

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

15527

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000301503

# MELIORATIONSWESEN

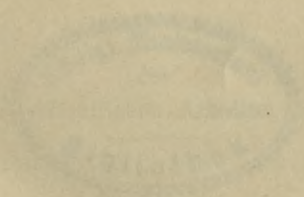
EIN LEHRBUCH

VON DR. THEODOR VON SIEMENS UND DR. THEODOR VON SIEMENS, BEI  
DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

A. REICH

VERLAG VON WILHELM FROGMANN

LEIPZIG, DRUCKERIE VON WILHELM FROGMANN



LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM FROGMANN

x  
886



DAS  
MELIORATIONSWESEN

EIN LEHRBUCH

FÜR TECHNISCHE UND LANDWIRTSCHAFTLICHE FACHSCHULEN, DEN  
SELBSTUNTERRICHT UND DIE PRAXIS

VON

**A. REICH**

DIREKTOR DES STÄDTISCHEN TECHNIKUMS ZU STERNBERG I. M.

26/6

MIT 182 TEXTABBILDUNGEN UND AUSFÜHRLICHEM SACHREGISTER



17 Juni. Nr. 274/31.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1905

x  
886

944/55

DAS

MELLORATIONSWESSEN

EIN LEHRBUCH

AUF TECHNISCHE UND LANDWIRTSCHAFTLICHE HOCHSCHULEN, DEN  
LEHRANSTÄLTEN UND DER PRAKTIK

1897

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, werden vorbehalten.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

III 15527



Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Akc. Nr. 2168 / 49

## Vorwort.

Da das vorliegende Werk zur Vervollständigung der im gleichen Verlage erschienenen Bücher „Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues“ und „Esselborn & Sonne, Elemente des Wasserbaues“ dienen soll, so sei in bezug auf die Gründe, welche zur Bearbeitung dieses Lehrbuches Veranlassung gaben, auf die Vorreden der beiden obengenannten Werke verwiesen. Auch hier handelt es sich darum, dem angehenden Techniker und zwar speziell dem Kulturtechniker, ein Lehrbuch in die Hand zu geben, welches ohne weitläufige theoretische und wissenschaftliche Erörterungen alles das bietet, was der Techniker wissen muß, um bei dem täglich schwerer werdenden Erwerbskampfe nicht zu unterliegen. Aber nicht allein als Schulbuch soll es dem jungen angehenden Fachmann zur Seite stehen. Häufig kommt es, nach des Verfassers Erfahrung, vor, daß Tiefbautechniker, welche sich nur für den Eisenbahnbau oder für den Straßenbau oder für den Brückenbau interessierten und in ihm tätig sein wollten, durch die Macht der Verhältnisse davon abgehalten wurden und sich, sei es sofort nach dem Verlassen der Schule, sei es nach Jahren der Kulturtechnik widmen mußten. Ebenso geht es manchem Hochbautechniker. Auch für solche soll dies Buch ein Lehrbuch sein, um vergessenes aufzufrischen oder durch Selbststudium ein ihnen bis dahin unbekanntes Gebiet vollständig neu zu erlernen oder als Handbuch für bestimmte Fragen des Meliorationswesens zu dienen.

Ebenso soll das Buch den Schülern der Wiesenbauschulen und der landwirtschaftlichen Schulen ein Lehrbuch beim Unterricht im Meliorationswesen sein und endlich praktischen Landwirten ein Ratgeber in allen die Melioration ihrer Äcker und Wiesen betreffenden Fragen.

Wenn ich eingangs sagte, das Buch sei eine Vervollständigung oder besser gesagt, Ergänzung der vorerwähnten Werke, so trifft dies allerdings nur teilweise zu. Das vorliegende Buch ist in bezug auf das Meliorationswesen ein vollkommen abgeschlossenes selbständiges Buch und nur insofern eine Ergänzung, als Dinge, welche nicht direkt mit der Ausführung von Meliorationsarbeiten zu tun haben, wie Berechnung und Bau von Stauanlagen, Deichanlagen usw., sowie die Eigenschaften, Gewinnung usw. des Wassers nicht nochmals besonders und ausführlich besprochen sind.

In ein Lehrbuch über Meliorationswesen gehört dies schon um deswegen nicht hinein, weil diese Gegenstände auch nicht an der Schule im Unterricht über Meliorationswesen vorgetragen werden, sondern dem Erdbau, dem Wasserbau usw. zugewiesen sind.

Zum Schluß führe ich noch in umstehendem Literaturverzeichnis diejenigen Werke an, welche bei der Bearbeitung des Lehrbuches des Meliorationswesens von mir mitbenutzt worden sind, ohne daß ich im Text jedesmal besonders angebe, aus welchem Werke und von welcher Seite ich diesen und jenen Satz entnommen habe. Dagegen habe ich bei jeder aus einem der umstehend verzeichneten Werke entnommenen Figur, dies an der betreffenden Stelle angegeben.

Zum Schluß gestatte ich mir noch der Verlagsbuchhandlung für die gediegene Ausstattung des Werkes meinen verbindlichsten Dank zu sagen.

Sternberg i. M. im August 1905.

Reich.





# Inhalts-Verzeichnis.

Vorwort . . . . .	III
Literatur-Verzeichnis . . . . .	VII

## Einleitung.

§ 1. Bedeutung und Zweck der Meliorationen . . . . .	1
--	---

### I. Abschnitt. Das Wasser.

§ 2. Das Wasser in der Luft . . . . .	1
§ 3. Die Niederschläge . . . . .	3
§ 4. Die Messung des Niederschlages . . . . .	6
§ 5. Die Verdunstung des Niederschlagswassers . . . . .	7
§ 6. Die Versickerung des Niederschlagswassers . . . . .	7
§ 7. Das Grundwasser . . . . .	7
§ 8. Die Schwankungen und Bewegungen des Grundwassers . . . . .	8

### II. Abschnitt. Die Bodenkunde.

§ 1. Der Natur- und der Kulturboden . . . . .	10
§ 2. Die Erde und ihre Entwicklungsgeschichte . . . . .	10
§ 3. Die Mineralien der Erdrinde . . . . .	11
§ 4. Die Bodenbildung . . . . .	11
§ 5. Einfluß der pflanzlichen und tierischen Organismen auf die Bodenbildung . . . . .	13
§ 6. Die Klassifikation des Bodens . . . . .	13
§ 7. Die Bodenstruktur . . . . .	14
§ 8. Das Bodenwasser . . . . .	15
§ 9. Die Wärme des Bodens . . . . .	15
§ 10. Die Durchlüftbarkeit des Bodens . . . . .	16
§ 11. Die im Boden enthaltenen Nährstoffe . . . . .	16
§ 12. Das Absorptionsvermögen des Bodens . . . . .	17
§ 13. Die verschiedenen Bodenarten und ihre Eigenschaften . . . . .	17

### III. Abschnitt. Ent- und Bewässerung der Ländereien.

#### A. Einleitung . . . . . 18

§ 1. Das Ziel der Entwässerung . . . . .	18
§ 2. Das Ziel der Bewässerung . . . . .	19
§ 3. Die Vorarbeiten für Landesmeliorationen . . . . .	19

#### B. Die Entwässerung . . . . . 19

##### 1. Die Entwässerung durch Gräben . . . . . 19

§ 4. Das Tagwasser . . . . .	19
§ 5. Der Vorfluter . . . . .	20
§ 6. Die Räumung und Krautung . . . . .	21
§ 7. Die Kanäle und Gräben . . . . .	22
§ 8. Die Seespiegelsenkung . . . . .	23
§ 9. Beispiel einer Trockenlegung . . . . .	24
§ 10. Die künstliche Vorflut . . . . .	26
§ 11. Die zur Entwässerung von Niederungen gebräuchlichen Wasserhebemaschinen . . . . .	29
§ 12. Der Betrieb der Wasserhebwerke . . . . .	34
§ 13. Beispiel einer größeren Entwässerungsanlage . . . . .	37
§ 14. Die Vor- und Nachteile der Grabenentwässerung . . . . .	39

##### 2. Die Entwässerung durch verdeckte Kanäle oder die Drainage . . . . . 39

§ 1. Die Drainage . . . . .	39
§ 2. Die zur Drainierung geeigneten Bodenarten . . . . .	40
§ 3. Die Vorteile der Drainage . . . . .	40

§ 4.	Die älteste Art des Drainierens . . . . .	41
§ 5.	Die Verwendung der tönernen Röhren zum Drainieren . . . . .	42
§ 6.	Die Saug- und Sammeldrains. Längs- und Querdrainage . . . . .	44
§ 7.	Die Wasserführung der Drainröhren . . . . .	46
§ 8.	Die Länge der Röhren von verschiedenem Durchmesser . . . . .	48
§ 9.	Die Lage der Sammeldrains . . . . .	49
§ 10.	Die Anfertigung von Drainage-Entwürfen . . . . .	50
§ 11.	Das Abstecken des Drainplans . . . . .	52
§ 12.	Das Ausheben der Gräben und Verlegen der Röhren . . . . .	53
§ 13.	Doppeldrains. Abfangen von Quellen. Drains in Moor . . . . .	55
§ 14.	Verbindung der Drains . . . . .	56
§ 15.	Das Zufüllen der Gräben . . . . .	57
§ 16.	Die Ausmündungen . . . . .	57
§ 17.	Die Gräben und Wege bei der Drainierung . . . . .	59
§ 18.	Die Kosten der Drainierung . . . . .	60
§ 19.	Verstopfungen der Röhren . . . . .	61
§ 20.	Die Absenkung des Wassers in vertikaler Richtung . . . . .	62

### C. Die Bodenerhöhung oder Kolmation . . . . . 62

§ 1.	Die Erhöhung niedrig gelegener Grundstücke . . . . .	62
§ 2.	Der Zuleitungskanal . . . . .	63
§ 3.	Die Ableitung des geklärten Wassers . . . . .	64

### D. Die Bewässerung der Ländereien . . . . . 64

§ 1.	Die anfeuchtende und die düngende Bewässerung . . . . .	64
§ 2.	Die Wassermenge . . . . .	65
§ 3.	Das beste Wasser zur Bewässerung. Die Herbst-, Winter-, Frühjahrs- und Sommer-Bewässerung . . . . .	66
§ 4.	Die Gewinnung des Wassers für Bewässerungszwecke . . . . .	67
§ 5.	Der Bewässerungshauptkanal und seine Bauwerke . . . . .	69
§ 6.	Die verschiedenen Bewässerungsarten . . . . .	73
§ 7.	Die Kosten einer Bewässerungsanlage . . . . .	82
§ 8.	Die Bewässerung mit dem Schmutzwasser der großen Städte . . . . .	82
§ 9.	Die Bewässerung mit dem Schmutzwasser der Fabriken . . . . .	84

## IV. Abschnitt. Die Moorkultur.

### a) Die Moore und ihre Entstehung . . . . . 85

§ 1.	Die beiden Arten der Moore . . . . .	85
§ 2.	Die Hochmoore . . . . .	85
§ 3.	Die Niedermoores . . . . .	86

### b) Die Kultur der Moore . . . . . 87

§ 4.	Die Kultur der Hochmoore . . . . .	87
§ 5.	Die Kompostierung von Grünlandsmoor . . . . .	90
§ 6.	Die Moordamnkultur . . . . .	91

## V. Abschnitt. Das wichtigste über Wiesenpflanzen und Hülsenfrüchte und über Anlage von Wiesen.

§ 1.	Die Wiese und Weide . . . . .	94
§ 2.	Die echten Gräser . . . . .	95
§ 3.	Die Blüten der Leguminosen . . . . .	95
§ 4.	Der Gebrauchswert der Samen . . . . .	95
§ 5.	Die Samenmischungen . . . . .	96
§ 6.	Das wichtigste über die Anlage und Pflege der Wiesen . . . . .	99
Sachregister . . . . .		101

## Literatur-Verzeichnis.

---

Baukunde des Ingenieurs.

Börnstein, Leitfaden der Wetterkunde.

Dünkelberg, Enzyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik.

Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues.

Fortschritte der Ingenieur-Wissenschaften. 2. Gruppe. 1. Heft.

Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften.

Brennecke, Der Grundbau.

Promnitz, Der Holzbau.

Reinhardt, Kalender für Straßen-, Wasserbau- und Kulturingenieure.

Schrader, Der Fluß- und Strombau.

Sonne und Esselborn, Elemente des Wasserbaues.

Tolkmitt, Grundlagen der Wasserbaukunst.

Vincent, Die Drainage.

Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik.

---



## Einleitung.

---

§ 1. Unter Melioration versteht man landwirtschaftliche Verbesserungen des Bodens zu dem Zwecke, den Ertrag der Grundstücke zu heben oder gleichmäßig zu gestalten oder überhaupt erst eine landwirtschaftliche Benutzung derselben zu ermöglichen. Mit Meliorationsarbeiten bezeichnet man daher solche Arbeiten, durch welche niedrig gelegene, nasse oder versumpfte Grundstücke entwässert oder zu trockene Grundstücke bewässert werden können. Wir haben demnach zwei Hauptgruppen in der Melioration zu unterscheiden: die Entwässerung und die Bewässerung.

Steht das Grundwasser zu hoch, so schadet es der Entwicklung der Pflanzen und ebenso ist dies der Fall, wenn es zu tief steht.

Die Melioration oder, wie man auch sagen kann, die Lehre von der Beherrschung des Wassers im Interesse der Landwirtschaft, muß deshalb sowohl auf die Beseitigung bezw. Unschädlichmachung des überschüssigen Wassers als auch auf die Herbeischaffung fehlenden Wassers bedacht sein.

Die wichtigste kulturtechnische Arbeit ist die Entwässerung — da wohl Bodenverbesserungen allein durch Entwässerung — z. B. Drainagen, Moorkulturen — aber nie allein durch Bewässerungen möglich sind. Daher gilt für letztere der Grundsatz: „Keine Bewässerung ohne Entwässerung“.

Bei Meliorationsarbeiten größeren Umfanges empfiehlt sich die Zusammenfassung der beteiligten Anlieger zu einer Genossenschaft. Die Gesetzgebung gestattet, und zwar nicht nur in Deutschland, sondern in fast allen Kulturstaaten die zwangsweise Heranziehung etwa widerstrebender Besitzer zu derartigen Genossenschaften, sobald deren Zweck, im allgemeinen Interesse kulturtechnische Unternehmungen auszuführen, nachgewiesen ist.

---

### I. Abschnitt.

## Das Wasser.

---

§ 2. Die Luft enthält stets Wasser und zwar in Form von Wasserdampf. Dieser Wasserdampf ist von besonderer Wichtigkeit, weil von seinem Verhalten Bewölkung und Niederschlag abhängen. Die Luft wird um so mehr Wasserdampf aufnehmen,

je wärmer sie ist, und wird, wenn sie weniger Wasserdampf enthält, als sie aufzunehmen vermag, Wasser ansaugen, d. h. es findet eine Verdunstung derjenigen nassen Oberflächen statt, welche mit der Luft in Berührung kommen. Da nun der Wasserdampfgehalt der Luft abhängig ist von deren Temperatur, so wird mit den Schwankungen derselben der Wasserdampf zu- oder abnehmen. Man bezeichnet den Wasserdampfgehalt der Luft auch mit absoluter Feuchtigkeit, im Gegensatz zur relativen Feuchtigkeit, worunter man das Verhältnis der wirklich in der Luft vorhandenen Wassermenge zu derjenigen, welche sie bei gleicher Temperatur höchstens würde aufnehmen können, versteht.

Aus nachstehender Tabelle I ersieht man, wie bedeutend der Wassergehalt der gesättigten Luft, also die absolute Feuchtigkeit, mit der steigenden Temperatur zunimmt und welchen Einfluß dies auf die Stärke der Niederschläge hat.

Tabelle 1.

Temperatur in Graden Cels.	Wassergehalt der gesättigten Luft in g/cbm	Temperatur in Graden Cels.	Wassergehalt der gesättigten Luft in g/cbm
— 20	1,06	+ 26	24,17
— 15	1,59	+ 28	27,02
— 10	2,30	+ 30	30,13
— 5	3,36	+ 32	33,55
± 0	4,88	+ 34	37,29
+ 2	5,58	+ 36	41,39
+ 4	6,37	+ 38	45,88
+ 6	7,26	+ 40	50,77
+ 8	8,26	+ 42	56,10
+ 10	9,37	+ 44	61,88
+ 12	10,62	+ 46	68,18
+ 14	12,01	+ 48	75,01
+ 16	13,55	+ 50	82,40
+ 18	15,27		
+ 20	17,18		
+ 22	19,29		
+ 24	21,62		

Beispiel: Die Temperatur kühlt sich von 28° C auf 26° ab. Dann scheiden in Form von Regen aus 27,02—24,17=2,85 g oder 0,00285 cbm auf einen cbm Luft. Angenommen die Lufttemperatur betrage 8° und sinke auf 6°, so scheidet nur aus 8,26—7,26=1 g oder 0,001 cbm Wasser.

Während die absolute Feuchtigkeit bei hoher Temperatur zunimmt, ist bei der relativen Feuchtigkeit das Entgegengesetzte der Fall. So betrug in Berlin, beispielsweise, im Januar die relative Feuchtigkeit 84%, im August nur 69%, trotzdem die absolute Wassermenge im erstgenannten Monat nur 3,9, im letzteren aber 10,6 mm betrug. Es würde also bei einer Temperatur von — 20° C im Januar die relative Feuchtigkeit  $1,06 \cdot 84/100 = 0,89$  g oder 0,00089 cbm, im August aber bei einer Temperatur von + 20° C  $17,18 \cdot 69/100 = 11,75$  g oder 0,01175 cbm betragen. D. h. im ersteren Fall enthält 1 cbm Luft 0,00089 cbm Wasser, im letzteren aber, trotz des geringeren Prozentsatzes, 0,01175 cbm. Hieraus ergibt sich, daß bei eintretender Abkühlung die Regenmengen im Sommer ergiebiger sind als im Winter.

Kann, wie wir gesehen haben, die Luft nur soviel Wasser aufnehmen als ihrer Temperatur entspricht, so nennt man sie gesättigt, enthält sie weniger Wasser als ihrer Temperatur entspricht, so bezeichnet man dies mit Sättigungsdefizit. Wird aber ungesättigte Luft abgekühlt, so nähert sie sich derjenigen Temperatur, für welche die vorhandene Dampfmenge die Sättigung bedeutet. Diese Temperatur heißt der Taupunkt. Wird der nunmehr gesättigten Luft noch mehr Wärme entzogen, so beginnt die Kondensation und der überschüssige Teil des Wassers, welcher als Dampf nicht mehr bestehen kann, fällt in tropfbarer oder fester Form nieder und wird allgemein mit Niederschlag bezeichnet. Niederschläge sind also diejenigen Wassermengen, welche in flüssigem oder festem Aggregatzustande aus der Luft an den Erdboden gelangen. Die Ausscheidung des Wassers kann in verschiedenen Formen vor sich gehen, und zwar als Tau, wenn die Abkühlung der dem Erdboden auflagernden Luftschicht bei mehr als  $0^{\circ}$ ; als Reif, wenn sie bei einer Temperatur unter  $0^{\circ}$  stattfindet; als Nebel durch Kondensation des Wassers an den Staubteilchen, die stets in der Luft schweben; als Regen oder Schnee, wenn in der Höhe sich Wolken gebildet haben, deren Wassertröpfchen sich zu größeren Tropfen oder Flocken zusammengeballt haben und so den Luftwiderstand leichter überwinden als die kleineren Gebilde der Wolken.

Der Nebel entsteht stets infolge eines Temperaturunterschiedes zwischen Boden und unterer Luftschicht, während man mit Wolken diejenigen Gebilde bezeichnet, welche durch Kondensation in den oberen Luftschichten entstehen. Wolken entstehen immer nur durch eine von einem aufsteigenden Luftstrom erzeugte Luftabkühlung. Ein aufsteigender Luftstrom entsteht entweder durch ein barometrisches Minimum, in welches die Luft hineingezogen wird und aufsteigt oder infolge starker Erhitzung des Bodens. Auch Luft, welche ein Gebirge überschreitet, führt zur Bildung eines aufsteigenden Luftstromes. Die Abkühlung der Luft geschieht dadurch, daß die aufsteigende Luft sich ausdehnt und hierbei Wärme verbraucht, d. h. sich um so mehr abkühlt, je höher sie steigt.

Rauhreif entsteht dann, wenn „überkalteter Nebel“, d. h. Nebel bei einer Temperatur bis  $-10^{\circ}$  und  $-13^{\circ}$  mit Gegenständen in Berührung kommt. Die Kristalle des Rauhreifes bilden sich stets der Windrichtung entgegen. Mehr oder weniger feste und undurchsichtige Eisstücke bezeichnet man mit Hagel, während Graupeln dicht zusammengeballte Schneekügelchen sind.

Sehr wichtig ist der Umstand, daß das Regenwasser aus der Luft diejenigen Bestandteile, aus welcher dieselbe besteht, mitnimmt, weshalb Regenwasser nie als chemisch reines Wasser anzusehen ist.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich ein ewiger Kreislauf des Wassers. Das Wasser fällt in irgend einer Form auf die Erdoberfläche herab, verdunstet hier und gelangt in Form von Wasserdampf wieder in die Luft, wird von dieser weitergeführt und gelangt schließlich durch Kondensation an irgend einer Stelle wieder zur Erde zurück, worauf sich derselbe Vorgang immer und immer wiederholt.

**§ 3. Zur Ausführung aller kulturtechnischen Arbeiten ist die Kenntnis der Niederschlagsverhältnisse der betreffenden Gegend erforderlich.** Man bestimmt den Niederschlag gewöhnlich in mm und versteht darunter diejenige Höhe, welche sich in einem bestimmten Zeitraum und auf einer bestimmten Fläche bilden würde, wenn das Niederschlagswasser weder einsickern noch verdunsten noch oberirdisch ablaufen würde. Als Flächeninhalt setzt man gewöhnlich das Hektar (ha) ein und als Zeiteinheit die Stunde oder die Minute. Da es aber erforderlich ist, zur

Berechnung der Rohrweiten, Gräben, Kanäle und überhaupt aller wasserbautechnischen Arbeiten, zu wissen, wieviel Liter Wasser die gemessenen Millimeter Regenhöhe ergeben, so muß man eine Umrechnung vornehmen. Es genügt aber nicht allein zu wissen, wieviel Liter Wasser die in einer Stunde oder einer Minute niedergegangene Regenmenge gibt, sondern man muß eine weitere Reduktion auf eine kleinere Zeiteinheit vornehmen. Als diese Zeiteinheit wird nun allgemein die Sekunde genommen und die gefundene Wassermenge mit Sekundenliter für ein Hektar bezeichnet.

Da 1 mm stündliche Regenhöhe eine Menge von  $\frac{100 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 0,01}{60 \cdot 60} = 2,78$  sl für 1 ha, 1 mm minutliche Regenhöhe eine Menge von  $\frac{10000}{60} = 166,7$  sl für 1 ha gibt, so beträgt:

Tabelle 2.

bei einer stündl. Regenhöhe von:	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40 mm
„ „ minutlichen „ „	0,33	0,38	0,42	0,46	0,5	0,54	0,58	0,63	0,67 mm
die Regenmenge:	55,6	62,5	69,4	76,4	83,3	90,3	97,2	104,2	111,1 sl f. 1 ha
bei einer stündl. Regenhöhe von:	42,5	45	47,5	50	55	60	65	70	75 mm
„ „ minutlichen „ „	0,71	0,75	0,79	0,83	0,92	1,0	1,08	1,17	1,25 mm
die Regenmenge:	118,1	125,0	131,9	138,9	152,8	166,7	180,5	194,4	208,3 sl f. 1 ha

In der norddeutschen Tiefebene darf überall auf einen größten Niederschlag von 170—200 l auf die Sekunde und das Hektar gerechnet werden. Von Einfluß auf die Regenhöhe eines Ortes ist seine Entfernung vom und seine Höhe über dem Meere; sie nimmt mit der Entfernung und mit der Höhe zu. Die folgende Tabelle 3 gibt die mittleren Regenhöhen einiger Beobachtungsstationen Deutschlands und die Tabelle 4 die mittleren Regenhöhen für die einzelnen Monate verschiedener Stromgebiete Deutschlands. Die jährliche Regenhöhe von Deutschland beträgt durchschnittlich 660 mm, wovon 22,4% auf den Frühling, 36% auf den Sommer, 23,5% auf den Herbst und 18,1% auf den Winter entfallen.

Die größten monatlichen und täglichen Regenhöhen fallen in Deutschland in die Monate Juli und August (Gewitterregen).

