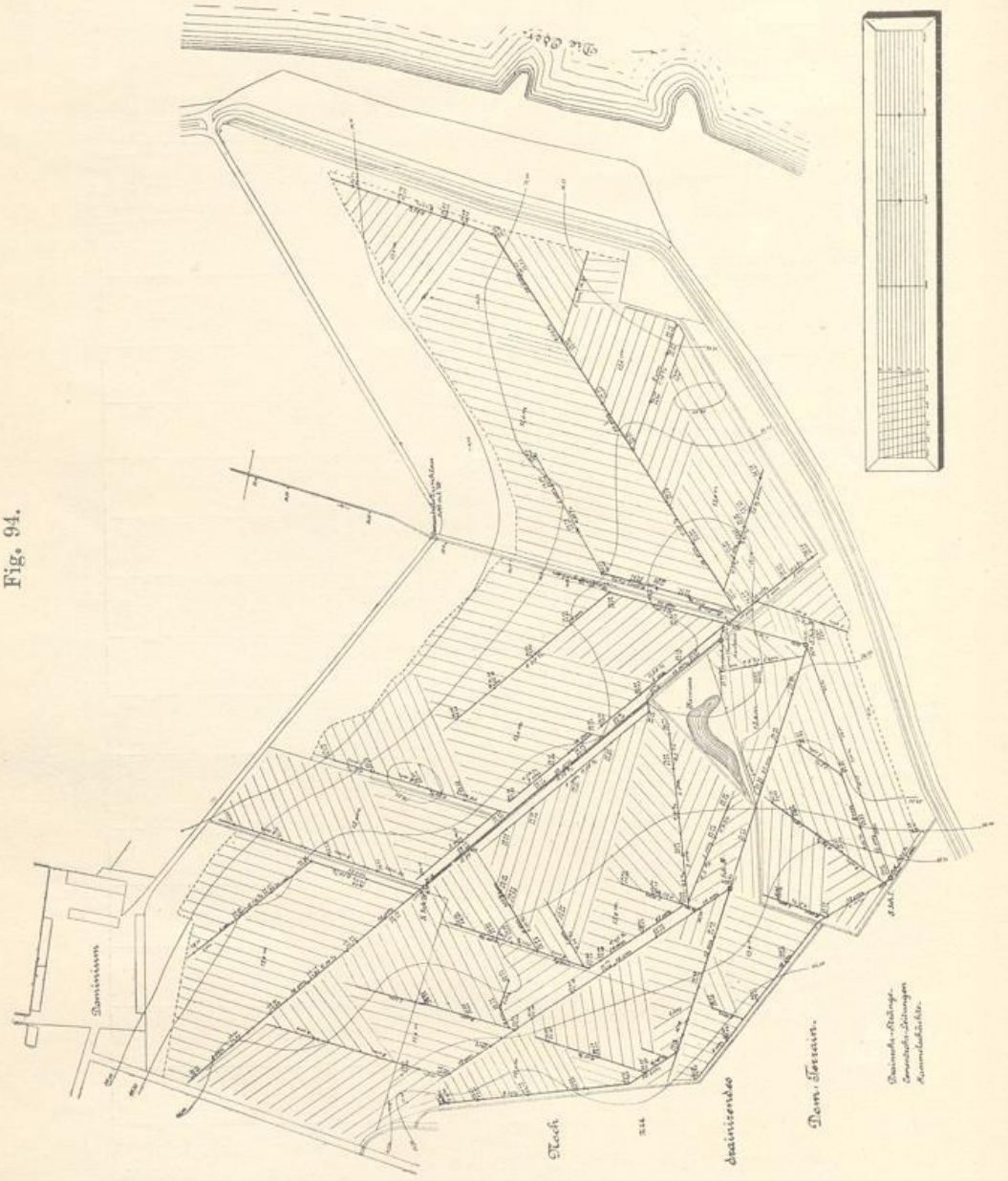


Fig. 94.

12 Mk. für das ha Fläche. Bei 5 ½ %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.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die obigen Mitteilungen werden von dem Besitzer des Gutes F. v. Löbbecke 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 „
	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. Löbbecke 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-

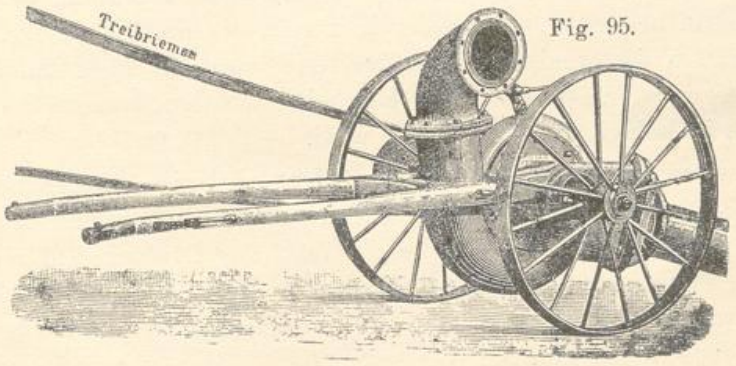


Fig. 95.

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.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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.

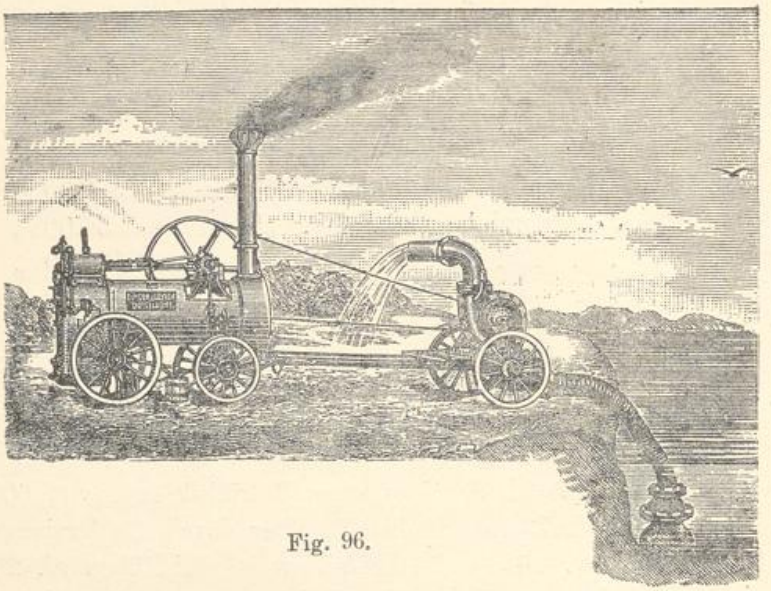


Fig. 96.

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 Triebsand auf verbunden mit starkem Wasserandrange, 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-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

oder Tonboden wird daher sehr zweckmäßig im späten Frühjahr oder im Herbst drainiert.

Ungeeignet zum drainieren ist die Zeit des Vorwinters, weil durch Zu- und Auffrieren des Bodens die Grabenwände leicht nachgeben und einfallen. Desgleichen ist bei anhaltender Kälte ein Weiterbauen ausgeschlossen.

Bei andauerndem Regenwetter muß die Arbeit unterbrochen werden, da ein Einstürzen der Gräben viele und teure Nacharbeiten verursacht und eine sorgfältige Ausführung der Anlage in Frage gestellt wird.

25. Absteckung der Drainzüge.

Die Uebertragung des Entwurfes ins Feld wird auf Grund des Drainplanes von festen Punkten, wie Grenzsteinen usw., vorgenommen.

Zunächst sind die Knickpunkte und Höhenbrechpunkte der Sammler in der Oertlichkeit abzumessen*) und ihrer Lage nach durch Pfähle zu bezeichnen, auf denen die Nummer des Systems und der Buchstabe des Sammlers (s. Kap. III. 2 und Tafel II) angegeben sind. Wenn Sauger mit schwachem oder künstlichem Gefälle gebaut werden müssen, sind auch diese und zwar gleichzeitig mit den Sammlern abzustecken und durch Pfählchen mit entsprechender Aufschrift (Buchstabe des Sammlers und Nummer des Saugers) örtlich festzulegen.

Nachdem ein System oder, falls das ganze zu groß ist, ein passender Teil abgesteckt worden ist, werden die eingeschlagenen Pfähle von Fixpunkten aus (s. Kap. III. 2 und Tafel II) einnivelliert und hiernach, sofern es nötig erscheint, die Lage der Drainzüge durch Versetzen der Pfähle verbessert. Hierauf wird die Abmessung und Verpfählung der übrigen Sauger vorgenommen. Diese Arbeit kann aber auch zweckmäßig mit der Absteckung der Sammler verbunden werden, falls keine größeren Verschiebungen nach dem Nivellement zu erwarten sind.

Aus den Ordinaten der Pfahlköpfe und den im Drainplane angegebenen Höhen der Drainzüge (s. Kap. III. 2 und Tafel II) kann, da die Aufnahmen auf denselben Horizont bezogen sind, an den abgesteckten Punkten das Maß festgestellt werden, um welches die Grabensohle tiefer liegt als der einnivellierte Pfahlkopf.

Die weitere Absteckung, die demnächst mit dem Ausheben der Draingräben Hand in Hand geht, ist von dem Grade des Geländegefälles abhängig. Bei stärker geneigter Bodenoberfläche, wie besonders im Gebirge, wo in der Regel günstige Vorflutverhältnisse vorliegen, kann zur Bestimmung der Grabensohle meist ein einfaches Verfahren unbeschadet einer guten und sicheren Ausführung gewählt werden. Hiernach wird an jedem festgelegten Punkte der Abstich vom Pfahle ausgerechnet und Zwischenpunkte der Drainsohle beim Ausheben des Graben nach Bedarf mit Hilfe von Setztafeln (Visierkreuzen) bestimmt (Fig. 97).

In Gegenden mit schwachem Gefälle, wo mit jedem cm haushälterisch umgegangen werden muß, ist eine sorgfältige Feststellung der Grabensohle vorzu-

*) Wegen der geometrischen Arbeiten bei der Absteckung sei auf das Werk des Verfassers „Das Feldmessen", Band XI des Handbuches des Bauingenieurs, hingewiesen, das demnächst im Verlage von Bernh. Friedr. Voigt in Leipzig erscheint.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nehmen. Da von einem bis zum anderen Pfahle des abgesteckten Drainzuges das Grabengefälle gleichmäßig verläuft, wird am Grabenrande in angemessener Entfernung und in rundem Maß parallel zu der zukünftigen Drainsohle eine

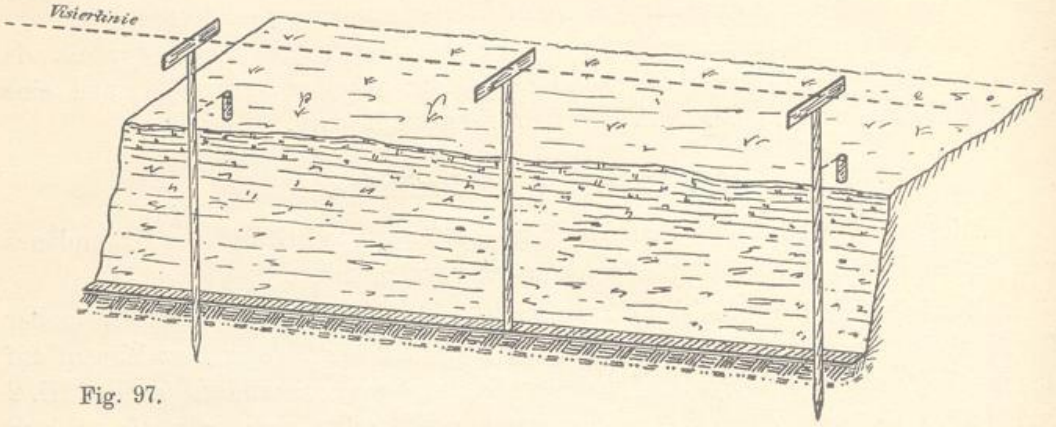


Fig. 97.

Schnur gezogen, von der aus durch einen abgepaßten Stab die Tiefe des Draingrabens leicht ermittelt wird.

Die Schnur wird an Beipfählen in einer Kerbe befestigt, deren Höhe von den annivellierten Pfählchen mit Setzlatte, Wasserwage und Meterstock (s. Anm. S. 97) oder in anderer zweckentsprechender Weise zu übertragen ist. Da bei größeren Längen ein Durchbiegen der Schnur unausbleiblich ist, werden unter Zuhilfenahme von Setztafeln alle 8 bis 12 m Zwischenpfähle eingeschaltet, die zur Unterstützung der festgespannten Schnur dienen.

26. Ausheben der Draingräben.

Ist die Vorflut an der Ausmündestelle des Hauptsammlers geregelt und sind die Arbeiten zur Feststellung der Richtung und Tiefenlage der Drainzüge nach dem vorigen Abschnitte getroffen, so kann mit dem Aushub der Gräben begonnen werden.

Da die Draingräben — besonders für Sauger — nur kurze Zeit offen bleiben und nach dem Verlegen der Röhren sofort zugeworfen werden, ist zur Vermeidung unnötiger Kosten nur gerade soviel Boden auszuheben, als für eine gute Rohrverlegung erforderlich ist. Sehr tiefe Gräben werden in gewöhnlicher Weise hergestellt und so breit, daß ein Mann auf der Grabensohle stehend die Röhren aus freier Hand verlegen kann. Draingräben bis 1,30 m Tiefe hingegen lassen sich mit äußerst geringen Abmessungen herrichten. Hierbei sind die Wandungen so steil vorzusehen, als es die Festigkeit des Bodens eben zuläßt. Für Saugedrains mit 1,25 m Tiefe genügt eine obere Grabenbreite von 0,3 bis 0,4 m im Tonboden, von 0,4 bis 0,5 m in lehmigem Boden und von 0,5 bis 0,6 m in sandigem Boden. Die Sammler erhalten entsprechend dem Durchmesser größere Breiten; hierbei ist auch darauf Rücksicht zu nehmen, daß ihre Gräben in der Regel längere Zeit offen bleiben und die Böschungen sehr gefährdet sind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

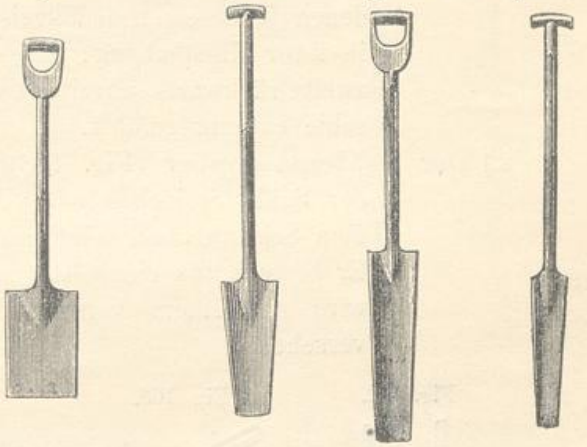
Die untere Breite der Gräben soll nur wenig größer sein als der äußere Durchmesser der zu legenden Röhren. Hiernach würden also bei den bekannten Rohrweiten (d) sich etwa folgende Maße für die Sohlenbreiten (s) ergeben:

d =	4	5	6,5	8	10	13	16	18	21	cm
s =	7—8	8—9	10—11	12—13	14—15	18—19	21—22	24—25	27—28	„

Mit dem Ausheben der Gräben wird immer am untersten Ende, also an der Ausmündung des Systems begonnen und dem Gefälle entgegen vorgegangen. Das sich sammelnde Grundwasser kann hierbei zum Abfluß kommen und verursacht bei der Arbeit keine Schwierigkeiten.

Vor Beginn des Aushubes wird die obere Breite des Grabens abgemessen und der Grabenrand zweckmäßig entlang gespannter Schnüre durch senkrecht geführte Spatenstiche bezeichnet, „vorgerissen". Die Ackerkrume wird auf die Seite der Nivellierpfähle, bei Abhängen stets auf die obere Seite geworfen, der Untergrund auf die andere, untere Seite gelagert. Der Abraum darf aber nicht unmittelbar an den Grabenrändern liegen, vielmehr ist zu beiden Seiten genügend Raum — etwa 30 bis 50 cm — frei zu lassen, damit das Auskellen, Röhrenlegen usw. bequem ausgeführt werden kann.

Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100. Fig. 101.



Die Herstellung der Gräben erfolgt am besten mit Hilfe besonderer **Drainwerkzeuge.** In England hat man stets dafür gewirkt, zweckentsprechende Geräte zu verwenden. Es ist dies auch in hohem Maße gelungen, indem für alle vorkommenden Bodenarten passende Werkzeuge geliefert werden. Für deutsche Verhältnisse sind nachstehende Geräte vollständig ausreichend:

a) Der Breitspaten (Fig. 98) mit einem 20 cm breiten und 30 cm hohen Schaufelblatt.

b) Der Stichspaten I (Fig. 99) mit einem Blatt von 45 cm Länge, 18 cm oberer und 13 cm unterer Breite.

c) Der Stichspaten II (Fig. 100), dessen Blatt 51 cm lang, oben 14 cm, unten 9 cm breit ist.

d) Der Hohlspaten (Fig. 101) mit einem 55 cm langen, halbrunden Stichblatt, dessen obere Breite 8 cm und dessen untere 6 cm beträgt.

Die vier genannten Spaten werden aus bestem Stahlblech gefertigt und haben den früheren aus Eisen hergestellten und nur auf einer Seite verstählten Spaten gegenüber den Vorzug, daß sie weit leichter handlicher und dauerhafter sind. Wie die Abbildungen zeigen, wird das Blatt hülsenförmig am Stiele hochgeführt, um ein Brechen desselben zu verhüten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

e) Die Schippe oder Schaufel nach Fig. 102.

f) Der Stoß- oder Fußpickel (Fig. 103) ist für das Ausbrechen von Steinen unentbehrlich und findet in dem Untergrunde Verwendung.

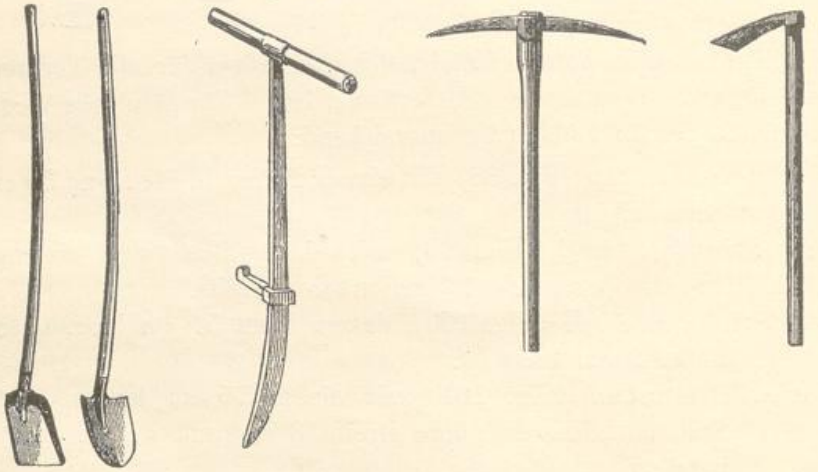
g) Die Spitzhaue oder Kreuzhaue (Fig. 104) eignet sich dagegen besser zum Lockern von festem und steinigem Boden in den oberen Schichten.

h) Die Rodehacke (Fig. 105) ist zur Entfernung stärkerer Wurzeln wertvoll. Die Beseitigung zusammengewachsenen Wurzelwerks erfolgt zweckmäßig mittels eines Spatens mit vollem eisernen Stiel (nicht Eisenrohr) und stählernem, angeschärftem Blatt.

i) Die Ausziehkelle (Fig. 106) und der Schwanenhals (Fig. 107) dienen zum Ausgleichen und Ausrunden der Grabensohle und müssen dem äußeren Durchmesser der Röhren entsprechen. Je nach der Rohrweite sind demnach verschiedene Größen bereit zu halten. Der Unterschied zwischen den beiden Geräten, von denen jedes einen halbkreisförmigen Querschnitt hat, liegt nur in ihrer Handhabung: das erste wird vorwärts schreitend, das zweite rückwärts schreitend von oben nach unten auf der Grabensohle entlang geführt.

k) Der Sohlenstampfer (Fig. 108) wird dann angewendet, wenn auf der Sohle Steinchen oder Unebenheiten zutage treten, die mit dem Schwanenhals oder mit der Kelle nicht zu beseitigen sind. Er besteht aus einem 0,5 m langen, halbrunden Holzstück und wird mit einem versteiften Stiel von ungefähr 2 m Länge versehen.

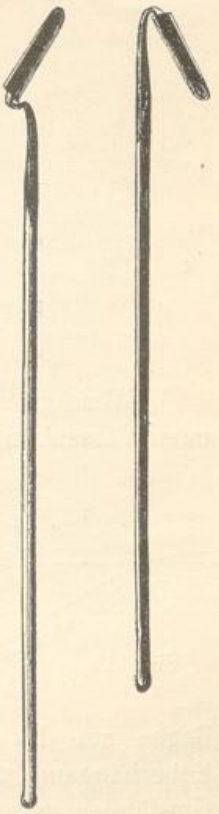
Fig. 102. Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105.



Das **eigentliche Aufheben** der Draingräben erfolgt nun in der Weise, daß zunächst ein Arbeiter zwischen den „vorgerissenen“ Grabenrändern mit dem Breitspaten (Fig. 98) die Ackerkrume in einer Tiefe von 30 cm aushebt. Je nach der oberen Grabenbreite können 2 bis 4 Stiche nebeneinander erforderlich werden. Ein zweiter Arbeiter folgt und entfernt mit einer gewöhnlichen Schaufel

(Fig. 102) die liegengebliebene lose Erde. Inzwischen beginnt ein neuer Gräber den zweiten Stich mit dem Stichspaten I (Fig. 99), indem er auf der Sohle des ersten Stiches sich rückwärts fortbewegt. Die lose Erde wird mit der Schippe (Fig. 102) nach dem zweiten Stich herausgeholt, ebenso nach dem dritten Stich, den ein weiterer Arbeiter mit dem Stichspaten II (Fig. 100) vorgenommen hat. Der letzte Stich oder der Sohlenstich muß mit dem Hohlspaten (Fig. 101) möglichst gleichmäßig ausgeführt werden und erfordert gewöhnlich eine Tiefe von 35 cm, wie beispielsweise aus der Figur 109 für einen Saugedrain zu ersehen ist.

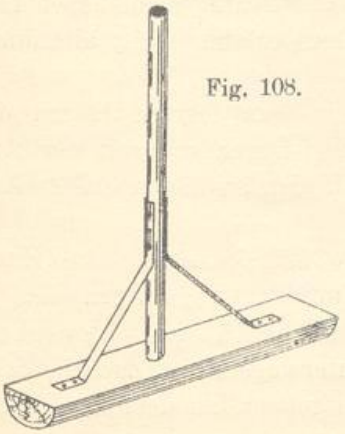
Fig. 106. Fig. 107.



Mit größter Sorgfalt, namentlich bei schwachem Gefälle, ist darauf zu achten, daß an keiner Stelle zu tief ausgehoben wird, denn es ist sehr schwierig durch Nachfüllen ein festes Lager für das Drainrohr zu schaffen. Es empfiehlt sich deshalb nach dem dritten Stiche eine Ausgleichung der Grabensohle vorzunehmen, deren Höhenlage von der zur künftigen Drainsohle parallel gezogenen Schnur (siehe vorigen Abschnitt) leicht zu bestimmen ist. Wie schwierig es ist, einwandfreie Drainsohlen bei geringem Gefälle herzustellen, wird von Seyfert, s. S. 65, treffend geschildert.

Bei kleineren Anlagen, wo nur wenige Arbeiter beschäftigt werden, kommt der geschilderte Vorgang nicht in Frage. Die Drainarbeiter bedienen sich dann meist nur eines Spatens und zwar entweder des Stichspatens I oder II.

Fig. 108.



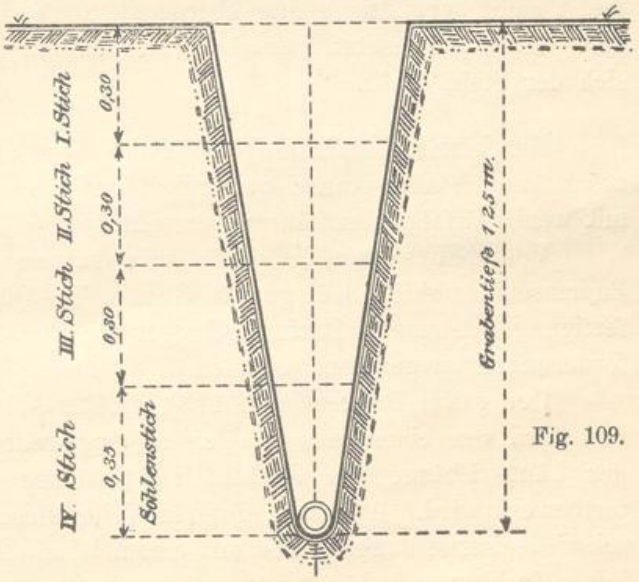


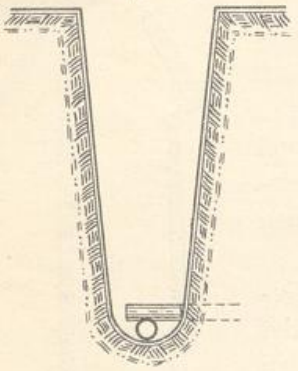
Fig. 109.

Sobald der letzte Stich getan ist, wird der noch sitzende lose Boden und alle Unregelmäßigkeiten an der Sohle durch die Hohlkelle (Fig. 106) oder den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schwanenhals (Fig. 107) beseitigt. Diese letzte Arbeit vor dem Verlegen der Röhren ist mit Vorsicht auszuführen, besonders, wenn wenig Gefälle zur Verfügung steht. Ein gutes Röhrenlager bewahrt die Drainstränge vor unliebsamen Senkungen und Verstopfungen.

Fig. 110.



Auf zwei Umstände sei hier noch hingewiesen, die bei der Herstellung der Draingräben zu beobachten sind. Es ist unbedingt zu vermeiden, daß beim Anschluß eines Drains an den anderen das Ende des anzuschließenden Stranges auf gewachsenem Boden gemäß Fig. 134 liegt, und daß auch das letzte Rohr einen festen Untergrund nach Fig. 134 und nicht die in Fig. 110 gezeichnete Lagerung erhält. Der letztere Fall kann besonders leicht eintreten, wenn der Draingraben an der Sohle zu breit ausgeworfen worden ist.

Wenn große Steine im Zuge des Draingrabens liegen und ihre Fortschaffung oder Versenkung erhebliche Kosten verursacht, empfiehlt es sich, den Strang im

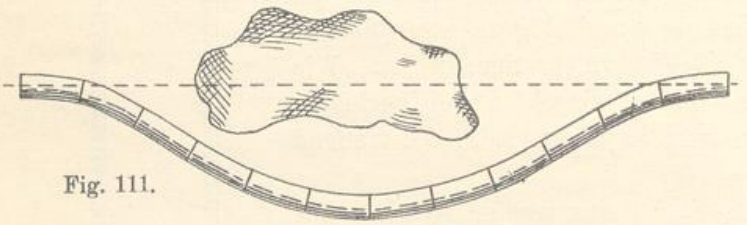


Fig. 111.

Bogen um das Hindernis herumzuführen (Fig. 111). Ueberhängende Steine (Fig. 112) dürfen unter keinen Umständen unterfahren werden. Die Röhren werden meist nicht sorgfältig genug überdeckt, auch sind sie der Gefahr ausgesetzt, zerdrückt zu werden, sobald sich der Stein senkt.

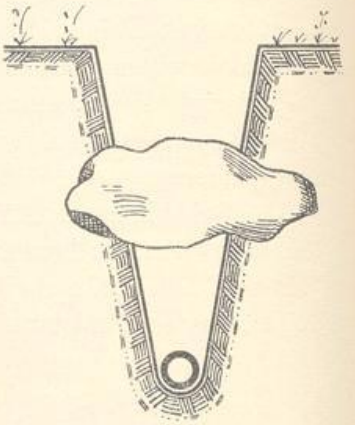


Fig. 112.

Maschinelle Vorrichtungen für die Herstellung der Draingräben haben insbesondere die Amerikaner konstruiert und auch in Deutschland, meist allerdings mit wenig Erfolg, einzuführen versucht.

Von deutschen Maschinenanstalten hat in den letzten Jahren die Baumaschinenfabrik Bünger & Comp. in Düsseldorf-Derendorf mit der Anfertigung sogenannter **Drainage-Bagger** sich befaßt, die den an sie gestellten Anforderungen zu genügen scheinen.

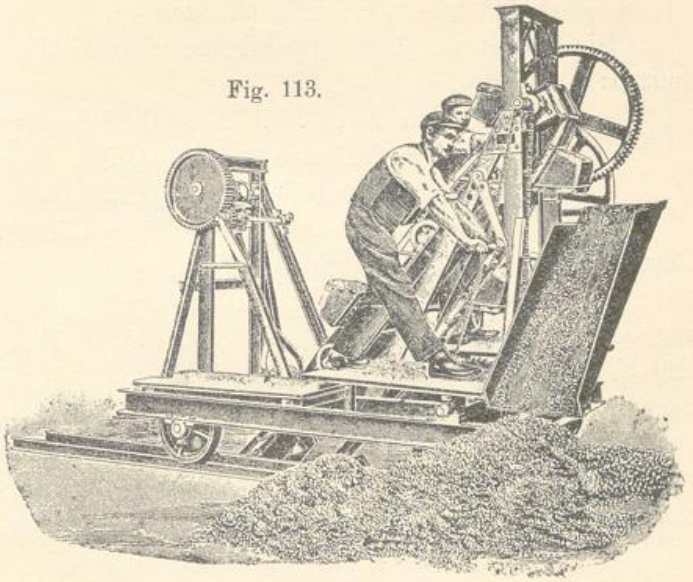
Der ganze Bagger (Fig. 113), D. R. G.-M. Nr. 309986, besteht aus Eisen und wird von einem aus Profileisen hergestellten Unterwagen getragen, der in der Längsrichtung des Grabens auf Schienen mit selbsttätigem Vorschub fortbewegt wird. Auf dem hinteren Teile dieses Unterwagens ist das ebenfalls schmiedeeiserne Baggergerüst mit einem Windwerk aufgebaut, an dem die Eimerleiter drehbar aufgehängt ist.

Die Eimer mit einem Inhalte von 15 Liter sind aus Blech genietet, mit Stahlschneidebändern versehen und auf einer geschmiedeten Eimerkette befestigt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Antrieb der Eimerkette erfolgt durch Handkurbeln, die mittels Zahnradvorgelege auf die obere Turasscheibe einwirken, wodurch das Ausgraben durch Transportieren der Eimerkette vorgenommen und das gebaggerte Erdreich in den Eimern hochgebracht wird. Oben entleeren die Eimer dann in eine Schütte, die den Aushub seitlich abführt. Gleichzeitig bewirkt das Windwerk den entsprechenden Vorschub des Baggers, indem die Umdrehung der Turaswelle durch eine Kette auf die Schienenräder übertragen wird. Auf diese Weise fährt der Bagger ständig weiter gegen den auszuhebenden Boden. Auf dem Vorderteil des Unterwagens ist ein Vorgelege mit Kettentrommel angebracht, durch das ein Heben und Senken der Eimerleiter erfolgen und im Zusammenhange hiermit die Tiefe des auszuhebenden Grabens reguliert werden kann.

Fig. 113.



Der Antrieb der Eimerkette kann sowohl von Hand, wie die Abbildung zeigt, als auch maschinell, etwa durch einen Benzin- oder Elektromotor erfolgen, der in das Gerüst an passender Stelle eingebaut wird. Der Bagger läuft auf leichtem Geleise mit Längsschwellen und 1,5 m Spurweite, das in zwei Längen von je 5 m entsprechend dem Vorrücken des Baggers verlegt wird.

Für eine Grabentiefe bis 1,5 m, bei einer durchgehenden Breite von 0,4 m stellt sich das Gewicht eines Drainagebaggers für Handbetrieb auf etwa 2400 kg; der Preis beträgt 2300 M. Soll der Bagger mit einem 4 PS.-Benzinmotor ausgerüstet werden, dann erhöht sich der Preis auf 3950 M. Das Geleise hierzu — in einer Länge von etwa 10 m — kostet 110 M.

Bei Handbetrieb*) sind 3 bis 4 Mann erforderlich. Hierbei beträgt die stündliche Leistung (Tiefe des Grabens 1,5 m, Breite 0,4 m) etwa 7 m bei Sandboden, etwa 3,5 m bei leichtem Lehmboden und 2,5 m bei schwerem Lehmboden.

Bei 4 Mann und einem Stundenlohn von 0,30 M betragen demnach die Kosten für Handbetrieb:

im Sandboden	0,17 M	für das laufende Meter
in leichtem Lehmboden .	0,34 „	„ „ „ „
in schwerem Lehmboden	0,48 „	„ „ „ „

*) Nach den Mitteilungen der Baumaschinenfabrik Bünger & Comp. in Düsseldorf-Derendorf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Erfolgt der Antrieb durch einen 4 PS.-Benzinmotor, dann verbraucht dieser pro Stunde etwa 1,2 kg Benzin; hierbei beträgt der Vorschub stündlich:

in Sandboden . . . . . etwa 17 m
in leichtem Lehmboden . . . . „ 11 „
in schwerem Lehmboden . . . „ 7,5 „

Die Kosten für 1 m Grabenlänge einschließlich Lohn für 2 Mann betragen sonach:

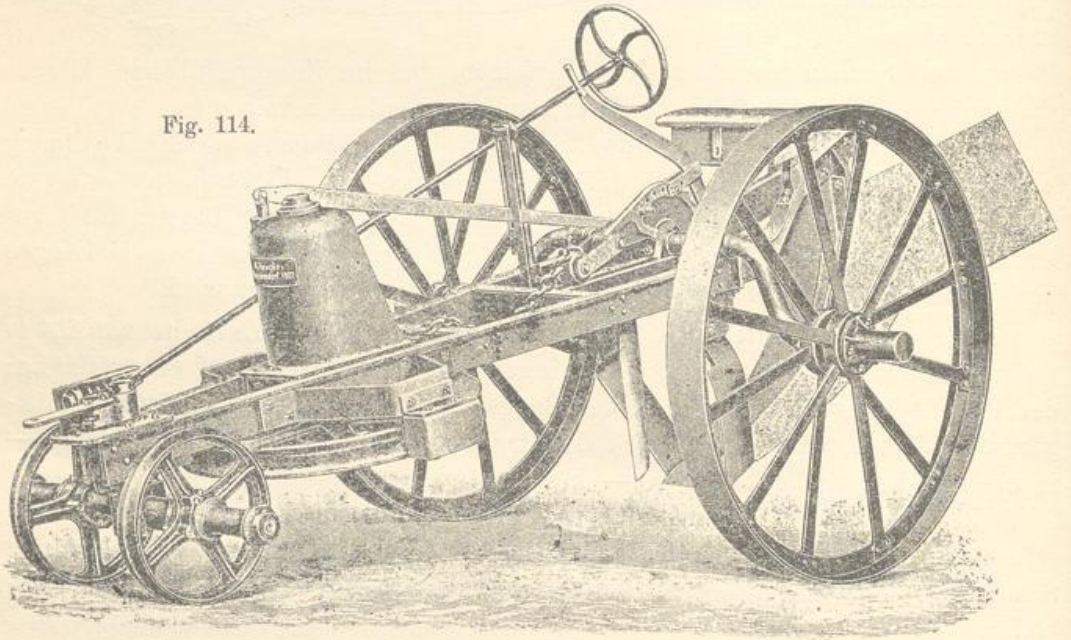
bei Sandboden . . . . . 0,06 M für das laufende Meter
bei leichtem Lehmboden . . 0,09 „ „ „ „ „
bei schwerem Lehmboden . . 0,13 „ „ „ „ „

Amortisation und Verzinsung der Anschaffungskosten sind bei den obigen Berechnungen nicht eingeschlossen.

Die genannte Maschinenfabrik ist bereit, die Drainagebagger mietweise abzugeben. Der Mietpreis stellt sich für einen Bagger mit Handbetrieb auf 120 bis 150 M, für Benzinbetrieb auf 200 bis 250 M für einen Monat je nach der Dauer des Gebrauchs.

Wo eine Dampfpfluglokomobile zur Verfügung steht, wird der **Dampfgrabenzieher** (Fig. 114) von A. Heucke, Dampfpflug-Lokomotiv-Fabrik in Haus-Neindorf bei Gatersleben, insbesondere bei schwerem Boden, wertvolle Dienste leisten.

Fig. 114.



In beiden Fällen, besonders bei dem letzteren, wo außerdem eine Vertiefung mit dem Spaten notwendig wird, ist selbstverständlich ein Nacharbeiten der Gräben und ein Ausputzen der Drainsohle unerläßlich. Bei steinigen Böden sind erfahrungsgemäß maschinelle Vorrichtungen nicht zu gebrauchen.