Ob der Wald Einfluß auf die Häufigkeit der Niederschläge hat, ist noch nicht vollständig aufgeklärt, ist aber wohl anzunehmen.

Tabelle 3.

Beobachtungsort	Regenhöhe in mm				Jahr
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
Aachen . . . . .	163	181	165	189	698
Altona . . . . .	101	218	99	102	520
Bamberg . . . . .	133	152	198	363	846
Berlin . . . . .	129	213	114	128	584
Braunschweig . . . . .	176	239	177	158	750
Der Brocken . . . . .	231	442	323	243	1239
Kolberg . . . . .	103	206	136	106	551
Dresden . . . . .	113	215	116	96	540
Emden . . . . .	121	231	185	142	679
Erfurt . . . . .	133	188	123	69	513
Frankfurt a/M. . . . .	128	195	148	127	598



Beobachtungsort	Regenhöhe in mm				Jahr
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
Frankfurt a/O. . . . .	124	204	111	99	538
Freiberg i/Sachsen . . . .	148	233	145	115	641
Friedrichshafen . . . . .	180	312	224	120	836
Görlitz . . . . .	144	262	127	125	658
Halle a/S. . . . .	115	214	103	79	511
Hannover . . . . .	122	228	91	104	545
Kiel . . . . .	114	188	152	139	593
Königsberg i/Pr. . . . .	104	195	189	137	625
Mannheim . . . . .	135	168	115	62	480
München . . . . .	190	331	183	98	802
Posen . . . . .	87	206	119	92	504
Rostock . . . . .	86	156	95	89	426
Stuttgart . . . . .	144	219	147	105	615
Sylt . . . . .	54	104	157	66	481
Trier . . . . .	148	202	165	143	658

Tabelle 4.

Bezeichnung der Stromgebiete	Regenhöhen in mm											Jahr	
	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.		Nov.
<b>1. Der Rhein.</b>													
Neckar-Gebiet	54	45	41	44	57	68	80	78	78	55	49	58	707
Main- „	75	65	36	34	50	73	66	73	71	44	53	57	697
Mosel- „	43	51	30	37	46	71	64	68	65	50	55	50	629
<b>2. Die Ems.</b>													
	48	47	33	38	38	59	63	91	72	47	55	50	641
<b>3. Die Weser.</b>													
Leine-Gebiet	71	52	50	52	64	70	72	124	94	51	65	58	823
Weser bis Bremen	55	48	41	46	58	64	70	106	87	51	62	54	755
<b>4. Die Elbe.</b>													
Eger-Gebiet	32	31	25	32	38	72	84	93	79	68	64	52	670
Mulde- „	74	48	36	63	58	68	84	97	88	63	45	64	788
Saale- „	44	35	43	36	52	67	106	91	78	53	52	48	705
Spree- und Havel-Gebiet	46	40	33	36	49	54	61	76	74	38	33	51	591
Elbe-Gebiet im Mittel	53	43	42	42	55	71	90	97	86	57	29	55	720
<b>5. Die Oder.</b>													
Glatzer Neiße-Gebiet	41	28	19	32	64	60	107	89	81	53	43	47	664
Bober-Gebiet	33	29	20	18	33	51	35	112	103	39	37	36	546
Lausitzer Neiße-Gebiet	35	32	37	24	40	55	73	107	99	35	29	33	599
Oder im Mittel.	36	32	27	28	38	55	70	87	82	41	37	39	572
<b>6. Küsten im Mittel.</b>													
a) an der Nordsee	42	39	18	32	31	40	36	93	59	46	32	43	511
b) an der Ostsee	35	34	22	25	34	45	48	67	69	43	36	37	495

Über die Regendauer ist im allgemeinen hier nur zu sagen, daß für gewöhnlich stärkere Regen (Platzregen) von geringerer Dauer sind, als schwächere Regen (Landregen) und daß die Wassermengen der stärkeren Regen, wenn sie auf trockene Bodenschichten niederfallen, wenig in den Erdboden eindringen, sondern mehr oberirdisch ablaufen. Für die Landwirtschaft ist daher ein solcher Regen am ergiebigsten, bei welchem der Boden erst durch langsam herabfallenden Regen angefeuchtet wird, worauf ein später einsetzender stärkerer Regen nicht mehr abfließen kann, sondern einsickern muß.

Die Schneehöhe wird nicht als solche, sondern als Regenhöhe bestimmt. Zu diesem Zwecke wird der Schnee geschmolzen und das Wasser gemessen. Die Wassermenge, welche durch das Schmelzen des Schnees entsteht, ist nicht immer dieselbe, sondern abhängig von der Temperatur. Man bezeichnet die Schneehöhe, welche beim Schmelzen eine Wasserschicht von 1 mm gibt, mit spezifische Schneetiefe. Sie schwankt zwischen 6,6 und 34 mm und wird sich bei Tauwetter und höherer Temperatur dem ersteren bei Frostwetter letzterem Wert nähern. Man kann auch, aber nur sehr ungefähr, annehmen, daß durchschnittlich 12 mm Schneehöhe (nach anderer Ansicht 15 mm) 1 mm Regenhöhe gibt.

§ 4. Die Messung des Niederschlages geschieht mittelst des Regenmessers oder Ombrometers (Fig. 1)<sup>1)</sup>. Der Regenmesser besteht aus dem Auffanggefäß,

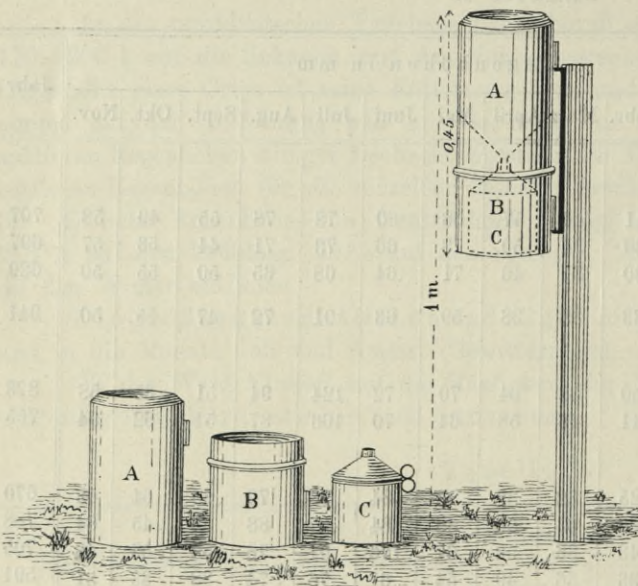


Fig. 1.

dem Sammelgefäß und dem Meßgefäß. Das Auffanggefäß besteht aus einem 45 cm hohen, hohlen Zylinder, dessen obere Decke kegelförmig ausgebildet und mit einer gewöhnlich 200 qcm großen und von einem scharf abgedrehten Messingring umschlossenen Auffangöffnung versehen ist. Im Innern des Zylinders befindet sich ein Trichter, welcher das einfallende Wasser in das Sammelgefäß leitet. Das angesammelte Wasser wird in ein mit Zehntel-Millimeter-Einteilung versehenes Meßglas geschüttet und die Regenhöhe abgelesen. Hat sich im Apparat Schnee oder Hagel gesammelt, so wird dieser erst geschmolzen und dann gemessen.

Der Regenmesser muß so aufgestellt werden, daß der Regen weder von ihm abgehalten, noch in ihn hineingetrieben werden kann, d. h. er soll wenigstens um die Höhe der Hinderungsgegenstände (Häuser, Bäume) entfernt aufgestellt werden. Die Auffangfläche des Regenmessers bringt man in 1 m Höhe über dem Boden an und nur in schneereichen Gegenden, wie Ostpreußen und Gebirgsgegenden in 1,25 bis 1,50 m Höhe um zu verhindern, daß vom Erdboden Schnee hineingeweht wird oder Spritzwasser hineingelangen kann.

<sup>1)</sup> Die Figur 1 ist dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

§ 5. Wie bereits früher erwähnt, verdunstet ein Teil des Niederschlagswassers und des Wassers der Oberfläche unserer Flüsse, Seen usw. Diese Verdunstung ist abhängig von der Sonnenbestrahlung der betreffenden Fläche und von der Größe der letzteren. (Sie ist größer bei trockener als bei feuchter, ebenso bei bewegter als bei unbewegter Luft. Die Verdunstungshöhe des Wasserspiegels auf Kanälen, Flüssen, Bewässerungsgräben usw. ist, wenn deren Ufer nicht mit Bäumen bepflanzt sind, größer als auf ausgedehnten Flächen.) Die Verdunstungshöhe wird ebenfalls, wie die Regenhöhe in Millimeter gemessen. Man versteht unter Verdunstungshöhe die von einer bestimmten Wasserfläche verdunstete Wassermenge.

Die bisherigen Erfahrungen haben ergeben, daß die größte Tagesverdunstung einer freien Wasserfläche 10 mm beträgt. Wiesen haben eine mittlere tägliche Verdunstung von 3,1—7,3 mm, Weizen von 2,7—2,8 mm, Roggen 2,26 mm, Kartoffeln 0,74—1,4 mm, Eichen und Tannen 0,74—1,4 mm.) Nach in Augsburg angestellten Ermittlungen verdunsteten monatlich von einer unter dem Einfluß des Sonnenlichtes stehenden freien Wasserfläche durchschnittlich im:

März 113 mm,	Juni 205 mm,	September 198 mm,
April 174 „	Juli 221 „	Oktober 115 „
Mai 200 „	August 223 „	November 76 „

Ist der Boden mit Kulturgewächsen bestanden, so ist die Verdunstung größer als von der freien Wasserfläche, im anderen Fall aber kleiner. Die Verdunstung ermäßigt sich, wenn der Boden austrocknet und kann, beispielsweise bei einer Austrocknung von nur 2 cm Tiefe schon um  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{2}{3}$  abnehmen. Ähnlich wirkt eine vegetationslose, mineralische Decke, wie z. B. die Sanddecke bei kultivierten Moorböden. Wald verdunstet zwar mehr Wasser als ein unbebautes Feld, aber etwa dreimal weniger als ein mit Getreide bebautes oder eine Wiese.

§ 6. Die zur **Versickerung** gelangende Wassermenge ist abhängig von den Niederschlägen, der Entwässerungstiefe, der Bodenart, dem Klima, den Jahreszeiten und der Bodenbedeckung.

Die größten Sickerwassermengen liefert der Sand, dann der Torf und schließlich der Lehm. Durch Beimischung von Sand wird eine Vermehrung, durch Beimischung von Torf oder Lehm eine Verminderung des Sickerwassers herbeigeführt.

Bedeckung des Bodens mit Waldstreu, Sand oder anderer toten Bedeckung befördert die Versickerung, indem sie die Verdunstung vermindert. Die Bedeckung des Bodens mit lebenden Pflanzen wirkt, ebenso wie Baumbestand, ermäßigend auf die Versickerung ein. Zu berücksichtigen ist ferner, ob das Niederschlagswasser auf trockenen oder durch vorangegangene Regen bereits angefeuchtete Bodenschichten fällt. Im letzteren Fall wird die Versickerung geringer als im ersteren sein, vorausgesetzt, daß in beiden Fällen die gleichen Verhältnisse herrschen.

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser in den Boden eindringt, beträgt bei Sand etwa 1 m, im Moor 40—60 mm und im Lehmboden nur 10—20 mm in der Stunde.

§ 7. Der Teil der atmosphärischen Niederschläge, welcher als Sickerwasser in den Boden eindringt und von diesem nicht zurückgehalten wird, gelangt in mehr oder weniger große Tiefen, bis es auf eine undurchlässige Schicht stößt. Wird nun der Abfluß von dieser Schicht behindert, so wird sich das Sickerwasser allmählich auf dieser sammeln, nach und nach emporsteigen, die Luft aus den Poren der durchlässigen Schicht verdrängen und dieselben vollständig ausfüllen. In diesem Falle bildet sich das Grundwasser, d. h. also, eine die Hohlräume des Bodens ausfüllende zusammenhängende Wasseransammlung.

Man bezeichnet die das Grundwasser führenden Schichten mit Grundwasserträger. Die Ausbreitung des Grundwassers wird in erster Linie beeinflusst durch die Gestaltung der Oberfläche der undurchlässigen Schicht. Da der Grundwasserträger nie eine vollkommen horizontale Fläche bildet, so wird sich das Grundwasser, sobald es hoch genug gestiegen ist, in der Richtung des stärksten Gefälles der undurchlässigen Schicht bewegen und, entweder als Quelle an irgend einer Stelle der Oberfläche wieder zutage treten oder sich mit anderen Grundwasseransammlungen zu Grundwasserströmen vereinigen. Letztere können oft von bedeutender Mächtigkeit sein und sich über große Strecken ausdehnen. Außer den Grundwasserströmen bilden sich im Erdboden noch Grundwasserbecken, d. h. Ansammlungen von Grundwasser, welches keinen oder doch nur geringen Abfluß hat. Derartige Becken bilden sich hauptsächlich da, wo die undurchlässigen Schichten muldenförmig gestaltet sind oder wenn sich Höhlungen im Erdinnern befinden. Im letzteren Fall spricht man von einer Seenbildung des Grundwassers.

Wie bereits gesagt, ist das Regenwasser nie als chemisch rein anzusehen, da es etwas Kohlensäure, hauptsächlich aber aus der Luft entnommenen Sauerstoff und Stickstoff enthält; demnach ist es das Grundwasser erst recht nicht. Denn dieses durchfließt als Sickerwasser die oberen Erdschichten und nimmt die auflösbaren Bestandteile derselben in sich auf.

Dem auflösenden und zersetzenden Einfluß des Sickerwassers widersteht nichts, selbst nicht die härteste Steinart, und ist es hauptsächlich die Kohlensäure und der Sauerstoff, welche die Fähigkeit besitzen, Zersetzungen hervorzurufen und Neubildungen aus den zersetzten oder aufgelösten Stoffen zu schaffen.

Die der auflösenden Kraft des Sickerwassers besonders unterliegenden und gleichzeitig am meisten vorkommenden Stoffe der Erdrinde sind Ablagerungen von kalk- oder mergelhaltigen Gesteinen. Fast alles Grundwasser enthält deshalb Kalkverbindungen, deren Menge für die sogenannte Härte des Wassers maßgebend ist. Man bestimmt die Härte des Wassers nach Härtegraden und versteht darunter einen Gewichtsteil Kalk oder 0,7 Gewichtsteile Magnesia auf 100 000 Gewichtsteile Wasser. Weiches Wasser hat unter 10, hartes über 20 Härtegrade. Sehr häufig findet man im Grundwasser Eisen, hervorgerufen durch eisenhaltige Mineralien, und Kochsalz.

Das Sickerwasser nimmt auch organische Stoffe auf und befördert dieselben in die Tiefe. Mit zunehmender Tiefe verliert es dieselben aber infolge der reinigenden Wirkung der unteren, reinen Bodenschichten wieder und gibt sie an diese ab, so daß in den oberen Schichten stark verunreinigtes Grundwasser, doch in tieferen Schichten wieder vollständig einwandfrei sein kann.

Brackiges Wasser kommt in der Nähe der Meeresküsten vor und ist ein Gemisch von Süß- und salzigem Wasser. Es ist zu Genußzwecken nicht brauchbar, ebensowenig zu landwirtschaftlichen.

**§ 8. Je nach der geognostischen Beschaffenheit des Bodens** sowie der Art und Tiefenlage der durchlässigen, bezw. undurchlässigen Schichten ist das Auftreten des Grundwassers sehr verschieden. Während in gebirgigen Gegenden der Abstand zwischen der Erdoberfläche und dem undurchlässigen Felsboden oft nur einige Dezimeter beträgt, dringt das Wasser in den aufgeschwemmten Boden des Flachlandes mitunter in große Tiefen ein. Sehr wichtig ist der Einfluß, welchen die Höhe des Grundwasserstandes auf die landwirtschaftliche Bodenkultur ausübt. Durch hochstehendes Grundwasser z. B. wird der Boden kalt und ertraglos; er kann im Frühjahr nicht zur rechten Zeit bestellt werden; die Bestellung in dem aufgeweichten, von Wasser durch-

zogenen Boden ist schwieriger und darum teuer; jedes Steigen des Grundwassers im Sommer, infolge starker Regengüsse, macht ihn unzugänglich; der Boden bleibt unrein; schädliche Bodenstoffe werden mit dem steigenden Grundwasser wieder an die Wurzeln der Pflanzen gebracht; die Pflanzenwurzeln können nicht tief genug in den Boden eindringen usw. Der Grundwasserspiegel steht nicht immer in derselben Höhe, sondern ist Schwankungen unterworfen, welche abhängig sind von der Größe des Niederschlages und der Größe der Verdunstung. In regenreichen Zeiten wird das Grundwasser höher stehen als in regenarmen Jahren; im Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze höher als in trockenen Sommermonaten.

Um zweckmäßig bei der Verbesserung des Grundwasserstandes vorgehen zu können, sind regelmäßige Beobachtungen des Grundwasserstandes erforderlich. Die Beobachtungen werden entweder an offenen Brunnen oder besser mittelst besonderer Standröhren vorgenommen. Meist genügen schmiedeeiserne Röhren von 5—10 cm Weite, welche in ähnlicher Weise wie die Röhren der kleinen Rohrbrunnen eingetrieben werden. Das untere Ende ist entweder offen oder konisch zugespitzt und mit einer Anzahl von Öffnungen zum Eintritt des Wassers versehen.

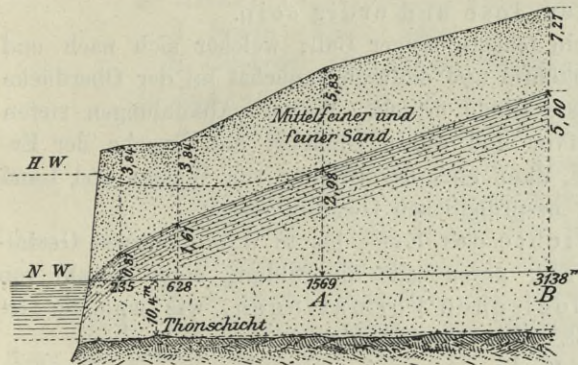


Fig. 2.



Fig. 3.

Wie bereits erwähnt, bewegt sich das Grundwasser auf der undurchlässigen Schicht und fließt dem nächsten Sammler (Gräben, Flüsse) zu oder tritt als Quelle zutage. Diese Bewegung des Grundwassers ist abhängig von dem vorhandenen Gefälle, der abzuführenden Wassermenge und von der Querschnittsgröße des Grundwasserbettes (Fig. 2)<sup>1)</sup>. In der Nähe der Sammler findet eine Anstauung des Grundwassers statt, wenn das Wasser im Sammler steigt (Fig. 2 die punktierte H.W.- [Hochwasser-] Linie) und ein Fallen bei sinkendem Wasserspiegel. Im ersteren Falle tritt Wasser aus dem Sammler in den Boden, vermehrt also das Grundwasser, im anderen Falle fließt das Grundwasser in den Sammler ab und speist denselben.

Figur 2 bietet auch ein Beispiel für die Ermittlung des Gefälles des Grundwasserspiegels. Die Entfernung AB ist gleich  $3138 - 1569 = \text{rd. } 1570 \text{ m}$ . Der Fall des Wassers ist  $5,00 - 2,98 = 2,02 \text{ m}$ ; mithin hat das Grundwasser ein Gefälle von rd.  $1,3^0/00$ .

Unter Wasserstockwerke versteht man mehrere übereinander liegende Grundwasserschichten (Fig. 3).

<sup>1)</sup> Die Figuren 2 und 3 sind aus: Sonne-Esselborn, Elemente des Wasserbaues entnommen.

## II. Abschnitt.

**Die Bodenkunde**<sup>1)</sup>.

§ 1. Wir haben es in der Landwirtschaft und Kulturtechnik nur mit der obersten Schicht der Erdrinde zu tun und bezeichnen dieselbe, wenn sie fähig ist höhere Pflanzen hervorzubringen, kurzweg mit Boden. Und zwar sprechen wir von Naturboden, wenn der Boden diese Eigenschaft ohne weiteres besitzt, im Gegensatz zum Kulturboden, bei welchem diese Eigenschaften erst künstlich erzeugt oder verstärkt werden müssen. Den Kulturboden kann man auch wieder einteilen in Wiesen-, Wald- und Ackerboden, je nachdem seine natürliche Eigenschaft ihn zu dem einen oder anderen befähigt macht.

Aus dem eingangs erwähnten Begriff des Wortes Boden ergibt sich, daß er so beschaffen sein muß, um der Pflanzenwurzel das Eindringen in denselben zu ermöglichen.

Der Boden muß daher locker, lose und erdig sein.

§ 2. Unsere Erde war einst ein feurig-flüssiger Ball, welcher sich nach und nach von der Oberfläche nach innen abkühlte und dadurch zunächst an der Oberfläche eine sich immer mehr verstärkende feste Rinde erhielt. Weitere Abkühlungen riefen ungleichmäßige Zusammenziehungen hervor und waren zunächst die Ursache der Erhebungen und Senkungen der Oberfläche, dann aber der Bildung von Wasser und Land und der gewaltigen Umgestaltungen der ursprünglichen Gesteinsmassen.

In der Entwicklungsgeschichte der Erde bis zu ihrer heutigen Gestaltung unterscheiden wir vier Perioden, deren jede die Bildung einer Anzahl von scharf voneinander zu sondernden geologischen Formationen, wie man die Gesteinsschichtengruppen nennt, umschließt. Wir unterscheiden:

## 1. Zeitalter: Die Urzeit der Erde.

Von lebenden Wesen waren nur die niedrigsten Organismen vorhanden.

a) Laurentinische Formation: Urgneisgebirge (Gneis, stellenweise übergehend in Granit).

b) Huronische Formation: Urschiefergebirge (Glimmer-, Tonschiefer).

## 2. Zeitalter: Das Altertum der Erde.

Auftreten der ersten höheren Lebewesen.

a) Silurische Formation (Gliederlose Tiere, Tange): Grauwacke, Tonschiefer Quarzite, Kalke.

b) Devonische Formation (Fische, Gefäßkryptogamen): Grauwacke, Kalke, Sandsteine.

c) Steinkohlenformation (Erste Amphibien, Kohlenpflanzen): Kalke, Sandsteine, Schiefertone, Kohlenflöze.

d) Dias- oder Permische Formation (Fische, Amphibien, Reptile, Farne):

a) Rotliegendes (Konglomerate, Sandstein, Letten).

b) Zechsteinformation (Kalkstein, Gips, Steinsalz, Kupferschiefer).

## 3. Zeitalter: Das Mittelalter der Erde.

(Neben den früher genannten Organismen: Saurier, die ersten Säugetiere und Vögel, Koniferen, Cykadeen).

1) Bemerkung: Nach „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“.

- I. Trias-Formation oder Salzgebirge (Froschsaurier, die ersten Ammoniken, Vögel und Säugetiere):
- a) Buntsandstein-Formation (Sandsteine, Tone, Mergel, Gips, Steinsalz).
  - b) Muschelkalk-Formation (Kalkstein, Dolomit, Gips, Steinsalz).
  - c) Keuper-Formation (Bunte Mergel, Gips, Sandstein, Schieferige Letten.)
- II. Jura-Formation oder Oolithengebirge (Ammoniken, Selenniken, Fisch- und Flugsaurier, Kryptogamen, Koniferen, Cykadeen, die ersten Laubbölzer):
- a) Lias oder schwarzer Jura: Bituminöse Schiefer, Kalksteine, Sandstein.
  - b) Brauner oder mittlerer Jura: Sandsteine, dunkle Tone, Eisenerze.
  - c) Weißer oder oberer Jura: Helle Kalke, Mergel.
  - d) (Nur selten vorkommend) Wealden-Formation: Kalkstein, Sandstein, Ton, bisweilen Kohlen.
- III. Kreide-Formation oder Quadersandstein-Gebirge: Sandstein (Grünsandstein), Kalksteine (Kreide, Plänerkalk).
4. Zeitalter: Die Neuzeit der Erde.  
(Säugetiere, Mensch, zahlreiche Laubbölzer).
- a) Ältere Tertiärformation (Älteres Braunkohlengebirge).
    - I. Eocän: (Kalke, Tone).
    - II. Oligocän: Gips, Tone, Braunkohlen, Sandstein (Molosse).
  - b) Jüngere Tertiärformation (Jüngeres Braunkohlengebirge):
    - I. Miocän: Kalke, Sandsteine (Molosse).
    - II. Pliocän: Schotter, Gerölle, Sand.
  - c) Quartärformation (Aufgeschwemmtes Gebirge, Schutt- oder Schwemmland).
    - I. Diluvium (Erste Spuren des Menschen in Europa): Eratische Blöcke, eratischer Schutt, Geröll, Sandablagerungen der Eiszeit.
    - II. Alluvium: Neue Süß- und Salzwasserbildungen verschiedenster Art.