27. Verlegen der Röhren.

Das Verlegen der Röhren bedarf besonderer Sorgfalt und Aufmerksamkeit, da die meisten Verstopfungen der Drains auf nachlässigen Einbau zurückzuführen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sind. Mit dieser Arbeit wird daher gewöhnlich der Schachtmeister oder ein erfahrener Vorarbeiter betraut, der im Tagelohn steht.

Gleich nach Herstellung der Gräben sind die Drainröhren längs des Grabenrandes zu verteilen, wobei sie von etwaigen Unreinigkeiten befreit werden. Schlechte, unbrauchbare Röhren werden zur Seite geworfen, von den brauchbaren sind die krummen für die Einführung spitzwinkeliger Drainzüge (s. S. 112) besonders zu lagern. Formstücke oder Formröhren (siehe nächsten Abschnitt) sind unter Leitung des Schachtmeisters an der Hand einer Feldzeichnung auszulegen, damit Verwechselungen vermieden werden.

Mit dem Röhrenlegen wird am oberen Ende des Drainstranges, also am höchsten Punkte angefangen. Dies aus dem Grunde, weil anderenfalls aus den höheren Grabenlagen, in denen noch gearbeitet wird, leicht Erde und Schlamm in den bereits gelegten, unteren Strang gelangen kann.

Die erste Röhre wird mit einem Lehmpfropfen verschlossen und gegen einen flachen Stein oder ein Ziegelstück in der obersten Grabenwand angedrückt (Fig. 115). Dieser sorgfältige Abschluß, für den eigens an einem Ende geschlossene „Schlußröhren“ (s. Fig. 116) angefertigt werden, ist notwendig, um dem Eindringen von Sinkstoffen und damit einem vorzeitigen Verschlammen der Leitung zu begegnen. Das Einbringen und Abschließen des ersten Rohres geschieht mit der Hand.

Fig. 115.

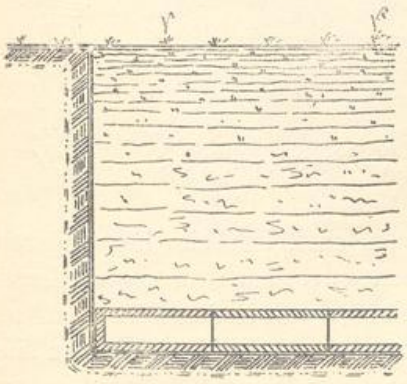
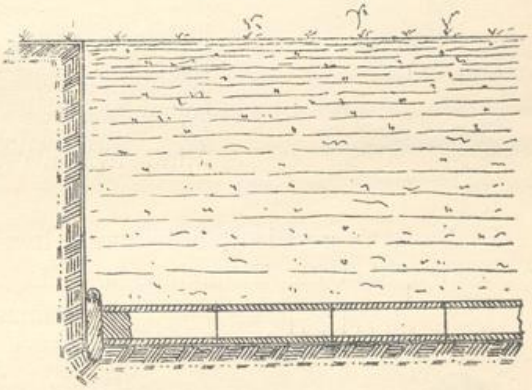


Fig. 116.



Die weiteren Röhren werden am besten mit Hilfe des Legehakens (Fig. 117) verlegt. Hierbei faßt der Arbeiter, über dem Graben stehend (Fig. 118), mit dem Haken eine der am Grabenrande liegenden Drainröhren, schüttelt die etwa innen befindliche Erde heraus, drückt das Rohr in der Richtung der Sohle an das bereits liegende Drainrohr fest an und bettet es mit einem Druck vorsichtig in das Lager. Passen die Stoßfugenflächen nicht gleich aufeinander, so wird das Rohr auf dem Legehaken durch Streichen an der Grabenwand gedreht und der Versuch so oft wiederholt, bis ein dichter Anschluß der Röhren erreicht wird.

Wenn die Verlegung der Röhren unterbrochen wird, ist der bereits verlegte Strang da, wo Frösche vorkommen, gegen ein Einkriechen dieser Tiere zu schützen, indem man mittels eines Brettchens, eines glatten Steines oder eines

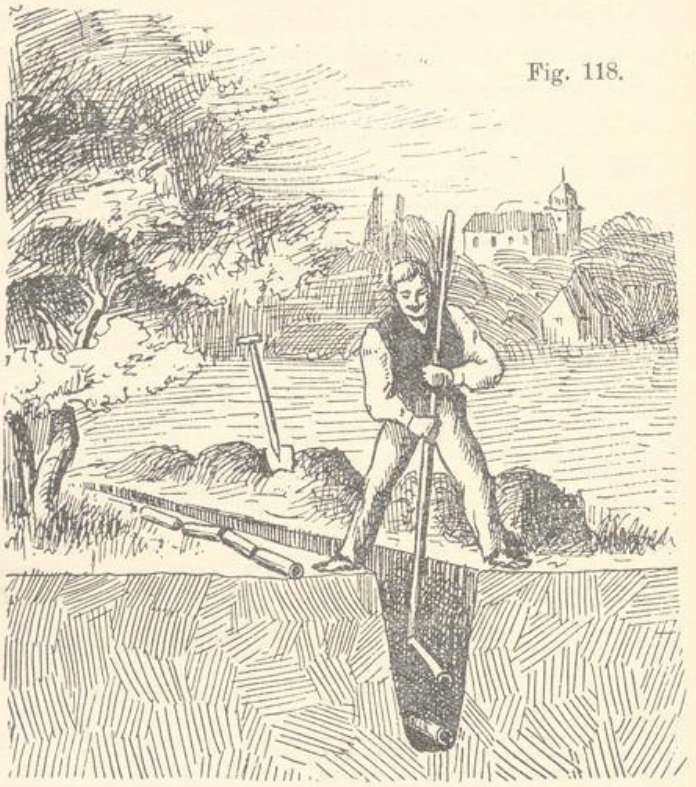
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Blechstückes den Eingang in das letzte Rohr bis zum Wiederbeginn der Arbeit versperrt.

Ein Strang ist dann gut gelegt, wenn es nicht möglich ist, ein einzelnes Rohr herauszuheben, ohne die benachbarten mitzunehmen.

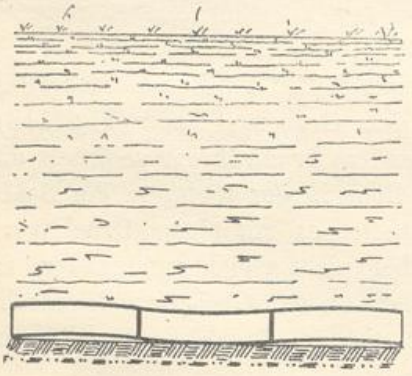
Fig. 117.

Fig. 118.



Da ganz gerade Röhren nur selten vorhanden sind, ist beim Legen darauf zu achten, daß die Krümmungen nicht nach oben oder nach unten zu liegen kommen (Fig. 119), weil in den tiefen Punkten leicht Ablagerungen eintreten. Vielmehr sind die meist leicht gekrümmten Röhren so auf die Seite zu legen, daß bei gut passenden Fugen des schlangenförmigen Stranges (Fig. 120) ein ungehinderter Abfluß des Wassers herbeigeführt wird.

Fig. 119.



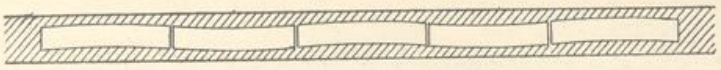
Unebenheiten in der Grabensohle, soweit sie auf die Wasserführung von Einfluß sind, werden beim Verlegen mittels des Legehakens ausgeglichen. Kleine Erhebungen werden abgeschürft oder eingedrückt, geringe Senkungen durch Abkrümeln des Bodens von der Grabenböschung aufgefüllt.

Bei größeren Rohrabmessungen der Sammler ist auch die Verwendung des Legehakens stets anzustreben. Die Arbeit mit diesem Gerät wird immer besser,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schneller und billiger ausgeführt als mit der Hand. Geübte Arbeiter verstehen auch die schweren Röhren sachgemäß zu handhaben. Anderenfalls müssen die größeren Sammeldrains mit der Hand eingebracht werden. Hierbei tritt der

Fig. 120.



Grabensohle

Arbeiter auf die Grabensohle und drückt jedes neue Rohr durch eine Drehung an das vorhergehende an.

Kann der Boden den Arbeiter nicht tragen, so ist eine Sicherung der Sohle durch eine Kies- oder Brettereinlage vorzunehmen. Ein festes Lager muß auch

Fig. 121.

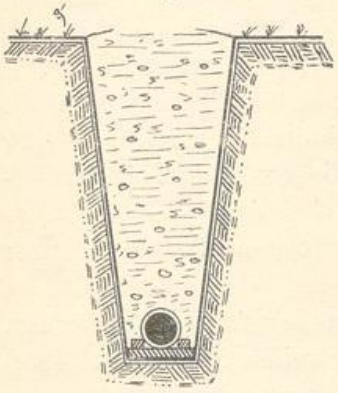


Fig. 122.

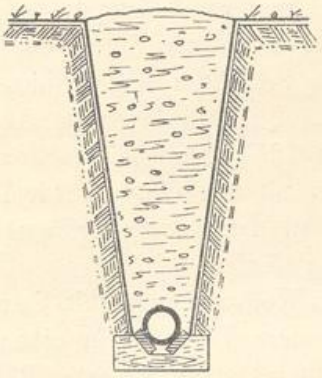
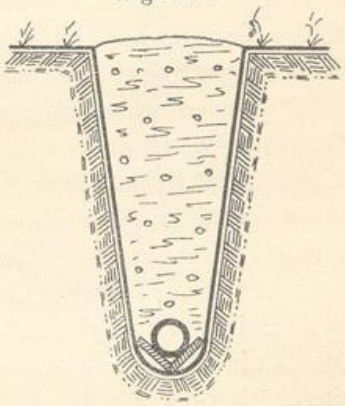


Fig. 123.



da hergestellt werden, wo wegen des nachgiebigen Untergrundes, z. B. bei Moorboden, ein Versinken einzelner Röhren oder eine größere Verschiebung eintreten kann. Hierzu eignet sich neben einer 10 bis 15 cm hohen Schicht von Kies, Schlacke, klein geschlagenen Steinen usw. besonders gut ein Rost aus zwei durch

Fig. 124.

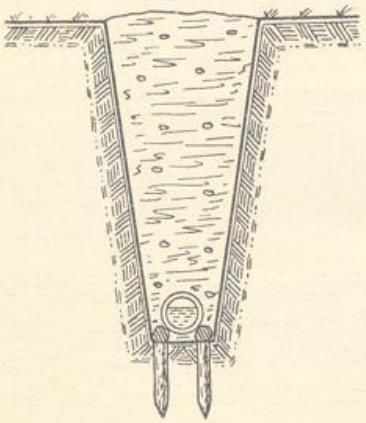
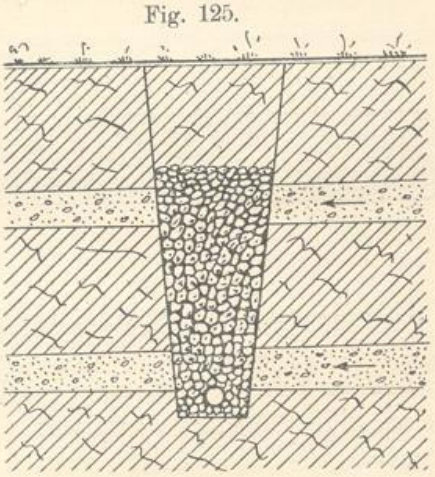


Fig. 125.



Querhölzer verbundene Dachlatten (Fig. 121) oder eine Ausführung nach Figur 122, 123 und 124 (Stangen, auf Pfählen befestigt). Selbstverständlich müssen hier die Draingräben entsprechend tief und weit ausgeworfen werden.

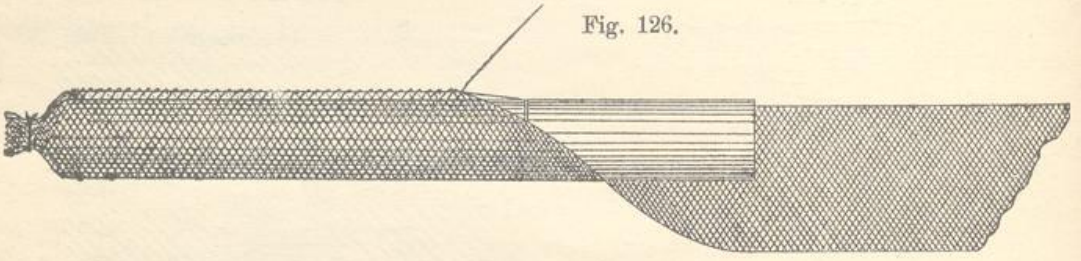
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die gleichen Vorsichtsmaßregeln sind bei Vorkommen von Well- oder Triebsand zu treffen. Um Drains besonders gegen vorzeitige Verstopfungen durch Wellsand zu schützen, muß eine Bettung der Röhren in geeignetem Material erfolgen; selbstverständlich müssen die Stoßfugen wasseraufnahmefähig bleiben. Bewährt haben sich fetter Lehm, Ton, Kies, Torf, Lohe; auch gewöhnliche Muttererde, ferner Kohlenschlacke und die Verwendung von Kiefern- oder Tannennadeln wird empfohlen. Diese Stoffe eignen sich auch in eisenschüssigem Boden zum Bedecken der Röhren, um ein späteres Verkitten der Stoßfugen zu vermeiden (s. Abschn.: Dauer und Erneuerung der Drainage). Der Kulturtechniker Schweder in Groß-Lichterfelde gibt noch nachstehendes Mittel an. Es werden 10 bis 15 cm breite Streifen aus Dachpappe geschnitten, um die Röhren über den Stoß $1^1/_2$ bis 2 mal gewickelt und mit verzinktem Eisendraht befestigt. Auf diese Weise entsteht eine dünne Muffe, die jedes Rohr auf eine Länge von 5 bis 7 cm deckt, doch aber immer genügend Zwischenraum frei läßt, um dem Wasser Zutritt in die Röhren zu gewähren.

Werden wasserführende Schichten angeschnitten, so empfiehlt es sich, die Saugedrains, ähnlich wie bei Quellfassungen (s. Abschnitt 35), mit Stein- oder Kiesmaterial zu umgeben (Fig. 125) damit bei starken Niederschlägen die Wasseradern rasch in den Untergrund abgeführt werden. Geschieht dies nicht, so können leicht nasse Stellen an der Bodenoberfläche eintreten, die bei richtiger Drainierung nicht vorkommen dürfen.

Bei stark andringendem Wellsand empfiehlt Verfasser folgende Sicherung. Die Drainröhren werden vor dem Verlegen in einen Streifen Sackleinen (Jute) eingehüllt, der um die dicht voreinander gelegten Röhren geschlagen und an den beiden Längskanten mit Bindfaden „überwendig" zusammengenäht wird (Fig. 126). Der so zu einer „Röhrenwurst" ausgestaltete Drainstrang wird an seinem oberen Ende fest zugeschnürt und stückweise vorbereitet. Die Handhabung ist außerordentlich einfach. Während der weitere Strang vernäht wird, kann der fertige Teil bereits verlegt werden.

Fig. 126.



Die Röhrenwurst ist verhältnismäßig geschmeidig und paßt sich jeder Lage an. Ein im Graben stehender Arbeiter, der mit einer Mauerkelle den andringenden Sand zur Seite schafft, kann Schritt für Schritt den zu verlegenden Strang in seine richtige Höhenlage bringen, wobei gleichzeitig die Bedeckung mit Boden stattfindet.

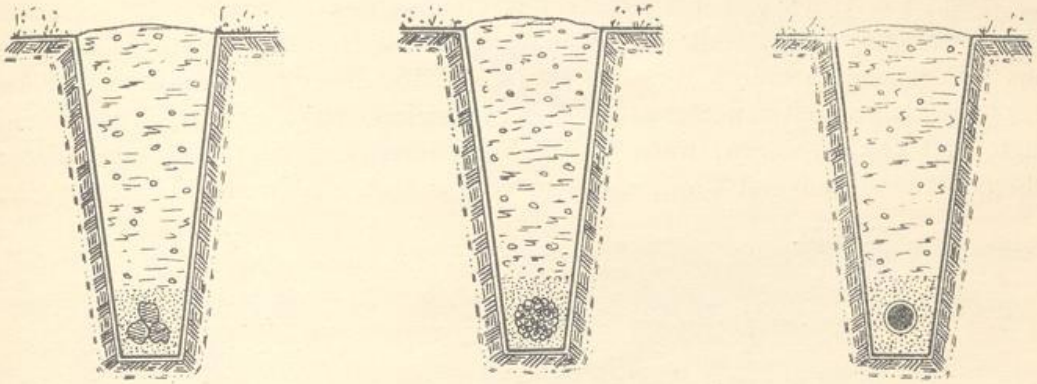
Ein unliebsames Verschieben einzelner Röhren in vertikaler Richtung ist nicht möglich, da die in engem Zusammenhange aneinanderliegenden Röhren durch die Leinwand fest zusammengehalten werden. Auch eine größere kurvenförmige Senkung ist bei vorsichtiger Höhenbestimmung nicht zu befürchten. Ein Ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dringen des feinen Sandes in die Röhren ist ausgeschlossen, vorausgesetzt, daß das Gewebe der Sackleinwand so engmaschig ist, daß der Sand nicht durchfließen kann. Weitmaschige Gewebe, wie sie zum Versand von Obst usw. verwendet werden, sind natürlich nicht angebracht.

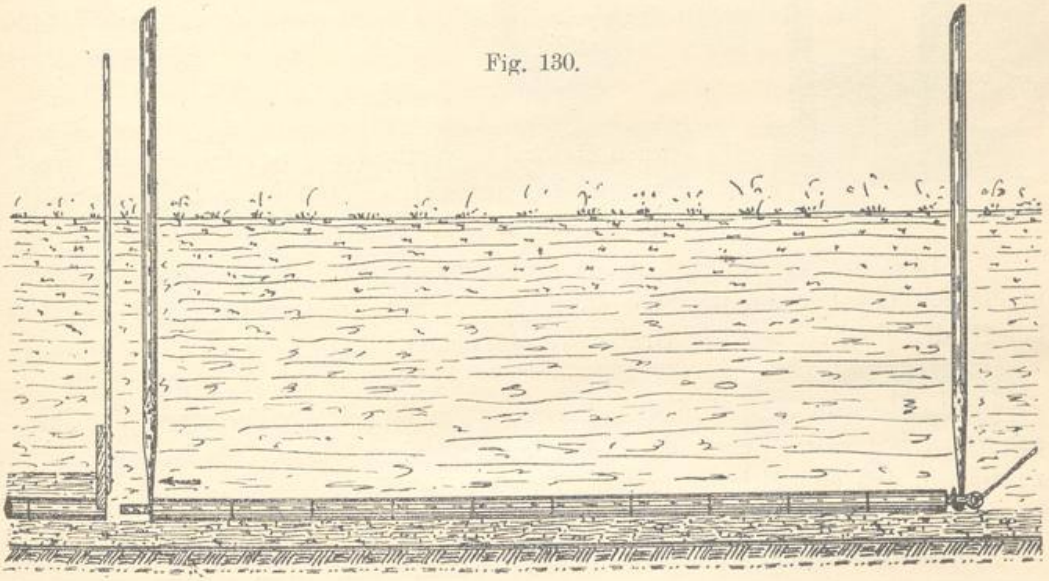
Im **Hochmoorboden** sind Knüppeldrains (Fig. 127) und Faschinendrains (Fig. 128) zweckmäßig mit einer Schicht grobstengeligem Heidekraut zu umgeben.

Fig. 127. Fig. 128. Fig. 129.



ebenso werden Drainröhren (Fig. 129) am besten in gleicher Weise gebettet und dadurch gegen ein Versinken gesichert. Hierbei wird nach Tacke*) der Draingraben, nachdem seine Sohle glatt und sauber ausgeputzt ist, mit einer Lage möglichst grobstengeliger Heide versehen, die mit einem Rundholz angedrückt

Fig. 130.



wird. Darauf werden die Drainröhren zu zehn (Fig. 130), die auf einen Eisenstab (Gasrohr) von entsprechender Dicke aufgezogen sind, auf einmal verlegt, auf den Drain, während das Eisen noch in den Röhren steckt, wieder Heide aus-

*) „Die Entwickelung der Moorkultur in den letzten 25 Jahren". S. 136. Berlin 1908, Verlag von Paul Parey.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gebreitet und sofort Moorboden aufgefüllt und fest angetreten, und dann erst das Eisenrohr aus dem Drainstrang gezogen. Der fertige Strang ist somit allseitig von einer starken Heideschicht umgeben, die ihn gegen Versacken ausreichend schützt. Nachpeilungen eines derartig verlegten Drainstranges in weichem, nicht entwässertem, jungfräulichem Moor ergaben nach mehreren Jahren eine völlig ungeänderte Lage des Drains, obwohl die Oberfläche über demselben infolge der Entwässerung beträchtlich gesunken war.

An dem Ende, daß den bereits verlegten Röhren zugekehrt ist, wird das oben erwähnte Gasrohr mit einer Holzstange hinabgelassen, die mit einer Oese aus schwachem Eisenblech versehen ist (s. Fig. 130 links), an der anderen Seite mit Hilfe einer weiteren Stange oder eines Strickes. Das Gasrohr wird, wie gesagt, erst herausgezogen, wenn die Röhren hinreichend mit Heide und Moor überdeckt sind und erst dann, nachdem vorher noch ein Brett (s. Fig. 131 und

Fig. 131.

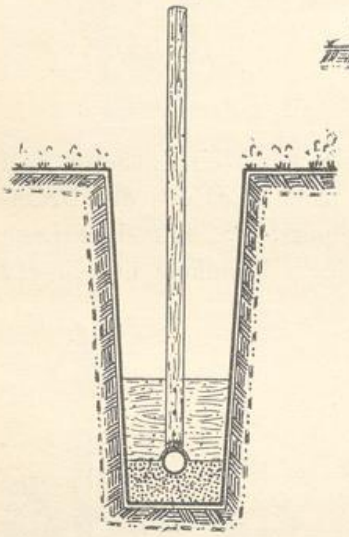
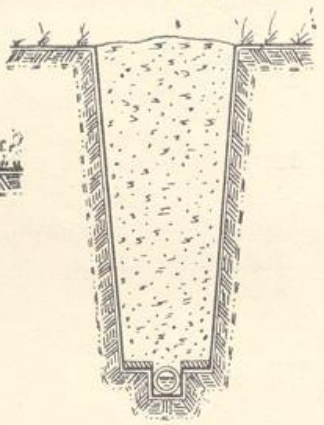
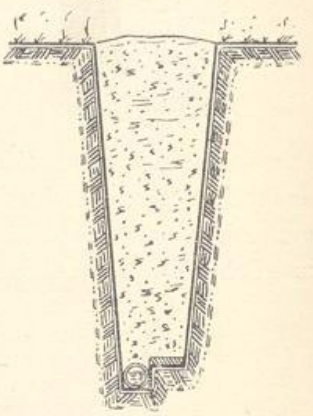


Fig. 132.



Flg. 133.



auch 130 links) vertikal auf das letzte Rohr gesetzt worden ist, um das Hineinfallen von Heide und Boden in den offenen, gesäuberten Graben zu verhindern.

Erfolgt die Verlegung der Drainröhren von Hand, so werden zweckmäßig kleine seitliche Bermen während dieser Arbeit mit Brettern (Fig. 132 oder 133) belegt, die ein Betreten des Grabens ermöglichen.

Soweit es die Verhältnisse zulassen, ist zuerst mit der **Verlegung** der **Saugedrains** zu beginnen, denen dann die **Sammeldrains** folgen. Es ist stets darauf zu achten, daß endgültig verlegten Röhren kein Wasser aus Gräben zuzuführen ist, in denen noch gearbeitet wird.

Mitunter werden Röhren nur vorübergehend eingebaut. Dieses kommt besonders bei Sammlern vor, die wegen längeren Offenbleibens einen Einsturz befürchten lassen. Da die Vorflut für die oberhalb gelegenen Drains erforderlich ist, wird eine vorläufige Verlegung angeordnet; später werden die Röhren wieder ausgehoben und zum zweiten Male, dann aber endgültig, verlegt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

28. Verbindung der Drains.

Sobald die Röhren im Sammeldrain bis zur Einmündung eines Saugers gelegt sind, ist eine sorgfältige Verbindung der beiden Stränge zu bewirken.

Das einfachste und zugleich verbreitetste Mittel ist von Julius Kühn vorgeschlagen worden. Hiernach werden in die aufeinandertreffenden Drains mit einem Spitzhammer Löcher geschlagen und die übereinander gelegten Röhren mit Lehm gut verstrichen. Das Ende des Saugdrains wird mit einem Lehmpfropfen verstopft und durch einen flachen Stein oder ein Ziegelstück vollständig abgeschlossen (Fig. 134). Der Abschluß, zu dem auch die schon Seite 105 genannten „Schlußröhren“ zweckmäßige Verwendung finden können, ist deshalb notwendig, weil das in der Richtung der Seitenleitung ankommende Wasser, besonders bei größerem Gefälle, leicht über den Sammeldrain hinausschießt und dort einen Ausweg sucht.

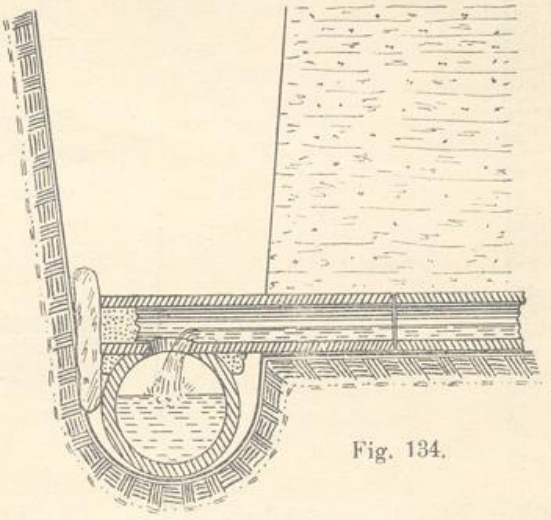


Fig. 134.

Dieser Uebelstand, der oft die Ursache einer frühzeitigen Unterspülung und Verstopfung bildet, ferner die schwierige Herstellung der Löcher, bei der nicht selten einige Röhren zerbrochen werden, haben die Anfertigung besonders geformter Röhren zur Folge gehabt.

An erster Stelle sind hier die von der Firma Specht & Komp., Sorau, N./L., hergestellten „Lochröhren“ (Fig. 135) und „Hakenröhren“ (Fig. 136) zu nennen. Die Anwendung dieser viel verbreiteten und erprobten Verbindungsröhren ist aus der nebenstehenden Zeichnung (Fig. 137) ersichtlich und bedarf keiner weiteren Erklärung. Eine Zusammenstellung der Abmessungen und Preise findet sich im Anhange des Werkes.

Fig. 135.

Fig. 136.

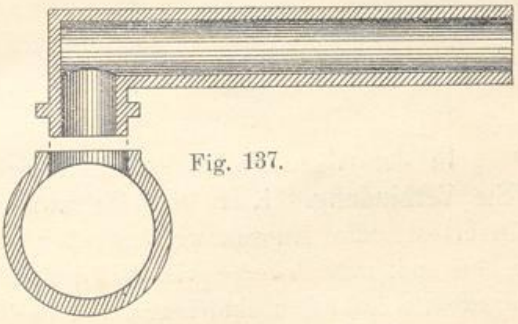


Fig. 137.

Bei der Verbindung nach der Kühn'schen Anordnung ist eine zu spitze Einmündung des Saugdrains zu vermeiden, da sonst das obere Rohr keine sichere und ruhige Lage erhält. Eine mehr rechtwinkelige Einmündung läßt sich durch bogenförmige Führung des Stranges und zwar durch Einlegen gekrümmter Röhren, die ja meist vorhanden sind, oder durch Schräghauen oder Abschleifen der Rohrenden unschwer erreichen (Fig. 138).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Falls von beiden Seiten des Sammlers Saugstränge anzuschlichten sind, ist wegen der besseren Wasserüberführung darauf zu achten, daß die Einläufe der Sauger links und rechts hintereinander liegen. Nur bei ganz kurzen Saugern ist es zulässig, die Einmündungen an einer Stelle, nach Fig. 139 anzulegen.

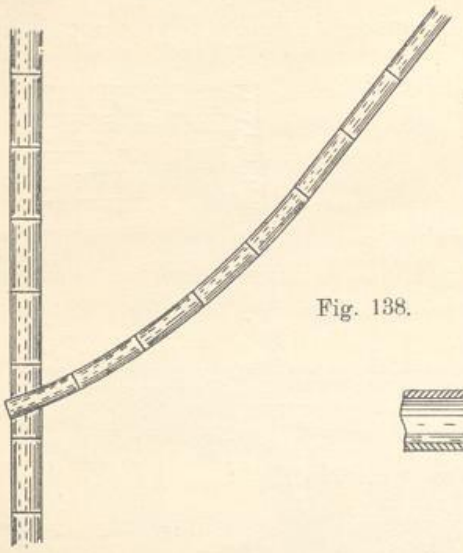
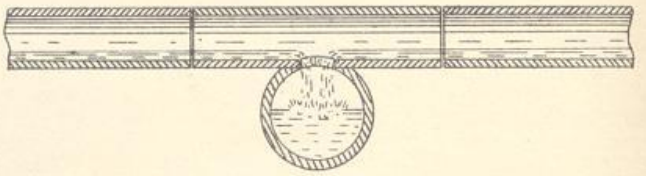


Fig. 138.

Bei Formröhren und den Kuppelungsröhren (s. S. 26) ist die Verbindung unter jedem beliebigen Winkel gleich gut ausführbar.

Die beschriebene **Verbindung „mit Ueberdeckung“** hat den Vorteil, daß ein vollkommen ungehinderter Abfluß des Drainwassers ermöglicht wird, wobei es gleich-

Fig. 139.



gültig ist, unter welchem Winkel die Zuführung durch den Saugdrain erfolgt. Sie hat aber den großen Nachteil, daß die Sohle des Hauptstranges stets tiefer liegen muß als die des Nebenstranges. Die hierdurch entstehenden Gefällverluste wirken um so empfindlicher, je geringer die Gefällverhältnisse an und für sich sind. Am stärksten zeigt sich dieser üble Einfluß, wenn Sammeldrains größerer Abmessungen zu verbinden sind.

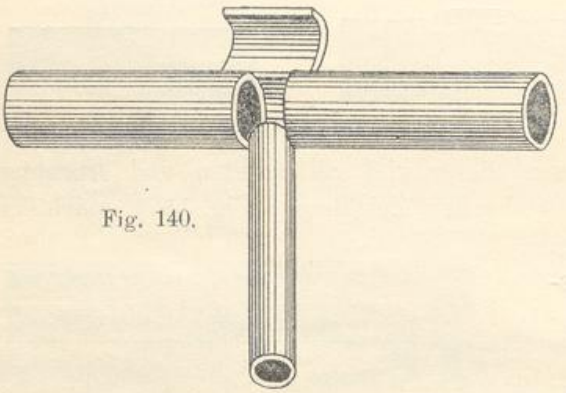


Fig. 140.

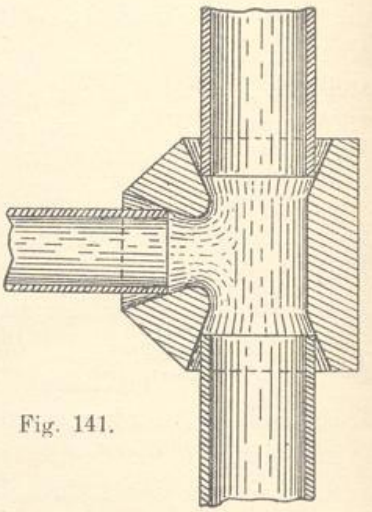


Fig. 141.

In derartigen Fällen empfiehlt sich die **seitliche Verbindung.** Hier entsteht zwar kein Gefällverlust, die Anordnung hat aber wieder den Uebelstand, daß Frösche viel leichter in das weitverzweigte Rohrnetz eindringen und daß bei voller Wasserführung, wie sie z. B. im Frühjahre bei Abführung der Schneeschmelze längere Zeit andauert, in den Anschlußröhren ein Rückstau entsteht, der die Wassergeschwindigkeit verringert und eine Ablagerung von Stickstoffen verursacht.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei der seitlichen Verbindung wird die Einmündung des Seitenstranges zwischen zwei Sammelröhren eingepaßt (Fig. 140) und die hierdurch entstehende große Fuge mit Scherben von Drainröhren in Zement geschlossen, derart aber, daß eine Verengung des Durchflußquerschnittes in dem Sammeldrain vermieden wird.

An Stelle dieser nicht eben wirtschaftlichen Ausführung hat Landesbaurat Wodicka-Wien einfache und wohlfeile Zwischenstücke aus Betonguß eingeführt. Es sind dies (Fig. 141) je nach der Rohrweite 18 bis 30 cm lange, nach beiden Seiten hin trichterförmig sich erweiternde Formstücke, die auf einer oder beiden Seiten mit ebenfalls konisch zulaufenden Oeffnungen versehen sind; in letztere werden die Seitenstränge eingeführt. Die Formstücke werden der leichteren Herstellung wegen in eine Eisenblechform und zwar in zwei symmetrischen Teilen angefertigt, die aufeinander gelegt werden. Der Uebergang der spitzwinkelig angeordneten Seitendrains zu einer mehr rechtwinkeligen Einmündung wird auch hier durch bogenartige Führung des Stranges erreicht.

Aehnliche Formstücke (D. R.-P. 155078) werden nach Weigmann von den Vereinigten Dampfziegeleien A.-G. in Ingolstadt hergestellt. Sie unterscheiden sich von den ersten, daß die trichterartige Oeffnung kugelförmig (Fig. 142) ausgebildet ist. Hierdurch wird beim schrägen Einlauf der Sauger oder Sammler

Fig. 142.

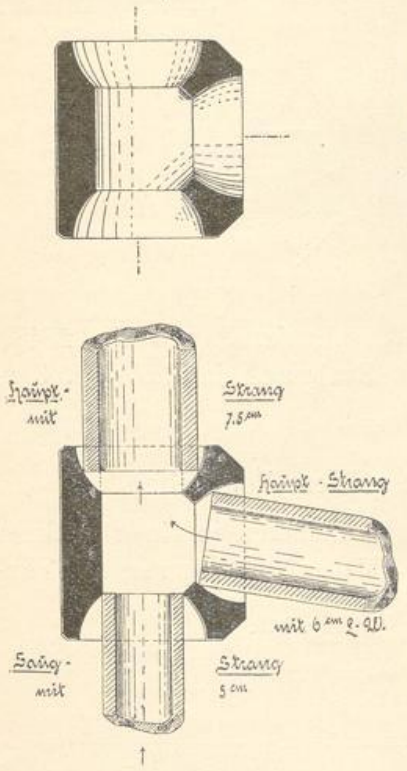


Fig. 143.

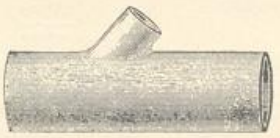


Fig. 144.

ein dichterer Zusammenschluß mit dem Hauptstrange erzielt. Die Betonmasse wird im übrigen nach dem Mischungsverhältnisse 1 Teil Zement : 5 Teile Sand zusammengestellt.

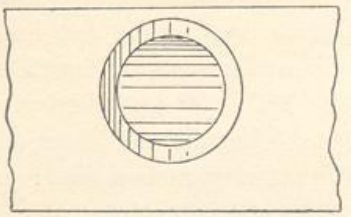
Weiter werden auch besondere, recht zweckmäßig geformte Röhren hergestellt. Die schon erwähnte Firma Specht & Komp. liefert „Aströhren“ mit einem Rohransatze (Fig. 143) und „Kragenröhren“ (Fig. 144), die, letztere zusammen mit den bereits erwähnten „Lochröhren“ (Fig. 135), eine einfache und oft bewährte Verbindung der Nebenstränge mit dem Sammler ergeben.

Die Vorteile der seitlichen Verbindung und der Verbindung mit Ueberdeckung sucht Kulturingenieur Maeusel-Stettin in einem Formstück nach Figur 145 a und b zu vereinigen. Diese Zwischenstücke werden aus Ton oder Zementbeton hergestellt und sind durch das Deutsche Reichs-Patent Nr. 168469 geschützt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

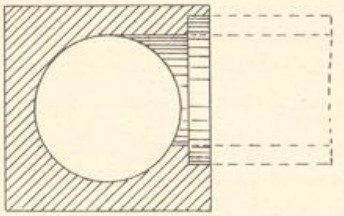
Schließlich seien noch zwei Formstücke aus Ton angeführt, die beide in der Schweiz*) Verwendung finden und trotz des Wassereinfalles von oben wenig

Fig. 145a.



Seitenansicht

Fig. 145b.



Schnitt durch die Seitenöffnung

Gefälle verbrauchen. Fig. 146 (Schweizerisches Patent Nr. 29933) stellt eine Verbindung dar nach dem Verfahren der Tonwarenfabrik Bodmer in Zürich-

Fig. 146.

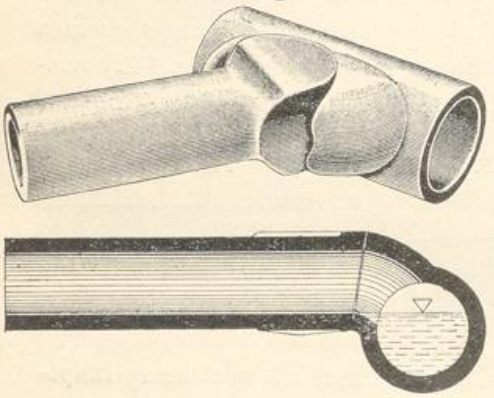
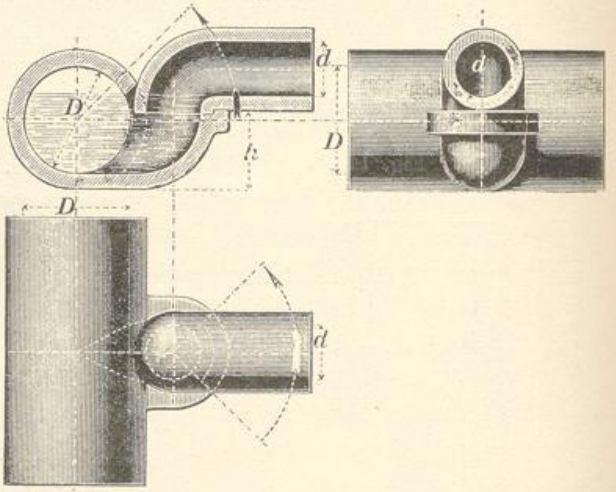


Fig. 147.



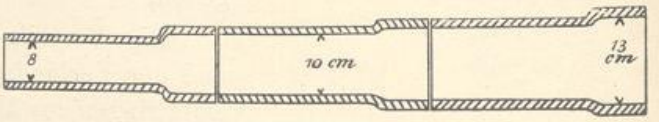
Wiedikon. Das Lienertsche Drainröhrenschloß, schweiz. Patent Nr. 28487, wird gleichfalls aus Ton von der Steinzeugfabrik Embrach in Embrach, Kanton Zürich, angefertigt (Fig. 147).

29. Uebergang einer kleineren in eine größere Rohrweite.

Die Ueberführung eines Sammlers von einem kleineren in einen größeren Durchmesser wird sehr zweckmäßig durch Einschieben sogenannter „Ueber-

Fig. 148.

Fig. 149.



gangsröhren“ erreicht (Fig. 148). Diese Röhren werden für die verschiedensten Fälle (s. Anhang d. W.) von der Firma Specht & Komp. in Sorau, N. L.,

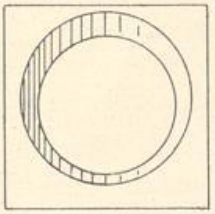
*) Kopp's Anleitung zur Drainage. Frauenfeld 1907. S. 91.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

doch auch von anderen Ziegeleien geliefert. Der Uebergang eines 8 cm weiten Rohres in einen Durchmesser von 13 cm ist beispielsweise in Fig. 149 veranschaulicht.

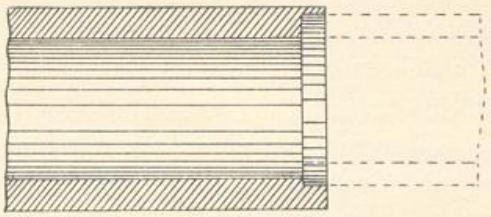
Ein „Uebergangsrohr“ (D. R. P.-Nr. 168469) nach den Angaben des Kulturingenieurs Maeusel ist in Fig. 150a und b dargestellt und für alle gangbaren

Fig. 150a.



Vorderansicht

Fig. 150b.



Längenschnitt

Rohrweiten passend zu erhalten. Es hat den besonderen Vorteil, daß das anschließende Drainrohr in den Kopf des Formstückes eingelassen wird und dadurch fest sitzt.

30. Verfüllen der Draingräben.

Sofort nach dem Verlegen sind die Röhren, nachdem noch eine Prüfung ihrer Lage stattgefunden hat, zunächst mindestens 15 bis 20 cm hoch mit totem Boden zu überdecken. Es geschieht dies zum Schutze der Röhren gegen Zerbrechen oder Verschieben durch etwa hineinfallende größere Steine oder harte Erdschollen. Diese erste Bedeckung erfolgt in einfachster Weise durch „Verstechen“, d. h. durch Abschürfen des Bodens von den Grabenwänden mittels eines Spatens.

Schlamm und feine Erde sind von der unmittelbaren Bedeckung auszuschließen. Ebenso ist die Verwendung von Stroh, Laub, Moos, Reisig oder

Fig. 151.

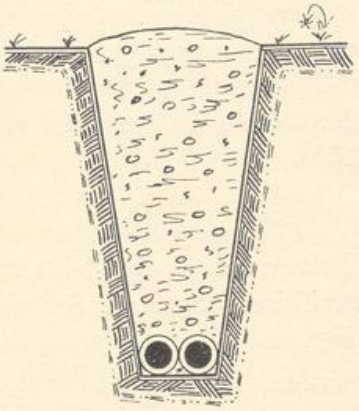


Fig. 152.

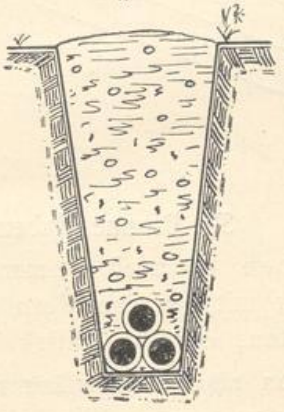
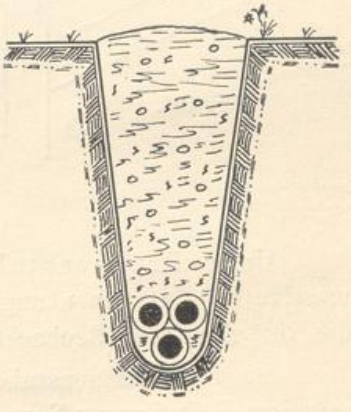


Fig. 153.



Rasen zu verwerfen, da diese Stoffe sich bald zersetzen, ein Nachgeben der zunächst liegenden Bodenschichten verursachen und so eine Verschiebung und Verstopfung der Drains herbeiführen. Die unmittelbare Bedeckung der Röhren

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auch mit Muttererde, die aus den Wänden des Draingrabens abgestochen wird, hat nach dem „Kulturtechniker", Jahrg. 1902, S. 4, die Befürchtung nicht erfüllt, daß hierdurch ein Einwachsen von Pflanzenwurzeln begünstigt wird.

Bezüglich Sicherung der Röhren in Triebsand und Moorboden siehe das auf Seite 107 usw. Gesagte.

Die weitere Verfüllung der Gräben geschieht derart, daß zuerst der Untergrund, dann der Mutterboden schichtenweise vorsichtig eingebracht wird. Das Einscharren größerer Steine ist zu unterlassen, um nicht durch eine ungleiche Belastung die Röhren aus ihrem Lager zu drängen.

Mit Rücksicht auf das spätere Setzen oder „Sacken" der aufgefüllten Erde ist stets der ganze Abraum einzubringen. Es wird dadurch meist eine Ueberhöhung des Grabens entstehen, die jedoch besonders beim Eintritte von Regenwetter bald verschwindet.

31. Doppeldrains.

Es war früher üblich, für Sammler zwei Rohrstränge kleineren Durchmessers nebeneinander (Fig. 151) zu legen, bisweilen auch dreifache Drains (Fig. 152 und 153) zu verwenden, wenn die erforderlichen Röhren größerer Weiten nicht zu beschaffen waren. Diese Anordnung ist zu verwerfen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß derartige Leitungen bald versagen, indem nur ein Teil seine Wirksamkeit behält, während der andere nach und nach gänzlich durch Sinkstoffe versetzt wird.

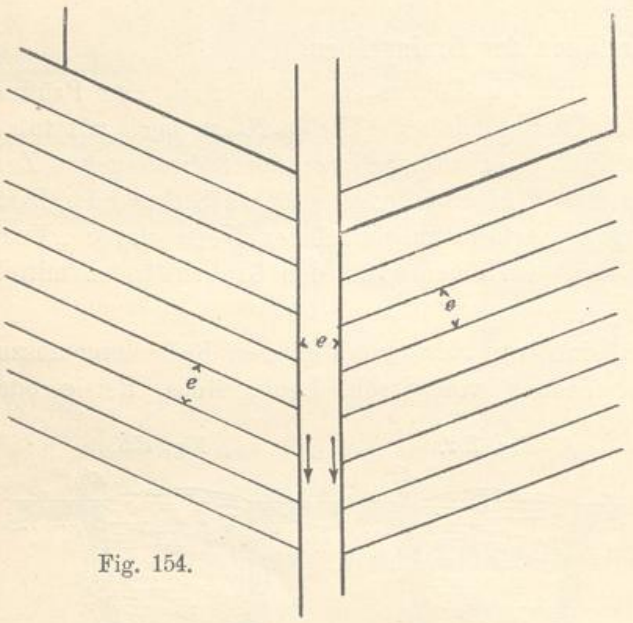


Fig. 154.

Sind genügend große Rohrweiten nicht zu haben, so werden zweckmäßig zwei Parallelstränge im Abstande (e) der Sauger angeordnet (Fig. 154).

32. Brunnenstuben.

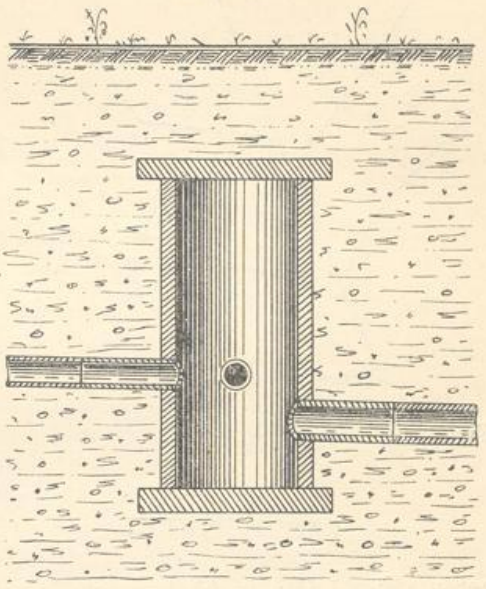
Unter Brunnenstuben — auch Sammelbrunnen — versteht man massive im Zusammenhange mit den Sammlern unterirdisch angelegte Schächte, die vor allem der Beobachtung der Draintätigkeit dienen.

Da die Brunnenstuben als Schlammfänger wirken, ist für eine regelmäßige Reinigung Sorge zu tragen. Wird diese unterlassen, so ist eine **Verstopfung** der Leitung infolge Ablagerung von Sinkstoffen nur **eine Frage der Zeit**. Aus diesem Grunde ist die Anlage derartiger Schächte tunlichst zu vermeiden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Je nach der Bedeutung erhalten die Sammelbrunnen eine mehr oder weniger einfache oder kostspielige Ausführuug. Die kleineren werden aus einem aufrecht stehenden, nicht zu eng bemessenen Ton- oder Zementrohr mit einer Unterlage und einem gut schließenden Deckel aus Stein- oder Zementplatten hergestellt (Fig. 155).

Fig. 155.



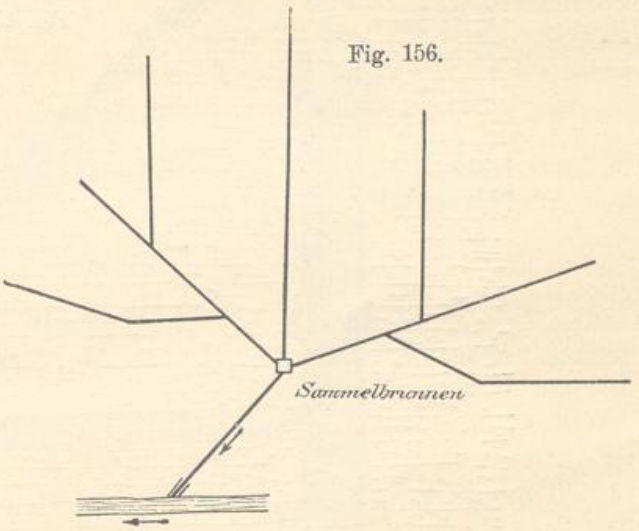
Größere Schächte werden in Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk gebaut oder es werden passende Formstücke aus Zementbeton eigens für diesen Zweck angefertigt.

Alle in den Sammelbrunnen mündenden Stränge werden gewöhnlich in gleicher Höhe (untere innere Rohrkante) angebracht, während der gemeinsame Abfluß möglichst einige Zentimeter tiefer gelegt wird.

Beim Entwurfe sind die Brunnenstuben tunlichst an stets zugängliche Punkte zu legen, z. B. auf Wege, Zufahrten, Raine usw., also nicht mitten ins freie Feld. Immer ist jedoch im Auge zu behalten, daß im Bedarfsfalle, sofern die Stelle nicht durch einen sichtbaren Stein kenntlich gemacht wird, die Lage der Brunnenstube von festen Grenzpunkten aus ohne Mühe festgestellt wird.

Die Sammelbrunnen kommen in verschiedenen Fällen zur Anwendung. Sie werden zunächst zweckmäßig an den Punkten angelegt, in denen sich mehrere Sammler größerer Entwässerungsgebiete vereinigen (Fig. 156), ferner an den Stellen, an denen eine sehr starke Richtungsänderung großer Sammler notwendig wird (Fig. 157).

Fig. 156.



Weiter ist die Einfügung derartiger Bauwerke da erforderlich, wo die Sammler, wie es im Gebirge häufig vorkommt, hohe Feldraine — besonders bei terassenförmig abfallendem Gelände (Fig. 158) — kreuzen. Hier wird zur Brechung des Gefälles ein Sammelbrunnen aus Ton- oder Zementröhren als Absturzschacht eingefügt (Fig. 159 und 160). Aber auch bei sonstigen schroffen Gefällübergängen kann der Wechsel der Wassergeschwindigkeit durch einen solchen Einbau geregelt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Recht zweckmäßige Einlagestücke zur ausschließlichen Beobachtung der Wasserbewegung sind von Kulturingenieur Maeusel-Stettin aus Zement-

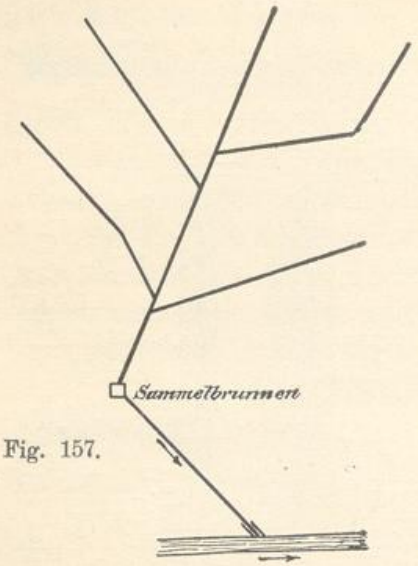
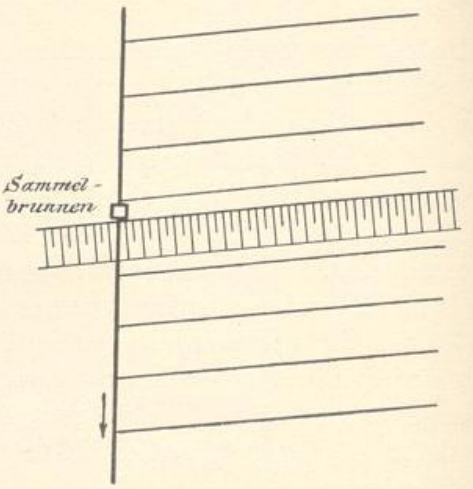


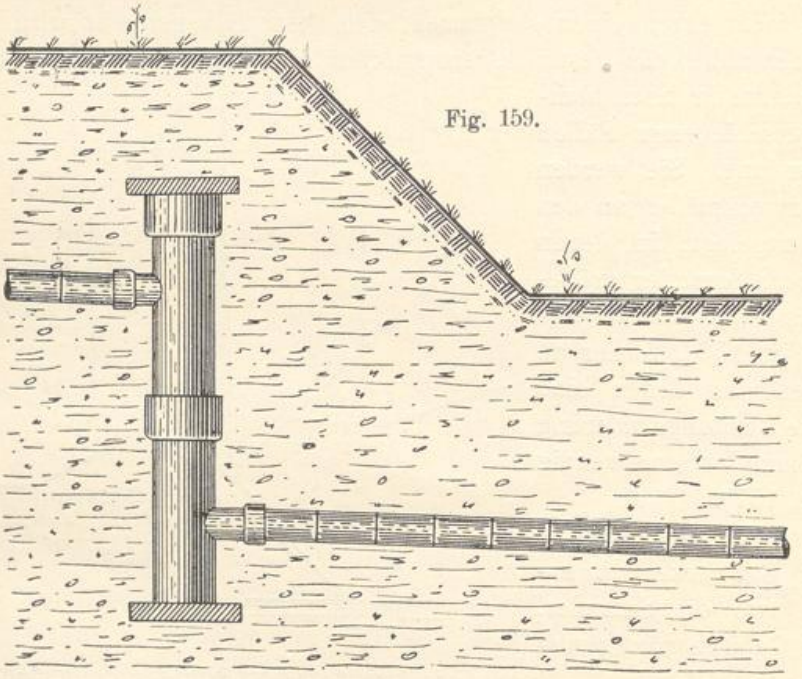
Fig. 157.

Fig. 158.



beton (Fig. 161 a u. b) hergestellt worden. Sie bestehen aus zwei Teilen, dem Sohlsteine und Decksteine, die beide gleiche Form besitzen, und werden für be-

Fig. 159.



liebige Rohrweiten passend angefertigt. Die Länge ist gleich derjenigen der gewöhnlichen Röhren, die Stärke gleich der doppelten des anzuschlichtenden Drainrohres. Wegen ihrer Einfachheit und Wohlfeilheit sollten in jedem Sammler an einigen günstig gelegenen Stellen, die leicht an der Hand des Ausführungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

planes zu ermitteln sind, diese „Revisionsröhren“ eingebaut werden, da sie die Möglichkeit bieten, in bequemster Weise das ganze System einer Prüfung

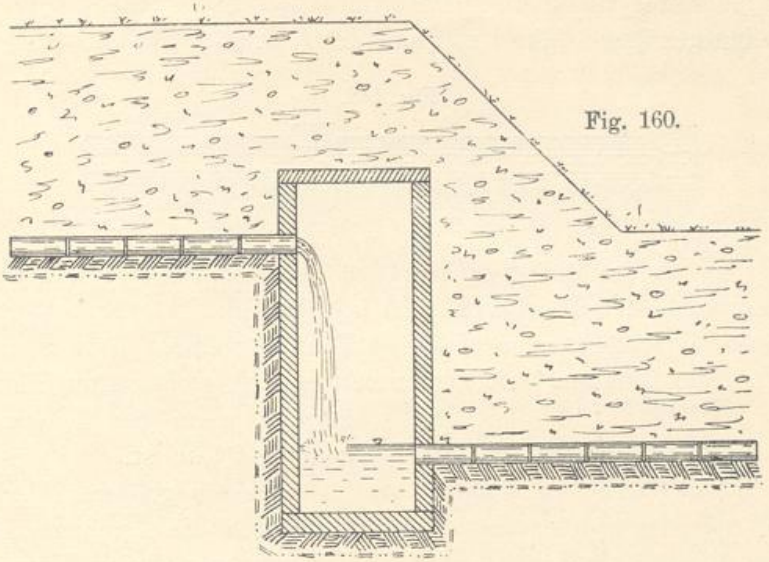
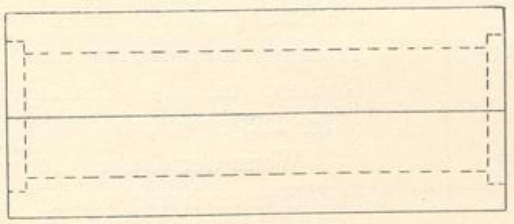


Fig. 160.

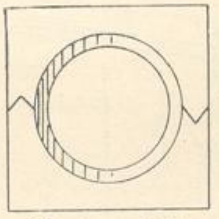
zu unterziehen. Die Formstücke sind in Deutschland durch das Patent Nr. 168469 geschützt.

Fig. 161a.



Seitenansicht

Fig. 161b.



Vorderansicht

Die Beobachtung der Draintätigkeit geschieht zweckmäßig im Herbst, zu einer Zeit, wo der Wasserandrang unbeträchtlich ist und die Beseitigung eingetretener Verstopfungen mit geringen Kosten bewirkt werden kann.

33. Kreuzung der Drains mit Gräben und Wegen.

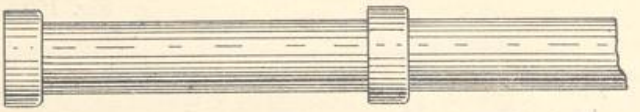
Das Verlegen der Drainröhren in der Längsrichtung vorhandener Gräben auf oder unter der Sohle ist unter allen Umständen zu vermeiden, ebenso wie es unzulässig ist, einen offenen Graben über eine Drainleitung entlang zu führen.

Ein derartiger Strang ist der Verstopfung nur zu sehr ausgesetzt. Es findet vom Graben aus nach dem Drain ein immer stärker werdendes Durchsickern von Wasser statt; mit diesem gelangen Sinkstoffe in die Leitung und lagern sich hier ab. Eine große Gefahr bilden ferner die an den Grabenrändern wachsenden Pflanzen, deren Wurzeln gern durch die Fugen dringen und die Röhren ausfüllen.

Wird ein **dauernd wasserführender Graben** von einem Drain gekreuzt, so sind zur Beseitigung der eben genannten, hier allerdings in geringerem Maße

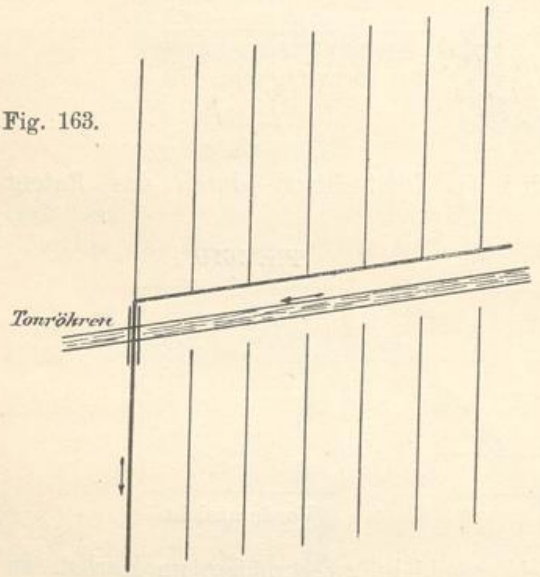
auftretenden Nachteile, Tonröhren (Fig. 162) zu verwenden. Diese werden auf eine Länge von 5 bis 6 m und, wenn es die Breite des Grabens erfordert, auf noch größere Längen unter vorsichtiger Hinterfüllung eingebaut. Bei schlechtem Baugrunde ist eine genügend feste Unterlage durch Sand-, Kies- oder Steinschüttung

Fig. 162.



oder durch eine andere Befestigungsart zu schaffen. Der Spielraum zwischen Muffe und Zopfende der Tonröhren wird mit Asphaltkitt oder besser mit einem gut gekneteten Gemenge aus zwei Teilen Ton und einem Teile Steinkohlenteer geschlossen. Eine Dichtung mit Zementmörtel ruft nicht selten Muffensprünge hervor, wenn der Untergrund nicht genügend fest ist.

Fig. 163.

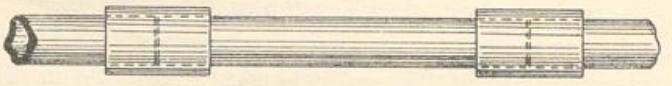


Da ein größerer Verbrauch von Tonröhren die Drainageanlage erheblich verteuert, sind Kreuzungen mit offenen Gräben möglichst zu umgehen; bei den Saugedrains sind sie ganz zu vermeiden. In letzterem Falle werden die Stränge durch einen Sammler abgefangen und dieser allein unter dem Graben mittels Tonröhren geführt (Fig. 163).

Wenn der Graben nur zeitweise und dann auch nur wenig Wasser führt, kann von der angegebenen Bauweise meist ganz abgesehen werden. Anderenfalls genügt es, wenn über die Fugen Muffen, d. h. kurze Drainröhren (Fig. 164) von größerem Durchmesser geschoben werden. Diese Anordnung ist auch an den Stellen geboten, wo nach Ausführung der Drainage in Wegfall kommende Tagwassergräben durch Zuschütten beseitigt werden.

An Stelle der über die Drainröhren zu schiebenden Muffen können mit Vorteil die bereits erwähnten „Uebergangsröhren“ von Specht & Komp. benutzt

Fig. 164.



werden (Fig. 148). Sie sind als kurze Muffenrohre auch für manche Fälle ausreichend, wo sonst die langen, teueren Tonröhren genommen werden müssen.

In gleicher Weise, wenn auch aus einem anderen Grunde, erfolgt die Sicherung der Drains bei **Kreuzungen** mit **Wegen.** Die Muffenröhren haben hier den Zweck einer Verschiebung vorzubeugen, die bei Verwendung der kurzen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Drainröhren durch den Raddruck der Fahrzeuge leicht entsteht. Die Räder befahren gewöhnlich die nämliche Wagenspur, wodurch ein zunehmender Druck auf die gleiche Stelle des Draingrabens ausgeübt wird. Da ersterer sich auf die Röhren überträgt, werden diese bei nicht genügend festem Untergrunde aus ihrem ursprünglichen Lager geschoben. Von einer besonderen Dichtung der Röhren kann hier abgesehen werden.

Kreuzungen von Saugedrains mit Wegen werden in gleicher Weise behandelt wie bei den Gräben (Fig. 163).

Bei wenig befahrenen Wirtschaftswegen ist es zumeist unbedenklich, gewöhnliche Drainröhren für Sammler oder auch Sauger zu verlegen. Erforderlichenfalls werden auch hier kurze Muffen, über die Fugen geschoben, oder „Uebergangsröhren" völlig ausreichen.

34. Drains in der Nähe von Bäumen und Sträuchern.

Die Wurzeln der Bäume und Sträucher sind den Drains wegen ihres kräftigen Wachstums stets gefährlich. Sie dringen der Feuchtigkeit nachgehend entweder durch die Fugen in die Röhren oder sie drängen von außen einzelne Röhren aus ihrem Lager und geben auf diese Weise Veranlassung zu einer Verstopfung.

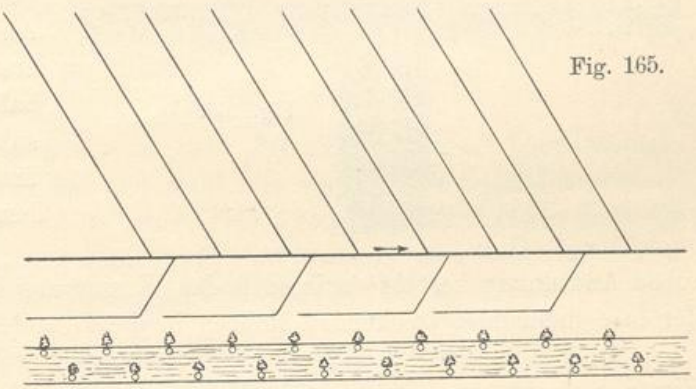


Fig. 165.

Wichtige Rohrstränge, wie Sammler, sind daher von Bäumen und Sträuchern, deren Rodung nicht angängig ist und deren Wurzeln, wie bei den Pappeln, Weiden, Erlen usw. sich weit ausbreiten, 15 bis 20 m entfernt zu halten. Sonst sind sie unter Anwendung von Muffenröhren, die entsprechend gedichtet werden (s. vorigen Abschn.), gegen Verwachsen zu sichern. Als weitere, wenn auch nicht vollständig sichere Vorsichtsmaßregel wird eine starke Packung der Stränge in Steine angegeben. Landesbaurat Wodicka*) in Wien endlich benutzte zur Dichtung 6 cm breite Jutestreifen, die er mit einer Zwischenlage von heißer flüssiger Asphaltmasse einigemal um die Stoßstellen wickelt. Die Röhren werden hierbei über ein schmiedeeisernes Rohr geschoben.

In neuester Zeit hat man sehr gute Erfolge mit nachstehendem Verfahren erzielt. Man taucht die Drainröhren an beiden Enden etwa 2 bis 3 cm tief in eine mit Avenarius Carbolineum**) gefüllte Schale und verlegt sie in der gewöhnlichen Weise. Die Wurzeln werden durch diesen Stoff in ihrem Wachstum gestört und bleiben außerhalb der Drains.

*) Siehe: „Der Kulturtechniker", Jahrg. 1905.

**) Firma R. Avenarius & Komp., Berlin C., Stuttgart und Köln.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da das Karbolineum schon nach 2 bis 3 Jahren aus den Röhren gespült wird, ist bei den Sammlern trotzdem die oben angegebene Entfernung innezuhalten. Die Saugedrains hingegen können, wenn die Röhren gut getränkt sind, ziemlich nahe an die Bäume herangeführt werden. Sollte der eine oder der andere Strang auch bald versagen, so wird kein großer Schaden entstehen, vorausgesetzt, daß nur kurze Sauger verlegt werden, wie z. B. Fig. 165 zeigt.

Für die Entwässerung wertvoller **Obstgärten, Parkanlagen** und **Baumschulen** hat Rérolle ein zuverlässiges, wenn auch kostspieliges Mittel angegeben. Die Draingräben (Fig. 166) werden in gewöhnlicher Tiefe angelegt, jedoch ungefähr alle 5 m zur Aufnahme des Grundwassers grubenartig ausgeschachtet. Auf die Sohle der Grube wird ein lotrecht stehendes Drainrohr eingesetzt und zwischen klein geschlagenen Steinen gut gebettet. Der Saugdrain, der mit Muffen und Zementmörtel zu dichten ist, wird sodann über die Grube geführt und mit dem in der Grube lotrecht gesetzten Drainrohr durch ein Ansatzrohr verbunden, in das ersteres lose hineinragt. Sobald die Grube bis zur Grabensohle mit Steinen beschickt ist, findet die Verfüllung des Grabens mit Erde statt.

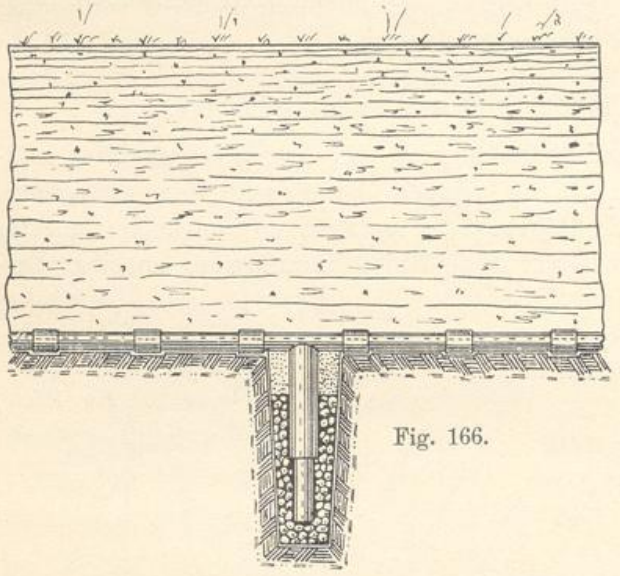


Fig. 166.

Die Wirkung der Rérolleschen Anordnung besteht darin, daß das Wasser aus der Grube durch den Spalt der lose ineinander steckenden Röhren in die Drainleitung gelangt.

Auch hier eignen sich recht gut die weit wohlfeileren Formröhren der Firma Specht, von denen die „Uebergangsröhren" als Muffenröhren und die „Lochröhren" und „Kragenröhren" für die ┬-förmigen Rohrstücke in Betracht kommen.

Nasse und sumpfige **Waldbestände** werden der Wohlfeilheit und Zweckmäßigkeit wegen in der Regel durch offene Gräben entwässert. Eine Röhrendrainage ist nur in Saatkämpen zu empfehlen, wo keine Gefahr der Verstopfung durch Wurzeln besteht. Höchstens sind an Stellen, wo Gräben aus irgend welchen Gründen nicht angängig sind, Sickerdohlen zu verwenden, die nicht so leicht zuwachsen wie Röhrenstränge. Ueber Packung der Röhren in Steine siehe S. 123.

35. Ableitung von Quellen.

Auf die Trockenlegung quelliger Stellen ist ein besonderes Augenmerk zu richten. Es ist von vornherein festzustellen, ob nach dem Auswerfen der Draingräben das hervorquellende Wasser abnimmt oder nicht. Ist ersteres der Fall, dann genügt es zumeist, daß zwischen die Sauger kurze Seitendrains eingeschaltet

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden (Fig. 167). Bleibt dagegen der Wasserandrang unverändert, so muß am Sitze der Quelle ein Steinkessel, d. i. eine Grube mit Steinfüllung hergestellt und das in diesen sich sammelnde Wasser durch einen besonderen Rohrstrang auf dem kürzesten Wege zur Ausmündung gebracht werden. Fig. 168 zeigt die Ableitung mehrerer vereinigter Quellen.

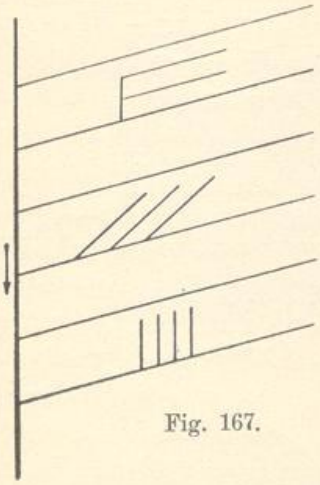


Fig. 167.

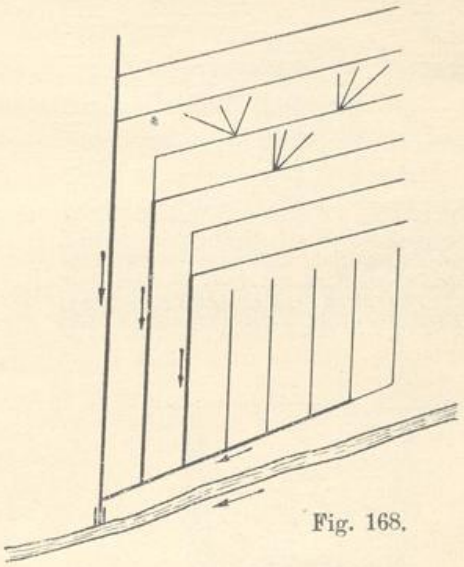
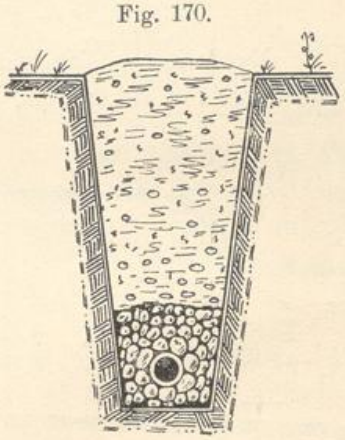


Fig. 168.

Die Weite des Rohrstranges wird nach der abzuführenden Wassermenge, die möglichst direkt zu messen ist, und nach dem verfügbaren Gefälle bestimmt. Hierzu dienen die auf Seite 75 und 76 beigefügten graphischen Tafeln oder die Tafel I. So ist z. B. bei einer sekundlichen Abflußmenge von 2,01 und einem Gefälle von 0,5 % ein Rohr mit einem Durchmesser von 8 cm zu wählen (Fig. 75).

Fig. 169.

Fig. 170.



Die unmittelbare Entwässerung von Quellen in einen Vorflutgraben ist oft wegen zu großer Entfernung oder aus anderen Gründen nicht angebracht. Dann wird das Wasser in den nächstliegenden Sammler geführt, dessen Abmessungen unter Berücksichtigung dieser Belastung zu bestimmen sind.

Zur Beschleunigung des Wasserabflusses werden in die Rohrwandungen mit dem Spitzhammer kleine Löcher geschlagen und der Strang, besonders bei eisenschüssigem Wasser, mit einer dichten und ausreichenden Steinpackung umgeben (Fig. 170). Bei größerem Wasserandrange empfiehlt sich die Anordnung nach Fig. 171 oder nach Fig. 172 und 173, die ohne weiteres verständlich sind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Als Sammelstelle zur weiteren Abführung des Wassers können auch Brunnenstuben (s. S. 116) in Frage kommen.