§ 3. Die Erdrinde besteht aus **Mineralien**, welche bei ihrer weiteren Umbildung den Boden bilden und zwar sind es hauptsächlich folgende Gruppen, welche an der Bodenbildung sich beteiligen: Kieselerde-Mineralien und kieselsaure Salze oder Silikate, kohlen-saure Salze oder Karbonate, phosphorsaure Salze oder Phosphate, schwefel-saure Salze oder Sulfate, Schwefelmetalle oder Sulfide, Oxyde und Oxyhydrate, Chlorverbindungen oder Chloride, salpetersaure Salze oder Nitrate.

Am meisten verbreitet sind die Kieselerde-Mineralien und die Silikate.

Die Gesteine werden nach ihrer Entstehungsweise und natürlichen Beschaffenheit eingeteilt in:

1. Kristallinische Massengesteine (Urgebirgsarten). Sie haben dichte oder körnige oder schiefrige Struktur und heißen saure, wenn sie unverbundene Kieselerde ( $\text{SiO}_2$ ) enthalten und basische, wenn dies nicht der Fall ist.

Zu den sauren Gesteinen gehören: Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Porphyry, Trachyt und zu den basischen: Syenit, Diorit, Diabas, Melaphyr, Basalt, Dolerit.

2. Flöz- oder Sedimentärgesteine. Hierzu gehören: Schutt, Geröll, Kies, Konglomerate, Sand, Sandstein, Ton und Tongestein, Kalkstein, Mergel und Löß.

§ 4. Die **Bodenbildung** geschieht teils auf mechanischem, teils auf chemischem Wege. Die mechanischen Kräfte, welche bei der Bodenbildung tätig sind, sind die Temperatur, das Wasser, das Eis und der Wind. Unter den Einwirkungen der Temperatur entstehen im Innern der Gesteine, sowie an der Oberfläche Risse und Spalten; in diese tritt Wasser, welches gefriert und die weitere Zerstörung des Steines bewirkt. Wie energisch die Zerstörung des Steines durch Eis ist, kann man daraus

ersehen, daß 100 Teile Wasser im gefrorenen Zustande 109 Teile geben. Aber nicht nur das gefrorene Wasser zerstört die Gesteine, sondern auch das bewegte. Durch den ewigen Anprall des Wassers werden die Gesteine ausgehöhlt und zertrümmert; das Wasser schleppt Sand und Gerölle herbei, welche das Gestein zermalmen. Die gleiche Wirkung übt der Wind auf das Gestein aus. Durch die vom Wasser, Eis und Wind bewirkte Zertrümmerung, Verschwemmung, Transport und Verwehung sind wieder Neubildungen entstanden, wie z. B. die Marschböden, die Barren an den Mündungen der Flüsse und der Küsten, die Watten, die Dünen; durch die Bewegung des Gletschereises, die Moränen und eratischen Blöcke. Die chemischen Vorgänge bei der Bodenbildung werden hervorgerufen durch die in der Luft vorhandene Kohlensäure, den Sauerstoff und das Wasser. Durch die Einwirkung dieser entsteht die Verwitterung. Die Schnelligkeit mit der aus dem festen Gestein Boden gebildet wurde und die Beschaffenheit des letzteren ist abhängig einmal von der Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien, das andere Mal aber auch von der Menge des auf die Gesteine einwirkenden Wassers.

Ist die Oberfläche des verwitternden Gesteines eben oder muldenförmig, so wird das Wasser nur die durch den Verwitterungsprozeß löslich gewordenen Stoffe fortführen; ist sie dagegen geneigt, so werden auch ungelöste Stoffe durch die Kraft des Wassers fortgeführt werden. Verwittert beispielsweise Granit mit ebener oder muldenförmiger Oberfläche, so ist sein Verwitterungsprodukt ein an Ton und Glimmerteilchen reicher Lehm Boden, auf geneigter Fläche werden Ton und Glimmer fortgeschwemmt und es bleibt tonarmer Sandboden zurück.

Je leichter Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure in das Innere des Gesteins dringen können, um so schneller wird die Bodenbildung sich vollziehen. Daher werden Steine mit schiefriger und geschichteter Struktur schneller verwittern als solche mit dichter Struktur, Sedimentärgesteine schneller als die kristallinen Massengesteine.

Eine dichte und feinkörnige Struktur verlangsamt im allgemeinen die Verwitterung, eine grobkörnige oder grobkörnig-kristallinische beschleunigt sie. So gibt das Endprodukt der Verwitterung des grobkörnigen, große Quarz- und Feldspatkristalle enthaltenden Granits einen tiefgründigen Boden, während feinkörnige Granite mit viel Hornstein meist nur flachgründige Böden geben, da die Verwitterungsprodukte fast nur von der Oberfläche des Gesteins entstehen.

Von großer Bedeutung für die leichtere oder schwerere Verwitterung eines Gesteins ist ferner die chemische Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien. Enthält ein Gestein viel Eisenoxydul ( $\text{FeO}$ ) und Eisenoxydoxydul ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), so werden dieselben durch Wasser oder durch den Sauerstoff der Luft dem Stein entzogen, wodurch dieser gelockert wird und zerfällt. Ebenso rasch umbildend wirkt ein hoher Gehalt der Gesteine an Calciumverbindungen, welche durch Wasser und Kohlensäure in Karbonat umgewandelt und ausgewaschen werden.

Aus dem vorstehend Gesagten ergibt sich, daß die kalkreichen, basischen Urgesteine schneller zerfallen und einen tiefgründigeren Boden geben als die sauren.

Der Einfluß, den die Wassermengen auf die Bodenbildung ausüben hängt ab von der verschiedenen Löslichkeit der das Gestein bildenden einzelnen Bestandteile. So wird man bei einem an Kieselerde armen Boden darauf schließen können, daß derselbe unter Einwirkung von viel kohlenensäurehaltigem Wasser entstanden ist. Die im Wasser enthaltenen Bestandteile sind ferner von Einfluß auf die schnellere oder langsamere Verwitterung sowohl, als auch auf die Art des Bodens. Kohlensäurehaltiges



Wasser beschleunigt die Verwitterung; große Mengen Calciumkarbonat enthaltenden Wassers geben calciumreiche und kaliumarme Böden. Wasser, welches Kalium- und Natriumsilikat enthält, löst Tonerde auf und trägt also zur Bildung eines tonarmen Bodens bei, trotzdem er von einem an Aluminiumsilikat reichen Gestein stammt.

Man sieht aus diesen Erörterungen auch, wie falsch es ist die Güte eines Bodens nach dem Gestein beurteilen zu wollen aus dem er stammt und daß man in bezug auf seinen landwirtschaftlichen Wert mit Ausdrücken wie Granitboden, Gneis- usw. Boden gar nichts anfangen kann.

**§ 5. Auf die Zerstörung** des bestehenden und den Aufbau neuer Gebilde haben auch die die Erde bevölkernden lebenden und abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Organismen einen großen Einfluß. Die lebende Pflanze bedarf zu ihrer Weiterbildung und Ernährung des Wassers, des Stickstoffes, des Kohlenstoffes und der Mineralstoffe, aus welchen die die Erdrinde bildenden Gesteine bestehen. Die ersten drei Stoffe holt sich die Pflanze teils aus der Atmosphäre, teils aber auch durch ihre Wurzeln aus dem Boden. Die Mineralien nur aus dem letzteren. Hierbei scheiden die Wurzeln der Pflanzen Kohlensäure aus, welche verwitternd auf das Gestein wirkt. Aber nicht nur eine chemische, sondern auch eine rein mechanische Zerstörung des Gesteins findet statt und zwar dadurch, daß die Wurzeln in die Spalten und Risse des Gesteins eindringen und dieses zertrümmern.

Die abgestorbenen Pflanzen verwesen, d. h. es findet eine langsame Verbrennung statt, bei welcher die einfachen Verbindungen, aus denen die Pflanze bestand, zurückgebildet werden. Die Wirkung dieser Verbindungen ist nun von zweierlei Art, indem die beim Verwesungsprozeß auftretenden Mineralsalze und Kohlenoxyde die Verwitterung der Gesteine befördern und andererseits die hinterlassenen Stickstoffverbindungen, sowie Kalk, Kali, Phosphorsäure usw. das Wachstum der besseren Gewächse günstiger gestalten.

Noch in der Verwesung begriffene Substanzen abgestorbener Pflanzen bezeichnet man mit Humus.

Geht der Verwesungsprozeß ohne genügenden Luftzutritt vor sich, so bezeichnet man diesen Vorgang mit Vermoderung; während man von Verkohlung spricht, wenn bei fortschreitender Vermoderung der Gehalt an Kohlenstoff immer größer wird. (Anthracit, Steinkohle und Braunkohle sind durch Verkohlung von Pflanzen entstanden und zwar ist der Anthracit das älteste, kohlenstoffreichste und die Braunkohle das jüngste und kohlenstoffärmste Produkt.)

Mit Moor bezeichnet man Reste abgestorbener Pflanzengenerationen, deren schnelle Verwesung durch irgendwelche äußeren Umstände verhindert oder gestört ist, so daß sie schließlich ausschließlich den Boden bilden, während der Charakter des darunter liegenden Gesteins oder Mineralbodens ganz zurücktritt. Die gewöhnliche Störung der Verwesung geschieht durch große Wassermengen, welche den Zutritt des die Verwesung beschleunigenden Sauerstoffes der Luft verhindern. Die ausführliche Beschreibung der Moorbildung, seiner Arten usw. findet sich im Abschnitt 4, Moorkultur.

Vermodert nur ein Teil der Pflanzenstoffe, während der widerstandsfähigere Teil sein ursprüngliches Gefüge behält, so spricht man von Vertorfung, während das Endprodukt der Vertorfung der Torf ist.

**§ 6.** Der Wert des Bodens für die Landwirtschaft oder die Klassifikation des Bodens richtet sich entweder nach den Fruchtgattungen, die auf den verschiedenen Böden mehr oder weniger gut gedeihen (guter, mittlerer, geringerer Weizen-, Gerste- usw. Boden, kleefähiger und nicht kleefähiger Boden) oder nach den Korn-

erträgen, welche der Boden bringt (das drei-, vier- usw. fache der Aussaat) oder endlich noch den Geldroh- und Geldreinerträgen der einzelnen Bodenarten.

Eine andere Unterscheidung ist je nach der Kulturart: Ackerland, Gärten, Wiesen, Weiden, Holzungen, Wasserflächen und Ödland. Albrecht Thaer, der Begründer der Landwirtschaftswissenschaft unterschied folgende Haupt- und Untergruppen:

#### Bodenart I: Tonboden.

- Klasse 1: Schwarzer Klai-, fetter Weizen-, Marsch-, Polderboden.
- „ 2: Starker Weizen-, weißer Weizenboden.
- „ 3: Schwächer Weizen-, zäher Letten-, träger kalter Lehmboden.
- „ 4: Magerer Weizen-, kalter Hafer-, Bergboden.

#### Bodenart II: Lehmboden

mit den Klassen 1–3.

Bodenart III: Sandiger Lehm- und lehmiger Sandboden, schwarzer Gersten- und trockener Haferboden.

- Klasse 1: Sandiger Lehmboden.
- „ 2: Ebenso, aber tadelhaft in einzelnen Punkten.
- „ 3: Lehmhaltiger Sandboden.
- „ 4: Ebenso, aber ungünstiger.

Bodenart IV: Sandboden. Drei- und sechsjähriges Roggenland.  
(Ertrag mit Rücksicht auf Weidewert und nach voraufgegangener Ruhe.)

Klasse 1: 5 Scheffel Roggen.

- „ 2: 4 „ „
- „ 3: 3 „ „

#### Bodenart V: Humoser Boden.

- Klasse 1: Milder, schwarzer Gerstenboden, Aueboden.
- „ 2: Schwarzer Niederungs-, Roggen- oder schwarzer Haferboden.
- „ 3: Saurer Niederungsboden.
- „ 4: Mooriger Boden.

#### Bodenart VI: Kalkboden.

Die preußische geologische Landesanstalt unterscheidet:  
Stein-, Sand-, Lehm-, Ton-, Kalk-, Humus- und Moorböden.

§ 7. Wie bereits erwähnt, muß der Boden, um Kulturwert zu besitzen, die erforderlichen Pflanzennährstoffe und diese in genügender Menge in sich haben und er muß ferner so tiefgründig und locker sein, daß die Pflanzenwurzeln entsprechend tief eindringen und sich ausbreiten können. Er muß weiter das Eindringen der atmosphärischen Luft und das Austreten der dem Pflanzenwuchs schädlichen Luft gestatten; dabei müssen jedoch die einzelnen Bodenteilchen genügend fest aneinanderhaften, um ein Fortwehen des Bodens oder ein Umfallen der Pflanzen zu verhindern. Die Bodenbeschaffenheit muß ferner ein zu schnelles Abfließen des Wassers nach der Tiefe oder den Seiten verhüten, ohne dabei einer Bewegung des Wassers nach allen Seiten, nach oben und nach unten hinderlich zu sein. Endlich muß sie eine Erwärmung des Bodens in einem solchen Maße ermöglichen, wie es für das Wachstum der Pflanzen erforderlich ist.

Sind die einzelnen Bodenteilchen miteinander gleichfest verbunden, so spricht man von der Einzelkornstruktur des Bodens; haben sich dieselben jedoch in

eine Anzahl Krümel oder Flocken miteinander verbunden, so bezeichnet man dies mit Krümelstruktur. Man spricht von schwerem oder strengem, d. h. schwer zu bearbeitendem Boden, wenn die einzelnen Bodenteilchen mit großer Zähigkeit aneinander haften, im Gegensatz zum leichten, d. h. leicht zu bearbeitenden Boden, wenn dies nicht der Fall ist.

Am günstigsten für die landwirtschaftliche Kultur ist die Krümelstruktur des Bodens. Sie erleichtert die Bearbeitung des Bodens und das Eindringen der Pflanzenwurzeln, während sie andererseits das Rissigwerden, besonders bei tonreichen Böden verhindert.

Die Krümelbildung wird günstig beeinflusst durch die Einwirkung von Calciumsalz, Magnesiumsalz, Kalium- und Natriumsalzen und Humus auf den Böden. Auch auf mechanischem Wege wird die Flockenbildung durch das Wühlen der im Boden lebenden Tiere, durch die Wurzeln der Pflanzen, sowie durch diese selbst, soweit sie sich im Boden ausbreiten, ferner durch das eindringende und im Boden gefrierende Wasser und endlich durch zweckmäßige Bearbeitung des Bodens befördert.

Das Auswintern des Getreides, d. h. das Absterben der Pflanzen ist eine Folge des Auffrierens des Bodens. Das im Boden gefrierende Wasser hebt, namentlich bei humusreichem Boden, die Humusdecke empor, zerreißt hierdurch die Wurzeln der Pflanze und legt diese nach dem Auftauen des Eises frei. Kräftig niederfallendes Regenwasser zerstört die Krümelbildung und verschlämmt den Boden.

§ 8. Von großer Bedeutung für die Vegetation ist das **Bodenwasser**, da die Pflanzen 70—90% ihres Wasserbedarfs durch die Wurzeln aufnehmen und weil ferner das Bodenwasser diejenigen im Boden enthaltenen Pflanzennährstoffe, welche von den Wurzeln nicht unmittelbar aufgenommen werden können (Mineralstoffe), zur Auflösung bringt und den Pflanzen zuführt.

Ist jedoch in einem Boden zuviel Wasser enthalten, so wird es nicht fördernd, sondern schädlich auf das Pflanzenwachstum einwirken, da es die Bodentemperatur herabsetzt und das Eindringen des Sauerstoffs der Luft vermindert, unter Umständen sogar ganz aufhebt; daher heißt es: „Nasse Böden sind kalte Böden“.

Die Bodennässe wird dann am unangenehmsten sich bemerkbar machen, wenn das Wasser auf undurchlässigen Schichten steht, deren Oberflächengestaltung eine Bewegung desselben verhindert.

§ 9. Die **Wärme des Bodens** kann ebenfalls im günstigen oder im ungünstigen Sinne auf das Gedeihen der Pflanzen einwirken, da jede Pflanze nur eine bestimmte Wärme verträgt. Von großer Wichtigkeit für die Wärmeaufnahme des Bodens ist seine Lage zu den auffallenden Sonnenstrahlen. Gegen Süden oder Osten geneigte Böden empfangen mehr Sonnenstrahlen als nach Norden oder Westen geneigte Hänge, sind daher wärmer. Je rauher die Oberfläche und je dunkler, um so wärmer ist der Boden.

Die an der Oberfläche erzeugte Wärme wird um so schneller in den Boden eindringen, je weniger mit Luft angefüllte Hohlräume derselbe besitzt. Die Erwärmung der inneren Bodenschichten selbst ist abhängig von der mehr oder weniger großen Erwärmungsfähigkeit der einzelnen Bodenbestandteile, ihrer Wärmekapazität. Durch geeignete Erdarbeiten oder durch Aufbringen dunkel gefärbter mineralischer Bodenarten oder durch Bedeckung des Bodens mit lockeren, lufthaltigen Materialien oder durch günstigere Gestaltung der Wasserverhältnisse kann man die Bodenverhältnisse günstig beeinflussen.

§ 10. Die Durchlüftbarkeit des Bodens ist für das Gedeihen der Pflanzen ebenfalls von großem Nutzen, weshalb alle hierzu dienenden Bearbeitungen solchen Bodens, dessen natürliche Beschaffenheit die Durchlüftung hindert, von Nutzen für das Pflanzenwachstum sind.

§ 11. Jeder Boden, auf dem höhere Pflanzen gedeihen sollen, muß die für das Wachstum der Pflanzen erforderlichen Blattnährstoffe, d. h. Kohlensäure und Sauerstoff, und Wurzelnährstoffe, d. h. Wasser, ungebundenen Sauerstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Schwefel und Phosphor enthalten. Diese Ernährungsprodukte hat der Boden teils in sich, teils empfängt er sie durch die Atmosphäre und zum Teil durch Düngung. Nachstehende Tabelle 5 zeigt die großen Unterschiede in der Zusammensetzung verschiedener Böden:

Tabelle 5.

In 100 Teilen trockenen Bodens wurden gefunden:

	Mineralböden				Humus	Moorböden	
	Sandboden	Lehmboden	Tonboden	Kalkboden	humoser Tonboden	Hochmoorboden	Niederungsmoorboden
Organische Stoffe	0,47	4,63	8,54	12,06	21,40	93,29	84,18
Stickstoff	—	?	0,26	0,25	0,78	1,30	3,35
Mineralstoffe	99,53	95,37	91,46	87,94	78,60	6,71	15,82
Kali $K_2O$	0,97	1,06	2,60	0,85	1,96	0,05	0,06
Natron $Na_2O$	0,47	0,37	1,17	0,22	1,16	0,05	0,04
Kalk $CaO$	0,19	2,86	5,97	29,96	1,94	0,23	4,06
Magnesia $MgO$	0,05	0,88	2,22	0,48	1,71	0,23	0,25
Eisenoxyd $Fe_2O_3$	0,20	5,20	4,60	1,16	4,11	} 0,60	} 4,68
Tonerde $Al_2O_3$	3,10	7,04	15,12	6,82	15,20		
Kieselerde $SiO_2$	94,72	76,14	54,53	25,44	52,23	5,24	5,63
Schwefelsäure $SO_3$	Spuren	0,01	0,17	0,10	0,01	0,20	0,87
Phosphorsäure $P_2O_5$	0,05	0,18	0,20	0,22	0,20	0,08	0,29
Kohlendioxyd $CO_2$	0	1,63	4,63	23,54	0,03	0	0
Chlor $Cl$	?	?	0,11	—	Spuren	Spuren	Spuren

Der absolute Gehalt der verschiedenen Böden an wichtigeren Stoffen beträgt nach Tabelle 6:

Tabelle 6.

1 cbm Boden enthält bei seinem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt:

	Mineralböden				Humus	Moorböden	
	Sandboden	Lehmboden	Tonboden	Kalkboden	humoser Tonboden	Hochmoorboden	Niederungsmoorboden
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Organische Stoffe	7	56	85	96	128	112	210
Stickstoff	?	?	2,6	2	4,7	1,6	8,4
Mineralstoffe	14,93	11,44	915	704	472	8	40
Kali	14,6	12,7	26	6,8	11,8	0,06	0,15
Kalk	2,9	34,3	59,7	239,7	11,6	0,2	10,2
Phosphorsäure	0,8	2,2	2	1,8	1,2	0,1	0,7

Wie aus den vorstehenden beiden Tabellen hervorgeht, zeigen die verschiedenen Bodenarten ganz auffällige Unterschiede in bezug auf ihren Gehalt an den nötigen Pflanzennährstoffen.

§ 12. Die Fähigkeit der Böden gewisse im Bodenwasser im gelösten Zustande befindliche Pflanzennährstoffe aus diesem auszuschcheiden und festzuhalten, bezeichnet man mit **Absorptionsvermögen des Bodens**. Durch die Bodenabsorption wird also verhindert, daß einfallendes Regenwasser die zum Gedeihen der Pflanze erforderlichen Nährstoffe fortschwemmt und diese dadurch oder sonstwie für die Pflanzen verloren gehen. Dies ist auch sehr wichtig bei Beurteilung von Drainanlagen (Abschnitt 3).

§ 13. Zum Schluß dieses Abschnittes sollen nunmehr **die verschiedenen Bodenarten zusammenfassend beschrieben** und ihre charakteristischen Eigenschaften kurz angegeben werden.

1. Die Steinböden. Hierunter versteht man Böden, welche entweder ganz oder nahezu aus Gesteinstrümmern bestehen oder bei welchen dieselben doch in solcher Menge vorhanden sind, daß sie die wichtigsten Bodeneigenschaften ganz wesentlich beeinflussen. Im ersteren Fall eignen sich derartige Böden nur zur Holzkultur; doch können sie mit Feinerde bedeckt und bei entsprechender Beschaffenheit des Muttergesteins sehr fruchtbar sein. Die Steinböden werden im allgemeinen als trockene und warme Böden bezeichnet.

2. Die Sandböden. In diesen überwiegen sandige Gemengteile, welche mit dem bloßen Auge erkennbar sind und im Wasser schnell zu Boden sinken. Da die Sandböden trockene Böden sind, ist ihre Durchlüftbarkeit groß, sie erwärmen sich schnell, kühlen sich aber auch rasch wieder ab. Ihr Gehalt an Pflanzennährstoffen ist im allgemeinen gering, doch wirkt die Düngung des Bodens sehr schnell, hält aber andererseits wieder nicht vor.

Feuchter Sandboden mit viel Ton und Humus zählt vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus zu den besseren Böden.

3. Die Tonböden. Sie enthalten wenigstens 50% abschlämbbare feste Teile und sind je nach ihrer Struktur und der Art ihrer Beimengungen für die Landwirtschaft von sehr verschiedenem Werte. Sie erfordern häufig eine ganz besonders eingehende Bearbeitung, ohne dabei stets einen guten Erfolg zu verbürgen. Man rechnet die Tonböden daher zu den unsicheren Böden.

4. Die Lehm Böden. Sie besitzen wenigstens 20% feste, abschlämbbare Teile und haben, je nach ihrem Sandgehalte, den Ton- oder den Sandböden ähnliche Eigenschaften. Ihr Gehalt an Pflanzennährstoffen ist gewöhnlich geringer als der der Tonböden, aber reicher wie bei den Sandböden.

5. Die Kalk- und Mergelböden. Sie enthalten außer Ton und Sand viel Kalziumkarbonat (Kalkböden) oder außer diesen auch noch Magnesiumkarbonat (Dolomitböden).

Die Kalkböden sind wegen ihres geringen Gehaltes an Pflanzennährstoffen und wegen ihrer Trockenheit den unfruchtbaren Böden zuzurechnen, während die Mergelböden — worunter man bekanntlich solche Böden versteht, welche bei sandig-toniger Grundmasse viel Kalziumkarbonat gleichmäßig verteilt enthalten — für die Landwirtschaft von großer Bedeutung sind.

Die Vorzüge der Mergelböden sind: Leichte Krümel- und Humusbildung; Wasser nur in solcher Menge, daß die Durchlüftung und Erwärmung des Bodens günstig beeinflußt wird; häufig hoher Gehalt an Pflanzennährstoffen; Absorption für Phosphor sehr hoch, für Kali weniger hoch, was für das Gedeihen der Pflanzen sehr wichtig ist.

6. Die Humusböden sind durch größere Beimengungen von Humusstoffen dunkel gefärbte Sand-, Ton-, Lehm- und Kalkböden. Humus erleichtert die Bildung

der Krümelstruktur, kann aber auch das Auffrieren des Bodens befördern. Durch Beimischung des Humus werden die vorgenannten Böden oft für ihre landwirtschaftliche Verwertung günstig beeinflusst.

7. Die Moorböden. Man versteht hierunter solche Böden, die aus den Resten abgestorbener Pflanzen bestehen. Sie gehören ihres hohen Wassergehaltes wegen zu den nassen und kalten Böden, sind schwer durchlüftbar und fast undurchlässig.

Kann man den Moorböden das Wasser — jedoch nicht alles — entziehen, so können sie zu den besten Böden gezählt werden. Ihr Gehalt an Pflanzennährstoffen ist sehr verschieden und kann durch künstliche Düngung verbessert werden.

---

### III. Abschnitt.

## Ent- und Bewässerung der Ländereien.

---

### A. Einleitung.

§ 1. Das Ziel, welches man mit der **Entwässerung** der Ländereien erreichen will, besteht darin, das Grundwasser so tief zu senken, daß es der Entwicklung der Kulturpflanzen nicht hinderlich ist und daß etwaiges die Ufer der Bäche und Flüsse zur Zeit der Vegetation überflutendes Hochwasser diesen ebenfalls nicht zum Schaden wird.

Unter Umständen kann man auch genötigt sein, den gewöhnlichen Sommerwasserspiegel zu senken, nämlich dann, wenn er in der Zeit, in welcher die Pflanzen wachsen — also vom Mai bis Oktober — so hoch tritt, daß er die Entwicklung der Pflanzen stört.

Der Grundwasserspiegel soll sich bei mittleren Bodenverhältnissen unter der Oberfläche befinden: bei Wiesen 0,50 bis 0,75 m, bei Äckern 0,75 bis 1,25 m und bei Gärten 1,00 bis 1,70 m. Doch ist auch ein vorübergehend höherer Grundwasserstand zulässig; jedoch darf derselbe bei den vorgenannten Kulturen nicht höher unter der Oberfläche stehen als 0,20, bzw. 0,50, bzw. 0,70 m.

Die Abmessungen der Gräben zur schadlosen Abführung des Sommer-Hochwassers (Vorflutgräben) bestimmen sich darnach, daß ihrer Breite die Abführung des Sommer-Hochwassers, ihrer Tiefe der gewöhnliche Sommerwasserstand zugrunde gelegt wird.

Außer dem eigenen Grundwasser und Tagwasser kann auch Wasser von benachbarten Grundstücken schädlich wirken. Dasselbe kann Tagwasser sein, d. h. oberirdisch zufließen, es kann aber auch Grundwasser sein, welches durch Hebung des Grundwasserspiegels im benachbarten tiefliegenden Gelände eine Überschwemmung oder Versumpfung herbeiführt.

Man unterscheidet hierbei: Schweißwasser, wenn es von Zuleitungsgräben und Kanälen stammt, die über höher liegende Gebiete geführt sind; Kuverwasser, wenn es durch einen Deichkörper dringt; Dränge-, auch Qualm- oder Seihwasser, wenn es zu Hochwasserzeiten durch den Untergrund in eingedeichte Niederungen tritt.

§ 2. Ziel der **Bewässerung** ist die Ertragsfähigkeit des angebauten Bodens zu steigern.

In den südlichen Ländern ist die Zuführung des Wassers zur Anfeuchtung der Wiesen und Äcker die Bedingung der Kultur, während in den nördlichen Gegenden gewöhnlich die Anfeuchtung allein nicht genügt, sondern bei dem Bedürfnis einer kräftigen Düngung auch eine düngende Bewässerung notwendig ist. In Deutschland handelt es sich bis jetzt hauptsächlich um Wiesenbewässerungen.

§ 3. Die **Vorarbeiten für Landesmeliorationen** sollen den Zustand der zu verbessernden Grundstücke klarlegen, so daß die bestehenden Übelstände erkannt und die zur Abhilfe erforderlichen Anlagen entworfen werden können.

Zu diesem Zwecke ist eine Spezialkarte des Meliorationsgebietes anzufertigen, welche die in diesem belegenen Flußläufe, Gräben, Wege, Brücken, Schleusen und dergl., sowie die Eigentumsgrenzen — letztere in farbigen Linien — enthalten soll.

Bei Entwässerungsanlagen genügt meistens ein Längen-Nivellement, wobei Flüsse, Gräben, deren Sohlen, sowie ihr Normal-Sommerwasserstand und der höchste Sommer- und Winterwasserstand zu berücksichtigen sind. Die Nivellements sind an den vorhandenen Flüssen, Bächen und Zuggräben entlang zu ziehen und ausgedehnte Niederungen, wenn erforderlich, durch Seitennivellements festzulegen. Die im Meliorationsgebiet vorhandenen Wasserläufe müssen auch in ihren Querprofilen aufgenommen und Zeichnungen aller im Gebiete liegenden Hoch- und Tiefbauten angefertigt werden. Sind neue Kanäle anzulegen, empfiehlt sich die Aufnahme mehrerer Linien, um die geeignetste leichter finden und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Linien gegeneinander abwägen zu können.

Für Bewässerungsanlagen empfiehlt sich die Ausführung eines Flächennivellements und in hügeligem oder bergigem Gelände die Aufnahme von Höhenkurven und Eintragen derselben in die Karte. Die Anzahl der aufzunehmenden Höhenpunkte und deren Entfernung ist nicht nur von der Oberflächengestaltung des Geländes, sondern auch von dem Bewässerungssystem, welches zur Ausführung kommt, abhängig. Besondere Aufmerksamkeit ist der zweckmäßigsten Lage des Zuleiters zu widmen.

Ferner sind regelmäßige und durch längere Zeit fortgesetzte Pegelbeobachtungen erforderlich, wobei es oft wünschenswert erscheint, an den Wasserläufen in dem zu meliorierenden Gebiet besondere Pegel anzubringen und beobachten zu lassen.

Während der Ausführung der Vorarbeiten werden auch die Wassermengen und zwar bei verschiedenen Pegelständen gemessen, ebenso werden Bodenuntersuchungen vorgenommen und der Grundwasserstand festgelegt.

## B. Die Entwässerung.

### 1. Entwässerung durch Gräben.

§ 4. Von höheren Gebieten zufließendes Tagwasser kann durch Randgräben, Grundwasser durch Fanggräben, Kopfgräben oder Kopfdrains abgefangen werden. Die Rand- und Fanggräben werden an der Grenze des Meliorationsgebietes entlang geführt und erhalten ein ausreichend großes Gefälle und Querschnitt, um die größtmögliche Wassermenge aufzunehmen und schnell fort- und dem Vorfluter zuführen zu können. Damit das letztere auch bei jedem beliebig hohen Wasserstande des Vorflutgrabens geschehen kann, ist es zweckmäßig, sie auf den höchsten Stellen des Geländes

entlang zu führen und, wenn dies nicht durchweg möglich sein sollte, unter Umständen durch künstlich hergestellte Höhenlage den unbehinderten Abfluß in den Vorfluter zu sichern. Leider ist diese Bestimmung aber nicht immer durchführbar, wünschenswert ist ihre Durchführung aber auf alle Fälle. Für den Fall, daß man den Randgraben durch das Meliorationsgebiet selbst hindurchführen muß, empfiehlt sich seine beiderseitige Eindeichung, wobei dafür zu sorgen ist, daß die Deiche soweit vom Graben entfernt sind, daß sie etwa auftretendes, großes Hochwasser aufnehmen können. Wenn irgend möglich, soll man es aber, der schwierigen Entwässerung der Niederung wegen, vermeiden, den Randgraben durch das Gebiet zu führen. Über Ausführung der Deiche, siehe: Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues (Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig).

Fremdes Grundwasser wird durch tiefe, bis in die wasserführende Schicht reichende Randgräben unschädlich gemacht. Liegen diese Randgräben außerhalb des Meliorationsgebietes und entwässern auch außerhalb desselben in den Vorfluter, so heißen sie Fanggräben. Unter Kopfgräben versteht man kurze Fanggräben, welche in quer durch das Entwässerungsgebiet gehende Binnengräben — die wieder mit dem Vorfluter in Verbindung stehen — entwässern. Kopfgräben kommen dann zur Anwendung, wenn es nicht möglich ist, den Fanggräben genügend Vorflut zu geben. Verlegt man auf die Sohlen der Kopfgräben Drains, so bezeichnet man diese mit Kopfdrainen.

Das Schweiß-, Kuver- und Drängewasser kann durch ein Binnengrabennetz, besser jedoch durch Drainage, beseitigt werden.

Das eigene Tagwasser leitet man ebenfalls durch offene Gräben ab, ebenso kann dies auch bei dem Grundwasser geschehen.

An dieser Stelle sei auch noch erwähnt, daß man eine Entwässerung des Bodens durch Anpflanzung von die Verdunstung befördernden Pflanzen vornehmen kann. Hierzu eignen sich besonders Pflanzen mit dünnen, unbehaarten Blättern und zarter Oberhaut. Sehr stark verdunstet auch die Sonnenblume. Das geringste Verdunstungsvermögen besitzen von den Hölzern die Nadelhölzer.

**§ 5. Der Vorfluter**, welchem das gesamte Wasser aus dem Entwässerungsgebiet zugeführt wird, kann entweder eine solche Lage zum Meliorationsgebiet haben, daß das Wasser ihm mit einem bestimmten Gefälle ohne weiteres zufließt, oder aber es liegt höher als das Entwässerungsgebiet, so daß das Wasser in ihn hineingehoben werden muß. Im ersteren Falle spricht man von natürlicher, in letzterem von künstlicher Vorflut.

Nicht immer wird man bei Herstellung einer Entwässerungsanlage die natürliche Vorflut ohne weiteres benützen können.

Im günstigsten Fall wird man nur den Vorfluter in seinem ursprünglichen Zustand wieder herzustellen brauchen, indem man die in seinem Bette lagernden Sinkstoffe ausräumt und die in ihm wuchernden Pflanzen auskrautet, und man wird ferner darauf zu achten haben, daß neue Ablagerungen oder neuer Pflanzenanwuchs nicht mehr entstehen können.

Ist der Vorfluter stark verwildert, d. h. sind seine Ufer verwachsen oder abgebröckelt, so daß er das verlangte Wasserquantum nicht führen kann, springen die Ufer oder die Uferanpflanzungen vor, so daß sie durch Aufstau den Abfluß hemmen oder ist überhaupt sein Wasserführungsvermögen in irgend einer Weise gestört, so müssen Regulierungsarbeiten an ihm vorgenommen werden. Diese Regulierungsarbeiten können nun, je nach den örtlichen Verhältnissen, sehr verschiedener Natur sein. Man kann das Profil des Vorfluters verbreitern oder vertiefen oder beides zusammen; man kann das Gefälle günstiger gestalten; man kann die Ufer oder



die Sohle oder beides befestigen oder man kann endlich dem Vorfluter ein teilweise neues Bett schaffen<sup>1)</sup>. Tritt endlich der Fall ein, daß der alte Vorfluter überhaupt nicht für die Entwässerung benutzt werden kann, so muß man neue Abflüsse schaffen.

§ 6. Die **Räumung und Krautung** geschieht gewöhnlich einmal im Jahr und zwar bei niedrigem Wasserstande, d. h. nach der Grummeternte. Befürchtet man den Eintritt von Sommerhochwasser, so empfiehlt es sich zweimal zu räumen und zu krauten und zwar das erste Mal etwa im Mai.

Die Arbeiten sind von allen Anliegern gleichzeitig vorzunehmen, und geschehen entweder im Trocknen oder im Wasser.

Das erstere ist das teuerste aber auch das beste Verfahren; und zwar wird entweder das Wasser durch Anschüttung eines kleinen Querdammes zurückgehalten oder es wird um die zu reinigende Stelle herumgeleitet.

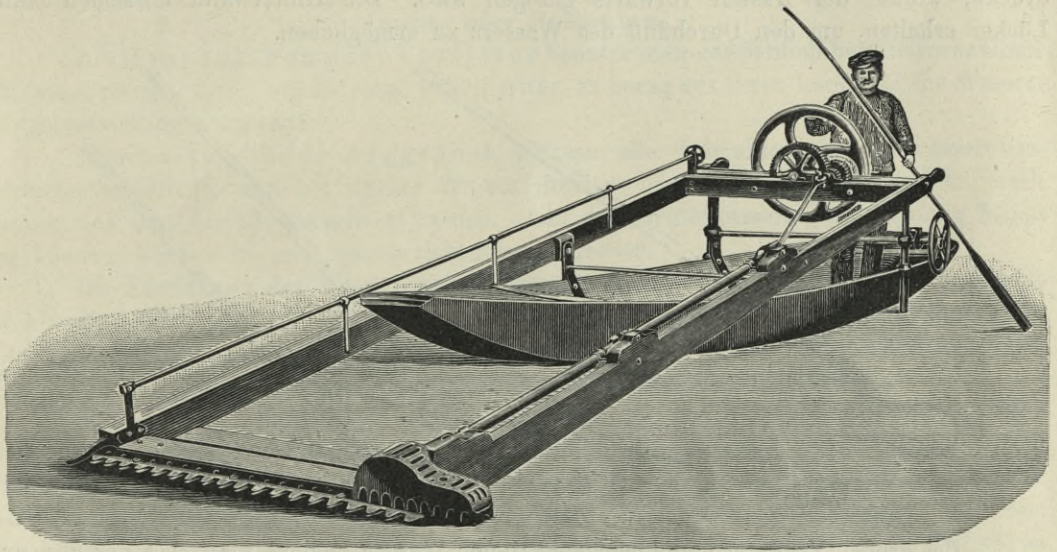


Fig. 4.

Die Krautung im Wasser geschieht entweder mit der Krautharke, mittelst welcher das Kraut losgerissen und dann herausgefischt wird oder mit einer Sichel oder Sense. Hierbei wird das Kraut so tief als möglich abgeschnitten. Eine andere Art der Krautbeseitigung ist die mittelst der Kette. Eine schwere Kette durch deren Glieder Dornen gesteckt sind, wird von beiden Ufern aus von Zugtieren stromaufwärts gezogen und reißt dabei alle Wasserpflanzen heraus. Man kann auch aus Sensenblättern eine Kette konstruieren, diese so beschweren, daß sie bis auf den Grund versinkt und dann wie vorgenannte Kette vorwärts ziehen. Als Beschwerungsmaterial werden gewöhnlich an jeder dritten oder vierten Sense kurze schwere Ketten befestigt, welche die Sensenblätternkette nicht allein an der Bachsohle festhalten, sondern auch die Schneiden horizontal und gegen die Richtung des Wassers einstellen.

Für großen Betrieb wird von der Aktien-Gesellschaft A. Lehnigk in Vetschau eine Schilfmähmaschine gebaut, welche Fig. 4 darstellt. Sie wird sowohl für Hand- als auch für Dampfbetrieb eingerichtet und besteht aus einem langen, schmalen Rahmen, welcher

<sup>1)</sup> Siehe über die Ausführung derartiger Bauwerke: Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues.

an der einen Schmalseite mit Messern versehen ist. Diese Messer sind sägeförmig dreieckig gespitzt und so doppelt übereinander angebracht, daß das Schneiden nach Art der Schere geschieht. Während das untere Messerblatt fest ist, wird das obere in schnelle, hin- und hergehende Bewegung gesetzt. Die Schnittbreite des Messers beträgt 1450 mm. Die Maschine kann für jede Tiefe bis zu zwei Meter eingestellt werden und kostet betriebsfertig mit Kahn 357 Mark, ohne Kahn 313 Mark.

Die Räumung unter Wasser erfolgt entweder durch Graben oder durch den Handbagger (Fig. 5)<sup>1)</sup>. Derselbe besteht aus einem eisernen Reifen von etwa 25 cm Durchmesser, an welchem ein Sack befestigt ist. Der Arbeiter geht rückwärts und drückt dabei auf den Stiel. Bei schwieriger Arbeit wird diese dadurch erleichtert, daß ein zweiter Arbeiter an einem an der Stange befindlichen Seil zieht.

Ein anderes Räumungsgerät ist der Baggerkasten (Fig. 6). Die beiden Stangen werden hochgehoben und dadurch die Schneide des Kastens fest gegen den Boden gedrückt, worauf der Kasten vorwärts gezogen wird. Die Hinterwand desselben muß Löcher erhalten, um den Durchfluß des Wassers zu ermöglichen.

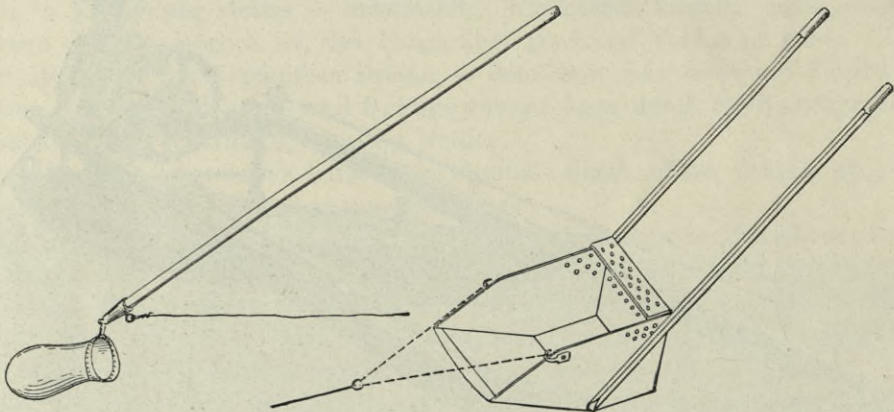


Fig. 5.

Fig. 6.

Bei großen Vorflutern und genügend tiefem Wasser bedient man sich der Eimerbagger für Hand- oder Dampftrieb, deren verschiedene Konstruktionen hier zu beschreiben zu weit führen und auch, weil im Meliorationswesen nur sehr selten zur Anwendung gelangend, zwecklos wäre. Interessenten finden im „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“, sowie in „Esselborn, der Tiefbau“ ausführliche Beschreibungen und Abbildungen.

§ 7. Müssen die alten Vorfluter ganz oder zum Teil durch neue Vorfluter ersetzt werden, so können diese letzteren entweder Parallelkanäle oder Umflußkanäle oder Binnenlandkanäle sein.

Parallelkanäle ziehen sich in fast gerader Linie durch eine Niederung und werden da angelegt, wo der alte Vorfluter sich nur schwer in gutem Zustande erhalten läßt.

Beabsichtigt man mit dem Vorflutkanal nur eine Hochwasserabführung und keine gleichzeitige Senkung des Grundwasserspiegels, so spricht man von einem Umfluß- oder Hochwasserkanal. In diesem Falle sind Vorkehrungen, z. B. durch Wehranlagen an seinem Anfangspunkt, zu treffen, welche seine Wirksamkeit bei niedrigem und mittlerem Wasserstande aufheben.

<sup>1)</sup> Die Figuren 5 und 6 sind aus: „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

Hat der neue Kanal nur an der unteren Seite Verbindung mit dem alten Vorfluter, so heißt er Binnenlandkanal. Er ist ein sehr bequemes Mittel um ohne große Kosten den Grundwasserstand in breiten Flußtälern zu senken.

Die Böschungen der Kanäle richten sich nach der Kanaltiefe und nach der Bodenart. Bei Torfboden genügt  $\frac{1}{2}$ fache Böschungsanlage, bei festen Klai Boden einfache und für Sand 2—3fache Anlage. Erhält man einen für die Bodenbeschaffenheit zu schnellen Wasserabfluß, so muß man das Gefälle verringern, was am zweckmäßigsten dadurch geschieht, daß die Sohle abgetrepppt wird.

Die Entfernung der Gräben, welche das Wasser dem Vorfluter zuführen, voneinander, muß um so geringer sein, je schwerer durchlässig der Boden ist und je ebener das Gelände ist. Je nach der Bedeutung der Gräben für die Entwässerung unterscheiden wir:

Gräben 1. Ordnung oder Hauptgräben.

„ 2. „ „ Nebengräben, auch Zug- oder Seitengräben genannt.

„ 3. „ „ Damm- oder Beetgräben.

Als Hauptgräben oder Vorfluter benutzt man gewöhnlich bereits vorhandene Entwässerungsgräben, welche man, soweit nötig, in bezug auf ihren Lauf und ihr Wasserfassungsvermögen umbaut.

Die Seiten- oder Zuggräben müssen alle Talmuiden des Entwässerungsgebietes erschließen und bei starker Wasserführung, ebenso wie die Hauptgräben, nach dieser und dem Gefälle berechnet werden. Um den Grundwasserstand zeitweilig heben zu können, werden sie mit Stauvorrichtungen versehen.

Die Entfernung der meist parallel liegenden Damm- oder Beetgräben richtet sich nach der Durchlässigkeit des Bodens und beträgt gewöhnlich zwischen 20 und 50 m. Sie dürfen kein zu starkes Gefälle erhalten und eine Sohlenbreite von wenigstens 30 cm. Die Beete und Dämme zwischen den Gräben sollen leicht zugänglich sein.

Anstelle der Dammgräben werden mitunter mit dem Pfluge Entwässerungsfurchen hergestellt, indem der Pflug die Schollen erst nach der einen und dann nach der anderen Seite wirft. Ihre Entfernung beträgt 5—15 m und ihre Anlage empfiehlt sich bei schwerem undurchlässigen Acker, solange dieser noch nicht drainiert ist. Aus der Vereinigung der Furchen entstehen die Sammelfurchen, welche in die Zuggräben münden. Bei langgestreckten Furchen werden nicht nur an den Enden, sondern auch noch in der Mitte Querfurchen als Sammelfurchen angelegt. Muldenartige Einsenkungen werden durch kurze Furchen entwässert, welche in die Einsenkung umschließende Fangfurchen münden.

In den Fällen, in welchen es wünschenswert erscheint, den Vorfluter ohne Rücksicht auf das Gelände anzulegen, läßt es sich mitunter nicht vermeiden, Wasserscheiden zu durchbrechen, wodurch tiefe Einschnitte, u. U. sogar Tunnelbauten entstehen können. Am häufigsten finden sich Einschnitte und Tunnels bei der Senkung eines Seespiegels.

§ 8. Bei der **Seespiegelsenkung** sind die Vor- und Nachteile auf das sorgfältigste gegeneinander abzuwägen, da im andern Fall sehr leicht der Vorteil — Gewinnung fruchtbaren Bodens — in keinem Verhältnis zu den durch die Senkung verursachten Nachteilen stehen kann. Zu letzteren sind zu zählen: Setzen des Bodens nach der Entwässerung und Entwertung der Seeränder infolge der Seespiegelsenkung. Bei der Anlage der Gräben ist dafür zu sorgen, daß das gewöhnliche Sommerwasser noch Vorflut behält. Ferner sind Randgräben und Binnengräben anzulegen; letztere mit Entwässerung nach der tiefsten Stelle, wo auch ein kleines Wasserbecken erhalten bleiben muß als Ausgleichbecken für die Zu- und Abflüsse.

§ 9. Als Beispiel einer Trockenlegung durch Gräben mag die in den Figuren 7—14 gezeigte, dem Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften entnommene Darstellung der Trockenlegung des Fucino-Sees dienen. Durch die Trockenlegung wurden 15775 ha des besten Bodens gewonnen, bei einem Kostenaufwande von etwa 35 Millionen Mark und 24-jähriger Arbeitsdauer. Zu der Trockenlegung gehören ferner: ein 8 km langer Hauptentwässerungskanal mit einer Wasserführung von 50 cbm, ein an der tiefsten Stelle liegendes Becken von 2200 ha Flächeninhalt zur Aufnahme von 55 000 000 cbm Wasser bei etwaigen Reparaturen usw., 100 km Kanäle, 649 km Gräben und 210 km Wege.

Die Gebirgsgewässer werden durch Randkanäle aufgefangen und an gewissen Stellen dem Hauptkanal übergeben. Ferner dienen die Randkanäle gleichzeitig zu Bewässerungszwecken. Die Bewässerung findet durch die in Entfernungen von je 1 km angeordneten Nebenkanäle statt.

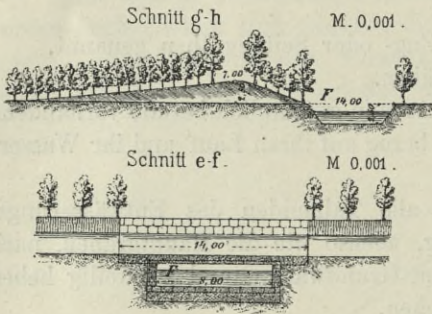


Fig. 7.