Fig. 171.

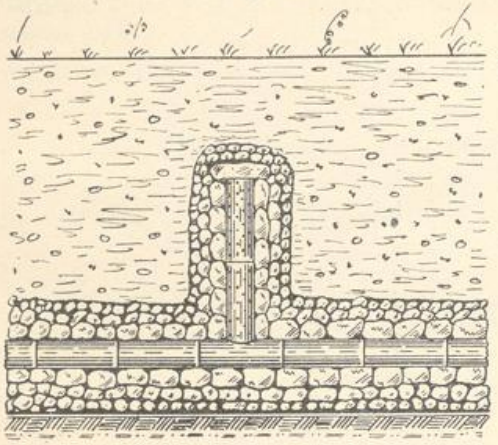
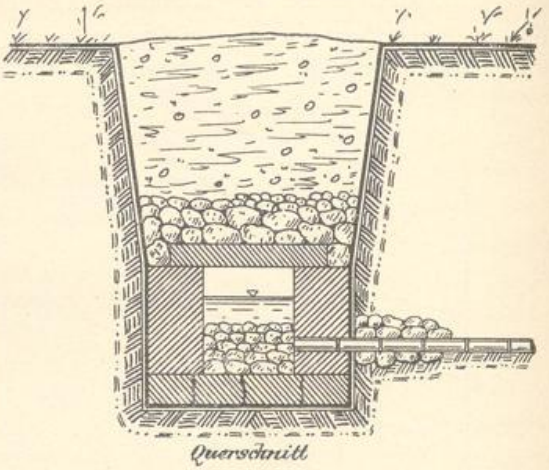
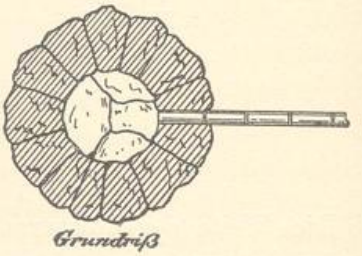


Fig. 173.

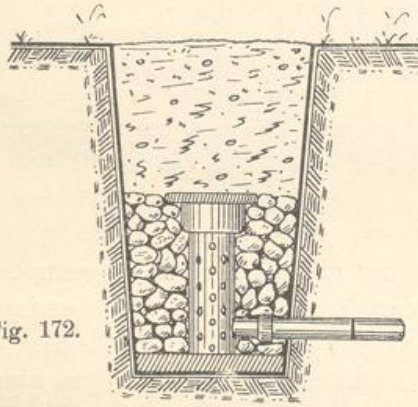


Querschnitt



Grundriß

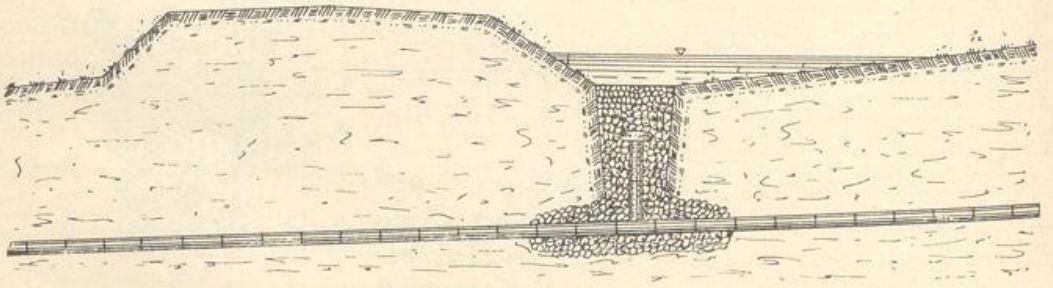
Fig. 172.



36. Tagewassereinlässe.

Oberirdisches Tagewasser in Drainleitungen einzuführen, um einen Graben oder Durchlaß zu sparen, sollte im allgemeinen wegen der leicht eintretenden

Fig. 174.



Verstopfung und Ueberlastung des betreffenden Drainstranges nicht gestattet werden. Nur wenn die abzuführende Wassermenge gering und die Vorflutstrecke bei hinreichend starker Drainrohrweite klein ist, dürfte es zulässig sein, das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

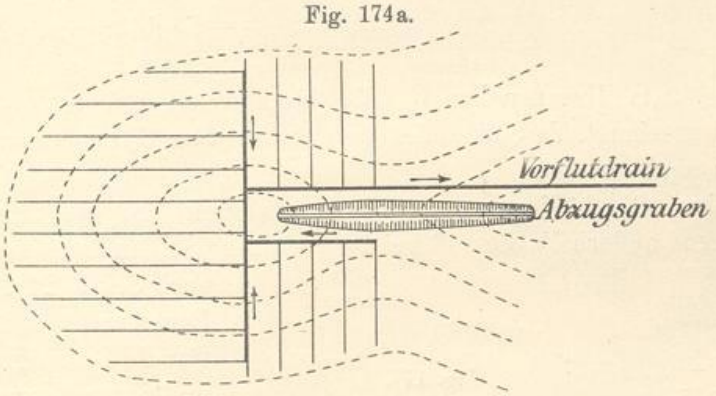
Tagewasser, nachdem es durch einen Bodenfilter gereinigt wurde, in den Drain zu leiten. Eine derartige Filteranlage ist in Fig. 174 dargestellt. Auch sind hier die Abbildungen Fig. 170 bis 173 zu beachten.

37. Entwässerung von geschlossenen Mulden.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet die Entwässerung von allseits geschlossenen Mulden, Becken, wo neben dem Bodenwasser auch das Tagewasser zu beseitigen ist.

Wenn das Becken ziemlich flach liegt, wird die Abführung des Tagewassers, um das Gelände nicht einer Ueberschwemmung auszusetzen, in der Weise vorgenommen, daß man durch den Sattel einen Abzugsgraben herstellt und dem Wasser freien Abzug verschafft. Der Graben wird mit ganz flachen Böschungen angelegt, damit beim Pflügen durchgeackert werden kann; einige darin gezogene Wasserfurchen bilden die Ablaufrinnen. Man läßt das Wasser, wenn die Fläche klein ist, einfach über das weitere Land laufen. Für die unterirdische Entwässerung kann die Drainanordnung nach Gerhardt*) siehe Fig. 174a gewählt werden. Zu beachten ist, daß der Vorflutdrain nicht unmittelbar unter den Abzugsgraben gelegt wird, auch dürfen die Saugstränge den Graben nicht kreuzen.

Fig. 174a.



Bei tiefer Lage des Beckens und hohen Rändern ist auch für die Abführung des Meteorwassers Gebrauch von Drains zu machen, weil offene Gräben zu tief und breit eingeschnitten werden müßten und eine kostspieligere Unterhaltung erfordern. Das Tagewasser muß dann mit Hilfe von Tagewassereinlässen (s. Abschnitt 36) in Verbindung mit der unterirdischen Leitung gebracht werden. Unter solchen Umständen ist der Vorflutdrain möglichst rasch zur Ausmündung zu bringen.

38. Ausmündungen.

Die Ausmündungen der Sammeldrains sind die gefährdetsten Stellen der ganzen Drainage, sie sind der einzige sichtbare Teil und deshalb mannigfachen Angriffen durch Menschen und Tiere ausgesetzt.

Die Zahl der Ausmündungsstellen ist daher durch Bildung möglichst großer Systeme (s. S. 32), so weit es angängig ist, einzuschränken. Nur bei

*) Grundlehren der Kulturtechnik. Berlin 1909. S. 430.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schliefsand (Wellsand) und eisenschüssigem Boden sind kleine Systeme bei tunlichst starkem Gefälle der Drains (s. a. S. 65) anzuordnen. Ferner ist in drainierten Rieselfeldern die Ausdehnung der Systeme einzuengen, um sowohl die Beschaffenheit des Drainwassers, wie auch die Draintätigkeit in den einzelnen Feldlagen zu jeder Zeit untersuchen und bei eintretenden Verstopfungen rasch Abhilfe schaffen zu können. Auch bei drainierten Rieselwiesen (s. Abschn. 40b) und den Petersenschen Wiesen (s. Abschn. 40b) sind kleine Systeme aus den dort angeführten Gründen zu entwerfen.

Zum Schutze gegen mutwillige Beschädigung wählt man möglichst versteckte Lagen und eine kräftige Ausführung. Gegen weidende Tiere wird die Ausmündung entweder mit einer Umfriedigung versehen oder an einer schwer zugänglichen Stelle angelegt.

Warmblütige kleine Tiere, wie Mäuse, Wiesel usw., die zuweilen in trocken gelaufenen Drainagen vorkommen, verlassen in der Regel mit Eintritt des Drainwassers die Leitungen. Dagegen ist eine zweckmäßige Sicherung anzubringen, um ein Eindringen kaltblütiger Tiere — z. B. Frösche, Fische — in die Röhren zu verhüten. Hierzu empfiehlt sich der Einbau von Gittern, die zum Herausnehmen oder Drehen eingerichtet werden. Feste Gitter sind ungeeignet, da Sinkstoffe, die sich vor dem Gitter ansammeln, schwer zu entfernen sind.

Fig. 175.

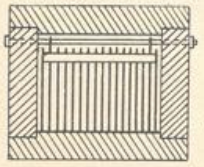
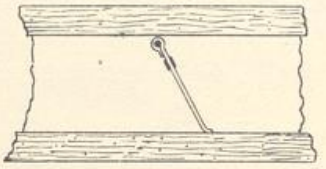
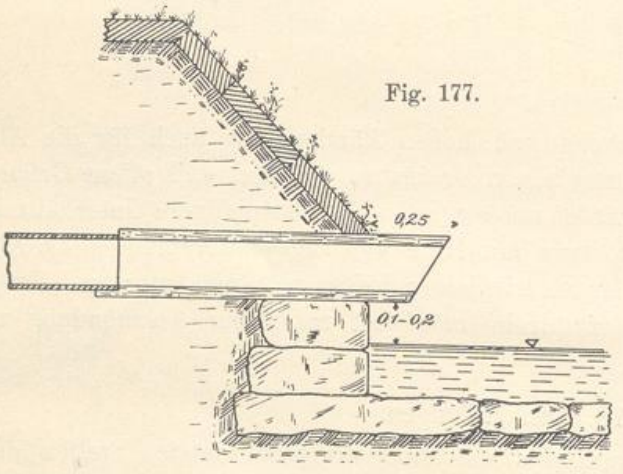


Fig. 176.



Um eine Beschädigung durch Baumwurzeln zu verhüten, sind die Ausmündungen außerhalb des Bereichs solcher Stellen zu entwerfen (siehe auch Seite 121). Läßt sich die Lage nicht ändern, so muß für die Beseitigung der Bäume und ihrer Wurzeln Sorge getragen werden.

Fig. 177.



Neben den verschiedenen Verschlüssen, wie gelochte Bleche, gußeiserne oder tönerne gelochte Platten, Drahtstäbe usw. haben sich Gitter aus schmalen Flacheisen am besten bewährt. Die Stäbe werden in Entfernungen von 4 mm angeordnet und durch Spreizen verbunden. Ein drehbares Gitter nach Mannskopf-Breslau ist in Fig. 175 und 176 dargestellt.

Mit der Anlage eines Gitters ist stets eine Querschnittsverengung der Ausmündung verbunden, auf die meist nicht genügende Rücksicht genommen wird. Die Folge hiervon ist, daß bei vollaufendem Rohre das Wasser vor dem Ausmün-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dungsstücke einen Ausweg sucht und nicht selten eine Unterspülung des Baustückes herbeiführt. Wenn der Ausfluß 10 bis 20 cm über dem Herbstwasserstand angelegt werden kann, ist eine Sicherung durch Gitter unnötig. Man läßt die Ausmündung etwa 10 bis 20 cm aus der Böschung vorspringen und schneidet sie schräg gegen die Böschung ab (Fig. 177).

Fig. 178.

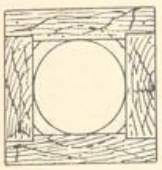


Fig. 179.

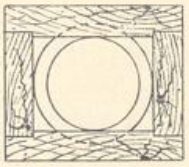


Fig. 180.

Besondere **Absperrvorrichtungen** oder **Klappen** werden da angelegt, wo häufig hohe Wasserstände in die Vorflutgräben eintreten und auf die Drainage nachteilig einwirken. Die Klappen werden aus Holz oder besser aus verzinktem Eisenblech angefertigt und am Auslaufe oder innerhalb des Ausmündungsstückes so angebracht, daß sie dem Austreten des Wassers keinen Widerstand bieten.

a) Die älteste, jetzt noch viel gebräuchliche Ausmündung besteht aus einem **Holzkasten** mit oder ohne Gitter oder Klappe. Der Kasten erhält einen quadratischen Querschnitt in der lichten Weite des inneren Rohrdurchmessers (Fig. 178), wenn keine Verengung durch Einlage eines Gitters eintritt. Falls

Fig. 181.

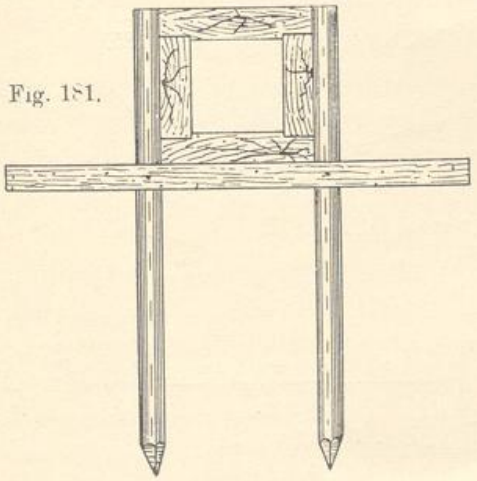


Fig. 182.

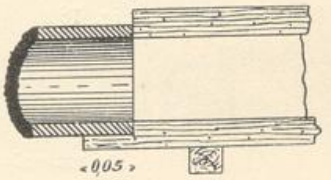


Fig. 183.

ein Gitter angebracht wird, ist ein rechteckiger Querschnitt mit einer inneren Breite vorzusehen, die mindestens gleich ist dem äußeren Durchmesser des anschließenden Sammlers (Fig. 179).

Trotz der Nachteile, die durch das Aufquellen und Eintrocknen des Holzes und durch die beschränkte Haltbarkeit verursacht werden, sind die hölzernen Ausmündungen sehr beliebt. Sie sind überall leicht zu haben, lassen sich bequem ergänzen und können in jeder Länge angefertigt werden. Zur Herstellung eignen sich Eichen- oder Kieferbohlen von 5 cm Stärke, die vor dem Zusammenzimmern allseitig zweimal mit heißem Karbolineum getränkt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Kästen erhalten gewöhnlich eine Länge von 1,0 bis 1,5 m, nur bei unsicherem Untergrunde oder an gefährdeten Ufern kann ein Maß von mehreren Metern erforderlich werden. Gegen ein Herausziehen oder Herausgleiten aus der Böschung dient eine Querleiste, die am oberen Ende des Kastenbodens befestigt wird (Fig. 180). Oft werden vor der Querleiste zwei Pfähle eingeschlagen (Fig. 181).

Zur sicheren Verbindung des Drainrohres mit der Ausmündung wird das Sohlbrett des Kastens um etwa 5 cm verlängert und das Rohr in einen seiner Wandstärke entsprechenden Ausschnitt gelagert (Fig. 182 und 183). Bei nachgiebigem Boden werden zweckmäßig die letzten Drainröhren vor dem Auslaufe auf ein Brett gelagert und seitlich durch Dachlatten zusammengehalten (siehe auch Fig. 121 bis 124).

Von Geheimen Oberbaurat Gerhardt*) wird eine eigenartige Ausmündung mit fest angebrachten Seitengittern (Fig. 184 bis 192) vorgeschlagen.

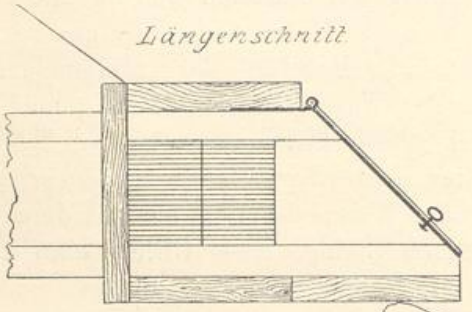


Fig. 184.

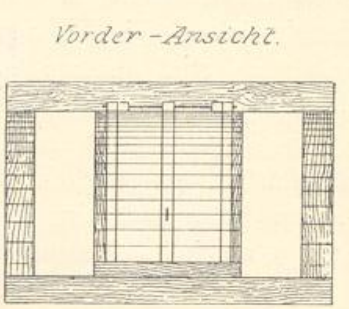


Fig. 185.

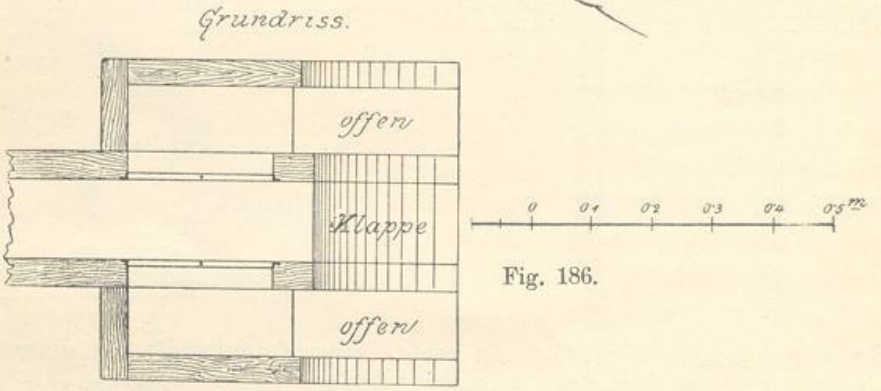


Fig. 186.

„Die 4 mm weiten, verzinkten Gitter können an einer oder an beiden Seiten sich befinden. Dem entsprechend hat die Ausmündung eine oder zwei kurze Seitenkammern. Diese Seitenkammern sind vorn offen, die mittlere Hauptkammer aber wird durch eine, in Scharnieren schräg hängende eiserne oder hölzerne Klappe geschlossen. Das Eindringen von Fröschen ist ausgeschlossen,

*) Die Fig. 184 bis 192 sind dem Werke „Grundlehren der Kulturtechnik", herausgegeben von Dr. Vogler, Verlag von Paul Parey in Berlin 1909, entlehnt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Sinkstoffe lagern sich am Ende des Kastens unmittelbar vor der Klappe nieder und können von Zeit zu Zeit leicht entfernt werden. Die Gitter können eine beliebige Ausdehnung erhalten, sodaß selbst bei starker Schlammablagerung der Querschnitte die Ausmündung nicht beengt wird; eine Senkung der Sohle des Vorflutgrabens ist nicht nötig.

Die Fig. 184 bis 186 zeigen den vorderen Teil eines Ausmündungskastens mit zwei Seitengittern, die Fig. 187 bis 192 den vollständigen Ausmündungskasten

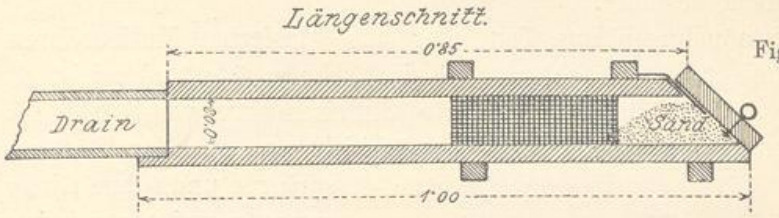


Fig. 187.

Fig. 188.

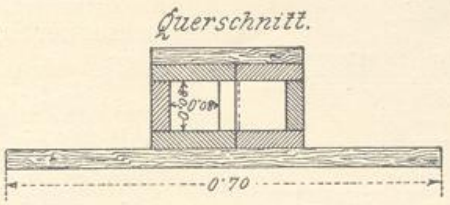


Fig. 189.

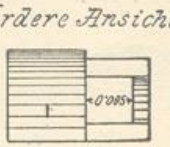


Fig. 190.

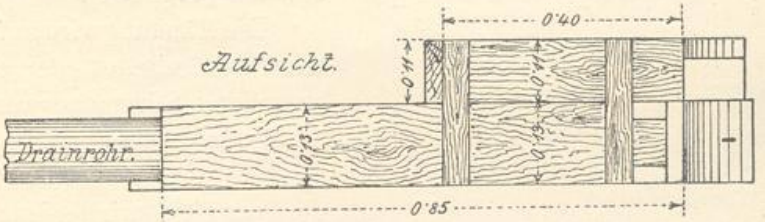


Fig. 191.

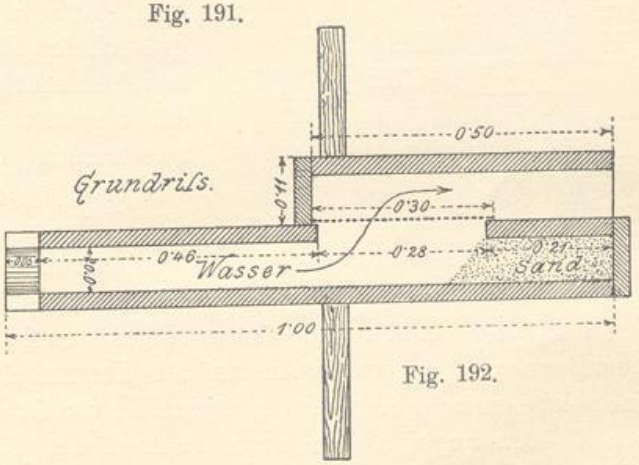
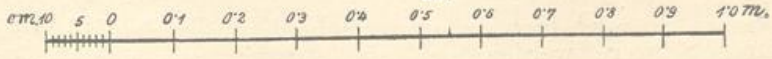


Fig. 192.



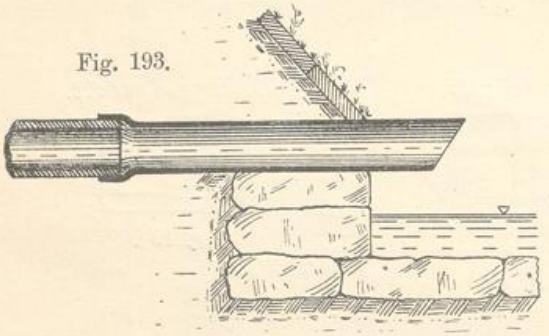
in einfacher Bauweise mit einseitigem Seitengitter für ein Drainrohr von 8 cm Weite. Der Kasten wird wie gewöhnlich zusammengenagelt und erhält an der

Seitenwand nur eine Oeffnung von 28 cm Länge bei 8 cm Höhe. Diese wird von außen durch ein höchstens 4 mm weites, verzinktes Drahtnetz von 30 cm Länge und 10 cm Höhe geschlossen. Gegen die Oeffnung wird ein seitlich offener Kasten von 0,5 m genagelt und durch kurze Querleisten befestigt. Die eine Querleiste kann zur Sicherung des Kastens gegen Herausziehen länger gewählt werden. Fig. 187 und 192 zeigen, daß der Raum hinter der Klappe große Sinkstoffmengen aufnehmen kann, also die Gefahr der Verstopfung der Gitter, selbst bei seltener Reinigung, nicht besteht".

b) Ausmündungen aus **Ton** oder aus **glasierten Muffenröhren** sind im allgemeinen nicht zu empfehlen. Sie sind sehr spröde und leicht zerbrechlich.

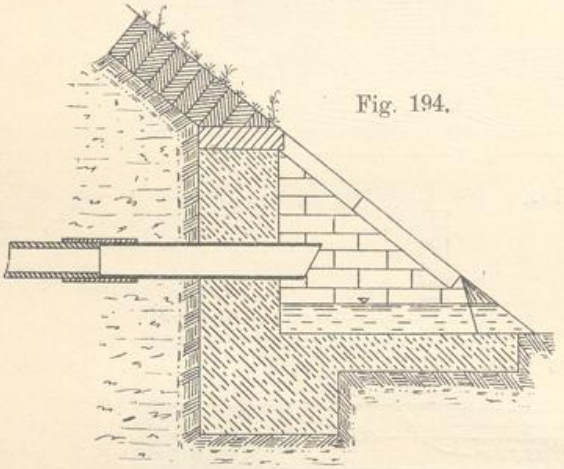
c) Besser sind heiß asphaltierte **Gußeisenrohre** von 1,0 bis 1,5 m Länge und 7 bis 8 mm Wandstärke, die etwa 10 bis 20 cm aus der Böschung hervorspringen und (ohne Gitter) am Ausgange schief abgeschnitten werden. Die Röhren erhalten den Durchmesser der Sammeldrains und zweckmäßig eine ganze Muffe, die das letzte Drainrohr vollständig umschließt (Fig. 193). Eine gute Verbindung läßt sich auch durch Ueberschieben eines kurzen Rohrstückes erzielen (Fig. 194).

Fig. 193.



Die Mündung wird auf eine Steinunterlage gebettet oder es wird ein besonderes Stirnmauerwerk mit Seitenflügeln vorgesehen, Fig. 193 u. 194.

Fig. 194.



d) Ein wohlfeiler Vorbau ist die von Kulturingenieur Mannskopf-Breslau*) eingeführte **Ausguß-Schale** (Fig. 195 und 196). Das aus Zementbeton hergestellte Formstück erhält an der Rückwand s zweckmäßig die Verlängerung u von etwa 10 cm, damit nicht infolge Frost oder Erddruck eine Veränderung der Lage eintritt; denn es genügt nicht allein, daß der Vorboden t mit der Grabensohle bündig eingelassen ist.

e) Neuerdings wird der ganze Auslauf aus **Zementbeton** hergestellt.

α) Eine solche einfache Ausführung zeigen die von Gebr. Huber-Breslau in verschiedenen Größen angefertigten Drainage-Auslässe (Fig. 197). Sie haben eine Baulänge von 1 m und sind mit einer herausnehmbaren Klappe versehen. Wegen ihrer Schwere werden sie beim Austritt aus der Böschung auf ein Fundament gelegt.

*) Der Kulturtechniker. Jahrgang 1902.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

β) Kulturtechniker Spitze-Bromberg empfiehlt nachstehende ihm geschützte Ausmündung (Musterschutz Nr. 148330). Diese besteht (Fig. 198) aus zwei Teilen — dem Zementkopfstück und einem 1 m langen glasierten Tonmuffenrohr —, die bei der Verlegung mittels Teerstrick und Asphaltkitt miteinander zu verbinden sind. In dem Zementstücke ist eine unten ausgezahnte Verschlußklappe aus Zink angebracht, die sich bei vollaufendem Rohre, da das Kopfstück (Fig. 200) im Bereiche der Klappe oben eckig hergestellt ist, vollständig an die Decke der Ausmündung anlegt. Am Ausflusse ist der Querschnitt wieder kreisförmig (Fig. 199).

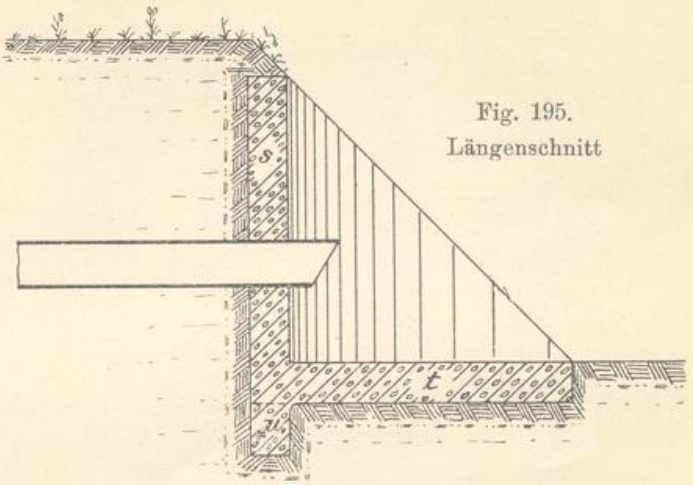


Fig. 195.
Längenschnitt

γ) Allgemein bewährt hat sich die von Kulturingenieur Dr. Breitenbach-Königsberg i. Pr. eingeführte Zement-Drainausmündung mit selbsttätiger Segment-Gitter-Klappe und erweiterter Ausflußöffnung (D. R. G.-M. Nr. 152473).

Fig. 196. Ansicht

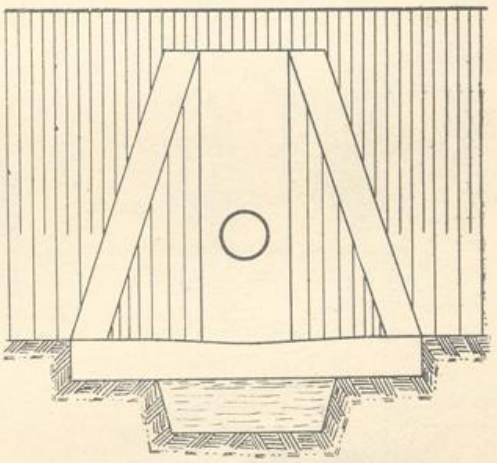
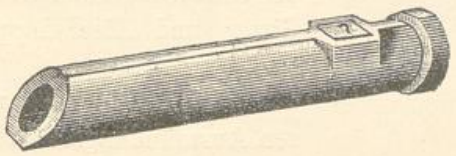
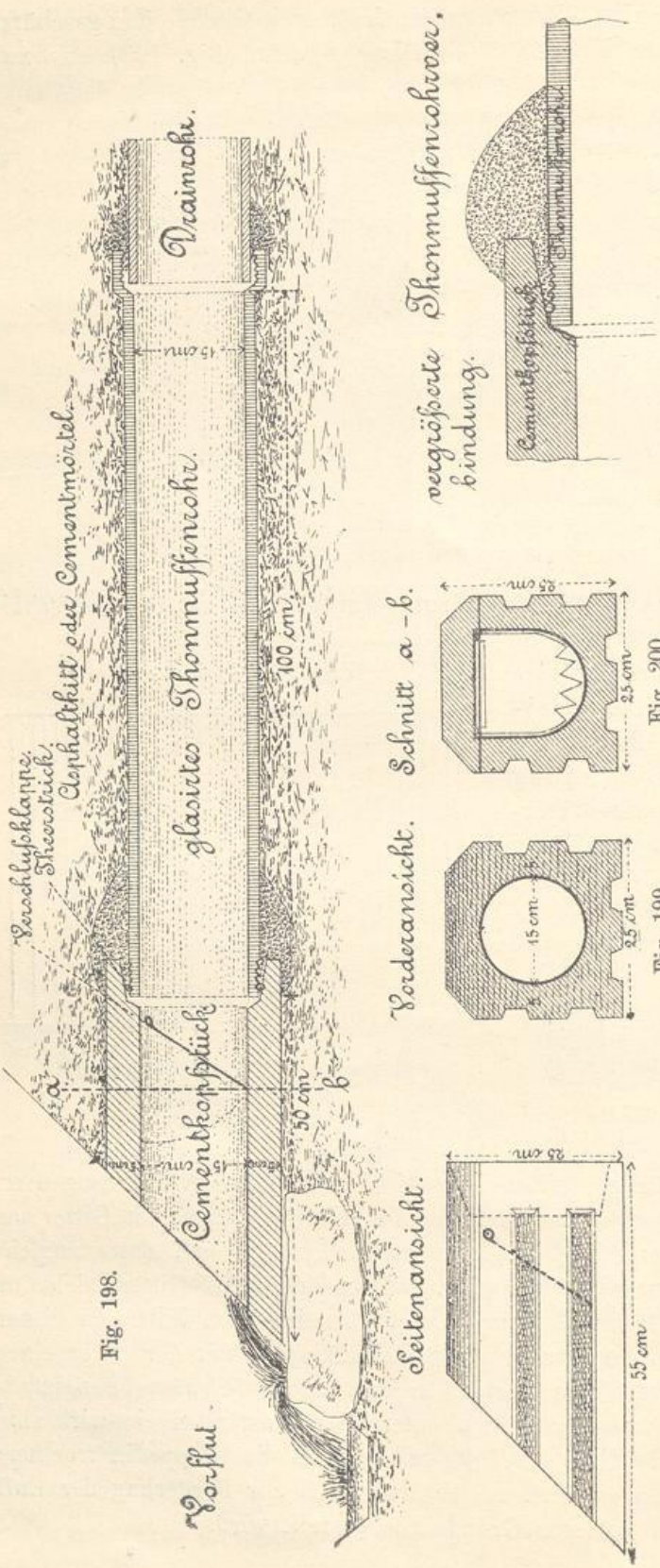


Fig. 197.



Die Ausmündungsstücke werden in zwei verschiedenen Ausführungen angefertigt, einmal mit Gitter für gewöhnliche Verhältnisse, dann mit Gitter und Blechklappe für Gräben und Bäche, die öfters Hochwasser und dann zugleich viel Sand führen. Im ersteren Falle (Fig. 201) pendelt das Gitter nicht um seine Achse, sondern es legt sich schräg nach vorn in einen Falz. In diesem Falz liegt bei der anderen Ausführung die Rückstauklappe, mit der unter einem Winkel von 70° das Gitter fest verbunden und nach rückwärts geneigt ist (Fig. 202). Durch diese Anwendung wird unter allen Umständen ein wirksamer Schutz gegen einkriechende Tiere erreicht, selbst wenn die Klappe in trockener Jahreszeit, sei es durch Unberufene, sei es absichtlich zur Förderung der Luftzirkulation oder aus einem anderen Grunde hochgestellt wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



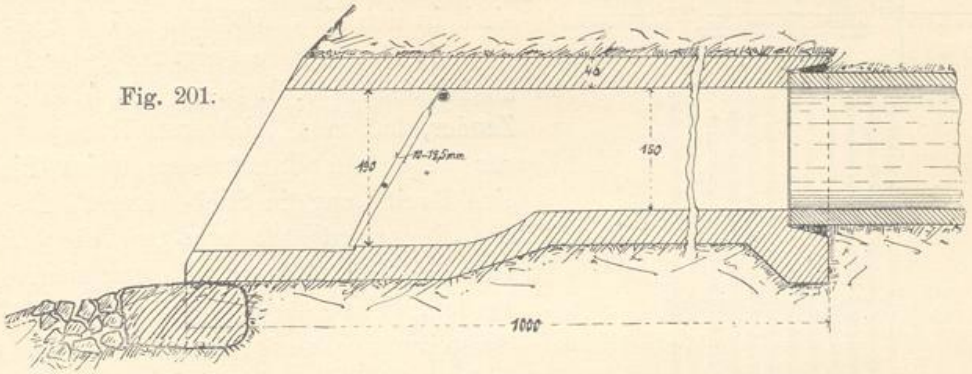
Eine Verzögerung des Wasserabflusses durch das Gitter kann nicht eintreten, denn die Ausmündungen zeigen infolge ihres quadratischen Querschnittes eine weit größere Durchflußfläche als das runde Drainrohr. Außerdem wird die Wasserabführung durch die absturzartige Gestaltung der Sohle noch wesentlich gefördert, so daß das Durchlaßvermögen des Gitters reichlich so groß ist als die Faßkraft des anschließenden Sammlers. Ein Rückstau, der eine Hinterspülung herbeiführen könnte, ist hiernach nicht zu befürchten. Die Klappe sowohl wie das Gitter (Fig. 203) werden aus 1,5 bis 2 mm starkem Eisenblech angefertigt. Der Zwischenraum zwischen je zwei Blechstäben des Gitters ist 8 mm groß. Gitter und Blechklappe sind verzinkt.

Die Länge des ganzen Ausmündungsstückes beträgt 1,0 m. Eine Verlängerung läßt sich erforderlichenfalls durch ein Zement- oder Tonrohr leicht bewerkstelligen. Die am hinteren Ende angebrachte hakenförmige Verstärkung gewährt ein festes Lager und verhütet ein Herausgleiten des Ausmündungsstückes aus der Böschung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

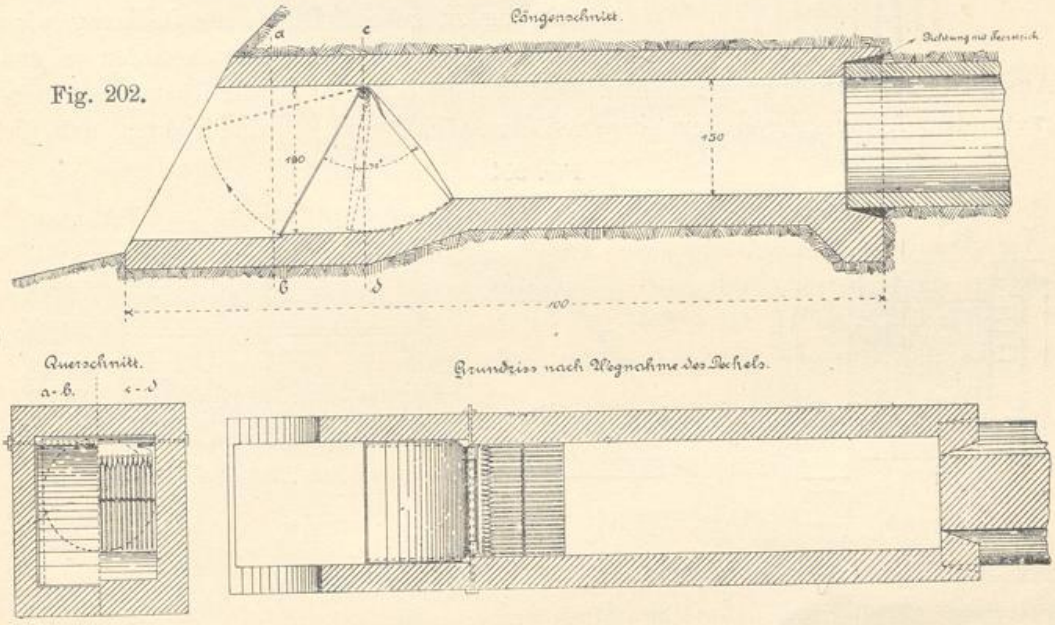
Die Breitenbachschen Drainausmündungen werden von der Firma Liebold & Komp. zu Holzminden und von Gustav Otto zu Königsberg i. Pr. in Handel gebracht.