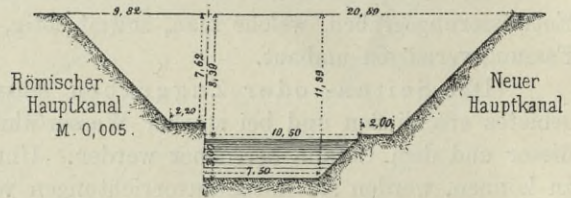
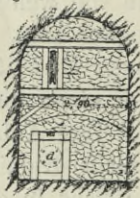


Fig. 9.

Fig. 8a. Schnitt GH.



Längenschnitt.

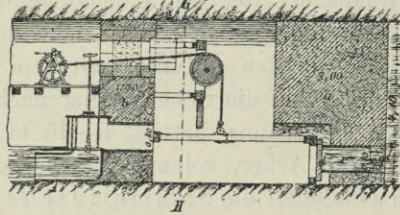


Fig. 8b.

Römischer Tunnel

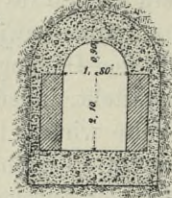


Fig. 8.

Aus altrömischer Zeit war bereits ein Entwässerungshauptkanal (Fig. 9a und b) und ein Tunnel (Fig. 8) zur Weiterführung des Wassers vorhanden. Der Tunnel hatte eine Länge von 5595 m, bei einer Breite von 1,8 m und einer Höhe (bis zum Gewölbscheitel gemessen) von 3 m. Es waren 40 Luftschachte bis zu 120 m Tiefe getrieben (Fig. 12). Der neue Tunnel (Fig. 10) hat eiförmigen Querschnitt von 19,6 qm, ist 5,766 m hoch und 4,0 m breit. Seine Länge beträgt 6300 m, das Gefälle 1 : 1000 und sein Fassungsvermögen 50 Sek/cbm. Die Verbindung des Hauptkanals in dem Tunnel wird durch eine Ablasschleuse (Fig. 13a und b) hergestellt, in welche das Wasser aus drei Öffnungen von je 4 m lichter Weite einströmt. Der Querschnitt des Tunnels an der Ausmündung beträgt 40 qm und der Einfluß findet durch zwei Galerien von je 2 m lichter Weite statt. Die Regulierung des Zuflusses geschieht mittelst eiserner Schützen, während ein zweiter Abschluß durch die Nuten in den Stirnmauern des Einlasses hergestellt werden kann.

Fig. 14a und b zeigt die Profile der Entwässerungskanäle, Gräben und Übergänge und in Fig. 8a und b sind die Apparate dargestellt, mittelst deren man das Wasser

Lageplan des trocken gelegten Sees M. 1:005 = 1 km.

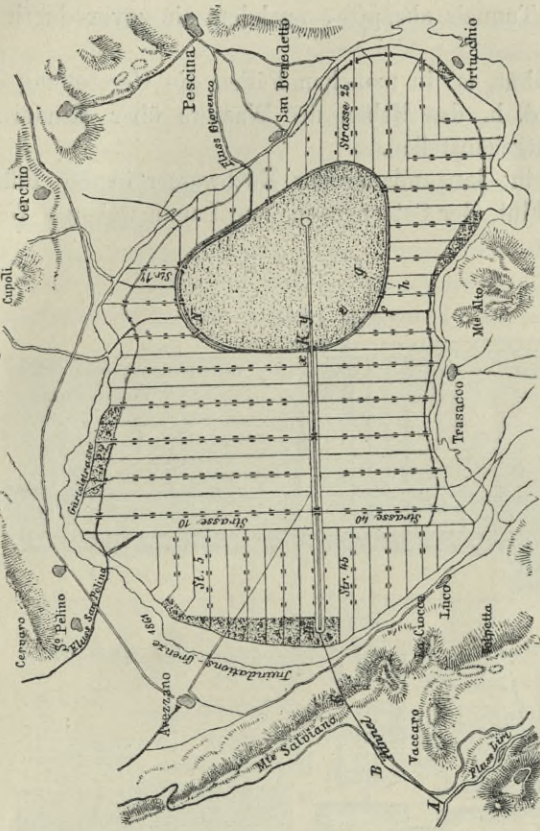


Fig. 11.

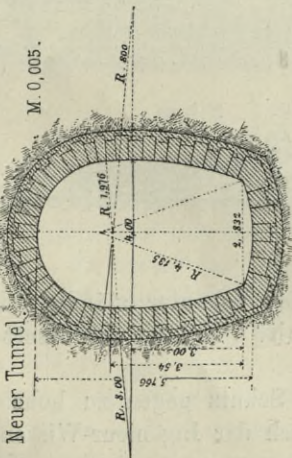


Fig. 10.

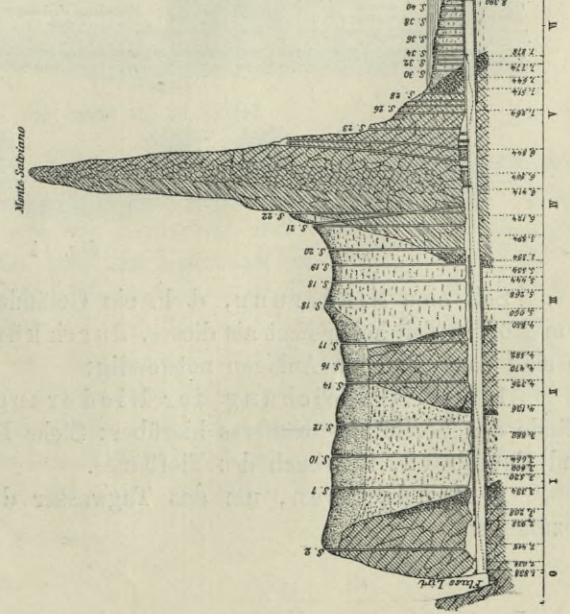
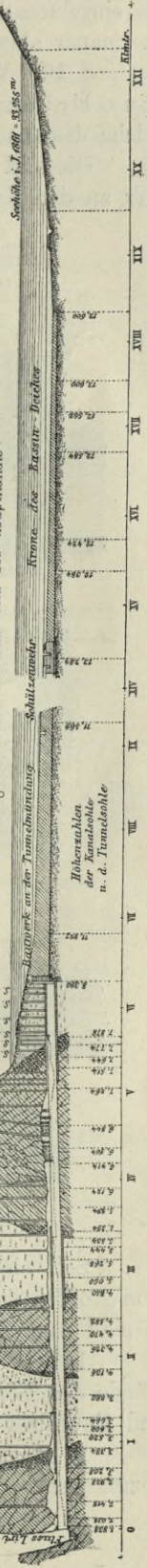


Fig. 12.

Längenschnitt des Tunnels und des Hauptkanals



aus einzelnen Strecken des römischen Tunnels abzapfte, nachdem sie zuvor durch eine Quermauer abgedämmt waren.

§ 10. Wie bereits im § 5 erwähnt, ist in manchen Fällen die Herstellung einer künstlichen Vorflut notwendig, d. h. das Heben des Wassers über Hindernisse, welche dem natürlichen Abfluß sich entgegensetzen.

Diese Hindernisse können sein: langandauerndes Hochwasser in den Flüssen, oder an den Küsten der Nordsee die Flut, der Ostsee nach dem Lande wehende Winde.

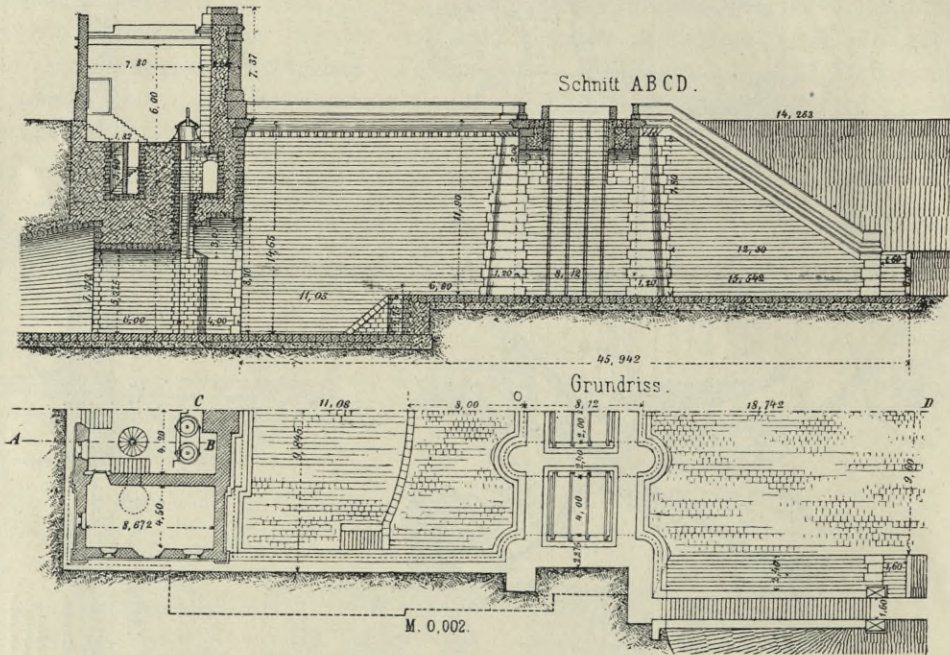


Fig. 13.

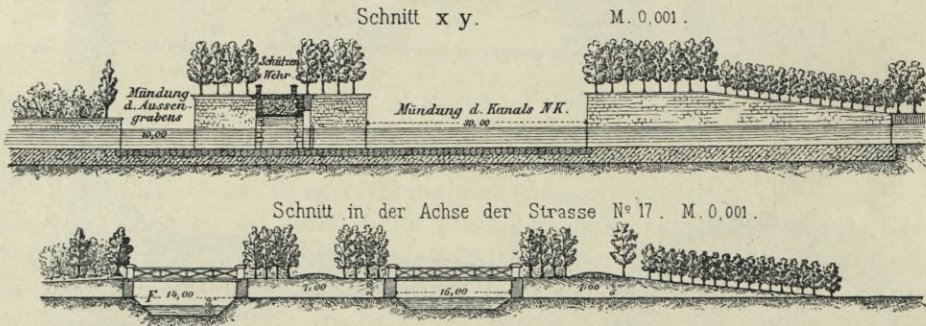


Fig. 14.

Soll eine Niederung, d. h. ein Gelände, dessen Vorfluter ständig oder doch zum größten Teil höher liegt als dieses, durch künstliche Vorflut entwässert werden, so sind dazu folgende Anlagen notwendig:

1. Die Eindeichung der Niederung zum Schutz gegen zu hohe Wasserstände des Vorfluters. Näheres hierüber: Siehe Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften und Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues.

2. Randgräben, um das Tagwasser des fremden, höher liegenden Wassers, abzuführen.

3. Eine gute Binnengraben-Entwässerung, welche das Wasser von allen Punkten der Niederung in schnellster Weise dem Schöpfwerk zuführt.

4. Eine Auslaßschleuse<sup>1)</sup>. Dieselbe wird zweckmäßig an der tiefsten Stelle des Entwässerungsgebietes angelegt, damit in solchen Zeiten, wo das Außenwasser tief genug steht, die Niederung durch natürliche Vorflut entwässert werden kann. Ferner ist darauf zu achten, daß der Wasserabfluß in geradem Laufe — also ohne Krümmungen — sich vollzieht und daß die an der Außenseite angebrachten Verschlußvorrichtungen sich selbsttätig öffnen und schließen.

Soll das Wasser des Vorfluters gleichzeitig zur Bewässerung verwandt werden, was bei Niederungswiesen der Fall sein kann, so muß man, um zeitweilig einen Überstau hervorrufen zu können, auch an der Innenseite der Auslaßschleuse Verschlußvorrichtungen anbringen.

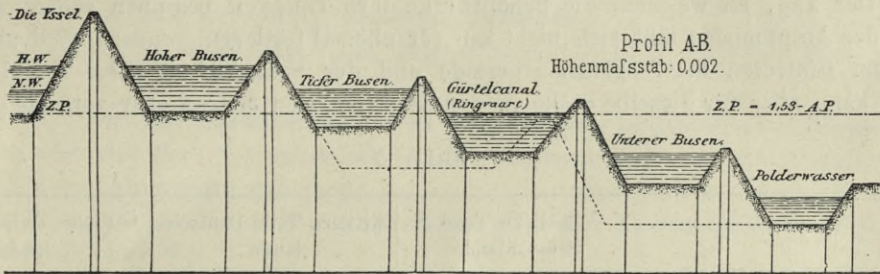


Fig. 15.

Lageplan. Maßstab: 1 km. = 0,05 m.

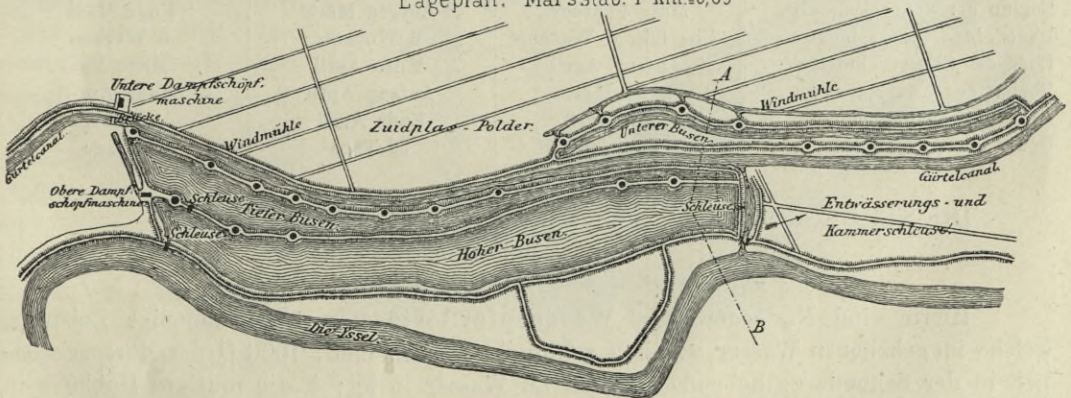


Fig. 16.

5. Das Schöpfwerk. Dasselbe wird gewöhnlich an der tiefsten Stelle und neben der Auslaßschleuse angeordnet, da es ebenso wie diese einen möglichst guten Baugrund haben und ihm das Wasser aus der Niederung mit natürlichem Gefälle zulaufen muß. Es besteht aus Wasserhebe- und aus Kraftmaschine.

Der Fall, daß das Schöpfwerk das Wasser aus der Niederung direkt in das Außenwasser hebt, tritt bei im Flutgebiet an der Seeküste oder den Flußmündungen liegenden Niederungen selten ein. In der Regel wird das Wasser zunächst auf den sogenannten „Busen“, eine innerhalb des Hauptdeiches liegende, von den Binnengraben durch einen Binnendeich getrennte Wasserfläche, welche bei Ebbezeit durch das Siel nach außen entleert wird, gehoben. Der Busen dient auch mitunter als natürliche Vorflut für höher gelegene Ländereien. Bei sehr tief gelegenen Niederungen kann auch

<sup>1)</sup> Siehe: Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues.

manchmal ein doppeltes Heben des Wassers eintreten, ehe es in das Außenwasser gelangt, indem es zunächst in einen Vorbussen und von hier aus in den Hauptbussen gehoben wird (Fig. 15 und 16)<sup>1)</sup>.

Die Größe der Bussen soll so bemessen werden, daß die Schöpfmaschinen während des Schlusses der Schleusen ununterbrochen arbeiten können und während der Ebbe das geschöpfte Wasser vollständig abfließen kann.

Nachstehende Tabelle 7 gibt nähere Angaben über den Beginn, das Ende und die Dauer des Auspumpens. Selbstverständlich sind dies nur Durchschnittswerte für Jahre mit der Durchschnittstemperatur und den normalen Abflußverhältnissen. Am stärksten werden die Schöpfwerke da beansprucht werden, wo eine während des Winters überstaute Niederung nach Beendigung der Schneeschmelze trocken gelegt werden soll.

Der Tag, an welchem die Schöpfwerke ihre Tätigkeit beginnen sollen und die Dauer des Auspumpens läßt sich nicht ein für allemal festlegen, sondern wird abhängen von dem Eintreten der Vegetationsperiode und der Schnelligkeit ihrer Entwicklung. Beides kann aber für dieselbe Stelle in den verschiedenen Jahren sehr verschieden sein.

Tabelle 7.

	Westliche Teile Deutschlands	Mittlere Teile Deutschlands	Östliche Teile Deutschlands
Mittlere Jahrestemperatur	9,2° C.	8,9° C.	7,6° C.
Dauer der Vegetationszeit	12 Monate	9 Monate	8 Monate
Beginn der Schneeschmelze	Mitte Februar	Anfang März	Ende März
Dauer der Schneeschmelze	Ungefähr 6 Wochen	6 Wochen	6 Wochen
Ende der Schneeschmelze	Anfang April	Mitte April	Mitte Mai
Beginn des Auspumpens	Mitte März	Anfang April	Ende April
Ende des Auspumpens	Mitte April	Ende April	20. Mai
Dauer des Auspumpens	31 Tage	30 Tage	20 Tage

Die Stärke des Schöpfwerkes berechnet sich nach der Formel:

$$N_w = \frac{1000 Q \cdot h}{75}$$

Hierin sind  $N_w$  sogenannte Wasserpferdestärken oder diejenige Leistung, welche im gehobenen Wasser wirklich vollbracht werden muß; 1000 Q das durchschnittlich in der Sekunde zu hebende Gewicht an Wasser in kg; h die mittlere Hubhöhe in Metern und 75 mkg/sek. eine Pferdestärke.

Die Kraftmaschine muß stärker sein, da sie nicht nur das Wasser zu heben, sondern auch noch die Reibungswiderstände und Verluste, welche sich beim Betriebe ergeben, zu überwinden hat. Will man daher die wirkliche Leistung der Wasserhebemaschine oder die sogenannten effektiven Pferdestärken erhalten, so muß man die Wasserpferdestärken noch durch einen Koeffizienten  $\mu$  dividieren. Es ist also:

$$N_e = \frac{N_w}{\mu}$$

Da man aber die Stärke der Maschine nicht nach den ihre wirkliche Leistung bestimmenden Kräften, sondern nach den in dem Dampfzylinder der Maschine entwickelten, den sogenannten indizierten Pferdestärken ( $N_i$ ) angibt, so hat man  $N_e$  noch durch einen Koeffizienten  $\mu_1$  zu dividieren, um diese zu erhalten. Also

1) Die Figuren 15 und 16 sind dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.



$$N_i = \frac{N_e}{\mu_1} = \frac{N_w}{\mu \cdot \mu_1}$$

Der Koeffizient  $\mu_1$  drückt das Verhältnis der von der Maschine ausgehenden effektiven Pferdestärken aus und ist abhängig von den in der Kraftmaschine selbst tätigen Reibungswiderständen.

Meistens wird  $N_i$  aus  $\frac{N_w}{\mu \cdot \mu_1}$  ermittelt, wobei das Produkt  $\mu \cdot \mu_1$  bei neueren Wasserhebemaschinen sich bewegt zwischen;

0,10	bis	0,34	bei	Hubhöhen	von	0,20	bis	0,50	m
0,20	"	0,52	"	"	"	0,50	"	1,00	"
0,32	"	0,68	"	"	"	1,00	"	2,00	"
0,42	"	0,70	"	größeren Hubhöhen.					

Mit Hubhöhe bezeichnet man den Höhenunterschied zwischen Binnen- und Außenwasser.

§ 11. Die zur Entwässerung von Niederungen gebräuchlichen Wasserhebemaschinen sind entweder: Schrauben oder Räder, Kolbenpumpen oder drehende Pumpen.

Zu den Schrauben gehören:

1. Die gewöhnliche Wasserschnecke oder Tonnenmühle (Fig. 17)<sup>1)</sup>.

Eine hölzerne Spindel (W), welche mit hölzernen oder gußeisernen Schraubengängen ( $G, G_1, G_2$ ) versehen ist, wird von einem Mantel (M) fest umschlossen. Der ganze Apparat, welcher leicht an jeder beliebigen Stelle angebracht werden kann, dreht sich im Wasser. Die beste Wirkung wird erzielt, wenn die Neigung der Welle gegen die Horizontale  $30^\circ$  beträgt, doch kann die Schnecke, wie aus der Figur ersichtlich ist, je nach der Höhe des Unterwassers gehoben oder gesenkt werden. Die Hubhöhe beträgt bis 4 m, der Durchmesser 0,60 bis 1,0 m und die Länge bis 8,0 m. Die Eintauchung in das Wasser beträgt, ebenso wie bei der folgenden,  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  des Schraubendurchmessers. Der Nutzeffekt  $\mu = 0,75$ . Die Bewegung der Tonnenmühle erfolgt durch Menschen, Göpelwerk, Wind oder Dampfkraft.

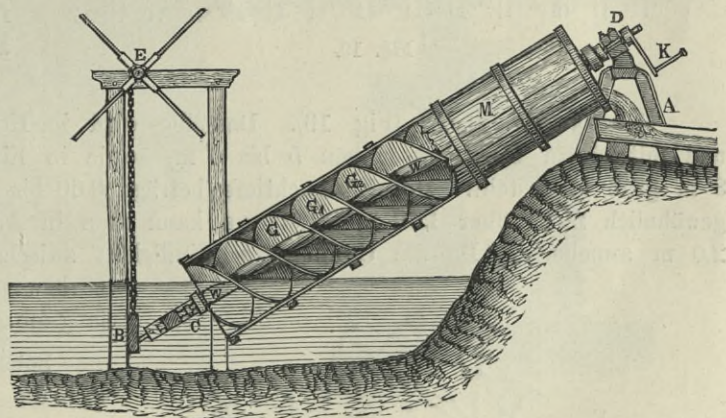


Fig. 17.

2. Die offene oder holländische Wasserschraube (Fig. 18)<sup>2)</sup>. Eine hölzerne oder eiserne Schraube ohne Ummantelung läuft in einer trogartigen Rinne mit einem Spielraum von nicht über

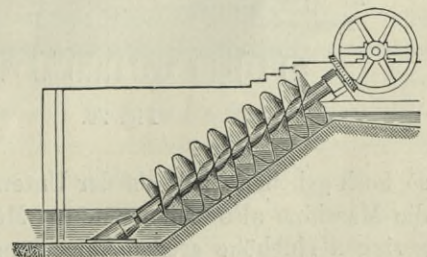


Fig. 18.

<sup>1)</sup> Die Figuren 17 und 19 sind aus „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

<sup>2)</sup> Die Figuren 18 und 24 sind aus „Brennecke, Der Grundbau“ entnommen.

5 mm. Die Neigung der Welle gegen die Horizontale soll tunlichst weniger als  $30^{\circ}$  betragen; der Steigungswinkel der Schraubengänge an der Spindel etwa  $35^{\circ}$ , am Umfange etwa  $70$  bis  $75^{\circ}$ . Der Durchmesser der Schraube beträgt 1,5 bis 2 m und die größte Hubhöhe 3 m, doch ist die Leistungsfähigkeit bei geringerer Hubhöhe günstiger. Zur Bewegung der Maschine kann die Kraft des Windes, besser aber die Dampfkraft benutzt werden. Die Nutzwirkung beträgt:  $\mu = 0,75$ .

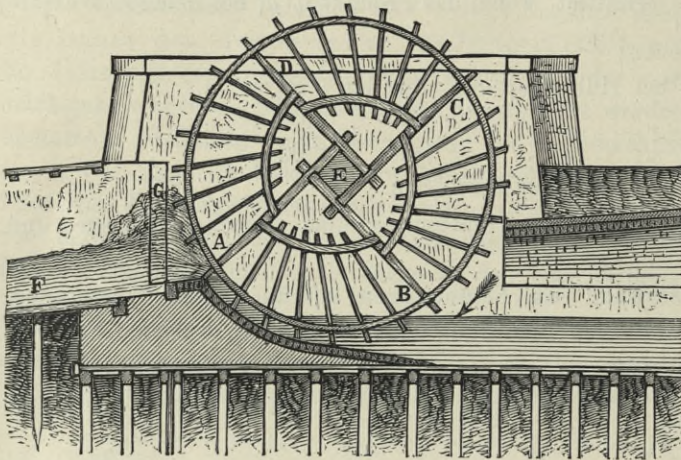


Fig. 19.