Fig. 201.



Die Preise der drei zuletzt beschriebenen Zement-Auslässe sind für verschiedene Abmessungen im Anhange des Werkes aufgeführt.

Fig. 202.



δ) Ein fast gleicher Ausmündungskörper, wie der Breitenbachsche, wird nach den Angaben von Bender von der Zementwarenfabrik Windschild & Langelott in Cossebaude bei Dresden, Zweigniederlassungen in Bromberg und Insterburg, in den Lichtweiten 8, 10, 13, 16, 18 und 21 cm hergestellt (Fig. 204). Für Sammler mit 5 und 6,5 cm lichte Weite ist der 8 cm weite Kasten zu verwenden. Gegen ein Verschieben oder Herausrutschen sind zwei seitliche Vorsprünge an den Kasten angebracht, vor welche entsprechend lange Pfähle in den Boden geschlagen werden.

ε) Ein rundes Betonstück von 30 bis 40 cm Weite nach Spöttle*) zeigt die Fig. 205. Der Anschluß gegen das Erdreich besteht aus einem Deckel mit

*) Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. III. Teil, Bd. 7. Leipzig, W. Engelmann, 1907.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einem Loch für das Ausmündungsrohr, das an der oberen Innenfläche der Betonmündung anliegt und von außen unsichtbar ist.

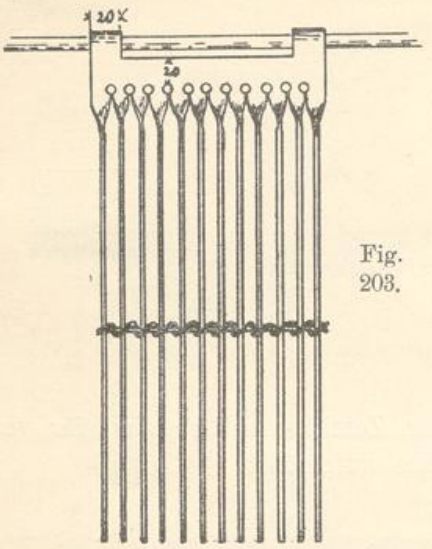
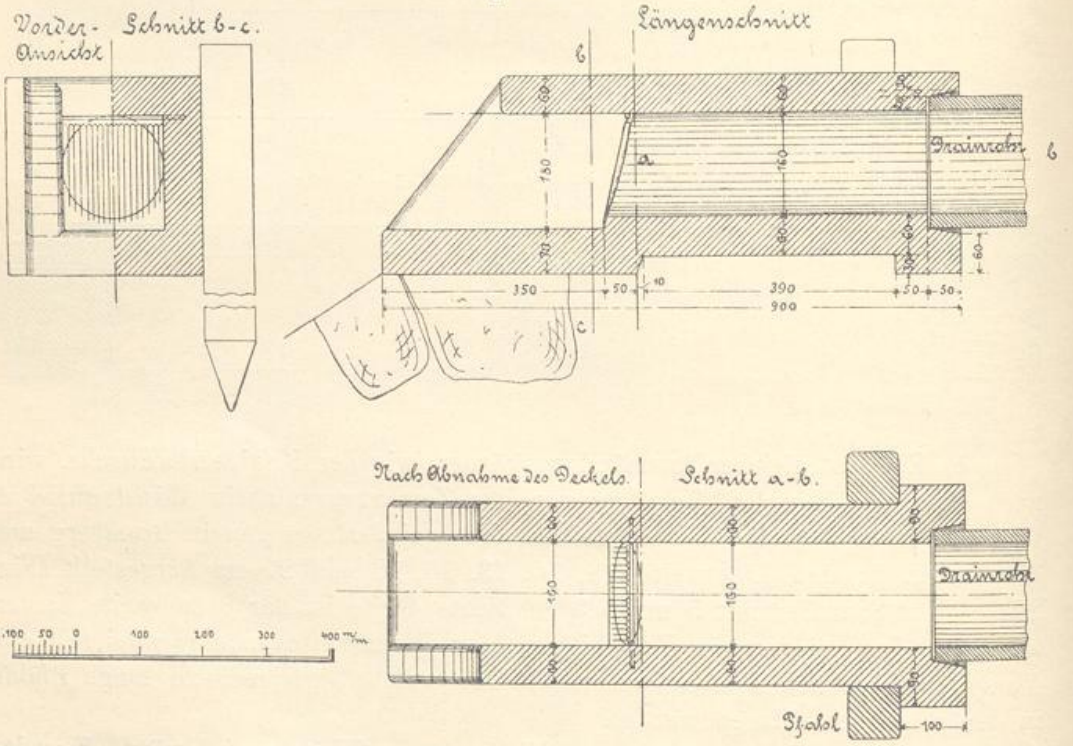


Fig. 203.

ζ) Zwei neuere Ausmündungskörper*) sind in den Fig. 206 und 207 dargestellt.

1. Der erstere (Fig. 206), der Drainausflußkasten D. R. G.-M. Nr. 376757 von **Zender,** hat zum leichteren Transport und zur bequemen Handhabung beim Einbau eine Dreiteilung in Sohl- (Lager), Deckel- und Rückwandstück erhalten, die mittels Falz an der Baustelle zusammengesetzt werden. Diese Anordnung ermöglicht die Herstellung eines Kastens für die verschiedenen Rohrweiten, da es nur nötig wird, dem Rückwandstücke eine entsprechende Oeffnung für den einzubauenden Strang zu geben. Durch die Oeffnung wird das letzte Drainrohr der Sammler in den Ausflußkasten soweit vorgeschoben, daß es noch 5 bis 10 cm die Rückwand überragt. Die Abmessungen der einzelnen Baustücke sind so eingerichtet, daß die

Fig. 204.



Unterkante des ausmündenden Drainrohres stets 0,20 m über der Sohle des Lagerstückes liegt (s. S. 80).

*) Der Kulturtechniker, 1909, Nr. 3 und 4.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da für jedes Böschungsverhältnis nur eine Größe des Ausflußkastens für alle Drainrohrweiten von 5 bis 21 cm mit gleichgroßem Rückenstück benutzt wird, kann bei genügender Ausmündungshöhe durch Umdrehen des Rückwandstückes eine Vergrößerung des Höhenunterschiedes zwischen Rohr und Kastensohle hergestellt werden.

Ein einsetzbarer Gitterschieber steht im Ausflußkasten geneigt zur Sohle desselben und besteht in seinem unteren Teile bis zur Höhe des ausmündenden

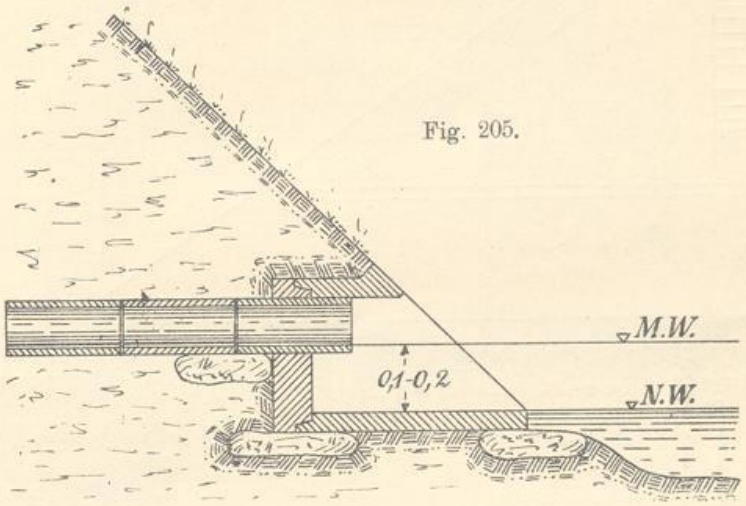


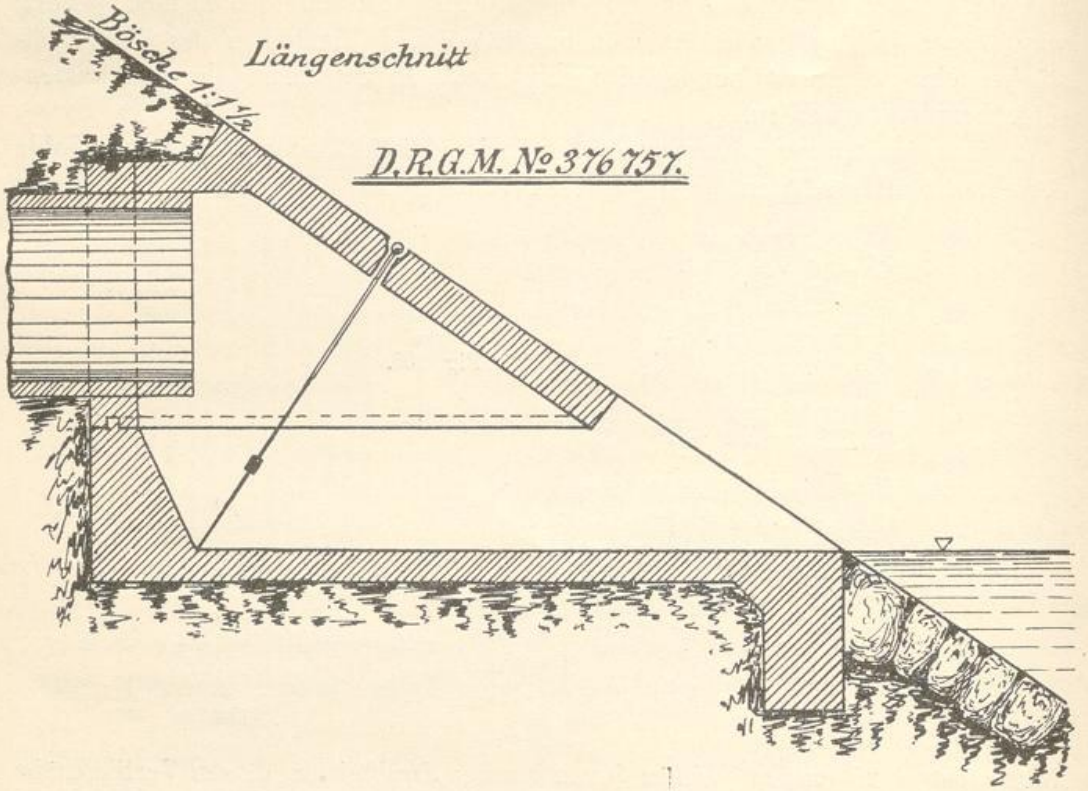
Fig. 205.

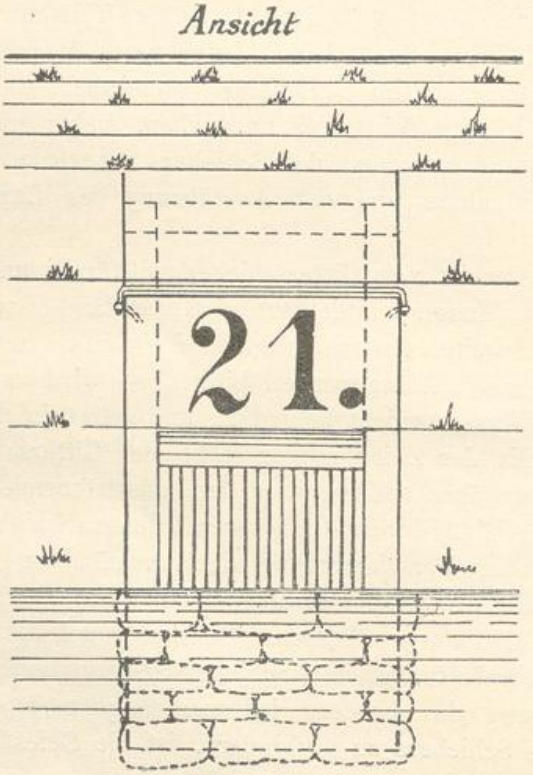
Rohres (etwa 25 cm) aus einem 5 mm starken Drahtgitter, dessen Vertikalstäbe mit einem gegenseitigen Abstand von 10 mm durch einen durchgeflochtenen Eisenbandstreifen (Fig. 206 unten rechts) festgestellt sind. Der obere Teil des Schiebers bis zur Decke des Kastens (15 bezw. 8 cm Höhe) ist offen. Der Bügel des Schiebers (8 mm stark) liegt in einer im Deckelstück angebrachten Rille und wird auf einfache Weise, wie in der Zeichnung angegeben, sicher und unauffällig an dieses befestigt. Ein Ausweichen des Schiebers innerhalb des Ausflußkastens ist bei dieser Maßnahme und der Ausführung des Lagerstückes nicht möglich.

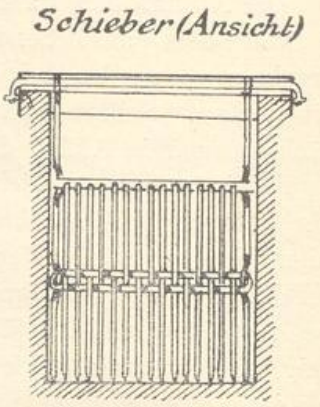
Der Ausfluß der Drainwässer ist vom Gitterschieber vollständig unabhängig. Die von dem ausfließenden Wasser mitgeführten Gegenstände, wie Sand, Wurzeln usw., werden bei den weiten Zwischenräumen des Gitters meist abgeführt werden. Sollten sich dennoch Ablagerungen bilden, so wird durch diese zunächst der freie Abfluß des Wassers nicht behindert, und selbst in dem Falle, daß die Ablagerungen sich mit der Zeit bis zur Höhe des Gitters bezw. der Unterkante des Ausflußrohres anhöhen sollten, wird dem ausströmenden Wasser immer noch der ungehinderte Abfluß durch den oberen offenen Schieberteil ermöglicht. Eine Verstopfung oder Verschlammung der Ausmündung ist durch diese Anordnung und Ausführung des Schiebers, auch bei der Unterlassung einer Reinigung des Ausflußkastens, fast ausgeschlossen. Da der Bügel des Schiebers ohne jede Vorrichtung leicht gelöst und der Schieber alsdann herausgezogen werden kann, ist eine Reinigung des Kastens jederzeit bequem auszuführen. Um ein unbefugtes Ziehen des Schiebers zu verhindern, ist die Befestigung des

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 206.


Böschg 1:1½
Längenschnitt
D.R.G.M. № 376757.

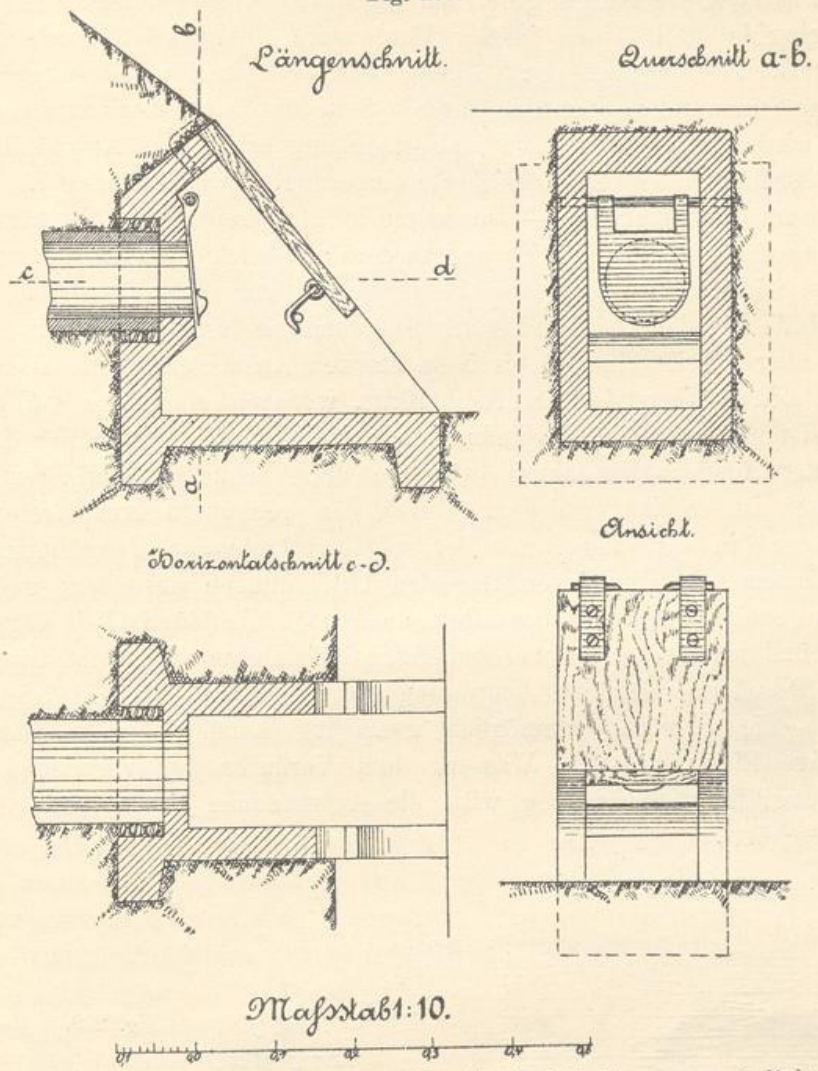

Ansicht
21.


Schieber (Ansicht)

Bügels an den Seiten des Deckelstückes durch den anschließenden Böschungsrasen verdeckt.

Der Ausflußkasten erhält an der Vorderseite eine Abschrägung von 1 : 1½ bezw. 1 : 1, welche den leichten und durch entsprechenden Farbenanstrich auch

Fig. 207.



unauffälligen Einbau des Kastens in die Grabenböschung ermöglicht. Zudem kann diese Abschrägung des Deckelstückes dazu benutzt werden, um bei größeren Drainagen die Ordnungsnummer der Ausmündung in Farbe anzubringen.

Die Durchführung des Ausflußrohres durch das Rückenstück bewirkt einen sicheren Anschluß an die Drainrohrleitung und beseitigt jegliche Gefahr der Hinterspülung der Ausmündung durch Drainwasser. Zugleich können bei dieser Anordnung die Zwischenräume des Gitters am Schieber unbeschadet der Sicherheit bis 10 mm, wie oben gesagt, angenommen werden, da die vorstehende Drainrohrmündung von Tieren, denen das Gitter kein Hemmnis sein sollte, nicht erreicht werden kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei der Zusammensetzung des Kastens werden die Fugen mit dünnem, reinem Zementbrei verschlämmt, so daß der Ausflußkasten, fertig verlegt, eine zusammenhängende Betonmasse bildet.

Das Gewicht des ganzen Stückes beträgt etwa 100 kg.

2. Das zweite ebenfalls gesetzlich geschützte Ausmündungsstück (Fig. 207) von **Hagelweide** stellt einen in der Vorderseite offenen Betonkasten dar, der seitlich durch zwei parallele 1 : 5/6 geneigte Flügel, in der Rückseite durch eine gebrochene Stirnwand und an der unteren Seite durch ein horizontales Sohlstück begrenzt wird. Durch diese äußere Formgebung erhält das Ausmündungsstück in der Böschung eine feste gesicherte Lagerung. Zur Erhöhung der letzteren — gleichsam Verankerung — sowie auch gleichzeitig zur Verstärkung des Ausmündungsstückes sind seitlich und an dem Sohlstück noch Rippen angebracht. Die innere Stirnwand hat zum Zwecke der Ausbildung einer festen, widerstandsfähigen Muffe für die Verbindung des Ausmündungskastens mit dem Anschlußrohre im oberen Teile einen 4 bis 5 cm starken Ansatz erhalten. Die Dichtung geschieht mittels Teerstrick und Asphaltkitt, wodurch eine feste, völlig wasserdichte und auch elastische Verbindung hergestellt wird. Die Gefahr der Unterspülung der Ausmündung durch etwa an der Verbindungsstelle ausfließendes Drainwasser ist damit vermieden. Durch den genannten hervortretenden Teil der Stirnwand in Verbindung mit der erhöhten Lage der Ausmündungsöffnung wird außerdem das Eindringen der den Drainanlagen besonders gefährlichen Fische und schließlich durch denselben auch noch die Möglichkeit gegeben, vor der Ausmündungsöffnung in zweckmäßiger Weise eine Verschlußklappe anzubringen. Durch die letztere Anordnung soll nicht nur das Einkriechen von Tieren in die Sammler unmöglich gemacht, sondern insbesondere auch das etwaige Einströmen des Wassers vom Vorfluter her vermieden werden. Gegen mutwillige Beschädigung wird die Ausmündung durch einen hölzernen Deckel geschützt.

Fig. 208.

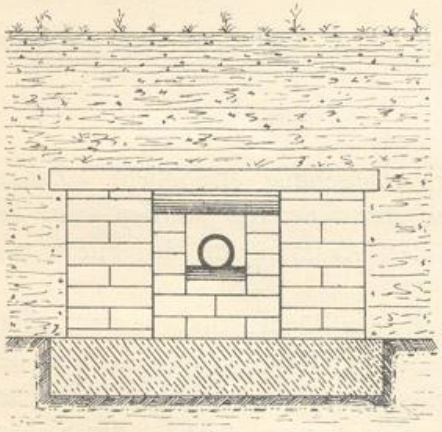
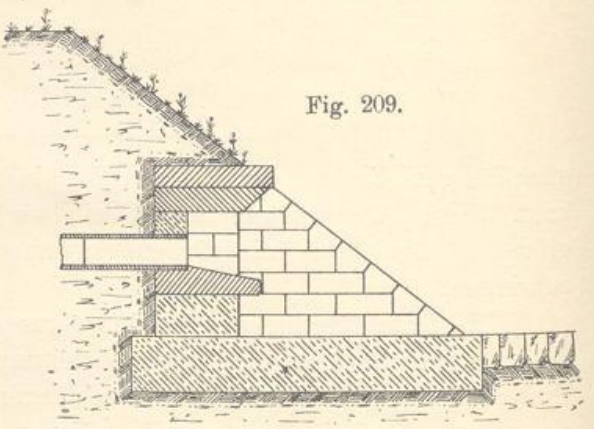


Fig. 209.



Das Gewicht des dargestellten Ausmündungsstückes beträgt nach den Angaben im Kulturtechniker bei einer Lichtweite von 10 cm 36 kg, der Preis etwa 6 Mark.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

f) Gemauerte Bauwerke werden in Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk und hydraulischem Kalkmörtel mit Stirnmauer und Flügeln errichtet. Das Rohrende

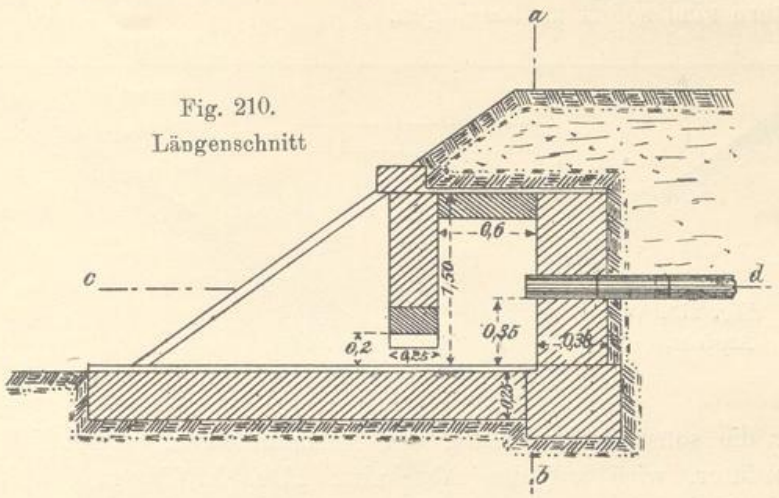
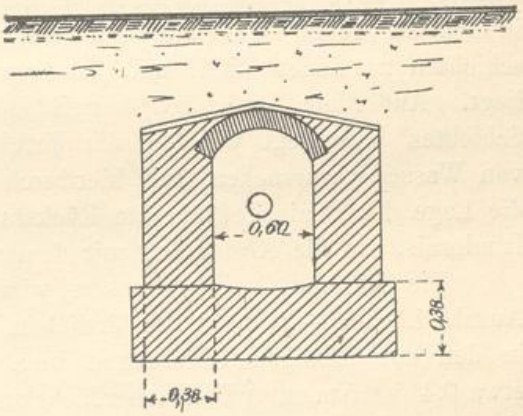


Fig. 210.
Längenschnitt

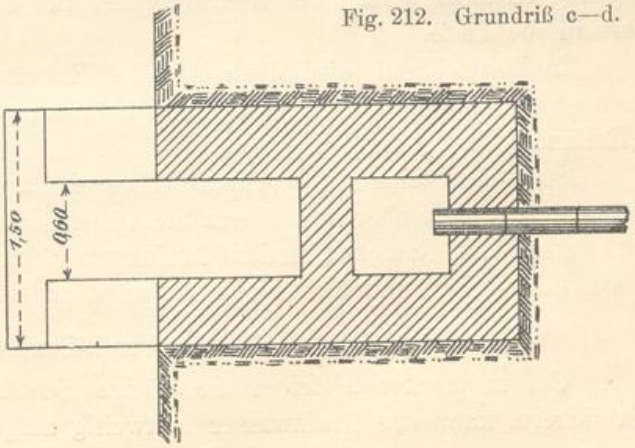
liegt in einer Nische verborgen, so daß es gegen Zerschlagen gesichert ist. Die Abbildungen 208 und 209 zeigen die Vorderansicht und den Längenschnitt eines solchen Auslaufes. Inwieweit Gitter oder Schutzklappen anzubringen sind, ist dem Anfange des Abschnittes zu entnehmen.

Fig. 211. Querschnitt a—b,



Eine besondere Bauweise wird von Ingenieur Kornella-Lemberg vorgeschlagen. Der in Ziegelstein und Zementmörtel errichtete Vorbau zeigt eine Schutzwand, die auf ein flaches Gewölbe sich stützt und das Rohr gegen fremde Eingriffe bewahrt. Die Abmessungen sind aus den nebenstehenden Figuren 210 bis 213 zu ersehen.

Fig. 212. Grundriß c—d.



Allgemein muß bemerkt werden, daß die gemauerten Anlagen sehr kostspielig sind und durch Frost leicht Schaden nehmen.

Um die **Lage der Ausmündungen** ohne Mühe aufzufinden, empfiehlt es sich, über dem Ausflusse am Grabenrande einen Stein zu setzen, der jedes Frühjahr anzukalken ist. Mit dieser

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kalkung soll zugleich eine Schau der Ausmündungen und der Vorflutgräben stattfinden. Beschädigungen und Unregelmäßigkeiten an den Bauwerken und den Vorflutern sind sofort zu beseitigen.

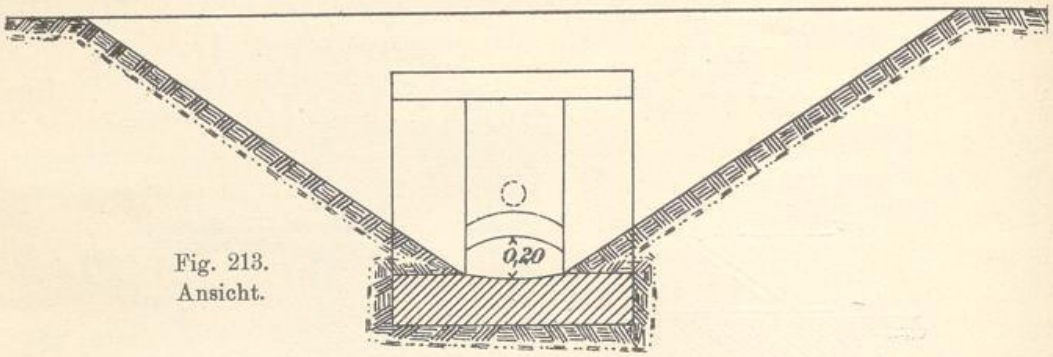


Fig. 213.
Ansicht.

Ueber die sonstige Anordnung der Ausmündungen, namentlich in bezug auf die Vorfluter, wird auf den Abschnitt: „Beschaffung der Vorflut", Seite 79, verwiesen.

39. Versenkung des Wassers durch die holländische und Vertikal-Drainage.

Ein seltenes Mittel zur Beseitigung des schädlichen Wassers ist dessen unmittelbare Versenkung in den Untergrund. Vorbedingung ist hierbei, daß in nicht zu großer Tiefe (wie beim Senkbrunnen S. 89) wasseraufnehmende Bodenschichten zu finden sind, und daß etwa vorhandenes Grundwasser tief genug liegt. Außerdem ist durch sorgfältige Untersuchung festzustellen, ob nicht Schichten blosgelegt werden, die durch hydrostatischen Druck ein Aufquellen von Wasser verursachen und hierdurch die Nässe noch vermehren. Ferner ist die Lage der Drainagefläche im Rückstaugebiete eines Flußlaufes gleichfalls ein Hindernis, um die Absenkung mit dauerndem Erfolge durchzuführen.

Die Absenkung des Wassers wird in der Weise vorgenommen, daß eine Anzahl Löcher — je nach den örtlichen Verhältnissen 1000 bis 6000 auf 1 ha — in den durchlässigen Untergrund hinabgetrieben und mit kleinen Steinen bis etwa 0,4 bis 0,5 m unter Bodenoberfläche angefüllt werden. Die Steinschüttung erfolgt rings um eine Stange, die inmitten des Loches gestellt und vor Beendigung der Füllung entfernt wird. Der Hohlraum bewirkt eine rasche Abführung des Wassers in die Tiefe.

In Deutschland wird diese Art der Entwässerung kaum ausgeübt. Vielfache Verwendung hat sie in Holland gefunden, deshalb auch die Bezeichnung: **„Holländische Drainage".**

Statt der Steineinlage benutzte Hervé Mangon senkrecht gestellte Drainröhren, die nach oben mit einem Stein abgeschlossen wurden. Die Anordnung ist unter dem Namen **„Vertikal-Drainage"** bekannt, sie ist aber wegen ihrer Unzuverlässigkeit und Kostspieligkeit nicht zu empfehlen.

40. Die Ventil-Drainage.

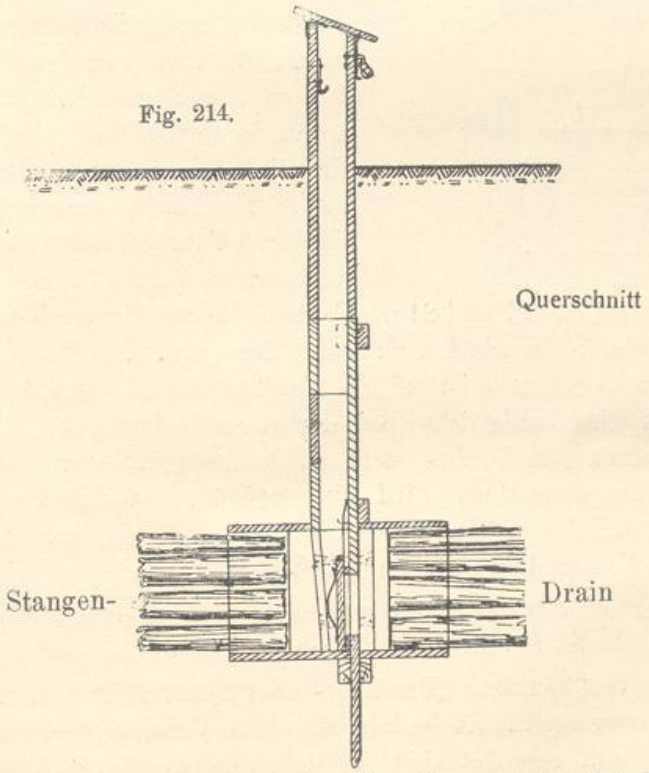
Um in trockenen Zeiten die nötige Feuchtigkeit dem Pflanzenaufwuchse zu sichern, kann das Drainwasser zeitweilig aufgespeichert werden, indem man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch Einbau sogenannter „Drainageventile“ in den Sammlern den Abfluß unterbricht, wodurch der Grundwasserstand gehoben wird. Die Maßnahme ist besonders für die ausdauernden Futtergewächse auf Aeckern und für die Wiesengräser wertvoll, die an den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens weit größere Anforderungen stellen als die Getreidearten und andere Pflanzen. Sie ist aber im allgemeinen nur bei wenig durchlässigen Böden angebracht. In leichten, durchlassenden Böden läßt sich das künstliche Wasser nicht so hoch heben, daß es in den Bereich der Pflanzenwurzeln gelangt, es wird vielmehr in den Untergrund versinken. Nur wo eine undurchlässige Schicht unter dem leichteren Erdreich liegt, kann die Anwendung der Ventildrainage noch Erfolg haben.

Abgesehen von den weiter angegebenen Fällen hat die Ventildrainage für unbesandete Wiesen auf Niederungsmooren eine große Bedeutung. Bei der ausgeprägten Verdunstungsfähigkeit der unbesandeten Moorschichten — nach den Untersuchungen von Fleischer verdunsten in dreijährigem Durchschnitte von der aufgefallenen Regenmenge auf nackten Moorboden 29,3%, auf Moorboden mit grobem Sande 11,6 % — ist es erforderlich, daß in den heißen Sommermonaten der Wasserstand durch zweckmäßig eingerichtete Stauvorrichtungen in angemessener Höhe gehalten bleibt. Die Stauung erfolgt in Faschinen-, Stangen- und ähnlichen Drains durch einfache hölzerne Staukästen (Fig. 214), die an geeigneten Stellen eingeschaltet werden. Zwischen Ein- und Auslauf liegt ein senkrechter Schieber, mit dessen Hilfe das Wasser in die Lei-

Fig. 214.



tung zurückgedrängt und dadurch der Grundwasserspiegel gehoben wird. Um ein Durchsickern des Oberwassers in das Unterwasser zu verhindern, wird ober-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

halb des Staukastens der Drain zweckmäßig auf eine Strecke von 4 bis 6 m durch eine geschlossene Holzrinne aus Bohlen ersetzt. Will man den Wasserstand beliebig hochhalten, so kann die Stauvorrichtung von Butz (s. a. S. 15 u. 16) angebracht werden. Der durch den Staukasten (Fig. 215) unterbrochene Rohrstrang wird durch einen hölzernen Keil wirksam versperrt. Das zurückgehaltene Grundwasser stürzt, wenn es eine bestimmte Höhe erreicht hat, durch das verkürzte Steigrohr herab und fließt durch den offenen Rohrstrang k weiter. Bei Drain-

Fig. 215.

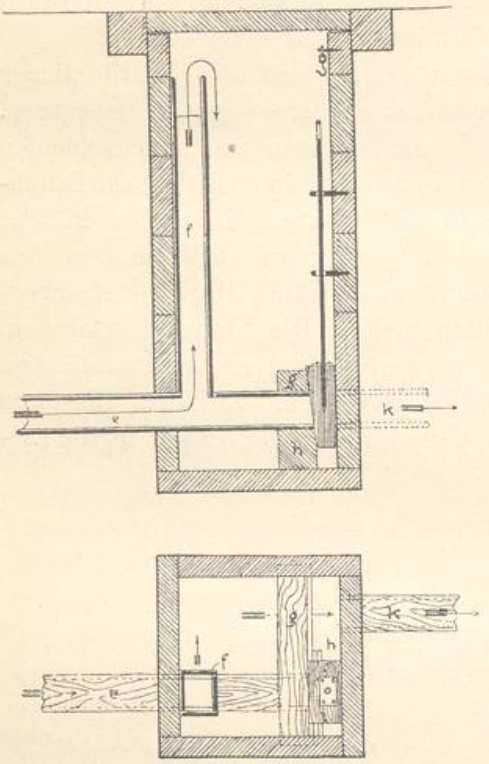
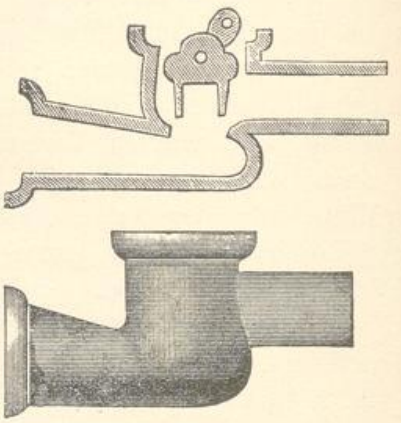


Fig. 216.



röhren sind nur Ventile aus Ton zu empfehlen. Ein einfaches derartiges Ventil (Fig. 216) wird von den Firmen Specht & Komp. in Sorau, N. L., und Schuckmann in Carlshafen geliefert. Auch hier gilt die oben angeregte Sicherung oberhalb, wohl auch unterhalb des Ventils, die durch Tonröhren mit Lehmdichtung bewerkstelligt werden kann. Weitere Ventile aus Ton siehe auch Fig. 217 und 218. Formstücke aus Zementbeton sind nur für Mineralböden, nicht in Moorböden zu empfehlen (s. a. S. 168).