Ihr Vorteil ist, daß sie auch schlammiges Wasser, Holzstücke usw. hebt, ohne in Unordnung zu geraten, ihr Nachteil der, daß ihre Hubhöhe stets größer ist als der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser, da sie vom Unterwasserspiegel bis zum oberen Ausguß reicht. Sie muß also mehr Arbeit verrichten, als eigentlich erforderlich ist, um das Wasser zu heben.

ZudenRäderngehören:

1. Das Wurfrad (Fig. 19). Dasselbe wird in Holz 0,45 bis 0,60 m breit und mit einem Durchmesser von 5 bis 6 m, sowie in Eisen bis 2,25 m breit und 8 m groß hergestellt. Die Eintauchtiefe beträgt 0,60 bis 0,90 m und die Hubhöhe gewöhnlich nicht über 1,50 m. Letztere kann man in Ausnahmefällen auch bis zu 2,0 m annehmen. Da die Umfangsgeschwindigkeit zwischen 0,65 bis 2 m beträgt, so bewegen sich die Räder nur sehr langsam.

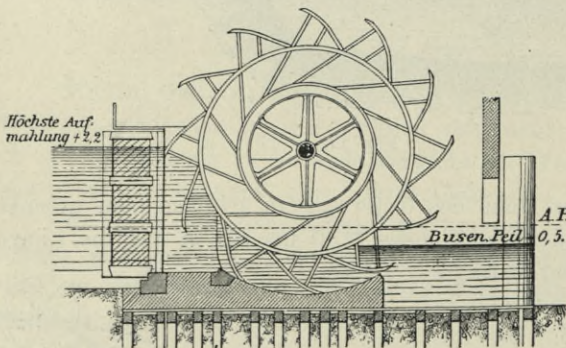


Fig. 20.

Sobald das Rad steht, schließt sich die bei G angebrachte Wachtür und sperrt dadurch das Oberwasser vom Unterwasser selbsttätig ab. Der Teil des Gerinnes, gegen welches sich das Rad dicht gegenlegt, heißt der Aufleiter, dessen Länge wenigstens gleich zwei Schaufelweiten sein soll. Die Vorteile des Wurfrades sind neben einfacher Herstellung, leichter Instandsetzung und sicherem Gang, daß das Wasser nur

so hoch gehoben wird, als der Unterschied zwischen Oberwasser und Unterwasser beträgt, die Maschine also keine unnütze Mehrarbeit verrichtet. Ihr Nachteil sind die bei der geringen Hubhöhe großen Abmessungen der Räder, während der andere häufig auch als Nachteil bezeichnete Umstand, daß durch die Erzeugung von Wellenbergen und -Tälern die wirkliche Hubhöhe vergrößert wird, dadurch leicht vermieden werden kann, daß die Schaufeln nicht radial, sondern exzentrisch gestellt werden.

2. Das Obermarsche Pumprad (Fig. 20)<sup>1)</sup>. Es besteht aus einer hohlen eisernen Trommel von 3 bis 6 m Durchmesser, auf deren Umfang gekrümmte eiserne Schaufeln in der Art befestigt sind, daß sie mit ihrer konvexen Seite in das Unterwasser tauchen. Ihre Umfangsgeschwindigkeit beträgt, bei einer Hubhöhe von 3 bis 6 m, 1 bis 1,5 m und ihr Nutzeffekt 0,74 bis 0,80.

3. Das Schneckenrad (Fig. 21)<sup>2)</sup>. Ein radförmig gestalteter, von Holz hergestellter hohler Kasten hat in seinem Innern eine Anzahl gewundener Kanäle, deren Einflußöffnungen sich an der Stirn des Rades befinden. Die Welle ist von einem ringförmigen Trog umgeben, in welchen sämtliche Kanäle einmünden.

Zu den Pumpen gehören:

1. Die Kolbenpumpen. Dieselben kommen als gewöhnliche Saug- oder als Saug- und Druckpumpen da zur Anwendung, wo es sich um das Heben geringer Wassermengen handelt.

2. Die Kreiselpumpe (Fig. 22 u. 23). Die Kreiselpumpe hat den Vorteil, daß sie das Wasser nicht höher hebt, als der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser beträgt, mit-

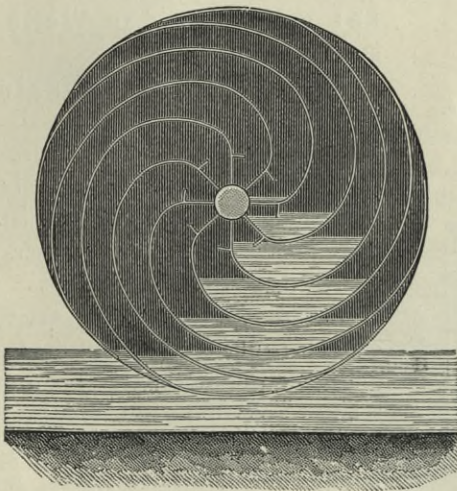


Fig. 21 a.

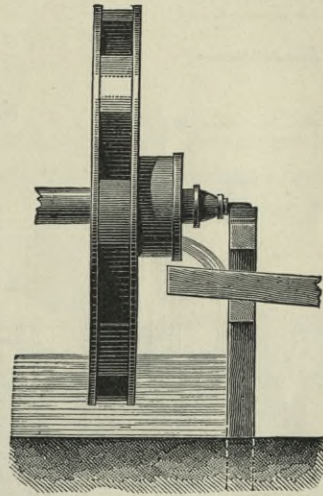


Fig. 21 b.

hin keinen unnützen Kraftaufwand verlangt. Sie besteht aus einer horizontalen, an ihrer Unterseite mit gekrümmten Rippen versehenen Scheibe, welche bei der Drehung das Wasser nach dem Umfange der Scheibe schleudern. Von hier aus gelangt das Wasser nach dem oberhalb der Scheibe befindlichen Raum und von diesem Raum, welcher mit dem Oberwasser in Verbindung steht, in das letztere. Die in den vorgenannten Figuren dargestellte Kreiselpumpe macht in der Minute  $81\frac{1}{2}$  Umdrehungen, bei einem Durchmesser von 2,20 m. Ihre Leistungsfähigkeit soll 2,8 m für 1 Sek/cbm betragen. Sie wird durch eine Dampfmaschine mit zwei liegenden Zylindern von 0,78 und 0,39 m Durchmesser und einer Hubhöhe von 0,94 m betrieben. Die Zylinder arbeiten mit Expansion und Kondensation und entwickeln bei vier Atmosphären Überdruck 87 Pferdekkräfte. Der Dampf wird in zwei Dampfkesseln mit Siederöhren von 1,25 und 0,94 m Durchmesser und 6,33 bzw. 6,10 m Länge entwickelt. Die Maschine macht bei gewöhnlichem Betriebe 35 Umdrehungen in der Minute. Der Durchmesser des Ablassrohres beträgt

1) Die Figuren 20, 22 und 23 sind dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

2) Die Figuren 21a und b sind aus „Promnitz, Der Holzbau“, entnommen.

1,25 m. Die ganze Anlage dient zur Entwässerung der 3900 ha großen Rampitz-Aurither-Niederung (Oder), welche jedoch teilweise das Wasser auch durch natürliche Vorflut los wird.

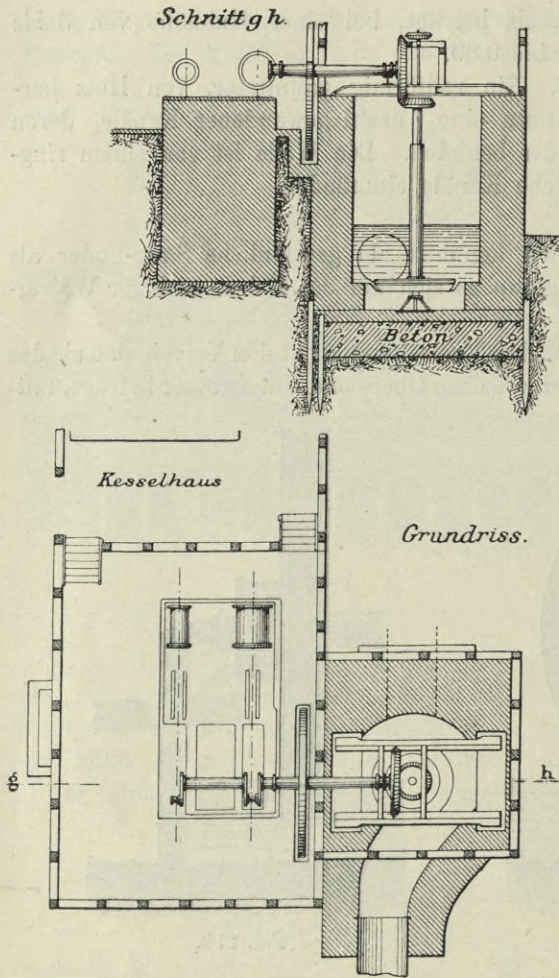


Fig. 22 u. 23.

der im Trocken stehenden Pumpe nach dem Unterwasser, während das luftdicht verschlossene Druckrohr nach dem Oberwasser führt. Dadurch erreicht man, daß die

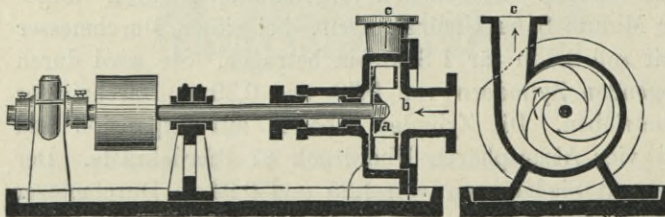


Fig. 24.

Lokomobile. Die Anordnung stammt von der Firma Brodnitz & Seydel in Berlin N, und hat überall zur vollen Zufriedenheit funktioniert.

3. Die Zentrifugalpumpe. Umgibt man den Kreisel mit einem Gehäuse und leitet das Unterwasser durch eine Rohrleitung in die Nähe der Welle, gestaltet das Gehäuse aber so, daß das Wasser schneckenartig um die drehende Scheibe geführt wird, so hat man die Zentrifugalpumpe. Damit die Scheibe nicht einseitigen Druck erhält, wird das Wasser auf beiden Seiten der Scheibe eingeleitet.

Die Zentrifugalpumpe kann horizontal mit stehender oder vertikal mit liegender Welle aufgestellt werden.

4. Die Zentrifugalpumpe mit liegender Achse. Die Saughöhe darf 5—6 m nicht überschreiten und da das Wasser vollständig durch das Gehäuse abgeschlossen ist, kann die Pumpe außerhalb des Wassers stehen. Je kleiner die Pumpe ist, um so schnellere Bewegung ist erforderlich, ebenso luftdichter Abschluß des Gehäuses und aller Rohrleitungen. Vor Inbetriebsetzung Vollfüllung mit Wasser erforderlich. (Fig. 24 zeigt eine Zentrifugalpumpe mit liegender Achse, a ist die Kreiselpumpe, b der Zufluß und c der Abfluß des Wassers.)

Zwei Saugrohre oder ein sich hosenartig teilendes Rohr, führen von

der im Trocken stehenden Pumpe nach dem Unterwasser, während das luftdicht verschlossene Druckrohr nach dem Oberwasser führt. Dadurch erreicht man, daß die Maschine nur den Höhenunterschied zwischen den beiden Wasserspiegeln zu überwinden hat und bezeichnet man derartige Anlagen mit Hebe-Zentrifugalpumpen. Fig. 25 zeigt eine solche Hebeanlage für zeitweiligen Gebrauch und unter Benutzung einer

Fig. 26 stellt eine Patent-Zentrifugalpumpe der Firma Brodnitz & Seydel, Berlin N. dar. Bei dieser Pumpe bestehen die Schaufelräder statt aus einem Gußstück aus zwei Hälften, wodurch es möglich war, denselben eine geringere Stärke, glattere Wände und

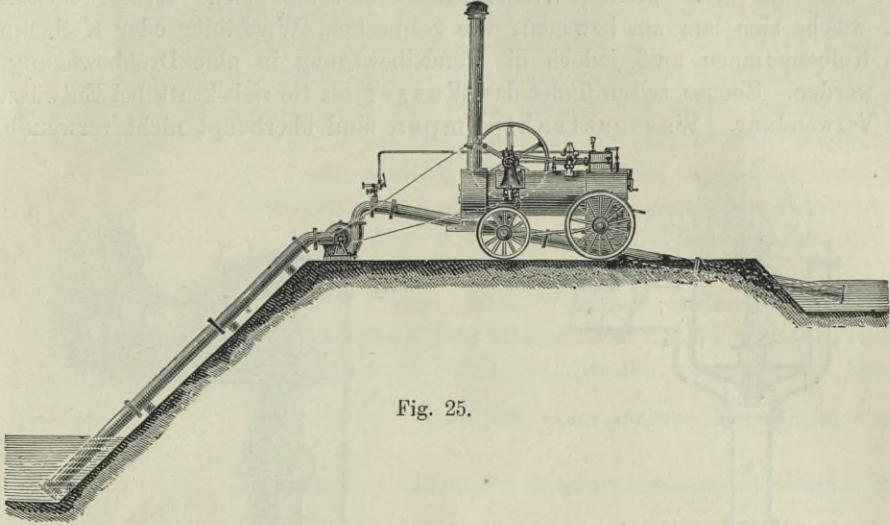


Fig. 25.

feinere Formen zu geben. Die Wirkung dieser Schaufeln ist eine günstigere und die Durchflußwiderstände im Pumpengehäuse und in den Rohrleitungen sind durch reichlichere Abmessungen möglichst herabgemindert worden. Ihre Förderhöhe beträgt bis zu 15 m.

5. Die Zentrifugalpumpe mit stehender Achse (Fig. 27). Die Pumpe steht gewöhnlich gänzlich im Unterwasser, so daß das Saugrohr fortfällt. Das Schaufelrad *c* ist kegelförmig und hängt mit der Welle *b* am Kammzapfen *d*. Das Wasser wird vor dem Kreiseln zwischen den doppelten Wänden *f* und *e* hindurch zu dem Ausflußrohr *i* gedrückt, welches eine Absperrklappe besitzt, die, falls die untere Klappe undicht ist, den Rücklauf verhindert.

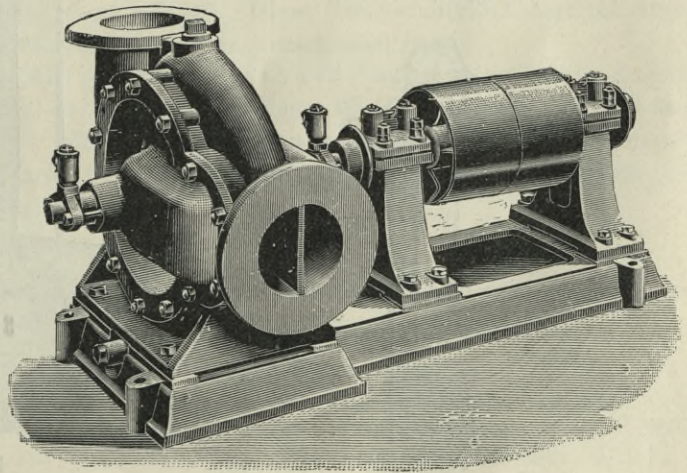


Fig. 26.

Fig. 28 zeigt noch eine Horizontalpumpe mit stehender Welle, mit einer Leistung von 25 cbm in der Minute auf 1 m Hubhöhe. Ausgeführt ist die Pumpe von der vorgenannten Firma Brodnitz und Seydel für eine Entwässerungsanlage in Italien.

6. Die Kettenpumpe oder Scheibenkunst (Fig. 29)<sup>1)</sup>, eine ältere Konstruktion, welche auch mitunter heute noch bei Hubhöhen bis zu 5 m Verwendung findet. Die Röhre ist 10—15 cm weit, die etwa 0,5—1 m auseinanderstehenden Scheiben gehen darin mit etwa 3 mm Spielraum.

<sup>1)</sup> Die Figuren 27 und 29 sind aus „Brennecke, Der Grundbau“ entnommen.

§ 12. Der Betrieb der Wasserhebwerke erfolgt in den seltensten Fällen durch Menschenkraft. Jedenfalls nur dann, wenn es sich darum handelt, vorübergehend geringe Wassermengen zu beseitigen. Auch Pferde werden nur benutzt werden können, wenn es sich um keine großen Wassermengen und um solche Wasserhebemaschinen handelt, welche sich langsam bewegen, wie Schnecken, Wurfräder oder Kolbenpumpen. Bei den Kolbenpumpen muß jedoch die Pendelbewegung in eine Drehbewegung umgewandelt werden. Ebenso selten findet das Wasser als Betriebskraft bei Entwässerungsanlagen Verwendung. Wasserstrahlpumpen sind überhaupt nicht verwendbar und

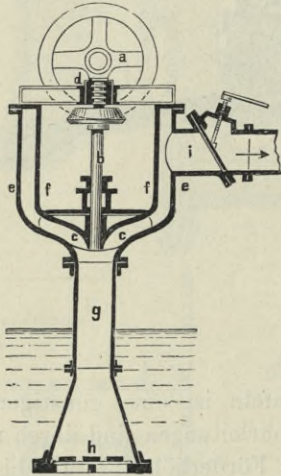


Fig. 27.

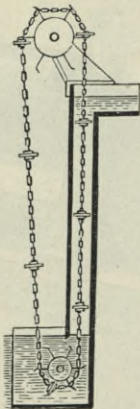


Fig. 29.

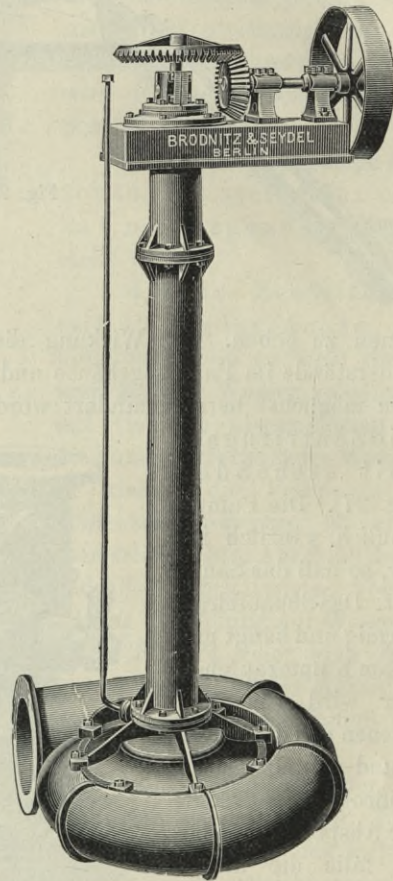


Fig. 28.

Turbinen sowie Wasserräder nur dann, wenn eine vorhandene Wasserkraft oder Wassermenge unmittelbar neben der zu entwässernden Fläche liegt. Vor Erfindung der Dampfmaschine war der Wind die wichtigste Betriebskraft bei allen größeren Entwässerungsanlagen.

Die früher allgemein verwandten Windmühlen wurden zuerst in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts in Holland zur Wasserbeförderung benutzt. Als Durchschnittszahl für den Nutzeffekt einer Windmühle mit 22 bis 28 m langen Flügeln, kann man 54,7 cbm Wasser in einer Minute auf 1 m zu heben, annehmen. Kleinere Mühlen von 12–20 m Rutenlänge leisten etwa sechs Pferdekkräfte und können, je nach der

Menge des Kuverwassers, 60—300 ha trocken halten. In neuerer Zeit haben, soweit überhaupt noch die Kraft des Windes verwandt wird, die Windmühlen den Windrädern weichen müssen. Zwar ist das Klappergeräusch, welches die vielen kleinen und beweglichen Teile der letzteren verursachen, sowie ihre leichte Abnützbarkeit und Reparaturbedürftigkeit nichts Angenehmes, andererseits sind aber die Vorteile gegenüber den Windmühlen so bedeutend, daß sie die eben erwähnten Nachteile voll und ganz aufwiegen. Da sie leicht gebaut sind und beim Drehen nur einen geringen Reibungswiderstand zu überwinden haben, so ist ihr Nutzeffekt ein sehr hoher. Wenn man von dem zeitweisen Schmieren der Lager absieht, erfordern sie gar keine Bedienung, da ihre Einstellung, d. h. die Fähigkeit des Rades sich immer gegen den Wind zu stellen, sowie ihre Regulierung, d. h. die dem Winde ausgesetzte Fläche je nach der Stärke desselben zu vergrößern oder zu verkleinern, selbsttätig erfolgt.

Bezeichnet N die Anzahl der von einem Windrade verlangten Pferdestärken, K einen Koeffizienten, welcher bei gewöhnlichen Windmühlen 0,0004 und bei Windrädern 0,0005 ist, F die dem Winde ausgesetzte Fläche — dieselbe ist gleich der Kreisfläche des äußeren Durchmessers d, d. h.  $\frac{d^2\pi}{4}$ , abzüglich einer inneren Kreisfläche von  $\frac{1}{3}d$ ;

daher  $F = \frac{d^2\pi}{4} - \frac{d^2\pi}{4 \cdot 9} = 0,698 d^2$  — und v die Geschwindigkeit des Windes in Meter

auf eine Sekunde, so ist  $N = K \cdot F \cdot v^3$ ,

oder unter Einsetzung des Wertes von F:

$$N = K \cdot 0,698 d^2 \cdot v^3.$$

Die günstigste Wirkung erreicht man, wenn die Geschwindigkeit des Windes in der Sekunde: v = 6 oder 6,5 oder 7 m beträgt. Diese Geschwindigkeit herrscht aber nicht immer und ist in den einzelnen Jahreszeiten verschieden häufig.

Nachstehende vom Geheimen Baurat P. Gerhardt aufgestellte Tabelle 8 gibt in Prozenten die Zeitdauer an, in welchen die obigen Windgeschwindigkeiten in der norddeutschen Tiefebene erreicht oder überschritten werden und darf der hier angegebene Prozentsatz der verfügbaren Betriebszeit auch nur als wirkliche Betriebsdauer des Motors in Anrechnung gebracht werden.

Tabelle 8.

Windgeschwindigkeit	Jan.	Febr.	März	1.-15. April	16.-30. April	1.-15. Mai	16.-31. Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
6 m	33,5	29,3	34,4	28,9	31,4	33,4	23,2	25	23,5	25,4	19,2	33,9	33,6	35,9
6,5 m	28,9	23,8	28,8	22,8	25,6	27,1	18,7	19,7	18,5	21,1	15,3	28,1	27	29,3
7 m	25	20,2	23,6	18,1	20,3	22,2	15,4	16,3	15,4	18	12,4	23,5	22,3	25

Soll der Durchmesser eines Windrades berechnet werden, so hat man zunächst in der obigen Formel für N, den Wert K = 0,0005 einzusetzen und erhält dann d bei einer Windgeschwindigkeit von 6 m,  $d = 3,74 \sqrt{N}$   
 „ 6,5 „  $d = 3,31 \sqrt{N}$  und  
 „ 7 „  $d = 2,97 \sqrt{N}$ .

Beispiel (aus Vogler): Es soll ein auf 7 m Windgeschwindigkeit zu bauendes Windrad in der Zeit vom 1. bis 15. April zusammen 45 000 cbm Wasser auf durchschnittlich 2,5 m Höhe befördern. Von den zur Verfügung stehenden  $15 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 1\,296\,000$  Sekunden würden nach vorstehender Tabelle für die Berechnung nur 18,1 %,



Fig. 30.



also 234576 Sekunden, als wirkliche Betriebszeit angenommen werden können. Demnach muß der Windmotor in einer Sekunde  $\frac{45000}{234576} = 0,192$  cbm Wasser heben oder bei 2,5 m Höhe eine Nutzleistung von:  $\frac{0,192 \cdot 1000 \cdot 2,5}{75} = 6,4$  Pferdestärken (N) entwickeln. Der Durchmesser des Rades muß daher betragen:  $d = 2,97 \sqrt{6,4} = 7,5$  m.

In neuerer Zeit wird bei allen größeren Entwässerungsanlagen die stets und in jeder beliebigen Stärke zu habende Dampfkraft benutzt. Für kleine oder nur zeitweise erforderliche Entwässerungsanlagen bedient man sich zweckmäßig der beweglichen Dampfmaschinen, der Lokomobilen, während bei großen und dauernd betriebenen Entwässerungsanlagen feststehende Dampfmaschinen im Gebrauch sind. Der zuverlässigeren Wartung wegen, empfiehlt es sich hierbei das Maschinenhaus getrennt vom Kessel- und vom Pumpenhaus anzuordnen.