Der Einbau der Ventile ist bei Moordrainagen außerdem dort geboten, wo der Boden stark eisenhaltig ist. Bei der Ausscheidung von Eisenoxydhydrat ist eine Verstopfung der Drains stets zu befürchten. Durch die Einlage von Stauventilen in den Sammlern wird ein Ausspülen der Sinkstoffe durch den künstlich erzeugten höheren Wasserdruck vorgenommen, sobald zu gelegener Zeit das aufgestaute Wasser durch Heben der Ventile freigelassen wird.

Abgesehen von den oben beschriebenen sind noch andere Konstruktionen von Drainage- als Stauventilen üblich.

Das früher viel benutzte **„Drainage-** oder **Stauventil“** von **v. Raumer** ist in Fig. 217 bis 218 dargestellt. Es besteht aus dem Ventilkopf c, dem Steigrohr g, die beide aus Steingut gefertigt sind und dem verschließbaren Aufsatzkasten oder Tagerohr h aus Holz. Der Kopf c ist durch eine Zwischenwand geteilt, in die der massive, gleichfalls aus Steingut hergestellte und gut eingeschliffene Ventilstöpsel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eingesetzt wird. Durch diesen läßt sich meist ein ziemlich wasserdichter Abschluß in dem Sammeldrain erzielen. Das Ventil wird mittels einer Kette oder einer Eisenstange gehoben oder gesenkt. Bei d erfolgt die Einmündung des Saugers.

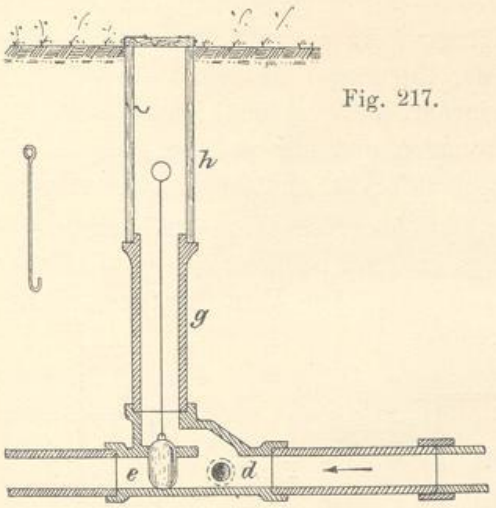
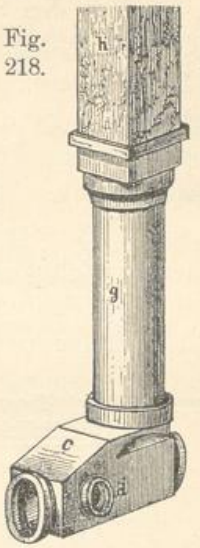


Fig. 217.

Fig. 218.



Eine gleiche Anordnung zeigt das durch **Dr. Schacht** verbesserte Ventil (Fig. 219), das sich von dem obigen in erster Linie durch die anderweitige Ausführung des Kopfstückes und durch ein Tagerohr aus Eisen unterscheidet.

Die Preise der Ventile, soweit sie überhaupt noch angefertigt werden, sind folgende:

Ventil nach v. Raumer:	8	10	13	16 cm l. W.
	3,50	4,50	6,00	7,50 M.
Dazu Aufsatzröhren:	48	48	53	47 cm lang
	0,75	0,90	1,75	2,25 M
Ventil nach Dr. Schacht:	8	10	13	16 cm l. W.
	3,00	4,00	4,50	5,00 M.
Dazu Aufsatzröhren:	47	48	40	53 cm lang
	0,60	0,75	0,90	1,75 M.

Neuerdings werden nach dem System „Krause“ und „Stein“ von der Firma Liebold & Komp., A. G. in Holzminden, Stauventile aus Zementbeton geliefert, die sehr widerstandsfähig und leicht zu bedienen sind.

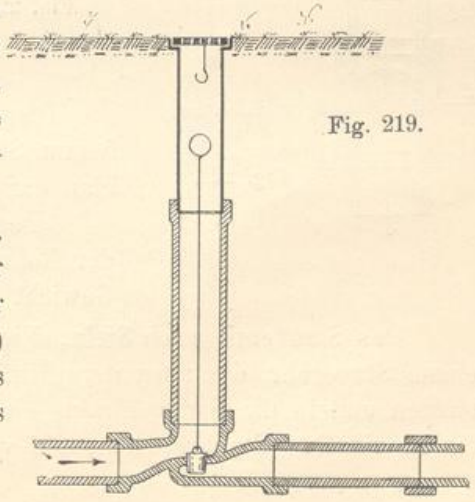


Fig. 219.

Das System **„Krause“**, D. R. G.-M. No. 251520 (Fig. 220 bis 222), sieht für den Abschluß des Sammlers einen Schieber vor, der in halber Zylinderform (Fig. 222) mit einer Zugstange und Handgriff aus 40/5 mm starkem Bandeisen gleichfalls aus Zementbeton gefertigt ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Zugstange hat einen Längsschlitz von 18 cm Länge für den Führungsdorn, der in der Wand des Ventilrohres befestigt ist und mit dem Schlitz dazu dient, nicht nur ein zu weites Aufziehen des Schiebers aus dem Falze zu verhindern, sondern den Schieber auch in der aufgezogenen Lage festzuhalten. Zu diesem Zwecke sind neben dem Längsschlitz einige Seitenschlitze ausgespart, in die der Dorn eingreifen und so der Zugstange in verschiedener Stellung einen Ruhepunkt geben kann. Das Steigrohr, 17,5 cm im Lichten weit, ist mit dem Ventilkopf in einem Falz fest verbunden und nur so lang, daß es nicht in die vom Frost berührte Bodenschicht hinaufreicht und so vom Frost gehoben wird.

Das auf das Steigrohr nur lose übergeschobene 22,5 cm weite Aufsatz- oder Tagerohr steht dann allerdings in der Frostschicht, es wird aber den Bewegungen des gefrorenen Bodens folgen, ohne Ventilkopf und Ventil in ihrer Lage und Dichtung zu gefährden.

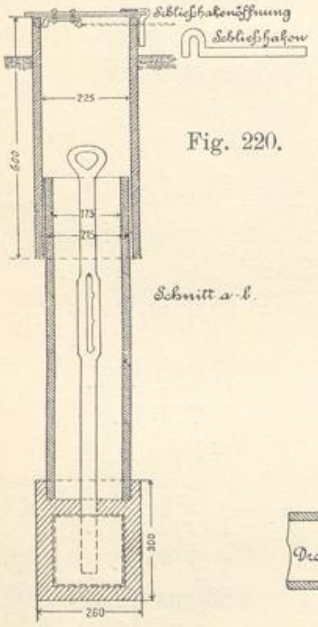


Fig. 220.

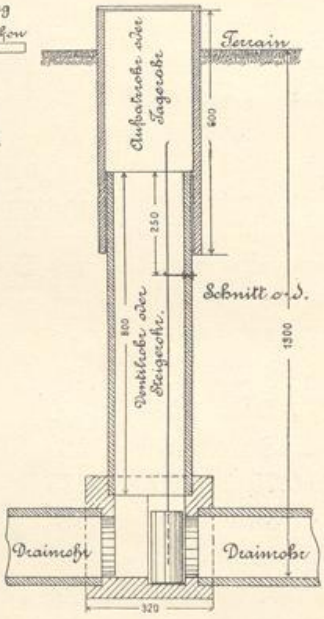


Fig. 221.

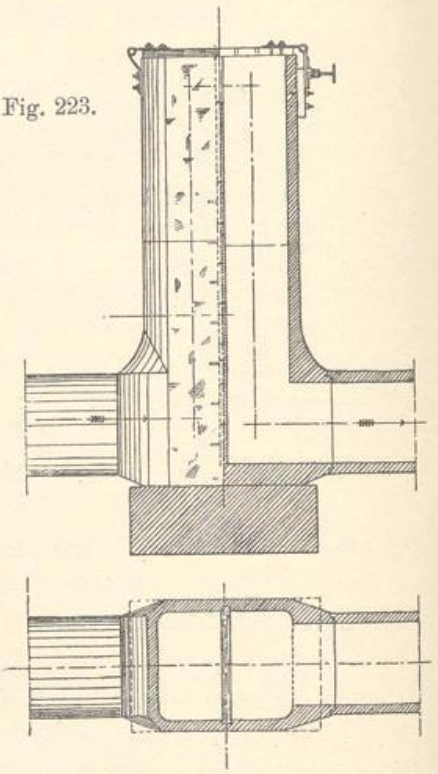


Fig. 223.

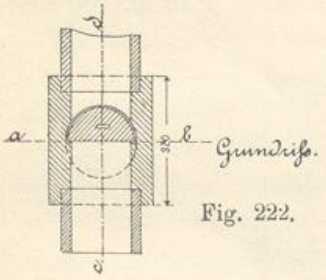


Fig. 222.

Das Tagerohr ist mit einer Eisenblechplatte von 5 mm Stärke abgedeckt, die durch eine Angel aufklappbar mit dem Tagerohr fest verbunden ist.

Der Preis der Ventile beträgt bis 15 cm l. W. der Rohrleitung 15,0 M, bis zu 20 cm 17,5 M, das Gewicht 90 kg.

Das Stauventil nach **Stein,** Fig. 223 (D. R. G.-M. Nr. 256976), besteht aus einem Standrohr, das am unteren Ende mit einem horizontal liegenden Rohr verbunden und in die Sammeldrains eingebaut ist. Die eigentliche Stauvorrichtung bilden einzelne Staubrettchen, die verschieden hoch sind und in das Standrohr

übereinander eingesetzt werden. Damit die Staubrettchen dicht schließen, sind sie am Rande mit Leder eingefaßt. Am oberen Ende des Standrohres befindet sich ein verschließbarer Deckel, der durchlocht ist, damit die Luft ein- und austreten kann.

Soll gestaut werden, so setzt man soviel Staubrettchen ein, daß die Oberkante des obersten Brettchens die gewünschte Höhe des Grundwasserspiegels erreicht. Durch Aufsetzen weiterer Brettchen läßt sich der Stauspiegel nach Bedürfnis erhöhen und durch Abnehmen senken.

Der Preis dieser äußerst praktischen Stauvorrichtung beträgt 25,00 M, das Gewicht 100 kg.

Eine andere, sehr einfache Vorrichtung ist in **Wichulla**'s Schieber-Stauventil zu sehen (Fig. 225).

Damit bei der Bewässerung infolge Schließens der Ventile ein seitliches Entweichen des Wassers verhindert wird, ist es erforderlich, die Fugen der Sammeldrains 1 m oberhalb und 4 m unterhalb mit Muffen (s. S. 120) mit Zement zu dichten.

a) Die Drainbewässerung nach Krause und Wichulla.

α) Ventildrainage nach **Krause.** Kulturingenieur Krause benutzt ein Drainsystem, das gleicherweise der Entwässerung wie der unterirdischen Aufspeicherung oder Zuführung von Wasser dient.

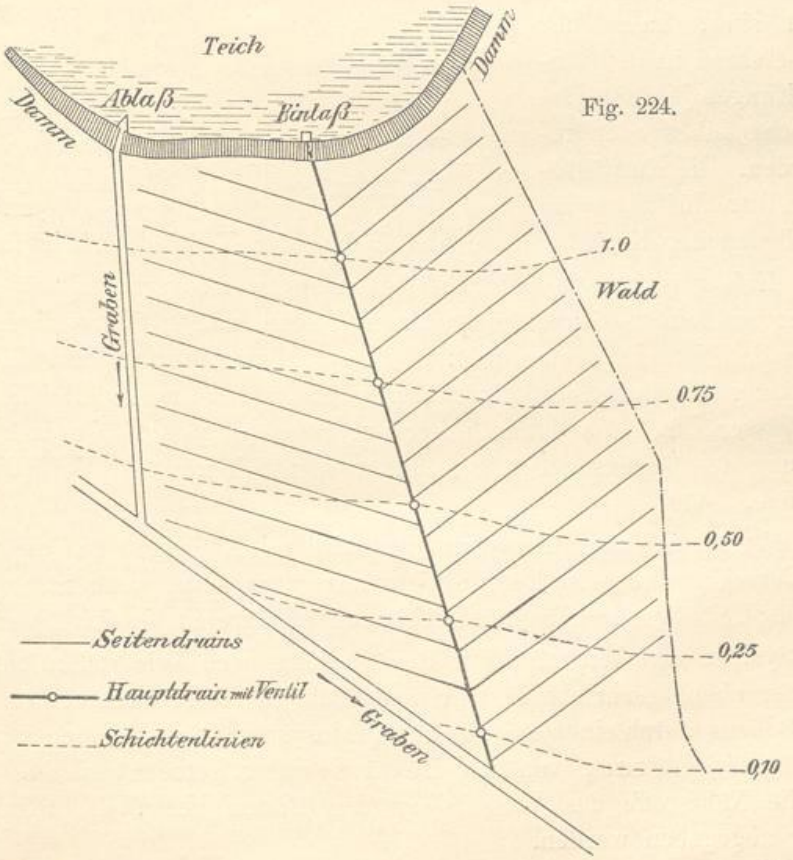


Fig. 224.

Ueber eine solche Anlage in feinkörnigem, undurchlässigem Boden berichtet Krause im Jahrgange 1905 des „Kulturtechnikers", veranlaßt durch die Dürre des Sommers 1904, daß besonders dort erfreuliche Ergebnisse zu verzeichnen waren, wo der Grundwasserstand durch eine Drainage gehoben und auch der geringste Zufluß im Boden festgehalten werden konnte. Er betont dabei, daß bei Wiesenmeliorationen die Beherrschung des Wasser-Zu- und Abflusses im Bereiche der Pflanzenwurzeln außerordentlich wichtig ist, und bemerkt, daß häufig Fälle vorkommen, bei denen nur ein sehr geringer Wasserzufluß zur Verfügung steht, der für eine Ueberrieselung kaum ausreichend ist. Hier sollte stets die Zuführung des Wassers mit Hilfe von Drains vorgenommen werden, da unter solchen Umständen die Anfeuchtung des Bodens von unten her den Ertrag sicher günstiger beeinflußt als eine kärgliche Ueberrieselung.

Die Anlage, die Krause zur Darstellung bringt (s. Fig. 224), hat sehr gute Erfolge gezeigt. Dem Wiesengelände wird durch einen Hauptdrain mittels eines abstellbaren Einlasses aus einem Teiche Wasser zugeführt und der Untergrund mit Hilfe von Seitendrains durchtränkt. Durch eingebaute Stauventile (Fig. 224) im Hauptdrain, die in Höhenabständen von 0,25 m angeordnet sind, kann der Grundwasserstand in den einzelnen Haltungen je nach Bedürfnis hochgehoben oder gesenkt werden. Die Entwässerung oder Durchlüftung wird durch Schließen der Einlaßschleuse und Ziehen der Ventile herbeigeführt.

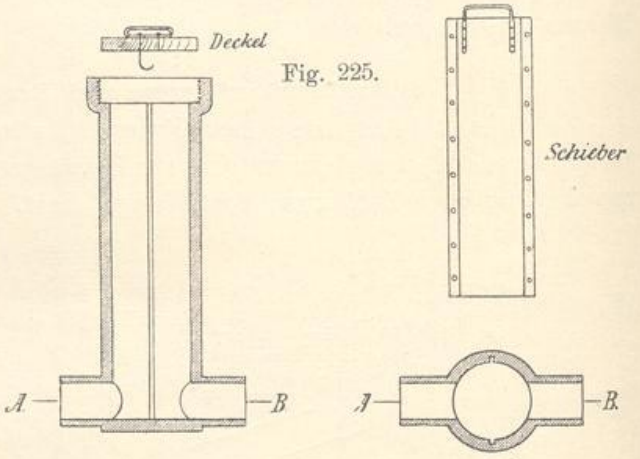


Fig. 225.

Der Erfolg ist augenscheinlich, besonders wenn verhältnismäßig warmes Tagewasser aus einem Graben oder einem Teiche, wie es im vorliegenden Beispiele der Fall ist, zugebote steht. Die gute Durchlüftung und die zeitweise Durchtränkung des Bodens mit luftwarmem, sauerstoff- und vielleicht nährstoffreichem Wasser, und die dadurch hervorgerufene physikalische und chemische Verbesserung des Bodens geben eine außerordentlich günstige Vorbedingung für hohe Erträge.

Schlickreiches Wasser zu verwenden wird mit Rücksicht auf die leicht eintretende Verschlammung der Röhren nicht anzuraten sein, wenn nicht durch eine Spülung der Leitung der genannte Uebelstand erfolgreich beseitigt werden kann.

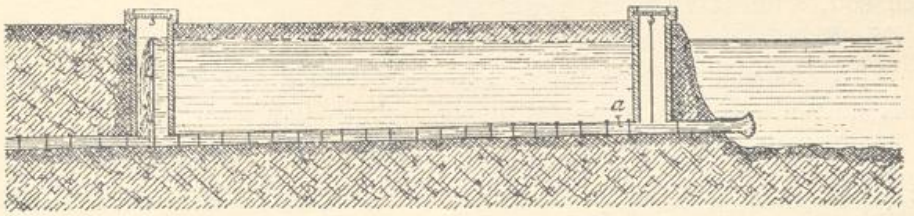
b) System nach **Wichulla.** Die Bewässerung nach Wichulla unterscheidet sich von der oben beschriebenen nur dadurch, daß die Trockenlegung des durchtränkten Bodens durch ein besonderes Drainsystem vorgenommen wird, so daß also die Entwässerung von der Bewässerung getrennt bleibt. Es sollen dadurch die Nährstoffe des Wassers an den Boden bezw. die Pflanzen vollkommener abgegeben werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Prof. Dr. Strecker beschreibt in seinem Werke „Die Kultur der Wiesen", dem auch die erklärenden Figuren entlehnt sind, die Bewässerung etwa, wie folgt.

Wichulla hat für sein System ein einfaches „Schieber-Stauventil" (Fig. 225) eingeführt. Fuß- und Aufsatzstücke sind aus glasiertem Ton, letzteres mit einer Muffe, hergestellt. Beide haben von oben bis unten durchgehend

Fig. 226.



zwei Nuten zur Aufnahme eines Schiebers, der aus Eisen besteht und mit Handgriff und Lederstreifen an den Seiten versehen ist. Der Lederstreifen ist nach der Stauseite anzuordnen, damit er vom Wasser gegen die Nut gedrückt wird und diese dichtet. Der Deckel ist aus Holz gefertigt und hat an der Unterseite einen Haken.

Soll das Ventil geöffnet werden, so hängt man den Schieber auf diesen Haken und das Wasser kann frei abfließen. Die Fig. 226 zeigt das Ventil in Tätigkeit. Es ist hier (Figur rechts) der Schieber gehoben und das Wasser tritt in die Drainleitung a ein. Auf der linken Seite der Figur ist das Ventil geschlossen; dadurch wird das Wasser oberhalb des Ventils gestaut und steigt in dem Ventil nur bis zur Schieberhöhe, da es bei weiterem Steigen überläuft (siehe die Figur links). Man kann also durch die Länge des Schiebers (siehe hier auch die Anordung des Ventils von Stein, Fig. 223) die Stauhöhe genau festlegen.

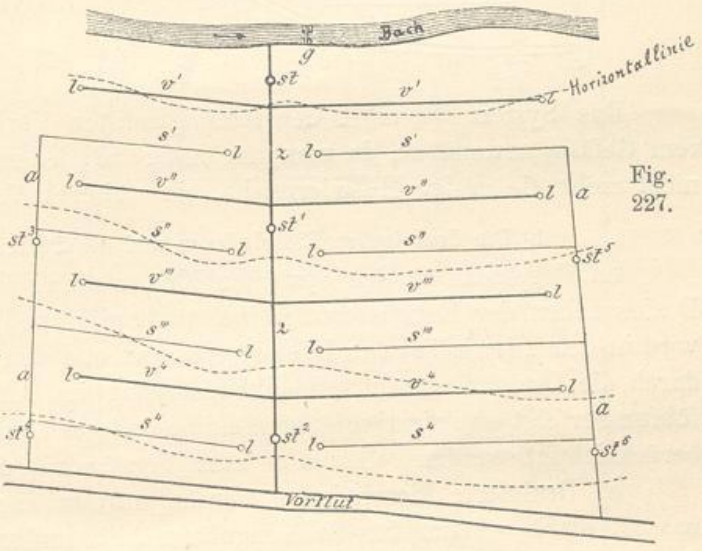


Fig. 227.

Die Fig. 227 mag den Vorgang einer Bewässerung nach diesem System veranschaulichen.

Das Speisewasser wird durch das Grundwehr g dem Bachlaufe entnommen und durch den Drainstrang z z und die Verteilungsstränge v^1 bis v^4 der Wiese zugeführt; s t bis $s t^6$ sind Stauventile. Ist der Schieber des Ventils s t hochgezogen, und sind die Schieber der Ventile $s t^1$ und $s t^2$ geschlossen, so wird die obere Abteilung der Wiese bis zum Ventil $s t^1$ mit Wasser getränkt; der Ueber-

schuß desselben gelangt durch die Ueberlaufseite des Ventils s t^1 in die nächste Abteilung s t^2 usw.

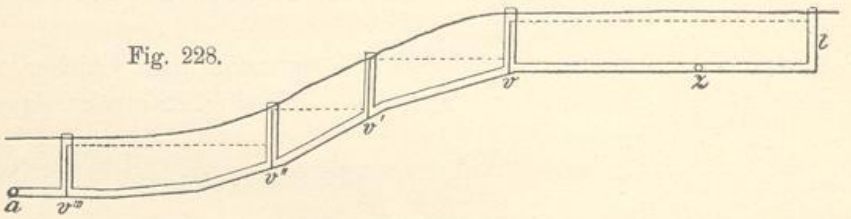
Nach genügender Durchfeuchtung aller Abteilungen öffnet man, um die erste Abteilung zu entwässern, die Ventile s t^3 und st^5, für die weitere Abteilung s t^4 und s t^6. Die Entwässerung erfolgt durch die Stränge s^1 bis s^4, der Ablauf zum Vorfluter durch die Leitung a a. Wenn der Zufluß unterbrochen werden soll, schließt man das Ventil s t.

Die Buchstaben l bedeuten senkrechte Rohre, die an dem oberen Ende eines jeden Zu- und Abflußstranges angebracht sind und bis zur Erdoberfläche reichen, um eine kräftige Durchlüftung zu unterhalten.

Die Verteilungsstränge v^1 bis v^4 erhalten, in der Richtung der Horizontalkurven liegend, ein Gefälle von 0,2 bis 0,3 % und werden durch Rohre von nicht unter 6 cm lichter Weite hergestellt. Ihre Länge sollte 100 m nicht überschreiten. Die Entfernung der Stränge voneinander soll betragen:

in humosem Sandboden,	in sandigem Lehmboden,	in stark bindigem Boden
8—10 m	10 – 12 m	12—15 m

Fig. 228.



Das System ist unter den mannigfachsten Verhältnissen auch bei stärkerem Gefälle anwendbar, da man nur nötig hat, jedesmal, wenn das Stauniveau nicht mehr die nötige Höhe erreicht, ein weiteres Ventil einzufügen (Fig. 228).

b) Die drainierten Rieselwiesen und die Petersenschen Wiesen.

Im Gegensatz zu den Systemen Krause und Wichulla, die beide durch Drains neben der Entwässerung eine unterirdische Bewässerung bezwecken, wird in den „drainierten Rieselwiesen“ und den Petersen'schen Wiesen“ durch die Drainanlage nur die Entwässerung ins Auge gefaßt. Die Wasserzuführung erfolgt oberirdisch durch ein besonderes Grabennetz, das hier nur soweit berücksichtigt werden soll, als es zum Verständnis des Ganzen erforderlich ist.

α. **Drainierte Rieselwiesen** werden nur da angelegt, wo es sich um ein nasses, stark versumpftes Wiesengelände mit **undurchlässigem** Boden handelt. Auf verhältnismäßig trocken gelegenen Wiesen mit durchlassendem Untergrunde ist die Drainage nicht angebracht.

Die Berieselung selbst erfolgt nach dem Hangbausystem*), die Anlage der Drainage nach den in den vorliegenden Abschnitten aufgestellten Grundsätzen, wobei aber die Saugedrains in **durchschnittlich 1 m Tiefe** bei einer Strangentfernung von 8 bis 10 m zu verlegen sind. Die Größe der einzelnen Systeme ist den Gefällverhältnissen entsprechend einzurichten. Bei den in Frage kommen-

*) Siehe: „Die Bodenmelioration“. Teil III von Georg Schewior. Leipzig 1911. Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

den Wiesenflächen liegt gewöhnlich eine geringe Neigung des Geländes vor, deshalb werden meist nur kleine Systeme, 1 bis 4 ha groß, entworfen. Aus gleichem Grunde sind lange Sammler ausgeschlossen, und es werden vielfach offene Gräben zur Vorflutgewinnung angelegt (Fig. 229). In diese sind einfache Stauvorrichtungen einzubauen, um während der Rieselung und in der Vegetationszeit den Abfluß beliebig zu unterbrechen.

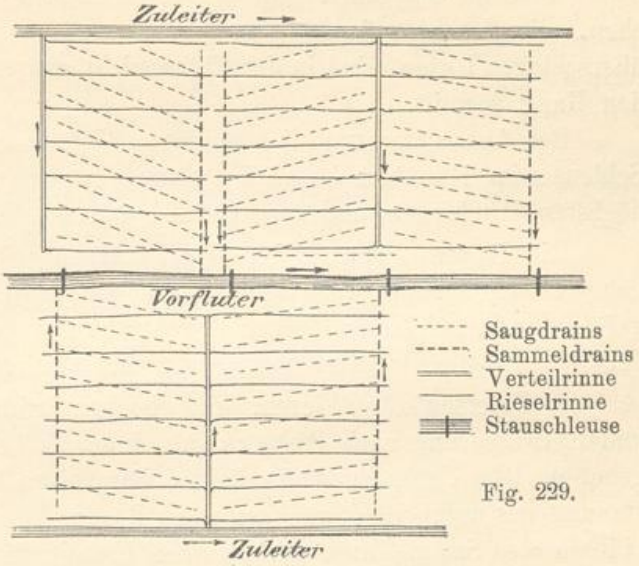


Fig. 229.

Ein größerer Entwurf ist in der Figur 230 dargestellt. Die Wiesenfläche, etwa 40 ha groß, ist infolge Rückstaues durch den Bachlauf a b versumpft. Das absolute Gesamtgefälle in der Richtung des Bachlaufes beträgt nur 0,2 m, die Fläche ist somit fast horizontal. Um die Vorflut für die Drainage zu gewinnen, wurden der Hauptgraben c d und die Zuggräben e, f, g und h hergestellt. Der Graben h wurde ferner als „Fang- oder Umleitungsgraben“ (s. S. 8) um die nördliche und östliche Grenze herumgeführt. Der Hauptgraben c d mündet weit unterhalb in den Bach. Sämtliche Vorfluter erhielten eine Einschnittstiefe von 1,5 m.

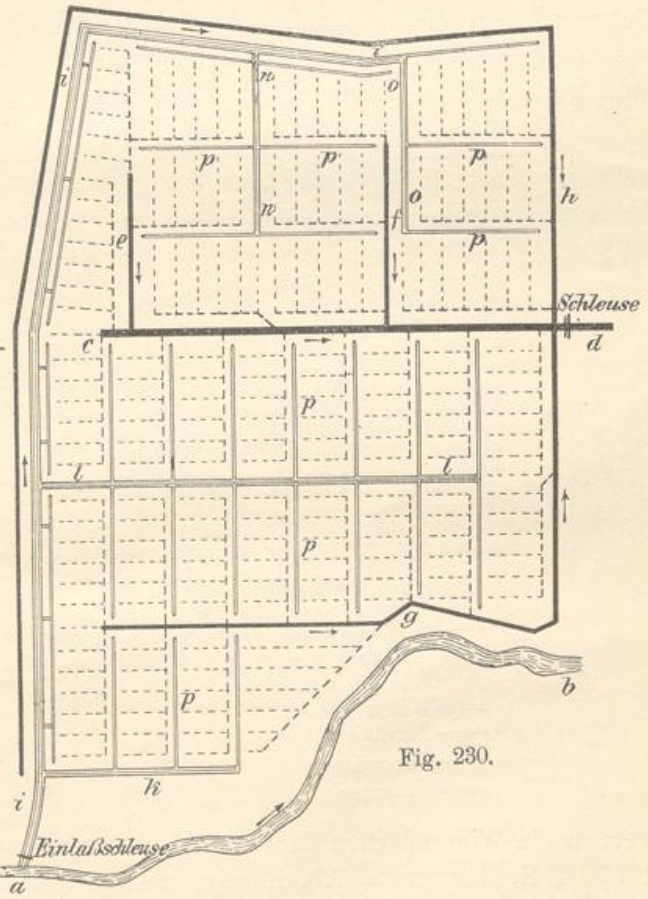


Fig. 230.

Die Saugedrains wurden mit künstlichem Gefälle, oben 0,9 m, unten 1,1 m tief verlegt. Ihre Länge beträgt 60 bis 70 m. Die Hangtafeln, in die jedes Drainsystem eingefügt ist, haben eine Größe von rd. 1 ha.

Das Wasser zur Berieselung wird dem Bachlaufe durch eine Einlaßschleuse bei a entnommen und durch den Zuleiter i und die Verteilgräben k, l, n und o den Flächen zugeführt. Durch Rieselrinnen p und Fangrinnen (kleine Gräbchen, die das ablaufende Rieselwasser auffangen und von neuem gleichmäßig überschlagen lassen, sind in der Figur nicht eingezeichnet) wird das Wasser über den Hang verteilt.

Bei dem außerordentlich geringen Gefälle der Wiese genügte eine einzige Schleuse im Hauptgraben (bei d), um den Grundwasserstand in der Zeit des höchsten Wachstums und den Abfluß während der Rieselung zu regeln.

Die Bewässerung der Wiesenflächen wird zunächst durch eine gründliche Trockenlegung vorbereitet. Hierauf wird das Wasser über die Hänge geführt und nach vollständiger Durchtränkung des Untergrundes durch Oeffnen der Schleuse die Drainage von neuem zur Wirkung gebracht.

β) **Petersen**'sche **Wiesen.** Ein gleicher Erfolg wird durch die Bewässerung und Entwässerung nach Petersen, einem Hofbesitzer in Wittkiel in Schleswig, geboten. Der Unterschied der beiden Bauweisen besteht darin, daß hier die Anstauung des aufgerieselten Wassers im Boden durch die oben beschriebenen Ventile in den Sammeldrainrohrleitungen herbeigeführt wird und daß das Verfahren daher auch bei stärkerem Gefälle des Geländes anwendbar ist. Ein Vorzug der Petersen'schen Methode zeigt sich auch darin, daß jede Wasserfläche für sich besonders berieselt und trockengelegt werden kann, so daß unter Umständen ganz geringe Wassermengen zur Wässerung genügen. Um dieses zu ermöglichen,

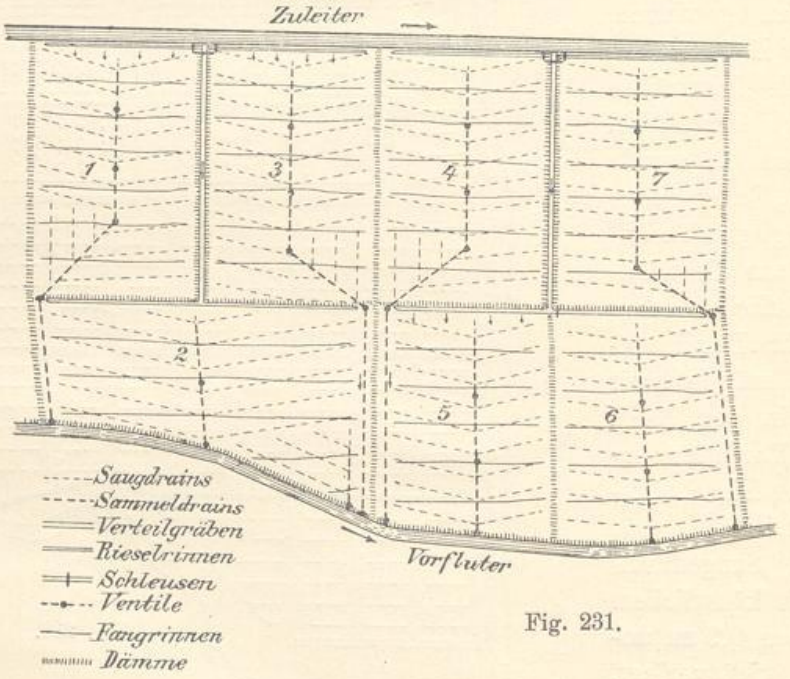


Fig. 231.

werden die Wiesenflächen durch 0,1 bis 0,2 m, auch 0,5 m hohe Dämme in kleine, 1 bis 4 Hektar große Abteilungen zerlegt und in jeder Abteilung ein abgeschlossenes Drainsystem vorgesehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Je nach der Menge des zu gebote stehenden Rieselwassers werden mehrere solcher Abteilungen für die Bewässerung im Wechselbetrieb zu Gruppen zusammengefaßt. Die Anzahl der Gruppen soll zweckmäßig 6 bis 7 betragen, sodaß jede einen Tag voll bewässert, 6 Tage lang entwässert wird.

Die Zuführung des Wassers erfolgt (s. Fig. 231) durch Zuleiter und Verteilgräben, die engere Bewässerung durch Rieselrinnen, die längs der höchsten Grenzlinie der einzelnen Abteilungen angelegt werden. Auf den Hängen, deren Gefälle eben ausreichend für die Bewegung des Rieselwassers sein darf, wird durch Fangrinnen für die weitere, gleichmäßige Verteilung des Wassers gesorgt. Die Fangrinnen erhalten einen gegenseitigen Abstand von 8 bis 12 m und enden etwa 1 m von der Grenze der Rieselabteilung.

Die Entwässerung wird nach den Regeln der Querdrainage durchgeführt. Die Saugedrains, 0,9 bis 1,1 m tief, sind in einem Gefälle 1 : 250 bis 1 : 300 (s. S. 44) zu verlegen, und bis 4 m an die Dämme heranzuführen. Die höchstens 100 m lang zu entwerfenden Stränge sind mit 4 cm weiten Röhren auszustatten; ausnahmsweise längere Sauger erhalten über die ersten 100 m hinaus eine Lichtweite von 5 cm. Die Strangentfernung beträgt 8 bis 10 m, nie mehr als 12 m.

Die Sammler sind unter Zugrundelegung einer abzuführenden Wassermenge von **1,5 Liter für das ha** Fläche zu berechnen und, wenn möglich, in der Mitte der Abteilung anzuordnen. Ein geringeres Gefälle als es bei Ackerdrainagen ausnahmsweise zulässig ist (s. S. 65), gibt hier zu Besorgnissen keinen Anlaß, da bei Oeffnung der Drainage infolge Ueberdrucks in den Stauventilen eine kräftige Spülung eintritt, daher Verstopfungen nicht zu befürchten sind.

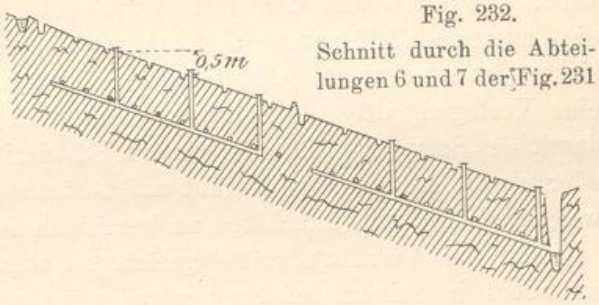


Fig. 232.
Schnitt durch die Abteilungen 6 und 7 der Fig. 231

Die Anstauung des Wassers in den Drains erfolgt in der Weise, daß am Ende der Abteilung und von da ab aufwärts in Entfernungen von 50 m, bei starkem Gefälle des Geländes aber nach 0,5 m lotrechter Steigung (Fig. 232), Stauventile in den Sammlern aufgestellt werden. Bei besonderem Vorflutdrain (z. B. Fig. 231 Abtlg. 7) erhält dieser zu seiner Spülung an der Ausmündung ebenfalls ein derartiges Stauwerk.

41. Entwerfen der Drainanlage.

In der als Drainplan dienenden Karte (s. S. 172) sind zunächst nach dem Nivellement*) (s. S. 173) in angemessenen lotrechten Entfernungen (s. S. 173) die Schichten- oder Horizontallinien sowie die eingemessenen Probelöcher der Bodenuntersuchung (s. S. 173) einzutragen und hierauf die Höhenpläne

*) Sämtliche geometrischen Arbeiten für Drainageanlagen sind in dem vom Verfasser herausgegebenen Werke „Das Feldmessen“ behandelt. Die Schrift erscheint demnächst als Band XI im „Handbuch des Bauingenieurs“, Verlag von Bernh. Friedr. Voigt in Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

für die Vorfluter herzustellen. Diese Aufzeichnungen bilden die Grundlage für die Entwurfsbearbeitung und sind mit entsprechender Sorgfalt anzufertigen. Zur Vervollständigung des Bildes der Bodengestaltung des zu bearbeitenden Gebietes werden auf dem Drainplan zweckmäßig sofort auch die einzelnen Wasserscheiden vermerkt, weil die von ihnen umrahmten Gelände schon eine Richtschnur für die Auswahl der Systeme bilden (s. S. 32).

Nachdem die Richtung der Sauger (s. S. 40) in diesen roh skizzierten Systemen unter Beobachtung des einzuhaltenden Mindestgefälles (s. S. 44) oberflächlich entworfen worden sind, werden für passend gelegene Gruppen der Saugstränge die Sammler und, wo es die Verhältnisse bedingen, für diese auch die Hauptsammler zunächst vorläufig ermittelt.

Die Lage der Sammler (s. Abschnitt 20) wird durch die Richtung der Sauger (s. Abschnitt 13) insofern nicht weiter berührt, als die Saugstränge in mehr oder weniger spitzem oder stumpfem Winkel auf die Sammelstränge treffen können. Ein sicherer Einlauf kann stets durch Abrundung des Draingrabens an der Mündungsstelle (s. S. 112) oder durch Benutzung von Formstücken (s. S. 113) erreicht werden. Dagegen ist auf Chausseen, Eisenbahnen, Wege usw., ferner auf Waldbestände, einzelne Bäume usw. Rücksicht zu nehmen (s. Abschn. 33 u. 34).

Ist die Stelle der Ausmündung auf dem Drainplan bestimmt, so wird auf Grund des Höhenplanes des Vorfluters, in den die Stelle vermerkt wird, und auf Grund der dort herrschenden Wasserverhältnisse festgestellt, ob die dauernde Abführung des Drainwassers in der angenommenen Lage gesichert ist oder nicht. Gegebenenfalls muß untersucht werden, ob schon durch eine Verlegung der Ausmündung oder durch eine Aenderung des Systems und damit des Sammlers die auftretenden Schwierigkeiten vermieden werden können, oder ob die mangelhafte Vorflut auf natürlichem oder künstlichem Wege und in welcher Weise am einfachsten zu beseitigen ist.

Ist die Vorflutfrage gelöst, so werden die Abmessungen des Hauptsammlers in seinem letzten Verlauf auf Grund der ganzen von ihm zu entwässernden Fläche berechnet, damit nicht lange Sammler von sehr großen Rohrweiten, möglichst nicht über 16 cm (s. Abschn. 8) die Anlage unnötig verteuern. Kurze Strecken sind selbstverständlich zuzulassen. Wird der Bedarf an großen Röhren erheblich, so ist durch anderweitige Anordnung des Systems, Auflösung in zwei kleinere Systeme (s. Abschn. 31), Zuweisung von Saugergruppen an Nachbarsysteme usw. die Größe der Abteilungen zu verringern.

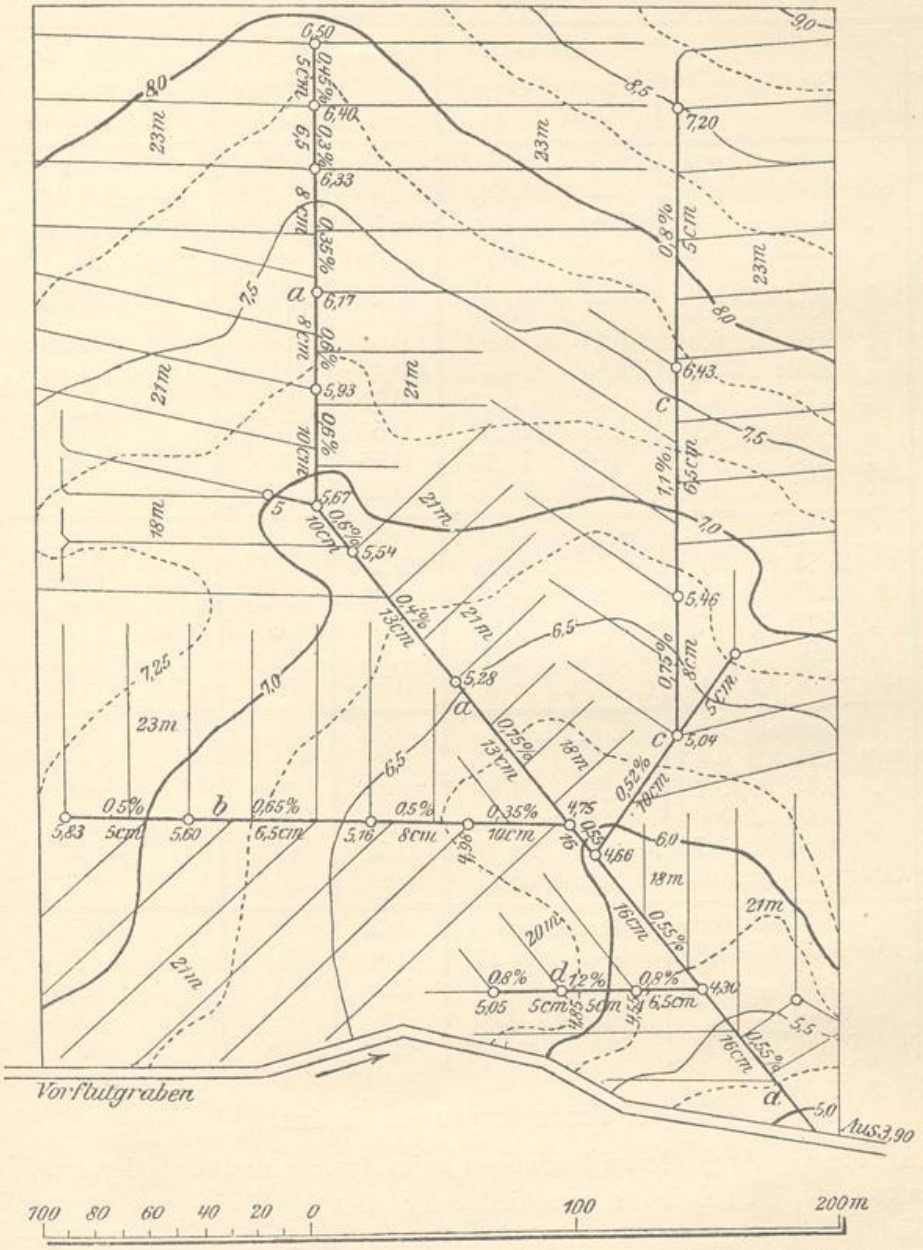
Steht nun auch System und Ausmündung fest, so werden die Unterabteilungen der Systeme endgültig entworfen; die Sauger nach ihrer Strangentfernung (s. Abschnitt 17) eingezeichnet und die Sammler und Hauptsammler in ihrem ganzen Verlauf berechnet und tabellenmäßig (s. S. 153 und 178) nachgewiesen.

Für die Berechnung der Sammler sind stets Längenschnitte (auf Millimeterpapier) zu zeichnen (s. S. 176). Dabei ist, wenn angängig, der Hauptsammler mit allen einlaufenden Sammlern auf einem Schnitte darzustellen, um den inneren Zusammenhang des Hauptdrainnetzes klar übersehen zu können und um die Entnahme der Ordinaten für die Tiefe der Drains zu erleichtern (s. Abschn. 25 u. S. 174).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Als wichtig sei nochmals hervorgehoben (s. Abschn. 21 S. 66), daß die Sammler, wo es nur möglich ist, so entworfen werden, daß die Wassergeschwindigkeit gegen die Ausmündung zu größer, auf keinen Fall kleiner wird, weil nur auf diese Weise die beste Gewähr für die Reinhaltung der Sammler gegeben wird.

Fig. 233.



Ein sehr übersichtlicher Nachweis dieser Verhältnisse wird von Gerhardt in den „Grundlehren der Kulturtechnik“ Berlin 1909 angegeben, der hier (siehe **Tabelle 11**) samt der oben beigefügten Fig. 233*) wiedergegeben ist. Ein weiteres

*) Die Uebergangspunkte aus einem Gefälle in das andere sind hier im Gegensatz zu Seite 174 durch Kreise gekennzeichnet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schema zeigt die Tabelle Seite 178, die den Vorschriften der „Schlesischen Anweisung“ entspricht.

Tabelle 11.

Nachweis über die Richtigkeit der Drainrohrweiten zum Drainplan Fig. 233.

Sammler	Strecke	Fläche einzeln ha	Fläche gesamt ha	Gefälle %	Durchmesser cm	Geschwindigkeit des Wassers m
a	oberhalb 6,50	Saugedrains		0,65	4	0,20
	von 6,50 bis 6,40	—	0,49	0,45	5	0,21
	„ 6,40 „ 6,33	0,53	1,02	0,3	6,5	0,22
	„ 6,33 „ 6,17	1,03	2,05	0,35	8	0,27
	„ 6,17 „ 5,93	0,74	2,79	0,6	8	0,36
	„ 5,93 „ 5,67	0,70	3,49	0,6	10	0,43
	„ 5,67 „ 5,54	0,47	3,96	0,6	10	0,43
	„ 5,54 „ 5,28	0,81	4,77	0,4	13	0,43
	„ 5,28 „ 4,75	0,36	5,13	0,75	13	0,58
	„ 4,75 „ 4,66	5,41	10,54	0,55	16	0,60
	„ 4,66 „ 4,30	0,59	11,13	0,55	16	0,60
	„ 4,33 „ Aus.	0,82	11,95	0,55	16	0,60
b	oberhalb 5,83	Saugedrains		0,65	4	0,20
	von 5,83 bis 5,60	—	0,48	0,5	5	0,22
	„ 5,60 „ 5,16	0,97	1,45	0,65	6,5	0,31
	„ 5,16 „ 4,98	0,60	2,05	0,5	8	0,32
	„ 4,98 „ 4,85	0,53	2,58	0,35	10	0,32
	unter 4,85 (4,75)	Sammler a		0,55	16	0,60
c	oberhalb 7,20	Saugedrains		0,65	4	0,20
	von 7,20 bis 6,43	—	0,75	0,8	5	0,27
	„ 6,43 „ 5,46	1,13	1,88	1,1	6,5	0,40
	„ 5,46 „ 5,04	0,32	2,20	0,75	8	0,40
	„ 5,04 „ 4,76	0,63	2,83	0,52	10	0,40
	unter 4,76 (4,66)	Sammler a		0,55	16	0,60
d	oberhalb 5,05	Saugedrains		0,65	4	0,20
	von 5,05 bis 4,85	—	0,12	0,8	5	0,27
	„ 4,85 „ 4,55	0,10	0,22	1,2	5	0,30
	„ 4,55 „ 4,35	0,14	0,36	0,8	6,5	0,34
	unter 4,35 (4,30)	Sammler a		0,55	16	0,60

42. Verstopfungen der Drains.

Auf die Gefahren, denen Drainagen beim Ausbau und nach der Ausführung ausgesetzt sind, ist bereits an verschiedenen Stellen hingewiesen worden. Wegen der Wichtigkeit seien die mannigfachen Störungen noch einmal in Kürze zusammengefaßt.

a) Geringe Geschwindigkeit des Wassers, bedingt durch mangelhaftes Gefälle, verursacht zumeist die Ablagerung von Sand und Schlick in den Drains nnd führt zu Verstopfungen der Leitung, die dann steter Aufmerksamkeit und Wartung bedarf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ist das Gesamtgefälle der zu bearbeitenden Fläche gering, so ist die Anlage unter geschickter Ausnutzung der gegebenen Vorflutverhältnisse auszuführen, wobei stets darauf zu achten ist, daß an den schwierigen Stellen nur tadellose Röhren mit besonders glatter Innenfläche zur Verwendung kommen. Ferner ist darauf zu achten, daß die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren nach der Ausmündung zu nicht abnimmt (s. S. 153).

Nicht selten entsteht infolge unvorsichtigen Aushebens der Gräben oder bei nachgiebigem Untergrunde ein Sinken des Rohrstranges, das mit Versagen des Drains endet.

b) Rohrmaterial, das wegen seiner inneren und äußeren Beschaffenheit zu Tadel Veranlassung gibt, ist von der Verwendung unbedingt auszuschließen. Solche Röhren zerfallen mit der Zeit oder geben zu Ablagerungen Veranlassung. Nur gute, ausgesuchte Röhren, über deren Beschaffenheit im Abschnitt 4 S. 25 das Nähere angegeben ist, sind zu berücksichtigen, auch wenn der Preis sich etwas höher stellt.

c) Unvorsichtiges Legen und mangelhaftes Bedecken der Drains sind eine der gewöhnlichsten Ursachen der Verstopfung. Eine breite Sohle des Draingrabens ist zu vermeiden, da sonst leicht Verschiebungen unter den Röhren entstehen. Diese hindern den Abfluß des Wassers und begünstigen Verschlammungen.

d) In Triebsand zu verlegende Drains sind mit größter Sorgfalt zu behandeln, da die Röhren schon nach wenigen Tagen vollständig mit Sand gefüllt sein können (siehe Abschnitt 16).

e) Kalkhaltiges und eisenhaltiges Wasser ist als sehr ungünstig zu bezeichnen. Sobald das Wasser mit der Luft in Berührung kommt, schlägt sich der Kalk entweder als kohlensaurer oder schwefelsaurer Kalk nieder, ebenso das Eisen, dieses in Form einer flockigen, rötlichen Masse als sogenannter Ocker (Eisenoxydhydrat).

Die schlesische Anweisung schreibt zur Beseitigung dieses Uebelstandes möglichst starkes Gefälle der Leitung vor, da hierdurch Ablagerungen verhindert werden.

(Siehe auch die Ausführungen im Abschn. 43).

f) Um das Einwachsen von Wurzeln zu verhüten, sind die Felder, auf denen tiefwurzelnde Pflanzen bestellt werden, entsprechend tief zu drainieren. Solche Kulturgewächse, vornehmlich Raps und Rüben, sollten in dem ersten Jahre nach Vollendung der Drainage überhaupt nicht, sondern erst dann angebaut werden, wenn der Boden in den Draingräben sich gesetzt und gefestigt hat. Gegen Schachtelhalm und die tiefwurzelnden sauren Gräser hat sich die auf Seite 121 angegebene Tränkung der Röhren mit Karbolineum bewährt.

g) Gegen das Auftreten von Algen, die anscheinend besonders mit der Ausscheidung des Eisenockers aus dem Bodenwasser in Verbindung stehen, sind zurzeit folgende Mittel bekannt: Großer Querschnitt der Röhren (5 bis 6,5 cm Lichtweite), möglichst glatte Wandungen und starkes Gefälle.

h) Das Einkriechen von Tieren ist meist gefährlich. Frösche, Ratten, auch Mäuse dringen in die Röhren, sobald diese wenig oder gar kein Wasser führen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

laufen sich fest, verenden und versperren den Abfluß. Das wirksamste Mittel ist die Anlage einer zweckmäßigen Ausmündung.

Eine Verstopfung der Röhren zeigt sich äußerlich durch starke Nässe des benachbarten Geländes. Eine Untersuchung der Leitung ist gewöhnlich erst dann möglich, wenn der Boden bis zu einem gewissen Grade abgetrocknet ist. Es wird dann an der versumpften Stelle, die genau zu bezeichnen ist, ein Graben quer zur Richtung des Stranges in Draintiefe ausgehoben. Sobald die Leitung aufgedeckt ist, wird leicht erkannt, wo die Verstopfung zu suchen ist. Ist das getroffene Rohr naß oder quillt zwischen den Fugen Wasser hervor, so liegt die schädliche Stelle unterhalb, bleibt dagegen der aufgedeckte Strang trocken, so wird die Verstopfung oberhalb des Grabens gefunden. Ein 3 bis 4 mm starker Draht mit umgebogenem Ende, der in die Rohrleitung geführt wird, läßt die Entfernung der Verstopfung von der Aufgrabung leicht bestimmen.

43. Dauer und Erneuerung der Drainage.

Bei günstigen Bodenverhältnissen und gutem Rohrmaterial kann die Wirkungsdauer einer sachgemäß angelegten Drainage als fast unbegrenzt angesehen werden. Voraussetzung ist jedoch eine regelmäßige und sorgfältige Unterhaltung, zu der vornehmlich die Beseitigung der Verstopfungen, die Ausbesserung der Ausmündungen und die Räumung der Vorflutgräben zu rechnen sind. Wo diese Vorsichtsmaßregeln gefehlt haben oder wo unvorhergesehene Zwischenfälle eintreten, kann die Tätigkeit der Drains ganz aussetzen, eine Tatsache, die gerade bei alten Drainagen leider nur zu oft beobachtet wird. Es entsteht dann die Frage, in welcher Weise am zweckmäßigsten die Wiederherstellung der Entwässerung vorzunehmen ist, und ob und wie eine neue Drainage mit der alten Anlage in Verbindung gebracht werden soll. Die Wahl der Mittel und Wege hängt von den gegebenen Verhältnissen und den Ursachen ab, welche die alte Drainage im Laufe der Zeit unbrauchbar gemacht haben.

Als solche Ursachen kommen nach den eingehenden Untersuchungen des Königl. Oberlandmessers Seyfert, des verdienstvollen Schriftleiters der Zeitschrift „Der Kulturtechniker*), in Betracht:

1. Oertliche Verhältnisse.
2. Fehler des Entwurfes.
3. Fehler der Ausführung.
4. Schlechte Beschaffenheit der Drainröhren.
5. Fehler der Unterhaltung.

Diesen Ursachen stehen folgende Verfahren zur Wiederherstellung der Entwässerung gegenüber:

a) Aufgraben der alten Drainage, Herausnehmen, Reinigung und Neuverlegung der Drains in die alten Gräben und Neuverfüllung der Draingräben;

*) Der Kulturtechniker. Zeitschrift für die Ent- und Bewässerung, Wiesenwirtschaft, Moorkultur, Flußregulierung und Wasserschutz, Verwertung städtischer Abfallstoffe, Meliorationsgenossenschafts- und Kreditwesen, Auseinandersetzungswesen und Innere Kolonisation. Organ des Schlesischen Vereins zur Förderung der Kulturtechnik.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Neudrainage unter Beibehaltung der Drainrichtungen und der Systembildung der alten Drainage;
c) teilweise Benutzung der alten Drainage, soweit sie noch in Wirksamkeit ist, je nach den Umständen mit Anlage neuer Sammler und Neudrainierung von Teilflächen;
d) Gänzliche Neudrainierung.

Zu 1. Auf örtliche Verhältnisse gründen sich hauptsächlich zwei Vorgänge, die man als Alterskrankheiten der Drainage bezeichnen kann. In dem einen Falle verkitten sich im Laufe der Zeit die Stoßfugen derartig, daß der Zutritt des Wassers in die Drains vollständig aufgehoben wird, während die Röhren im Innern frei bleiben. Dieser Vorgang ist öfters an Drainagen in Tonboden beobachtet, welcher ein Verwitterungsprodukt von Porphyr war. Doch neigen wohl eisenhaltige Tonböden zu diesem Verschließen der Stoßfugen. Im zweiten Falle versagt die Wirkung der Drainage dadurch, daß sich der im Draingraben aufgefüllte Boden allmählich so setzt, daß er dem Versinken des Wassers zu großen Widerstand leistet. In schweren Bodenarten hat man sich die Entwässerung durch Drains in der Hauptsache so vorzustellen, daß das überschüssige Wasser sich zuerst über dem Drainrohre senkt und daß nun das Wasser seitlich nach dem Drain Gefälle erhält und in den Poren des Bodens diesem zufließt. Daß der Entwässerungsvorgang in der geschilderten Weise verläuft, erkennt man aus den Erscheinungen, die während der Entwässerung kenntlich werden. Zuerst zeichnen sich die Drains bei Beginn der Entwässerung als trocken aus, und nach und nach verbreitern sich die abgetrockneten Stellen nach der Mitte zweier Drains zu. Je schneller nun der Boden über dem Drain sein Wasser abgibt, desto schneller tritt die seitliche Entwässeruug ein, weil das Gefälle und der entwässernde Bodenquerschnitt ein größerer ist. Je langsamer aber die Entwässerung des Bodens im Draingraben von statten geht, um so langsamer verläuft auch die seitliche Entwässerung. Durch diese Verlangsamung der Entwässerung kann nun der Fall eintreten, daß die früher ausreichend bemessene Strangentfernung nicht mehr genügt, und mit der Zeit die Notwendigkeit der Herstellung einer ausreichenden Entwässerung sich ergibt.

Im ersten Falle ist ein Aufgraben der alten Drainage, Aufnehmen der Röhren, Entfernen der verschließenden Kruste von den Röhren und Wiederverlegen der Röhren am Platze, da in diesem Falle das Reinigen der Röhren sich billiger als die Neubeschaffung derselben stellen wird. Auch im zweiten Falle kann sich das genannte Verfahren empfehlen, doch kommt hier auch eine Neudrainierung durch Zwischendrains in Frage, welche wegen der entstehenden engen Strangentfernung für längeren Zeitraum, vielleicht dauernde Abhilfe verspricht. Voraussestzung ist in beiden Fällen natürlich, daß sonstige Fehler der Anlage nicht vorhanden sind.

Auch das Verschlämmen der Drains durch Eisenocker ist eine durch die Bodenverhältnisse hervorgerufene Zerstörung der Drainage. Wenn auch die Hauptbestandteile des Eisenockers Ferrihydroxyd oder Ferrohydroxyd — auch als Eisenhydroxyd und Eisenhydroxydat bezeichnet — in Wasser an sich nicht lösbar sind, so wird doch oft durch andere chemische Verbindungen eine solche

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lösbarkeit herbeigeführt. Einer der bekanntesten dieser Vorgänge ist die Lösbarkeit des Ferrihydroxyds und des Ferrohydroxyds im kohlensäurehaltigen Wasser. Da nun fast alles Wasser mehr oder weniger Kohlensäure enthält, so ist es auch imstande, gewisse Mengen der genannten Hydroxyde aufzulösen. Kommt aber derartig mit Ferri- oder Ferrohydroxyd gesättigtes Wasser mit der atmosphärischen Luft in Berührung, so entweicht die Kohlensäure; damit verliert das Wasser die Kraft, die Eisenhydroxyde lösbar zu halten, und letztere bilden den als Eisenocker bezeichneten schlammigen Niederschlag. Besonders stark macht sich dieser Niederschlag an den Ausmündungen der Drainagen in den Vorflutgräben bemerkbar. Aber auch schon in den Drainröhren selbst bilden sich die Niederschläge, da ein vollständiger Luftabschluß innerhalb der Drainage nicht möglich ist. Jedem versinkenden Wasserteilchen folgt die Luft, der Raum über dem Wasserquerschnitt der nicht voll laufenden Röhren ist mit Luft gefüllt, um so mehr, ja größer die verwendeten Röhrenweiten sind.

Deshalb mußte auch das früher empfohlene und versuchte Mittel versagen, die Ausmündungen der Drains unter dem Wasserspiegel der Vorflutgräben anzulegen. Der Zweck, einen völligen Abschluß der Luft herbeizuführen, konnte nicht erreicht werden, dagegen machten sich durch die Verlangsamung des Wasserabflusses in dem unteren Teile des Sammlers andere Nachteile geltend. Auch eine Vergrößerung der Röhrenweiten, um die Dauer der Drainage zu verlängern, weil zur vollen Verschlämmung eines weiteren Rohres ein größerer Zeitraum erforderlich sei, führt nicht zum gestellten Ziele, da im weiteren Rohre ein vermehrter Luftzutritt und damit eine vermehrte Ausscheidung des Ockerniederschlages stattfindet und das Rohr mindestens ebenso früh verschlammt wird, wie ein engeres.

Bei der Frage, wie eine durch Ockerniederschlag unwirksam gewordene Drainage am zweckmäßigsten wieder in Stand gesetzt wird, ist zuerst festzustellen, in welchem Umfange die Wirksamkeit der Drainage durch die Ockerbildung beeinträchtigt ist. Gleichzeitig ist zu prüfen, ob der Drainageentwurf in seiner Systembildung der Verstopfungsgefahr durch die Ockerbildung Rechnung trägt.

Wie alle Prozesse, so erfordern auch die chemischen eine gewisse Zeit. Abgesehen von den chemischen Verbindungen bei Explosionen geht die Trennung bestehender Verbindungen und die Neuverbindung verwandter Stoffe nur allmählich vor sich, das Ausscheiden des Ockers um so langsamer, als in den engen Drains nur ein geringer Zutritt, und zwar kohlensäurereicher Luft, stattfindet. Ferner wird der Niederschlag des Ockers um so länger vermieden, je schneller die Bewegung des Wassers in den Drainröhren ist, da die Kraft des bewegten Wassers die ausgeschiedenen Ockerteile noch schwebend weiterzutragen vermag.

Bei Drainagen mit Ockerbildung kommt es daher darauf an, das eisenhaltige Wasser so schnell als möglich dem Vorflutgraben zuzuführen. Das geschieht durch Bildung kleiner Systeme, Wahl der kürzesten Wege für die Wasserführung und möglichst starkes Gefälle der Sauger und Sammler. Als unbedingt nachteilig ist in solchen Fällen die Anwendung der Querdrainage mit Anordnung der Sauger in schwachem Gefälle bei fast senkrechter Richtung auf den Sammler

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu vermeiden. Soweit nicht Mulden und Vertiefungen eine andere Lage des Sammlers bedingen, kann seine Lage im stärksten Gefälle beibehalten werden. Es sind aber alsdann die Sauger spitzwinkelig mit einem dem des Sammlers möglichst gleichkommenden Gefälle in ihn einzumünden.

Es sei noch hier erwähnt, daß bei Bildung zahlreicher kleiner Systeme die Anlage von Vorflutgräben notwendig wird, die bei ungünstiger Lage die Bewirtschaftung nicht unwesentlich erschweren würden. In solchen Fällen wird mit Rücksicht auf den landwirtschaftlichen Betrieb der Vorflutgraben wohl oder übel durch einen Haupt-Sammeldrain ersetzt werden müssen, in welchen die einzelnen Teilsysteme einmünden. Je nach dem vorhandenen Längsgefälle des Hauptsammlers ist die Gefahr der Verstopfung größer oder geringer.

Die Dauer der Anlage hängt von der Unterhaltung dieses Hauptsammlers ab. Werden die entstehenden Schäden, bevor sie auf die Teilsysteme übergreifen können, von Zeit zu Zeit beseitigt — der Sammler läßt sich durch Aufgraben in größeren Abständen, Durchführung des Drahtes usw. reinigen (s. S. 156 oben) —, so ist ohne zu große Unterhaltungskosten die Dauer der Anlage gewährleistet.

Nach den eben entwickelten Grundsätzen ist nun die vorhandene Anlage auf ihre Zweckmäßigkeit zu prüfen. Ist der alte Entwurf fehlerhaft, so kann nur eine Neudrainage helfen. Eine Benutzung der Röhren der alten Drainage kann höchstens für große Rohrweiten in Frage kommen, da für kleinere die Kosten des Aufgrabens und der Wiederzufüllung der Draingräben, das Herausnehmen und Reinigen der Röhren teurer als die Neubeschaffung sein würde. Soweit einzelne Teile der alten Drainage den obigen Grundsätzen entsprechen und durch die Verstopfungen in den unteren Teilen noch nicht oder nur in geringem Grade in Mitleidenschaft gezogen sind und sich mit den Neuanlagen in zweckmäßiger Weise verbinden lassen, ist eine Erneuerung entbehrlich.

Ist die Zweckmäßigkeit des Entwurfs der alten Drainage festgestellt und sind namentlich noch größere Teile der Anlage in gutem Zustande, so ist die Wiederherstellung der alten Anlage am Platze.

Die gleichen Ueberlegungen gelten für unwirksam gewordene Drainagen durch umfangreiche Versandung infolge Schliefsand.

Bei den Verschlämmungen durch Ockerniederschag und durch Schliefsand spielen außer den ungünstigen natürlichen Verhältnissen und Fehlern des Entwurfs auch Fehler der Ausführung und der Unterhaltung eine wichtige Rolle.

Zu 2. Bei Fällen der Unwirksamkeit einer Drainage, die nur durch unrichtigen Entwurf herbeigeführt sind, ist als erste Ursache die unzureichende Bemessung des Abstandes der einzelnen Drains voneinander zu nennen. Während einesteils Schädigungen durch zu geringe Strangentfernungen, abgesehen von den unnötig vermehrten Anlagekosten, überhaupt nicht hervorgetreten sind, ist anderenteils durch zu großen Abstand der Drains oft eine ungenügende Entwässerung in der Mitte zweier Drains eingetreten, mit den Folgen, daß nicht allein diese nassen Stellen keine Ertragssteigerung brachten, sondern daß infolge verspäteter Bestellung die Ernte des ganzen Feldes geschädigt wurde.

In den Fällen nun, in denen die gewählte Strangentfernung nicht zur Entwässerung des Bodens ausreicht, bleibt nur das durchgreifende Mittel übrig,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zwischen die bestehenden Drains in halber Entfernung Zwischendrains einzulegen, es sei denn, daß die Nässe nicht im ganzen Felde gleichmäßig auftritt, und nur einzelne Flächen einer kräftigeren Entwässerung bedürfen. In solchen Fällen würde die Anlage von Schlitzgräben an den nasseren Stellen, auch die Anlage von Sammlern geeignetenfalls zur Entwässerung genügen.

Zu umfangreichen Verstopfungen kann auch eine zu horizontale Anordnung der Saugdrains im Sinne der Querdrainage Anlaß geben, ebenso die Anlage von Teilsystemen, welche zwar das nötige Gesamtgefälle haben, aber wegen zwischenlagernder Höhe künstliches Gefälle erhalten müssen. Bei nicht ganz sorgfältiger Ueberwachung der Ausführung entstehen Fehlstellen, die im Laufe der Zeit die Drainage zerstören.

Zu 3, 4 bis 5. Gibt im genannten Falle der Entwurf selbst den Anlaß zu fehlerhafter Ausführung, so können aber auch teils schwaches Gefälle, teils sträflicher Leichtsinn die Ursache schlechter Ausführung werden. Ungleichmäßige Verteilung der Gefälle, Wassersäcke, schlechtes Legen der Röhren — eine ganz gerade Richtung der Drainröhren ist stets verdächtig. Ein gut verlegter Strang wird immer seitwärts bald nach der einen, bald nach der anderen Seite ausweichen, weil die meisten Röhren durch den Brand eine kleine Krümmung erleiden, welche nicht nach oben oder unten verlegt werden darf (s. a. S. 106). wenn ein gleichmäßiges Sohlengefälle und guter Schluß der Röhren erzielt werden soll — fehlerhafte Ausführung der Einmündung —, auch die Verwendung von Formstücken schützt nicht bei unzuverlässiger Ausführung. Ferner können auch die Verwendung ungenügend gebrannter oder mergelhaltiger Röhren, endlich mangelnde Unterhaltung — namentlich der Vorflut — die Ursachen der Zerstörung einer Drainage werden.

Das Verfahren zur Erneuerung der Drainage ist von den jeweiligen Umständen ahhängig. Das Aufgraben und die Wiederherstellung der alten Drainage wird im allgemeinen nur in Frage kommen, wenn der Entwurf nach jeder Richtung hin zweckmäßig ist. Um das beurteilen zu können, ist das Vorhandensein einer guten Ausführungskarte mit den nötigen Angaben, wie Nivellement, Höhenschichtenlinien, Gefälle und Rohrweiten der Sammler, Ausmündungshöhen und Vorflut, von größter Wichtigkeit. Sie gibt dem Techniker von vornherein einen guten Anhalt über wahrscheinliche Ursache des entstandenen Schadens, die wahrscheinliche Ausdehnung, die Möglichkeit der Erhaltung eines Teiles der alten Drainage und dergl. mehr.

Zu erwähnen ist noch, daß bei sehr schwachem Gefälle und beim Vorkommen von Wassersäcken im Hauptsammler die Anlage eines neuen Sammlers zweckmäßig ist, da sich der alte Sammler in solchen Fällen selten dauernd gut wiederherstellen lassen wird.

Aus dem Gesagten ist zu ersehen, daß die Art der Neudrainage von vornherein sich nicht allgemein bestimmen läßt, daß die Entscheidung über die Wahl der Mittel zur Wiederherstellung der Entwässerung von den gegebenen Verhältnissen abhängig ist, und welche Mittel sich für einzelne Fälle besonders eignen.

Es bleibt nur noch zu erörtern, was im Falle der Neudrainierung mit der alten Drainage anzufangen ist. Der günstigste Fall ist der, in welchem eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

alte Längsdrainage durch Querdrainage ersetzt wird und damit die Drains der alten Leitung in kurze, unzusammenhängende Teile zerschnitten werden. In diesem Falle bedarf es überhaupt keiner Schutzmaßregeln, da die auseinandergerissenen Teile der Drains keine nennenswerte Wassermenge führen und deshalb Schaden nicht verursachen können. Etwas anderes ist es, wenn sich die alten und neuen Drains garnicht, oder nur unter spitzem Winkel kreuzen. Dann bleiben längere, im Zusammenhange stehende Teile der alten Drainage erhalten, welche schon bemerkbare Wassermengen nach dem tiefsten Punkte der Leitung abführen und Schaden verursachen können, da die neue Drainage nicht imstande ist, daß zugeflossene Wasser sofort aufzunehmen und sofort weiterzuleiten.

Ein einfaches Unterbrechen der alten Drainage nützt hier nichts. Es sind hier nun folgende Wege gangbar:

1. Einmündung der alten Drainage in die neue, wenn eine Verstopfung der neuen Drainage durch die alte nicht zu befürchten ist.
2. Die Wiederherstellung der unterbrochenen Verbindungen der alten Drainage bei nicht reinen Rohrleitungen, wenn die Wiederherstellung der Verbindungen infolge verschiedener Höhenlage der beiden Drainagen möglich ist. Es ist in diesem Falle dafür zu sorgen, daß die Leitungsfähigkeit der alten Sammler erhalten bleibt, oder daß an geeigneter Stelle eine Ueberleitung des Wassers der alten Drainage durch einen Kiesfilter in den neuen Sammler angelegt wird.
3. Anlage von Kiesfiltern an jeder Schnittstelle der alten Drainage, sodaß das aufzunehmende Wasser leicht durch mehrere Stoßfugen in die neue Drainage eintreten kann.
4. Aufgraben und Unterbrechung der alten Drainage an weiteren Stellen, sodaß die kleinen übrigbleibenden Drainabschnitte Schaden nicht mehr bringen können.

Welcher Art und Weise der Vorzug zu geben ist, hängt von den Verhältnissen ab, namentlich, ob ein Teil der alten Drainage sich vorteilhaft noch erhalten läßt.

44. Herstellung der Drainröhren.

Obwohl die Herstellung der Drainrohre in der Regel von den Ziegeleien fabrikmäßig betrieben wird, ist ihre Kenntnis immerhin erforderlich, um gegebenenfalls aus den verwendeten Rohstoffen und der Betriebsweise einer Ziegelei auf die Güte der angebotenen Röhren schließen zu können.

a) **Drainröhren aus Ton.** Zur Herstellung der Ton-Drainröhren muß gute, nicht zu fette Ziegelerde genommen werden, die nur wenig Kalk enthält, sich hart und fest brennen läßt und in Frost und Nässe beständig bleibt. Ist der Ton zu fett, schwinden und reißen die Röhren. Er ist durch Beimischung von feinem, kalkfreiem Sande oder von fein gemahlenen Tonscherben brauchbar zu machen.

Magerer Lehm eignet sich zur Anfertigung garnicht, da die Röhren zu starke Wände erhalten müssen und dadurch unnötig schwer und teuer werden. Derartige Ziegelerde wird durch Zusatz von fettem, blauem Ton verbessert.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die zur Verarbeitung kommende Erdmasse wird vor Eintritt des Winters in etwa 60 cm hohen Haufen aufgeschichtet und alle 4 bis 6 Wochen umgestochen, damit er vom Frost gelockert und fein verteilt wird.