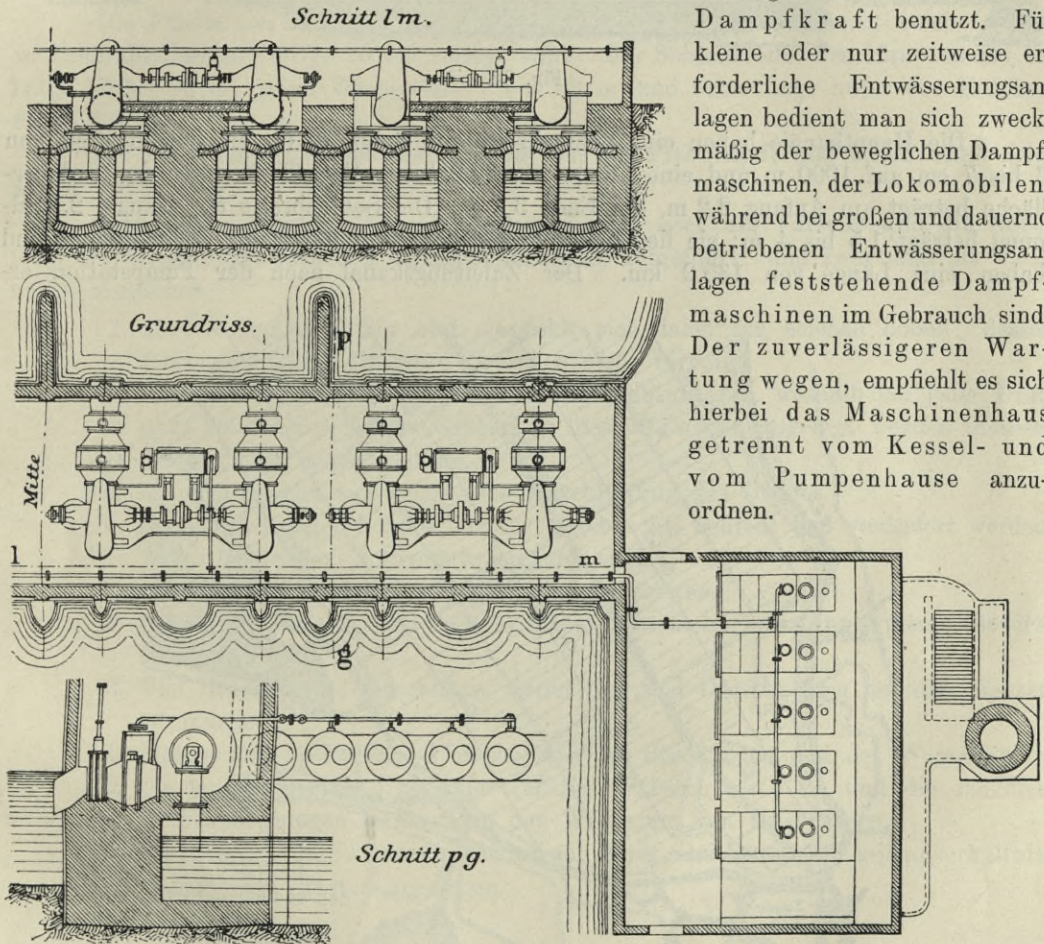


Fig. 31.

§ 13. Als Beispiel einer größeren Entwässerungs-Anlage<sup>1)</sup> sei in den Figuren 30 und 31 die Entwässerung der Niederung von Ferrara in Norditalien dargestellt. Fig. 30 ist der Lageplan und Fig. 31 die Schöpfmaschine. Die künstlich zu entwässernde Fläche ist 51 000 ha (21 000 ha Kultur- und 30 000 ha versumpfter Boden) groß, welche 0,2 m unter dem niedrigsten und 0,6—0,7 m unter dem mittleren Meeresspiegel liegen. Die abzuführende Wassermenge wurde in der Weise berechnet, daß man eine in 12 Tagen zu beseitigende Wasserschicht von 0,056 m zugrunde legt. Dies ergibt auf rot. 50 000 ha 280 Mill. cbm oder rot. 30 cbm Wasser in der Sekunde.

1) Dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen, ebenso die Figuren 32 und 33.

Da der Kanal Bianco, welcher die höheren Grundstücke entwässert, größere Wassermassen nicht aufnehmen kann, ist die Pumpstation bei Codigoro am Volano-Flusse ausgeführt und es führen der Kanal Leone, der Kanal Goro und ein dritter Kanal das Wasser nach der Station. Durch die Lage der Pumpstation bei Codigoro wird die Zuleitung mit dem geringsten Gefälle erreicht, die Anlage ist gegen die Fluten geschützt und es können die vorhandenen Kanäle benutzt werden.



Fig. 32.

Die Hauptkanäle haben eine Sohlenbreite von 6 bis 20 m, ein Sohlengefälle von 6 bis 7 cm auf 1000 m und eine Länge von 34,9 km. Ihre Tiefe unter der Erdoberfläche beträgt am Anfang 2,2 m, am Ende 3,4 m. Die Sohlenbreite der Kanäle 2. Ordnung beträgt 1,5 bis 4 m; sie liegen durchschnittlich 2 m unter der Erdoberfläche und haben eine Länge von 135,2 km. Der Zuleitungskanal nach der Pumpstation er-

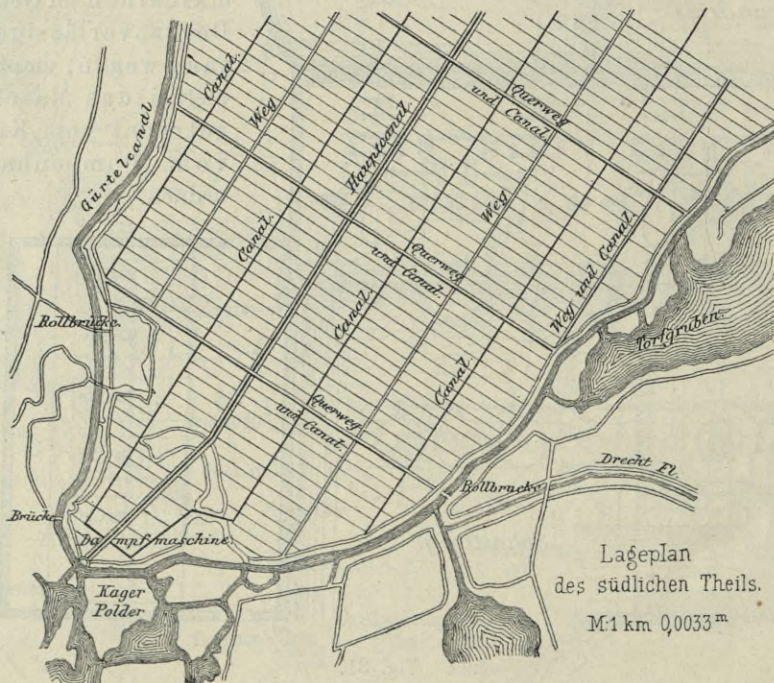


Fig. 33.

weitert sich bis auf 40 m und erhält zum Anschluß an die Seitenmauern des Beckens vor der Maschinenanlage 54 m Sohle.

Die vier Dampfmaschinen mit acht Zentrifugalpumpen heben durchschnittlich 30 cbm/sek. auf 2,6 m. Die größte Hubhöhe beträgt 3,66 m. Die Zentrifugalpumpen, welche paarweise angeordnet sind, machen 100 bis 120 Umdrehungen in der Minute. Zwischen je zwei Pumpen liegt eine Wolfsche Dampfmaschine, deren Zylinder einen Durchmesser von 0,7 bzw. 1,18 m haben. Die Hubhöhe beträgt 0,86 m. Der Dampf

aus dem Niederdruckzylinder geht in je zwei Kondensationsapparate von 70 qm Fläche. An dem Ende des Maschinengebäudes sind die Kessel, je 5 an jeder Seite, also im ganzen 10 angeordnet.

Die Kosten für die Anlage betragen rund 5 600 000 Mk., wozu noch die für den Ankauf der Ländereien, Verwaltung, Zinsen usw. in Höhe von 6 000 000 Mk. kommen.

Ein anderes Beispiel ist die Entwässerungsanlage des Polders im Haarlemer Moor (Holland), welche in den Figuren 32 und 33 im Lageplan und im Querschnitt durch den Gürtelkanal dargestellt ist.

Die Fläche von 18 000 ha ist in Abteilungen von 300 ha eingeteilt, welche wieder in Unterabteilungen von je 20 ha zerlegt sind. Die Sohlenbreite des Hauptkanals beträgt 17 bis 20 m, seine Wassertiefe 1 bis 1,3 m und seine Lage unter der Erdoberfläche 1,5 m.

Die drei Pumpwerke entwickeln je 350 bis 392 Pferdekraft und heben das Wasser 4,5 m hoch.

§ 14. Zum Beschluß dieses Abschnittes seien noch **die Vorteile und die Nachteile der Grabenentwässerung** zusammenhängend aufgeführt, und zwar sind als Vorteile anzusehen:

1. Ihre Anlage ist billig und empfiehlt sich daher für solchen Boden, dessen Geringwertigkeit die teure Drainage nicht verträgt.
  2. Sie sind das beste Mittel das Tagwasser abzuführen, weshalb bei jeder Drainage stets einige offene Gräben zu diesem Zwecke angelegt werden müssen.
  3. Sie brauchen wenig Gefälle.
  4. Sie ermöglichen eine energische Durchlüftung des Bodens.
  5. Stauvorrichtungen können leichter angebracht, bedient und verändert werden.
- Die Nachteile der Grabenentwässerung sind:

1. Es geht der Landwirtschaft viel Boden verloren.
2. Schwierige Zufahrt und besonders bei schmalen Beeten unbequeme Bewirtschaftung.
3. Viel Brücken und Durchlässe, deren Bau und Unterhaltung unnötige Kosten verursacht.
4. Stetige und kostspielige Unterhaltung der Böschungen und des Wasserlaufes.
5. Die Gräben locken Ungeziefer (Mäuse, Frösche usw.) an und die feuchten Grabenböschungen begünstigen das Wachstum von Unkräutern.
6. Die Gräben sind in nassem Terrain schwierig und häufig nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten anzulegen.

## 2. Die Entwässerung durch verdeckte Kanäle oder die Drainage.

§ 1. Das Wort **Drainage** stammt von dem englischen Wort to drain, ableiten, graben, her und bezeichnet die Kunst, das im Boden enthaltene überschüssige Wasser mittelst unterirdischer Kanäle zu entfernen. Die Kunst der Drainage reicht bis in das frühe Altertum zurück, da bereits die Römer Ländereien drainiert haben. Wie so vieles ging jedoch auch diese Kunst im Mittelalter verloren und erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurde sie in England von neuem erfunden und von Männern der Theorie und der Praxis weiter ausgebildet. Die ältesten Drains, welche in England verwendet wurden, waren wohl die Steindrains, später kamen dann noch solche aus Faschinen hinzu, dann gelangte man zu Röhren

von eiförmiger, viereckiger oder anderer Form, bis endlich im Jahre 1808 John Read zum ersten Male runde, mit der Hand geformte, gebrannte Röhren verwandte. Jedoch dauerte es noch bis zum Jahre 1844, d. h. bis die Drainrohrpresse erfunden war und zweckmäßige Drainagegerätschaften gebaut wurden, ehe sich die gebrannten Tonröhren von kreisförmigem Querschnitt allgemeine Geltung verschafften. Die erste Weltausstellung in London im Jahre 1851 brachte die Drainagekunst nach dem Festlande, wo sie zuerst in Belgien, dann in Frankreich und endlich auch in Deutschland Eingang fand. Hier ist es besonders der verstorbene Ökonomierat und Wiesenbaumeister Vincent gewesen, welcher vorbildlich und bahnbrechend auf diesem Gebiete gewirkt hat und dessen Grundsätze und Regeln über die Ausführung von Ent- und Bewässerungsanlagen noch heute allgemeine Anerkennung besitzen. Als gleichbedeutender Führer dieser Kunst sei auch noch der langjährige frühere Direktor der Königlichen landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf bei Bonn, Geheimer Regierungsrat Professor Dr. Dünkelberg und der Geheime Baurat Gerhardt in Berlin genannt.

§ 2. Wie bereits früher erwähnt, sind es vor allen Dingen die schweren und kalten Böden, also lehmiger und toniger Boden, sowie die durchlassenden Schichten auf undurchlassenden Bodenarten (des hohen Grundwasserstandes wegen), welche zur Drainierung sich eignen. Doch kann man die Drainage nicht immer anwenden, wenn sie erforderlich ist, sondern nur dann, wenn auch das erforderliche Gefälle vorhanden ist. Fehlt dieses, so muß man zu der bedeutend geringeres Gefälle beanspruchenden Grabenentwässerung übergehen.

§ 3. Die Vorteile der Drainage sind:

1. Die Drainage ist unter normalen Verhältnissen in ihrer Anlage nicht wesentlich teurer als offene Gräben; bei größerer Tiefe und Breite der letzteren sogar billiger.

2. Sie verursacht, gutes Material und ordnungsmäßige Arbeit vorausgesetzt, fast gar keine Unterhaltungskosten.

3. Da die meisten Gräben überflüssig werden, nimmt sie nicht nur keine nutzbaren Flächen fort, sondern erschließt häufig noch solche.

4. Die Ackerbestellung wird in keiner Weise, weder durch Gräben oder sonstige in der Entwässerungsanlage liegende Hindernisse erschwert.

5. Ihre Wirksamkeit hört bei Frostwetter infolge der frostfreien Lage der Röhren nicht auf.

6. Infolge Erhöhung der Bodentemperatur richten Spätfröste weniger Schaden an und das Auswintern des Getreides ist weniger zu befürchten. Versuche haben ergeben, daß die Temperatur im drainierten Boden um 2—5 Grad höher ist als im undrainierten.

7. Die Luft hat Zutritt zu dem Boden; da das Wasser den Boden verläßt und die von diesem bisher eingenommenen Hohlräume sich mit Luft füllen. Hierdurch und durch die Wechselwirkung von Luft und Wasser im Boden, werden die Nährstoffe desselben in einen solchen Zustand übergeführt, daß sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Das Stroh wird kräftiger und länger, die Körner werden in großer Anzahl und stärker ausgebildet.

8. Der Boden wird locker und entsäuert. Die Bestellung ist wirksamer und kann bis zu einer größeren Tiefe durchgeführt werden. Die Wurzeln der Pflanzen können sich ihre Nährstoffe auch aus den tieferen Schichten holen, ebenso bei anhaltender Trockenheit die erforderliche Feuchtigkeit.

## 9. Die Unkräuter vermindern sich.

10. Das Drainieren wirkt vorteilhaft auf den Gesundheitszustand der Anwohner, da die durch Verdunstung entstehende Feuchtigkeit der Luft sich mindert.

§ 4. Die älteste Art des Drainierens bestand darin, daß Gräben von etwa 0,70—0,80 m Tiefe gegraben wurden, deren unterster Teil einen Absatz erhielt. Auf diesen Absatz wurde ein Rasenstück und auf dieses ein Torfstück gelegt (Fig. 34)<sup>1)</sup>. Die Wirkung dieser Drains, welche außerdem nur in schwerem Lehm- oder Torfboden ausführbar waren, war recht gering und unsicher. Besonders weichten die Grabenwände leicht auf, stürzten ein und infolge der dadurch erzeugten Verstopfung hörte der Abfluß des Wassers überhaupt auf. Noch ungünstiger war der Nutzeffekt solcher Erddrains, welche ohne Absatz ausgeführt wurden und welche durch ein Formholz, das auf der Grabensohle entlang gezogen wurde, gebildet wurden (Fig. 35). Ebenso einfach und alt ist die Art des Drainierens, welche darin bestand, in den ausgehobenen Graben Faschinen (Fig. 36) oder Steine zu packen (Fig. 37). Diese Anlagen verstopften leicht, erforderten ein großes Gefälle und ließen trotzdem das Wasser nur langsam abfließen. Trotzdem finden die Steinpackungsdrains auch heute noch bei der Entwässerung von Eisenbahnen und Chausseen und die Reisigdrains bei der Wasserbeseitigung von Quellen Verwendung. Die Faschinendrains werden

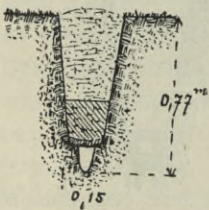


Fig. 34.

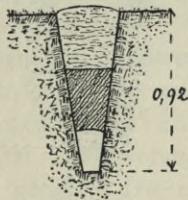


Fig. 35.

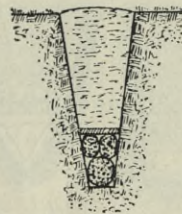


Fig. 36.

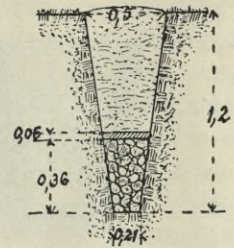


Fig. 37.

aus, von ihren Blättern befreiten, Ellern-, Weiden-, Birken oder Haselsträuchern hergestellt und mit Rasenstücken in der Weise bedeckt, daß die Grasnarbe nach unten liegt. Anstelle des Rasens kann auch Stroh verwandt werden. Zur Herstellung der Steindrains werden Findlinge (Lesesteine) benutzt, welche ebenfalls eine Rasenüberdeckung erhalten. Besser ist es jedoch, die Steine in der Weise in den Graben zu werfen, daß die größeren unten zu liegen kommen und mit dem Anwachsen der Schüttung ihre Größe abnimmt, so daß die kleinsten Steine zu oberst liegen.

Sehr gut haben sich Drains aus gutem, scharf getrocknetem Torf bewährt und sind daher überall da zu empfehlen, wo dieser billig und bequem zu haben ist. Sie halten sich jahrelang und besonders gut dann, wenn der Torf, sei es in Röhren oder in Formstücken verkocht worden war.

Man kann die Torfdrains entweder aus viereckigen Torfstücken herstellen, welche wie Ziegel zu einer Rinne zusammengebaut werden, oder man kann den Torf mittelst geeigneter Spaten in einer der in Figur 38 und 39<sup>2)</sup> angegebenen Formen stechen. Man hat auch den Torf gemahlen und mit Maschinen zu Röhren gepreßt, deren Wandungen die doppelte Stärke der Tonröhren erhielten.

1) Die Figuren 34 bis 37 und 43 sind der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

2) Die Figuren 38 bis 42 und 44 sind dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

In gebirgigen Gegenden und zum Bau der Sickerkanäle bei Eisenbahnen und Chausseen pflegt man auch plattenförmige Steine nach Art der Fig. 40–42 zusammenzubauen und mit kleinen Steinen zu überschütten. Auch Ziegelsteine sind zur Erbauung von Drainröhren, wie Fig. 43 darstellt, benutzt worden. Da aber der Materialverbrauch hierbei ein bedeutender ist — es kommen 24–25 Ziegel auf ein Meter — so werden sie gegenüber den Tonröhrendrains viel zu teuer und schon aus diesem Grunde die letzteren vorgezogen.

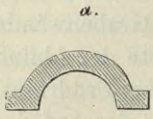


Fig. 38.

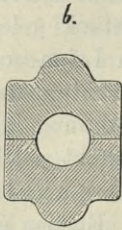


Fig. 39.

Einen Übergang zu den Tonrohrdrains bilden die in Figur 44 dargestellten Hohlziegeldrains, welche aus Sohlplatten von 35 cm Länge und 1,7 cm Dicke gelegt wurden. Einen weiteren Übergang bildet die Verwendung von hohlen Firststeinen, deren Sohle aus Dachpfannen gebildet wurde.

§ 5. Die tönernen Röhren, welche man jetzt fast ausschließlich zum Drainieren verwendet, erhielten früher quadratischen, rechteckigen, elliptischen oder eiförmigen Querschnitt und wenn einen runden, dann wurden sie stets mit Muffen hergestellt. Jetzt verwendet man ausschließlich Tonröhren von rundem Querschnitt und ohne Muffen, deren Vorzüge darin bestehen, daß sie sich leicht und

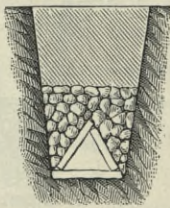


Fig. 40.



Fig. 41.

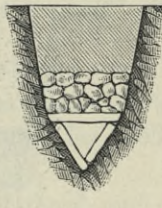


Fig. 42.

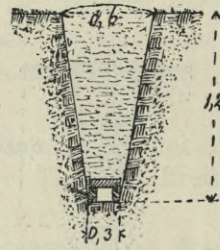


Fig. 43 a.

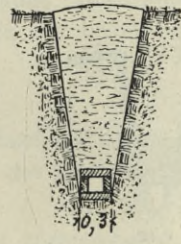


Fig. 43 b.

gut anfertigen lassen, leicht verlegt werden können, wenig Erdarbeiten erfordern und den Röhren ein gutes Auflager sowie einen dichten, zuverlässigen Anschluß sichern.

Die Röhren werden beim Verlegen stumpf und so dicht als möglich aneinander gelegt, da der Spielraum zwischen den beiden Röhren — die Stoßfuge — immer noch groß genug zum Durchfließen des Wassers bleibt. Das Wasser tritt nämlich durch die Stoßfugen in die Drainröhren und nur in sehr geringem Grade durch die Röhren selbst.

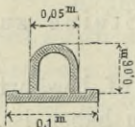


Fig. 44.

Der zur Herstellung der Drainröhren verwendete Ton muß überwintern und nachdem sorgfältig geschlämmt werden. Ist der Ton zu fett, so daß ein Reißen des Rohres zu befürchten ist, so muß ihm Sand zugesetzt und beides im Tonschneider innig miteinander gemischt werden. Das Formen der Röhren geschah vor Erfindung der Drainrohrpresse — 1844 von Whitehead erfunden — mit der Hand, jetzt ausschließlich mit der Presse. Die Konstruktion der Drainrohrpresse ist sehr verschieden, allen Konstruktionen gemeinsam ist aber ein Mundstück mit Öffnungen für Röhren von kleinerem und größerem Durchmesser. Die ringförmigen Öffnungen des Mundstücks entsprechen dem äußeren Rohrquerschnitt mit Berücksichtigung des Schwindmaßes. Der scheibenartige Kern, welcher gleich dem lichten Durchmesser der Röhren ist, wird durch innerhalb der Presse angebrachte Bügel festgehalten, so daß der plastisch gemachte Ton als fertige Röhre an der Außenseite heraustreten kann. Eine vor dem

Mundstück angebrachte, selbsttätig arbeitende oder mit der Hand betriebene Abschneidevorrichtung trennt die Längen ab. Der Ton muß in die Röhrenpressen möglichst steif eingebracht werden, da zu weicher Ton viel geplatze, bauchige, in- und auswendig rauhe und unten breitgedrückte Röhren gibt.

Nach Vincent gibt 1 cbm Ton an Röhren von 30 cm Länge:

	2000 Stück	3 cm weite Röhren			
	1200	„ 4	„	„	„
	880	„ 5,5	„	„	„
	440	„ 8	„	„	„
	290	„ 10,5	„	„	„
	210	„ 13	„	„	„
	150	„ 15,5	„	„	„

Von der Presse kommen die Röhren auf Brettchen in den Trockenschuppen. Derselbe muß überdacht sein und dessen Seitenwände durch Decken, Bretter oder sonstwie beliebig geschlossen werden können, um die Röhren vor dem Einfluß der Sonne und des Windes zu schützen. Nichtsdestoweniger würden die Röhren sich beim Trocknen doch krumm ziehen, wenn sie nicht während desselben gerollt werden. Dieses Rollen geschieht auf einem schmalen Rolltisch, welcher an der Vorderseite Räder — um ihn karrenartig in den Gängen des Trockenschuppens dahin bewegen zu können, wo gerollt werden soll — und an der Hinterseite einen Sandkasten hat. Der Tisch wird mit feinem Sand bestreut, die Röhren über ein rundes Holz gesteckt und mit diesem auf dem Tisch hin- und hergerollt, und dann an den Endflächen senkrecht aufgestaucht. Durch das Rollen behalten die Röhren ihr gleichförmiges, rundes, an keiner Stelle verengtes Querprofil, erhalten innen möglichst glatte Wandungen und bleiben gerade. Durch das Aufstauchen werden die Endflächen ebenfalls gerade und glatt, so daß die Röhren beim Verlegen gut und dicht aufeinander passen.

Nach dem Trocknen werden die Röhren im Ziegelofen gebrannt. Sie werden im Ofen senkrecht in der Weise aufgestellt, daß die Röhren von kleinerem Durchmesser in die größeren Durchmessers gestellt werden und nur unter der Decke des Ofens liegen, der Raumausnutzung wegen, die Röhren horizontal. Als Brennmaterial wird Holz, Torf oder Steinkohle verwandt. Die Röhren müssen scharf gebrannt sein und solche, welche zu schwachen Brand erhalten haben, müssen noch einmal in den Ofen.

Im allgemeinen kann man zur Fabrikation von Drainröhren jeden Ton verwenden, aus dem man Dachsteine brennen kann; d. h. er darf weder Steine noch Mergel oder ähnliche fremde Körper enthalten.

Gute Drainröhren müssen gut geformt, gerade, nicht elliptisch, innen möglichst glatt gerollt und an den Endflächen genau senkrecht abgeschnitten sein. Sie dürfen an den Endflächen keine in das Innere reichenden Erhöhungen (sogenannte Brahm-kanten) zeigen; sie müssen endlich gut gebrannt sein und einen hellen Klang haben, welcher selbst nach längerem Liegen im Wasser nicht verloren geht.

Über die Art der Verwendung wird auf folgende aus „Vogler, Grund-  
lehren der Kulturtechnik“ entnommene Tabelle 9 verwiesen.

Tabelle 9.

Rohrweite im Lichten:	3	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
Wanddicke:	10	12	13	15	16	18	21	24 mm
Gewicht von 1000 Röhren dschn.:	600	950	1250	1750	2350	3200	4800	7000 kg
Kosten von 1000 Röhren von:	17,5	20	24	30	40	55	80	120 M.
bis:	21	26	32	42	54	72	108	160 M.
Röhrenbedarf ungefähr:	70%		21,5%		6%		2,5%	

Die Rohrlänge beträgt meistens 0,314 m, so daß für 1 m Drainleitung, einschließlich Bruch,  $3\frac{1}{2}$  Stück zu rechnen sind, doch kommen auch Längen von 0,23 bis 0,26 m vor.

§ 6. Diejenigen Röhren, denen das Wasser aus dem Boden direkt zufließt, werden Saugedrains oder Sauger genannt, während die Sauger ihr Wasser wieder an Sammeldrains oder Sammler abgeben. Letztere leiten das Wasser dann entweder direkt in den Vorfluter oder sie vereinigen sich zu einem Hauptsammler, welcher seinerseits erst dem Vorfluter das Wasser zuführt. Die erstere Anordnung wird dann zur Ausführung kommen, wenn es sich darum handelt nur einige versumpfte Stellen trocken zu legen, die andere, wenn ein ganzes Feld entwässert werden soll. Man spricht daher im ersteren Falle auch von Einzel- oder partieller Drainage und im letzteren von systematischer oder — wegen der parallel gerichteten Lage der Saugedrainstränge — Paralleldrainage.

Die letzte Strecke des Hauptsammlers vor seiner Ausmündung in den Vorfluter heißt die Ausmündung und alle zu einer Ausmündung gehörigen Drains nennt man ein System.

Die Tiefe des Saugedrains wird allgemein zu 1,25 m unter der Erdoberfläche angenommen, und nur wenn bei ziemlich horizontaler Lage der Oberfläche eine Vertiefung nach dem unteren Ende des Saugers nicht möglich ist, ermäßigt man das obige Tiefenmaß am oberen Ende der Leitung bis auf 0,90 m. Dadurch wird zwar in den meisten Fällen die Wirkung der Drainage in ihrem oberen Teile etwas geringer sein, was aber in Anbetracht des Umstandes, daß hier gewöhnlich weniger Wasser zu beseitigen ist, nicht von Bedeutung ist.

Die Sammler erhalten gewöhnlich eine Tiefe von 1,30 m, wenn nicht besondere Umstände, wie z. B. den Sammlern zu gebendes größeres Gefälle eine größere Tiefe erforderlich machen.

Vincent empfiehlt den Drains — ohne Rücksicht, ob Saug- oder Sammeldrain — eine Tiefenlage von 1,25 bis 1,50 m zu geben, wenn die Bodennässe nur davon herrührt, daß das Regen- oder Schneewasser nicht schnell genug im sonst grundwasserfreien, schweren Lehm- oder Tonboden versinken kann, während er sie in kaltem, sandigen und leichten Boden flacher legen will; jedoch der Frostgefahr wegen nicht unter 1,0 bis 1,20 m. Er hält im allgemeinen die tiefere Drainage für besser als die flache, da, wenn über den Drains sich eine stärkere Erdschicht befindet, diese auch etwa mitgeschwemmte Pflanzennährstoffe zurückhält, und weil ferner eine größere Sicherheit gegen das Eindringen von Pflanzenwurzeln in die Drains gegeben sei.

Befindet sich im Untergrunde eine wirklich Wasser führende Schicht, so sollen die Drains in den festen Boden unter diese gelegt werden; hat aber die Schlick- oder Triebssandschicht eine größere Mächtigkeit, so sollen die Draingräben



wenigstens so tief ausgegraben werden, als sich der Boden beim Graben noch hart anfühlt.

Die Entfernung der Saugdrains voneinander kann bei gleichartigem Boden um so größer sein, je durchlässiger der Boden ist; bei ungleichartigem Boden ist die Strangentfernung außerdem abhängig von der natürlichen Drainage, d. h. der Zahl, der Neigung, der Ausdehnung und der Wasserabführung der durchlässigen Schichten.

Ferner ist die Strangentfernung davon abhängig, ob Längs- oder Querdrainage zur Ausführung kommt. Man nennt es Längsdrainage, wenn die Sauger in die Richtung des stärksten Gefälles zu liegen kommen und Querdrainage, wenn sie quer gegen dieselbe angeordnet werden. In neuerer Zeit wird die Querdrainage, weil sie eine größere Strangentfernung zuläßt, also an den Anlagekosten spart, weil ferner die viel Wasser führenden Sammler im stärksten Gefälle liegen, also einen kleineren Durchmesser erhalten können und weil endlich, da aus vorstehendem Grunde die Wassergeschwindigkeit im Sammler stets größer ist als im Sauger, der Betrieb zuverlässiger und die Verstopfungsfahr geringer ist, bevorzugt.

Jedoch kann die Querdrainage nur in solchem Gelände zur Anwendung kommen, welches eine stärkere Neigung wie  $1:270 = 0,37\%$  besitzt.

Nachstehende Tabelle 10 über die Bestimmung der Strangentfernung ist vom Geheimen Baurat Gerhardt aufgestellt und dem bereits mehrfach erwähnten Werke von Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik, entnommen.

Tabelle 10. Entfernung der Saugedrains.

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

Die Bestimmung der Gefälle bei Saug- und Sammeldrains geschieht unter der Annahme, daß die Geschwindigkeit des Wassers in den Drains bei voller Füllung ohne Überdruck wenigstens 0,20 m (ausnahmsweise 0,16 m) und bei Trieb- sand wenigstens 0,35 m betrage.

Aus dieser Annahme ergibt sich das geringste Gefälle der Drains:

bei einem Durchmesser von:	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
in gewöhnlichen	} mindestens:	0,23	0,2	0,2	0,2	0,2	<u>0,2</u> %
Bodenarten:		besser:	0,37	0,3	0,2	0,2	0,2
im Trieb- sand:		1,00	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2 %.

Geringere Gefälle als 0,2% (1:500) können von den Arbeitern mit den Drain- röhren schwer hergestellt werden und sind deshalb tunlichst zu vermeiden, ebenso wie man Sauger unter 4 cm Durchmesser, wegen der durch Algen hervorgerufenen leichten Verstopfungsfahr, nicht verwenden sollte.

Nach Leclerc soll die Tiefenlage der Drains betragen im:

Sandboden	1,21 bis 1,46 m,
Tonboden	1,26 bis 1,56 m,
Torf- und schlammiger Boden	1,71 m

und ihre Entfernung bei einer Tiefenlage von 1,21 m:

Reiner, grobkörniger Sand	16—18 m,
Eisenhaltiger, grobkörniger Sand	13—15 "
Erdartiger, feinkörniger	" 10—12 "
Toniger Sand	12—14 "
Plastischer Ton	6— 7 "
Gewöhnlicher Ton	9—11 "
Sandiger Ton	11—14 "
Torfhaltige Erde	11—14 "

Vincent schlägt größere Entfernungen vor, doch hat die praktische Erfahrung ergeben, daß es besser ist, die Strangentfernung enger zu nehmen. Er will bei schwerem Boden das Zwölfwache und bei leichterem Boden das Vierundzwanzigfache der Tiefe als Entfernung angenommen sehen.

§ 7. Die Wasserführung der Drainröhren ist abhängig von den Niederschlags- und Grundwasserverhältnissen, sowie von der Größe des Entwässerungsgebietes.

Allgemein werden jetzt in Norddeutschland die von der Generalkommission für die Provinz Schlesien eingeführten 0,65 l pro ha und Sekunde als von den Röhren abzuführenden Wassermengen angenommen. Diese Menge, welche der Berechnung der Rohrweiten zugrunde gelegt werden muß, genügt bei Niederschlagshöhen bis zu 900 mm, während man bei darüber hinausgehenden Regenhöhen eine entsprechende Vergrößerung der 0,65 l vornehmen muß.

Vincent nahm eine monatliche Regenhöhe von 100 mm und ferner an, daß diese Menge in einem halben Monat vollständig in die Röhren gelange und abgeführt werde. Er erhielt daher eine tägliche Niederschlagshöhe von 6,5 mm und hieraus eine sekundliche Abflußmenge von 0,756 l auf 1 ha.

Da die von einem Profil geführte Wassermenge  $Q$  gleich dem Produkt aus Fläche und Geschwindigkeit, d. h.  $Q = F \cdot v$  ist und bei Drainröhren  $F = \frac{d^2\pi}{4}$ , so bleibt nur in jedem Fall die Größe von  $v$  zu bestimmen. Dieselbe ist abhängig von dem Gefälle,

der Weite, der Beschaffenheit der Röhren und der Art ihres Verlegens und wird nach Vincent berechnet zu:

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

Hierin ist k ein von der Weite der Röhren abhängiger Drainkoeffizient, welcher für d = 3 5 8 10 13 16 20 cm

k = 0,61 0,71 0,80 0,84 0,87 0,89 0,90 beträgt und h der Höhenunterschied zwischen zwei Punkten der Entfernung l. Setzt man nunmehr für F und v in die Gleichung Q = F · v die obigen Werte ein, so erhält man:

$$Q = 2,818 d^2 k \sqrt{\frac{50 d \cdot h}{l + 50 d}} \text{ in cbm.}$$

Da aber Q auch gleich F · 0,65 in Litern ist, so kann man durch Verbindung dieser Gleichung mit der vorstehenden, je nach Bedarf die Beziehungen von d, h und F berechnen.

Diese Berechnungen sind ziemlich zeitraubend und werden erspart durch Tabellen, welche für bestimmte Durchmesser und Gefällverhältnisse die in einer Sekunde abzuführenden Wassermengen angeben.

Nachstehende Tabelle 11, welche aus Vincent, Be- und Entwässerungsanlagen, entnommen ist, gibt an, welche Wassermengen in Liter aus Drains verschiedener Weite und bei verschiedenem Gefälle in einer Sekunde ausfließen.

Tabelle 11.

Berechnung der in einer Sekunde aus Drainröhren verschiedener Weite ausfließenden Wassermengen.

Weite der Röhren cm	Bei einem Gefälle von																	
	10%	9%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1,5%	1%	0,75%	0,5%	0,4%	0,3%	0,25%	0,2%	0,15%
	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l	l
3,5	1,17	1,11	1,05	0,98	0,91	0,83	0,74	0,63	0,52	0,45	0,37	0,32	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14
5,5	3,22	3,05	2,87	2,69	2,50	2,27	2,02	1,74	1,44	1,24	1,02	0,87	0,72	0,64	0,56	0,50	0,45	0,40
8,0	8,72	8,27	7,80	7,30	6,77	6,18	5,54	4,82	3,90	3,41	2,76	2,40	1,95	1,75	1,51	1,38	1,23	1,07
10,5	17,85	16,94	15,97	14,94	13,83	12,63	11,26	9,78	7,99	6,89	5,65	4,85	4,00	3,58	3,09	2,82	2,52	2,19
13,0	31,20	29,60	27,90	26,10	24,17	22,06	19,79	17,08	13,95	12,08	9,87	8,53	6,98	6,25	5,40	4,93	4,41	3,82
15,5	49,23	46,71	44,05	41,20	38,15	34,82	31,14	26,97	22,02	19,07	15,57	13,48	11,01	9,85	8,53	7,79	6,97	6,03
18,0	72,39	68,68	64,77	60,57	56,05	51,19	45,78	39,66	32,37	28,04	22,89	19,84	16,19	14,48	12,14	11,45	10,23	8,87
20,5	101,14	95,87	90,37	84,55	78,27	71,46	63,92	55,45	45,20	39,14	31,96	27,68	22,60	20,13	17,51	15,98	14,28	12,38
23,0	135,56	128,61	121,26	113,42	104,99	95,97	85,74	74,21	60,63	52,50	42,88	37,13	30,31	27,11	23,48	21,44	19,14	16,60

Einfacher wird das Verfahren, wenn die Tabelle graphisch dargestellt wird. Dies zeigt die von Gerhardt aufgestellte Tafel (Fig. 45)<sup>1)</sup>. Auf dieser Tafel kann man die Drainrohrweiten und die Geschwindigkeit des Wassers in den Drains nach dem Gefälle und der abzuführenden Wassermenge, bzw. der zu entwässernden Fläche bei 0,65 l Wasser auf ha und Sekunde ohne weiteres bestimmen.

<sup>1)</sup> Die Figur 45 ist aus „Reinhardt, Kalender für Straßen-, Wasserbau- und Kulturingenieure“ entnommen.

Es empfiehlt sich, nachdem man aus der Tafel die Drainrohrweiten bestimmt hat, dieselben in tabellarischer Form zusammenzustellen und ihre Richtigkeit nachzuweisen.

§ 8. Die Länge der Röhren von verschiedenem Durchmesser bestimmt man unter Berücksichtigung folgender Umstände und nachdem man ihre Weite und ihr Gefälle nach den im vorigen Paragraphen gegebenen Anweisungen festgelegt hat: Da am oberen Ende eines Drainstranges stets nur wenige Tropfen Wasser in die Röhre dringen werden, so ist hier jede Röhre — wenigstens bei den Saugern — zu weit. Je mehr nun die Zahl der Röhren zunimmt, umso mehr wird sich auch der Wasserzufluß vermehren, bis es schließlich eine Stelle in der Leitung geben wird, wo der Rohrquerschnitt vollständig mit Wasser angefüllt sein wird. Über diesen Punkt hinaus wird man den Rohrstrang mit Röhren desselben Durchmessers und Gefälles nicht mehr verlängern dürfen, ohne daß durch den dann entstehenden Überdruck eine Verlangsamung des Wasserabflusses und damit ein Austritt des Wassers in den darüberliegenden Boden eintritt. Es handelt sich also darum, den Punkt zu bestimmen, d. h. seine Entfernung vom Anfangspunkt der Drainleitung festzulegen, wo die Röhren gerade volllaufen und daher Röhren weiteren Durchmessers verlegt werden müssen oder, was aber nicht zu empfehlen ist, zu einem Gefällwechsel geschritten werden muß.

Bezeichnet man mit M diejenige Wassermenge, welche dem Drain von 1 ha und mit Q diejenige, welche ein Rohr bei gegebenen Querschnitt und Geschwindigkeit, also F . v, fassen die Größe der Fläche, von welcher die Wassermenge Q der Leitung zufließt, so ist die Größe dieser Fläche:

$$x = \frac{10000 \cdot Q}{M}$$

und wenn die Strangentfernung mit e bezeichnet wird, die gesuchte Stranglänge

$$l = \frac{x}{e}$$

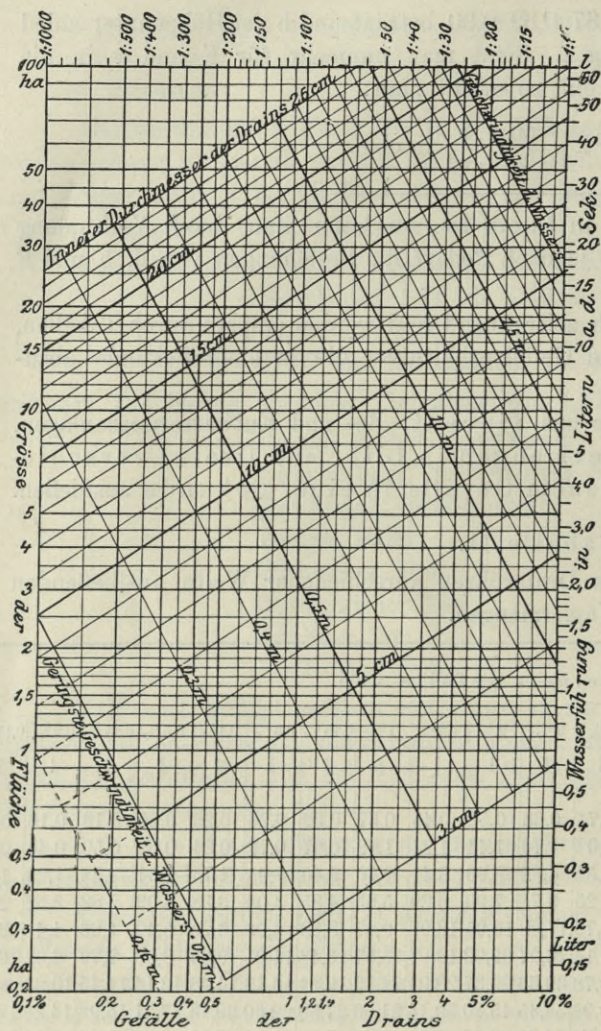


Fig. 45.

kann und zwar beides in cbm und mit x in qm die Wassermenge Q der Leitung zufließt, so ist die

Die Länge  $l$  hat jedoch auch — wenigstens bei der Längsdrainage — ihre Grenze und soll 150 m nicht überschreiten.

Nach Vogler kann beispielsweise ein Sauger von 4 cm lichter Weite und dem geringsten Gefälle von 0,23 ‰ eine Fläche von ungefähr 32 a entwässern. Es darf dann die größte Länge des Saugers betragen:

bei einer Strangentfernung von: 15 20 25 30 35 m  
und einem Gefälle von 0,23 ‰ = 210 160 130 105 90 „,

was ziemlich genau der Formel  $\frac{x}{e}$  entspricht.

§ 9. Die Sammeldrains liegen bei der Querdrainage in der Richtung des stärksten Gefälles, bei der Längsdrainage gewöhnlich an den tiefsten Stellen des zu einem System gehörenden Geländeabschnittes. Bei sehr breiten Hängen können eventuell Zwischensammler (Fig. 46)<sup>1)</sup> angeordnet werden. Bei Entwässerung von Mulden kann man die Sammler nach Figur 47 anordnen.

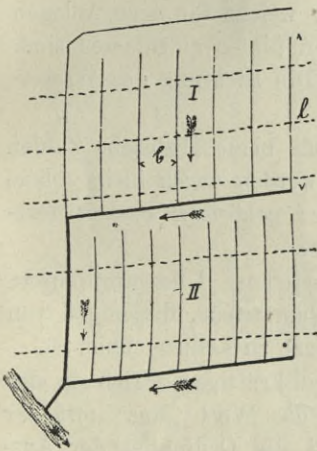


Fig. 46.

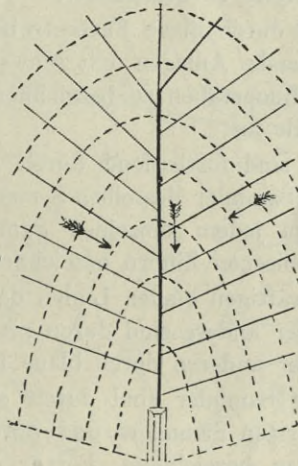


Fig. 47.

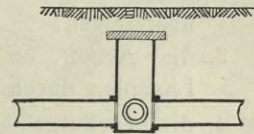


Fig. 48.

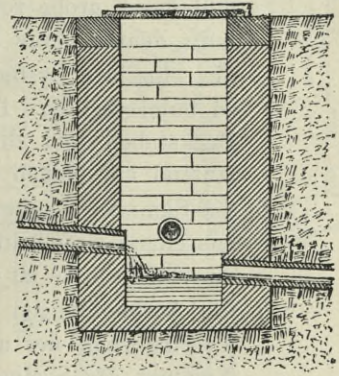


Fig. 49.

Eine für die Anordnung der Sammler allgemeine Regel ist die daß Sammeldrains stets da erforderlich werden, wo die Sauger verschiedener Richtung zusammenstoßen.

An der Vereinigungsstelle mehrerer Sammeldrains — manchmal auch an anderen geeigneten Punkten — legt man Untersuchungsbrunnen zur Beobachtung der Wirksamkeit der Drainage an. Am besten eignen sich hierzu 30 cm weite Tonröhren, welche oben fest abgedeckt werden (Fig. 48), weniger die sogenannten Brunnenstuben (Fig. 49). Dieselben können von Holz, natürlichen oder gebrannten Steinen hergestellt werden und müssen, da sie sich bald mit Sinkstoffen füllen, einen Schlammfang haben, welcher regelmäßig geräumt wird. Aus diesem Grunde und weil sie im

<sup>1)</sup> Die Figuren 46, 47 und 49 sind der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

Verhältnis zu ihrem Nutzen zu große Anlagekosten verursachen, ist ihrer Anwendung auf das entschiedenste zu widersprechen.

§ 10. Die hauptsächlichsten bei der **Anfertigung von Drainage-Entwürfen** zu beobachtenden Bestimmungen sind in der von der Königl. General-Kommission für die Provinz Schlesien herausgegebenen „Anweisung für die Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen“ folgende:

1. Als Maßstab für die Lagepläne ist das Verhältnis 1 : 2000, 1 : 2500 und 1 : 3000 zulässig. Bei Neuaufnahmen ist jedoch nur der Maßstab 1 : 2000 anzuwenden;
2. die Höhenzahlen sind mit schwarzer Farbe (2 Dezimalstellen) in den Plan einzuschreiben, nach denselben sind die Höhenschichtenlinien in gleichmäßigen Abständen zu entwerfen. Ist die Fläche stark parzelliert, so daß die Karte durch Eintragung der Parzellen-Nummern und der Höhenzahlen an Übersichtlichkeit verlieren würde, kann von der Einschreibung der Höhenzahlen abgesehen werden. Die Abstände der Höhenschichten können bei geringen Gefällen 0,20 m betragen, bei stärkeren Gefällen sollen sie 2,0 m nicht übersteigen;
3. die Stellen, an denen Bodenuntersuchungen stattgefunden haben, sind im Lageplan durch rote Kreise zu bezeichnen;
4. die Vorflutgräben sind durch blaue Farbestreifen, welche für neue Anlagen mit roten, für bestehende Anlagen mit schwarzen Linien einzufassen sind, und durch große rote Buchstaben zu bezeichnen. Die Richtung des Wasserlaufs deuten blaue Pfeile an;
5. die einzelnen Systeme sind fortlaufend durch große blaue arabische Zahlen zu unterscheiden. Die Sammler desselben Systems werden durch kleine blaue Buchstaben und die zu jedem einzelnen Sammler gehörigen Sauger fortlaufend mit blauen arabischen Ziffern bezeichnet;
6. die Sammler sind in kräftigen blauen Linien darzustellen. Übergangspunkte aus einem Gefäll in das andere sind durch rote Querstriche, diejenigen von einer Rohrweite zu einer anderen durch blaue Kreuze zu kennzeichnen;
7. die Ausmündungen der Sammler sind durch einen kräftigen Strich in der Verlängerung des untersten Sammlers und durch das Wort „aus“ mit der Nummer des Systems zu bezeichnen. Ferner sind die Ordinaten der Ausmündung, der Grabensohle und des Mittelwasserstandes anzugeben;
8. die Sauger sind in schwächeren blauen Linien darzustellen. Die Tiefe unter der Erdoberfläche, sofern sie von dem Maße 1,25 m abweicht, sowie die Strangentfernung sind mit blauen Zahlen einzuschreiben;
9. Senkbrunnen und Brunnenstuben sind durch kleine rote Quadrate zu bezeichnen;
10. in den Höhenplänen für die Gräben ist die neue Sohle in Zinnober auszuzeichnen.

Fig. 50<sup>1)</sup> zeigt einen den vorstehenden Bestimmungen entsprechenden, aber keine Farben enthaltenden und in kleinerem Maßstabe ausgeführten Drainage-Entwurf.

Vincent empfiehlt die Rohrweiten in den Plänen in folgender Weise zu bezeichnen:

1) Nach dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“.