Fig. 234.

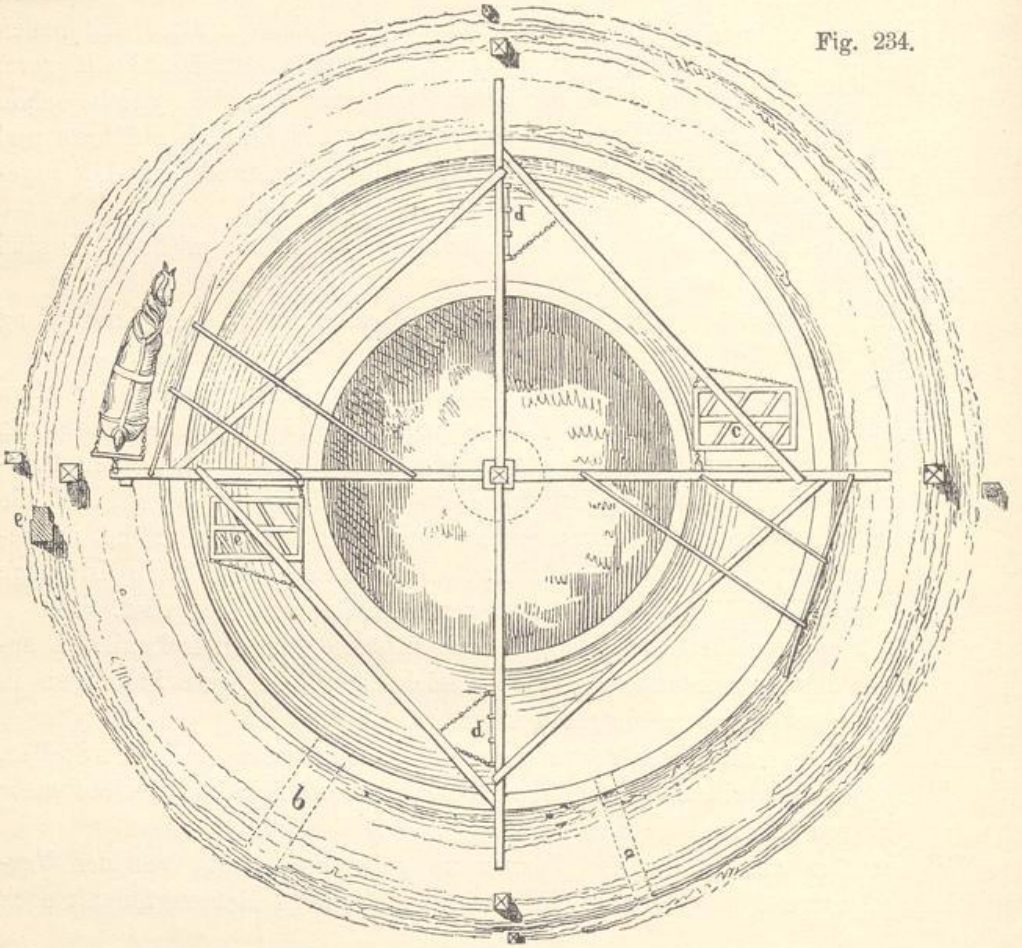
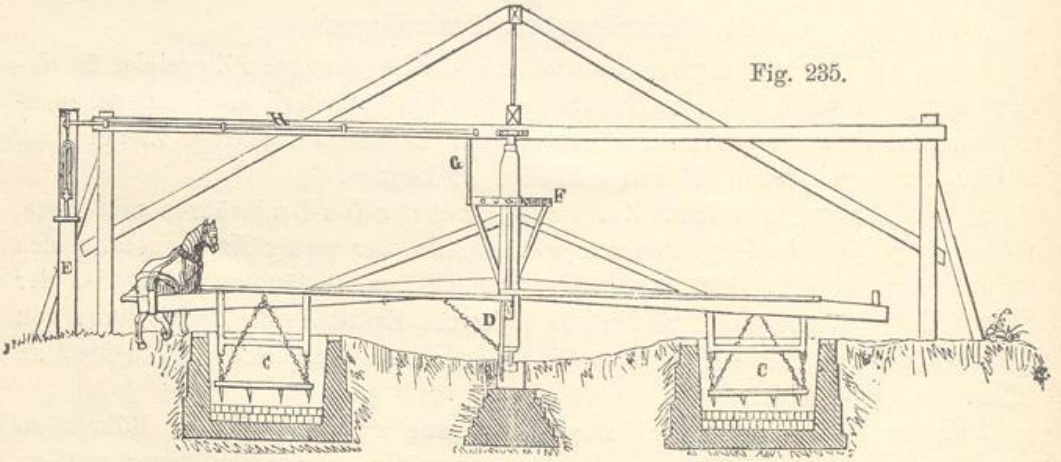


Fig. 235.



Sehr häufig ist der Ton durch Kalk, Schwefelkies, Steine und andere Beimengungen derart verunreinigt, daß seine Verwendung nicht ohne weiteres zu-

lässig ist. Diese Verunreinigungeu müssen zuerst und zwar am besten durch „Schlämmen“ beseitigt werden. Hierbei werden die feineren Teile von den gröberen durch Wasser getrennt, indem die letzteren, schwereren zu Boden fallen, die leichteren obenauf schwimmen.

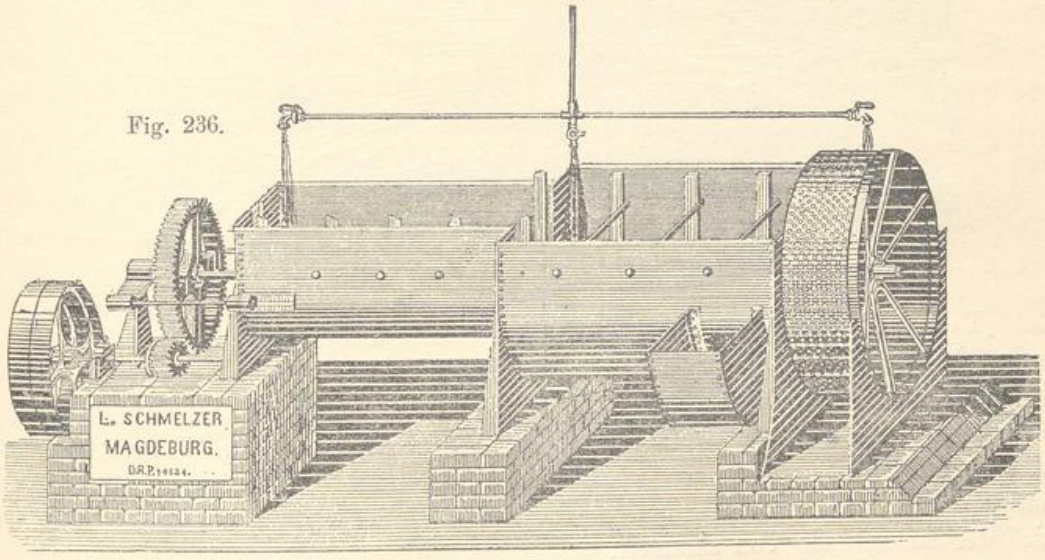
Zum Schlämmen dient die in Fig. 234 und 235 dargestellte Einrichtung mit Pferdebetrieb. Ein ringförmig gemauerter Kanal von etwa 10 m Durchmesser nimmt die Ziegelerde auf. In der Mitte der Anlage, die erhöht aufgestellt ist, damit der geschlämmte Ton in einen Behälter abgelassen werden kann, steht ein Wellbaum D in einem Gerüst aus zwei sich kreuzenden Balken und vier Pfosten und Streben. An dem Wellbaum sind vier Göpel-Arme kreuzförmig befestigt und durch Streben verspannt; an zweien hängt eine Egge mit eisernen Zinken, an den beiden anderen sitzen senkrecht stehende Messer zum Aufrühren und Zerteilen der Tonmasse.

Bei a ist der Zufluß des Wassers, bei b der Abfluß des geschlämmten Tones, c c sind die Eggen, die mit Ketten an den Göpelarmen hängen, d d zwei Reihen von je vier Messern. E bezeichnet eine Wasserpumpe, die durch die Welle F vermittelst des Hebels G und des horizontal liegenden Rades F in Bewegung gesetzt wird. Der Ausfluß b ist mit einem Gitter versehen, um Steine und andere gröbere Beimengungen zurückzuhalten, und wird mit einem Schütz geschlossen.

Beim Gebrauche wird die ringförmige Grube mit Ton etwa 20 bis 30 cm hoch angefüllt, mit Wasser in doppelter Höhe überflutet und das Gemisch kräftig durchgearbeitet. Nach einer kurzen Pause, in der die schweren Stoffe sich zu Boden setzen, wird der dünnflüssige Tonschlamm durch das Schütz abgelassen.

Die Rückstände in der Schlämmgrube werden täglich, oder wenn die Verunreinigung beträchtlich ist, nach jeder Ruhepause entfernt.

Fig. 236.



Eine durch Dampfkraft oder durch elektrischen Antrieb in Bewegung gesetzte Schlämmmaschine ist in Figur 236 dargestellt. Diese wird von der Ma-

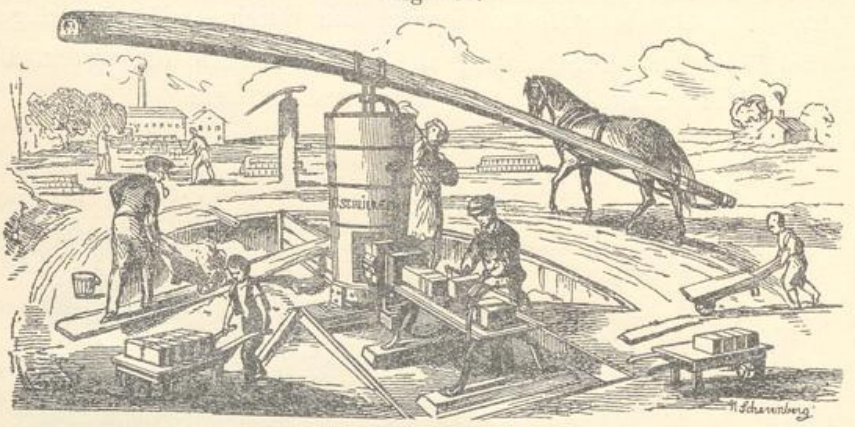
schinenfabrik L. Schmelzer-Magdeburg gebaut und hat den Vorzug, daß der Betrieb ohne Unterbrechung vor sich gehen kann.

Die Maschine besteht aus den Betriebsteilen, der Aufschlußkammer, der Schlämmkammer mit Steinfänger und dem Zylindersieb, und ist zur selbsttätigen Ausscheidung aller unlöslichen, groben Teile eingerichtet. Ein Rädervorgelege bringt die durch die Maschine gehende Messerwelle in Umdrehung. Das zu schlämmende Material kommt in die Aufschlußkammer, wird hier durch Tonschneidemesser mit zufließendem Wasser innig gemengt und in einen dickflüssigen Zustand gebracht. Durch eine Oeffnung wird der Brei in die Schlämmkammer gedrückt und durch Wasser und eine Anzahl Rührmesser dünnflüssig gemacht. Die unlöslichen und groben Teile werden ausgeschieden, Steine und Sand im Sandfänger aufgefangen. Das Schlämmwasser gelangt sodann über einen Steg in ein Zylindersieb, durch das die feineren Teile nach den Schlämmgruben fließen, während die gröberen Teile aus dem Siebe geworfen werden.

Zur Bedienung der ganzen Anlage genügt ein Arbeiter, der den Ton in die Aufschlußkammer zu werfen, den Wasserzufluß zu regeln und überhaupt den Betrieb zu überwachen hat.

Die weitere Bearbeitung des Tones erfolgt mittels eines Tonschneiders oder einer Knetmaschine. In einem walzen- oder kegelförmigen Zylinder aus Holz oder Eisen befindet sich eine drehbare Welle, an der eiserne Messer in einer Schraubenlinie angebracht sind. Figur 237 zeigt das Aeußere eines Tonschneiders mit Pferdebetrieb aus der Rixdorfer Maschinenfabrik vormals C. Schlickeysen.

Fig. 237.



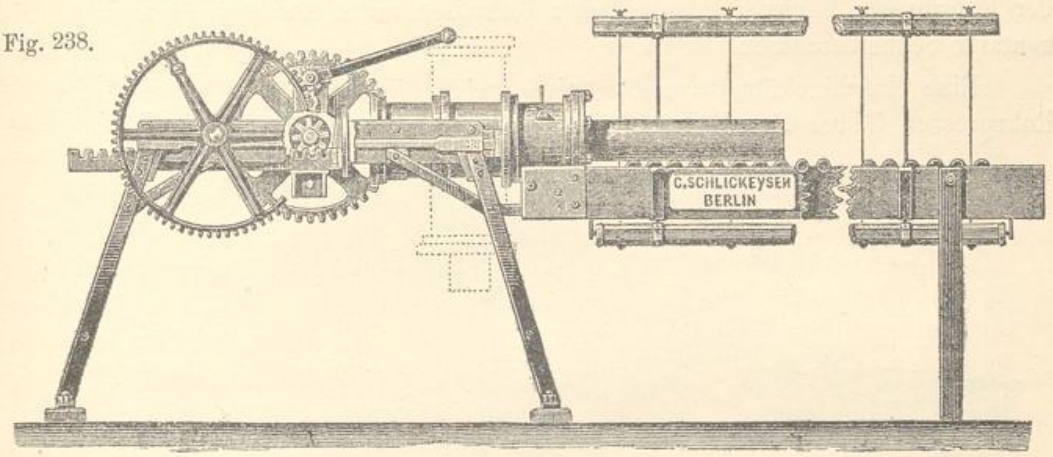
Der Zweck der Knetmaschine ist die gründliche Durcharbeitung der Ziegelerde. Die hierin gut durchgeknetete Masse tritt durch eine Oeffnung als ein ununterbrochener Strang von etwa 25 cm Breite und 12 cm Höhe. Von diesem Strange werden, falls die Benutzung einer Handrohrpresse in Frage kommt, einzelne Blöcke abgeschnitten und in einem Keller zum Durchweichen, „Mauken", aufbewahrt. Anderenfalls legt man vor dem Mundloche eine Grube an, in der sich der austretende Ton sammelt.

Die eigentliche Herstellung der Drainröhren erfolgt in **Röhrenpressen,** von denen die verschiedensten Formen und Größen angetroffen werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

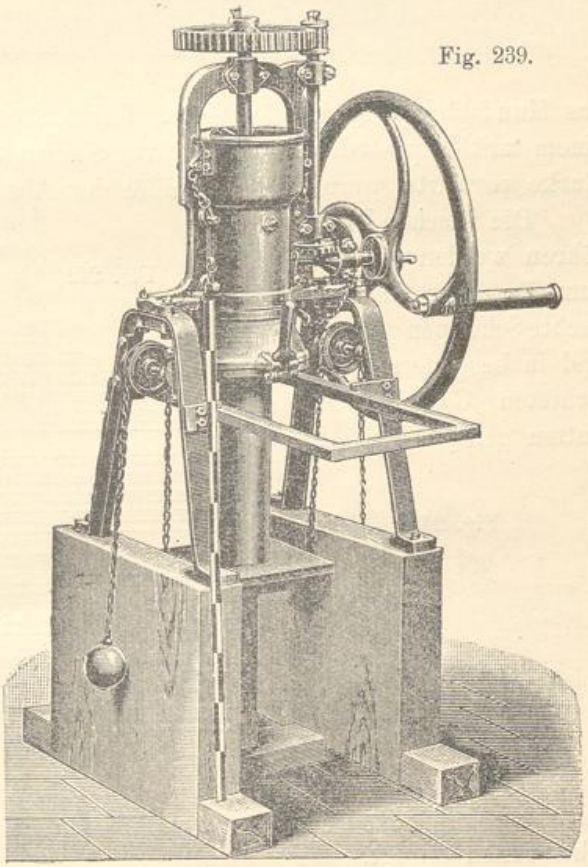
Für den Handgebrauch gilt die in Fig. 238 dargestellte Röhrenpresse als ein altbewährtes, bereits über 50 Jahre benutztes Muster von C. Schlickeysen, Berlin-Rixdorf.

Fig. 238.



In einem ovalen Zylinder wird der zum Pressen vorbereitete Ton gestampft und durch einen Kolben, der mittels Vorgelege in den Zylinder gedrückt wird, durch das Mundstück zu einem Rohrstrange herausgepreßt.

Fig. 239.



Der leergepreßte Zylinder fällt durch das Zurückschlagen einer ihn festhaltenden Klinge von selbst in eine senkrechte Stellung mit der Oeffnung nach oben — wie die punktierten Linien andeuten — und wird nach geschehener Füllung wieder horizontal gelegt.

Der Rohrstrang bewegt sich auf den Rollen eines Abschneidetisches vorwärts, wo er mittels gespannter Drähte zwischen den Bügeln in der Weise zerschnitten wird, daß zu gleicher Zeit mehrere Röhren abgetrennt werden.

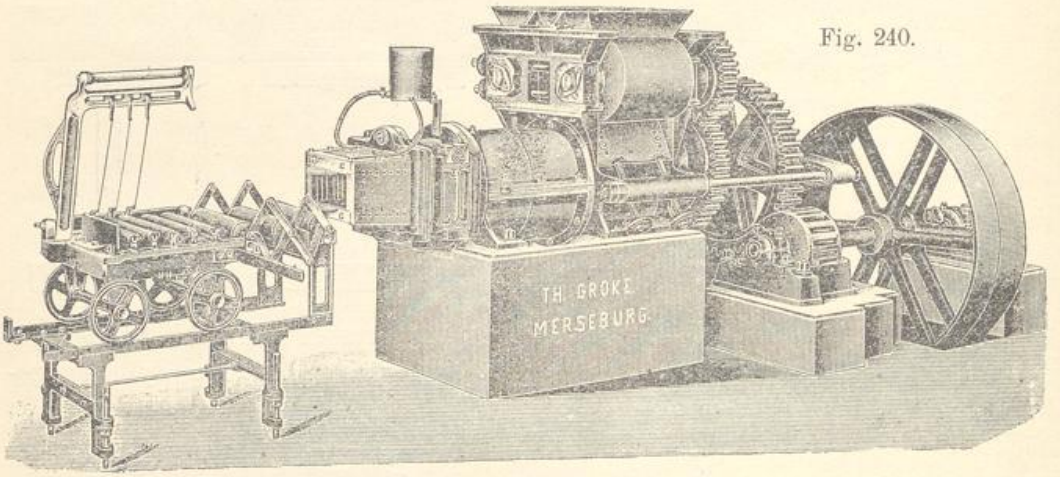
Je nach dem Durchmesser der herzustellenden Röhren werden entsprechend weite Mundstücke dem Preßzylinder vorgeschraubt. Die Mundstücke müssen wegen Innehaltung der erforderlichen Wandstärke unter Berücksichtigung des Schwindmaßes des Tones hergestellt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für große Durchmesser wird eine in Fig. 239 abgebildete Handrohrpresse der Rixdorfer Maschinenfabrik benutzt. Ihre Bestandteile sind: Tonschneider mit doppeltem Vorgelege, Handschwungrad, freihängende Glocke zur Aufnahme der Rohrformen, senkrecht beweglicher Rohrtisch mit Gegengewichten und horizontaler Schneiderahmen.

Eine Maschine für Dampfbetrieb zeigt die Fig. 240. Diese liegenden Rohrpressen führen zumeist eine mit Messern besetzte Welle, die den Ton gegen

Fig. 240.



das Mundstück (Fig. 241) pressen. Der austretende Rohrstrang schiebt sich auf einem mit Gips- oder Filzrollen versehenen Tische bis zu einer bestimmten Marke vorwärts, worauf er mit Hilfe der Abschneidevorrichtung zertrennt wird.

Die frischen Drainröhren werden nunmehr zum Trocknen in überdachte Schuppen gebracht und in besonders hergerichteten Gestellen auf Latten gelegt (Fig. 242).

Fig. 242.

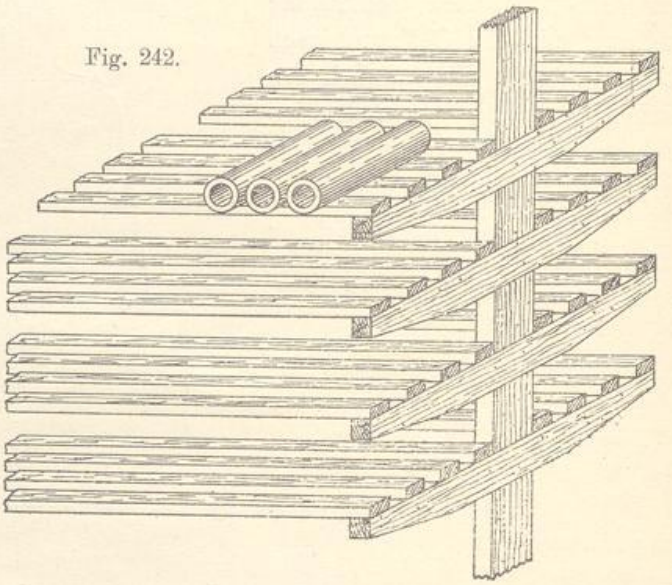
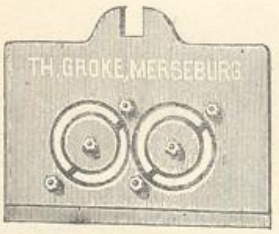


Fig. 241.



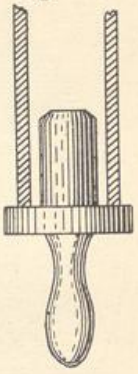
Die Luft muß von allen Seiten zutreten können, damit ein möglichst gleichzeitiges Abtrocknen erfolgt.

Die Röhren behalten beim Hereinschaffen in die Trockenschuppen und beim Trocknen selbst nicht immer ihre Form bei, auch werden die Köpfe mit dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Draht nie so glatt abgeschnitten, daß nicht Brahmkanten (s. S. 25) entstehen. Es ist deshalb geboten, jedes Rohr, nachdem es in dem Trockengerüst etwas abgesteift ist, nachzurollen. Hierzu wird das Rohr über ein Rundholz von entsprechender Stärke geschoben und auf einer Tischplatte hin- und herbewegt, sodann an den Schnittflächen aufgestaucht. Vielfach werden auch die Endflächen mit einem Holzstöpsel (Fig. 243) dadurch abgeglichen, daß dieser in den Kopfenden an der Innenwand einigemal herumgedreht wird.

Fig. 243.



Das Trocknen muß, geschützt gegen Sonne und Wind, langsam erfolgen, weil sonst die Röhren rissig werden. Diese müssen soviel wie möglich an Wasser verlieren und eine solche Festigkeit annehmen, daß man sie in dem Brennofen aufhäufen kann, ohne daß die zu unterst liegenden durch das Gewicht der oberen merkbare Formänderungen erleiden.

Das Brennen geschieht in gewöhnlichen Ziegelöfen, in Ringöfen oder in eigens dazu erbauten Rohrbrandöfen.

Von letzteren ist der von John Parkes in New-Forest vorgeschlagene (Fig. 244 und 245) einer der besten und verbreitetsten. Dieser Ofen hat runde Form, einen lichten Durchmesser von 4,0 m und bis zum Scheitel eine Höhe von gleichfalls 4,0 m. Er ist außen mit gewöhnlichem Mörtel, innen mit feuerfestem Ton verputzt.

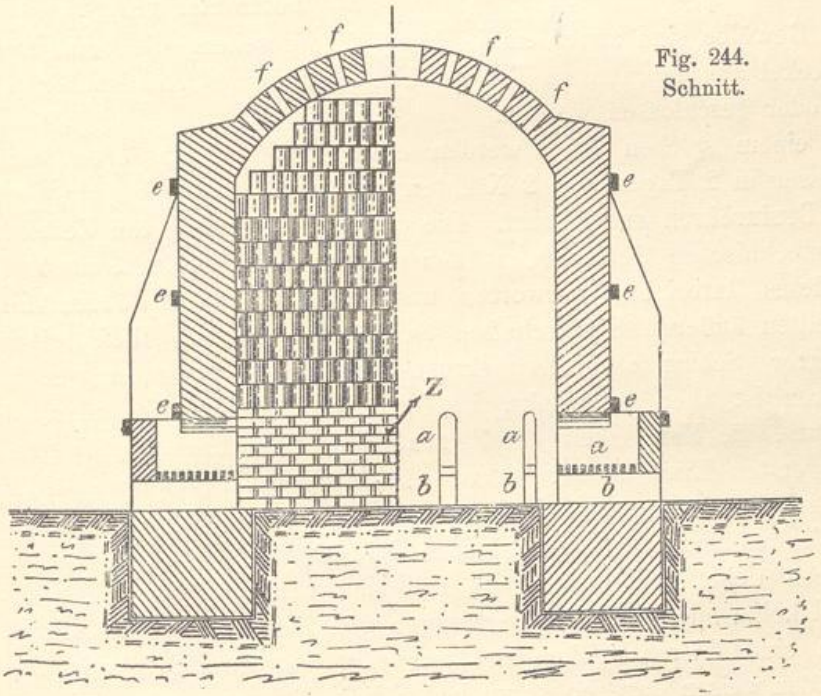


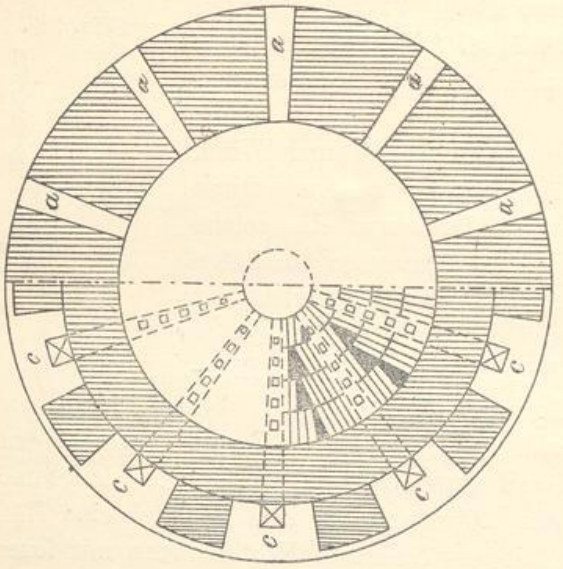
Fig. 244.
Schnitt.

Im Unterteile des Ofens sind 10 Feuerungen a, jede 0,24 m breit, nach dem Mittelpunkte konisch zulaufend und 0,75 m hoch. Zwischen den Aschenkanälen b und der Feuerung sind Roste aus Schamotteziegeln angebracht. Durch die Oeffnung c wird das Brennmaterial, meist Kohlengrus, in den Ofen geschüttet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die ganze Feuerung wird aus feuerfesten Steinen hergestellt. Der Ofen ist durch drei eiserne Reifen e e verankert.

Fig. 245. Grundriß.



Beim Füllen des Ofens werden als Unterlage ungebrannte Ziegelsteine Z eingeschoben und um eine Schicht höher gelegt als die Heizöffnung a reicht, die Drainröhren sodann auf die Ziegelsteine gestellt. Da stets Röhren von verschiedenen Weiten zu brennen sind, steckt man sie, um Platz zu sparen, ineinander.

Sobald der Ofen gefüllt ist, wird die Seitenöffnung, durch die das Einsetzen der Röhren vorgenommen wird, vermauert. Die letzten Röhren werden durch die im Gewölbe befindliche Oeffnung eingebracht; sie werden zur Ausnutzung des Raumes horizontal gelegt.

Im Gewölbe sind außerdem Löcher f f vorgesehen, die beim Brennen mit einem Deckel aus gebranntem Ton zur Erzeugung eines gleichmäßigen Luftzuges geöffnet oder geschlossen werden.

In einem solchen Ofen werden etwa 12000 Drainröhren verschiedener Durchmesser in 2 Tagen und 2 Nächten gebrannt.

b) Drainröhren aus Zement. Die weite Verbreitung von Zement auf fast allen bautechnischen Gebieten hat den Gedanken nahegelegt, auch für Drainröhren dieses Material zu verwerten, und es ist leicht, die Röhren mit allen an sie gestellten äußeren Eigenschaften (s. Abschn. 4) mit Hilfe eigens hierfür konstruierter Schlagmaschinen herzustellen. Das Verwendungsgebiet solcher Drainröhren ist aber beschränkt, insofern saure Böden, besonders Böden mit Humussäure, die Haltbarkeit der Zementdrains sehr beeinträchtigen. Dies gilt z. B. in erster Linie für Hochmoorboden, wo in zahlreichen Fällen die schädlichen Einwirkungen des Moorwassers beobachtet worden sind. Dagegen ist die Verwendung meist gefahrlos in Niederungsmooren und niederungsmoorartigen Uebergangsmooren, die frei sind von größeren Mengen Schwefeleisen und keine oder nur geringe Mengen von freien Säuren enthalten. Im allgemeinen sind hiernach Zementröhren für Moordrainagen ungeeignet. Die Mineralböden weisen dagegen kaum bedenkliche Beimengungen auf, nur in Sandböden, dann auch im Untergrunde von Niederungsmooren, findet sich wohl Schwefelkies, der durch Bildung von Schwefelsäure den Zement angreift und zerstört. Wo er nun nesterweise auftritt, sind die Röhren durch Eintauchen in eine dünnflüssige Asphaltlösung zu sichern. In Fällen, wo Zweifel über die

Verwendbarkeit von Zementröhren auftreten, empfiehlt es sich, eine Untersuchung des Bodens durch die Moorversuchsstation zu Bremen vornehmen zu lassen, die sich seit längerem auch mit Fragen dieser Art befaßt und hierin größere Erfahrungen gesammelt hat.

Der Preis der Zementröhren hängt in erster Linie von der Güte des Zuschlagstoffes, des Sandes und dem dadurch bedingten Zementzusatze ab. Das Mischungsverhältnis der Betonmasse wird zu etwa 1:5 bis 1:6, d. h. 1 Teil Zement auf 5 bis 6 Teile Sand gewählt. Immerhin wird die Selbstanfertigung etwa $^1/_3$ wohlfeiler als diejenige der Tonröhren. Die Fabrikation wird vornehmlich lohnend für Verwendungsstellen, die weit von Tonrohr-Ziegeleien entfernt liegen und weite Transporte mit der Eisenbahn oder zu Land bedingen, ferner wenn geeigneter Sand zur Verfügung steht. Guter Portlandzement ist jetzt fast überall zu haben. Die Röhren lassen sich unter jeder Bedachung, in jeder Sandgrube anfertigen. Die Länge ist die der gewöhnlichen Tonröhren.

Maschinen für Zementdrainröhren werden von Otto Schüßler in Ströbitz bei Kottbus und von **Dr. Gaspary** & Komp. in Markranstädt bei Leipzig geliefert. Sie bestehen gewöhnlich aus einem eisernen Tisch mit einem oder zwei Trögen an der Seite zur Aufnahme der Betonmasse und aus einem kastenartigen Raum für die gleichzeitige Herstellung mehrerer Röhren, je nach Durchmesser. Nach den Fig. 246 bis 251 wird der Hergang der Rohrfabrikation von der Firma Dr. Gaspary & Komp., wie folgt, beschrieben:

Aus mittelfeinem, scharfkörnigem Sande, den man zu 5 bis 6 Teilen mit 1 Teil Portlandzement zuerst gründlich vermischt und dann mit Wasser zu einer erdfeuchten Masse verarbeitet, werden die Röhren, je nach ihrer Lichtweite gleichzeitig 3 bis 6 Stück nebeneinander, hergestellt. Die Rohre werden auf leicht geölten schmiedeeisernen Unterlagen, jedes Rohr auf einer Unterlage für sich, gearbeitet (Fig. 246). Nachdem die Unterlagen in die Maschinen eingelegt sind, füllt man sie leicht mit Mörtel, der sich griffbereit in den seitlichen

Fig. 246.

Fig. 247.

Mörteltrögen befindet und verdichtet diesen Mörtel mit dem hierfür bestimmten Schlageisen zur unteren Hälfte der Röhren (Fig. 247). Das Schlagen erfordert

nur wenig Uebung, denn das Eisen läuft seitlich des Formkastens auf nachstellbaren Führungsschienen. Hierauf bringt man durch einen Griff alle Kerne von hinten nach vorn in den Formkasten (Fig. 248), schaufelt wieder Mörtel auf und verdichtet diesen mit der in Führungen laufenden patentierten Schlag-

Fig. 248.

Fig. 249.

platte. Sind die Rohre herausgearbeitet, so bringt man die Schlagplatte wieder in ihre Ruhestellung hinter dem Formkasten (Fig. 249), drückt sämtliche Kerne durch eine Bewegung ebenfalls nach hinten und hebt nun durch einen Tritt auf den Fußhebel alle Rohre gleichzeitig aus. Mittels des Rohrhalters, den man von vorn, und der Abhebegabel, die man von hinten her unter alle Rohre schiebt (Fig. 250), kann man diese gleichzeitig abtragen und in die Trockengerüste

Fig. 250.

Fig. 251.

absetzen. Nach 1 bis 2 Tagen werden die Unterlagen vorsichtig an den Röhren abgezogen (Fig. 251). Nach weiteren 6 bis 8 Tagen werden die Rohre, die in heißer Zeit fleißig anzufeuchten sind (Gießkanne), ins Freie gestapelt, wo sie nun völlig erhärten, so daß sie nach 6 bis 8 Wochen verlegt werden können.

Es ist selbstverständlich, daß auf einer Maschine durch Auswechseln des Formkastens, der Kerne, Schlagplatte und des Schlageisens Rohre verschiedenen

Durchmessers, wie sie zu Saug- und Sammeldrains nötig sind, hergestellt werden können. Es lassen sich auf diese Weise auf einer Dr. Gaspary-Drainrohrmaschine „Viktoria II“ Rohre von 4, 5, 6, 7,5, 8 und 10 cm Lichtweite anfertigen. Für größere Durchmesser empfiehlt es sich, die „Columbus“formen derselben Firma zu verwenden.

Nach weiteren Angaben der Firma beträgt die Tagesleistung eines Arbeiters in 10 Stunden etwa 2000 Röhren, kreisrund ohne Sohle bei 4 cm lichter Weite. Dabei wird die Betonmasse von einem Burschen gemischt. Der Herstellungspreis bei einer Mischung 1 : 6 für 1000 Stück Rohre von 5 cm Weite stellt sich, wie folgt, auf 9,40 M:

0,8 cbm Sand, das cbm zu 1,0 M	0,80 M
170 kg Zement, 100 kg zu 3,0 M	5,10 „
Arbeitslohn 1 Arbeiter, Tagelohn 4,0 M . . .	2,00 „
Arbeitslohn 1 Bursche, Tagelohn 2,0 M . . .	1,00 „
Oel für Streichen der Bleche usw.	0,50 „
Zusammen	9,40 M

Hiernach berechnet betragen die Kosten von:

1000 Stück Röhren von 4 cm lichter Weite	8,00 M
„ „ „ „ 6 „ „ „	11,50 „
„ „ „ „ 8 „ „ „	16,50 „

Siehe hierzu die Kostenangaben der Tondrainröhren auf Seite 27. Dabei sei bemerkt, daß bei Zementröhren weder Anschaffungskosten der Maschine und ihrer Nebenteile, noch Amortisation der Anlage in Rücksicht gezogen sind.

III. Die Darstellung der Drainpläne*).

Zu jedem umfangreicheren Drainage-Entwurfe sind nachstehend aufgeführte Stücke**) erforderlich.

a) Die Uebersichtskarte, der Lageplan oder Drainplan, die Höhenpläne und Querschnitte der Vorflutgräben;
b) die Erläuterung nebst einer Zusammenstellung der Vorflutanlagen und einem Verzeichnisse der Festpunkte;
c) die Nachweisung über die Richtigkeit der Drainrohrweiten;
d) der Anschlag, der sich aus der Massen-, Materialien- und Kostenberechnung zusammensetzt;
e) das Teilnehmerverzeichnis, sofern die Bildung einer öffentlichen Wassergenossenschaft in Frage kommt.

Alle Zeichnungen und Ausarbeitungen sind mit der Bezeichnung des Entwurfes und dem Namen der Provinz, des Regierungsbezirkes, des Kreises und des Gemeindebezirkes zu versehen, außerdem hat der Verfasser unter Angabe

*) Ueber die zeichnerische Ausführung und die hierfür erforderlichen örtlichen geometrischen Arbeiten unterrichtet das Werk des Verfassers: Das Feldmessen. Die Schrift wird demnächst als XI. Band des Handbuches des Bauingenieurs im Verlage von Bernh. Friedr. Voigt in Leipzig erscheinen.

**) Anweisung für die Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen. Herausgegeben von der Königlichen Generalkommission für die Provinz Schlesien.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN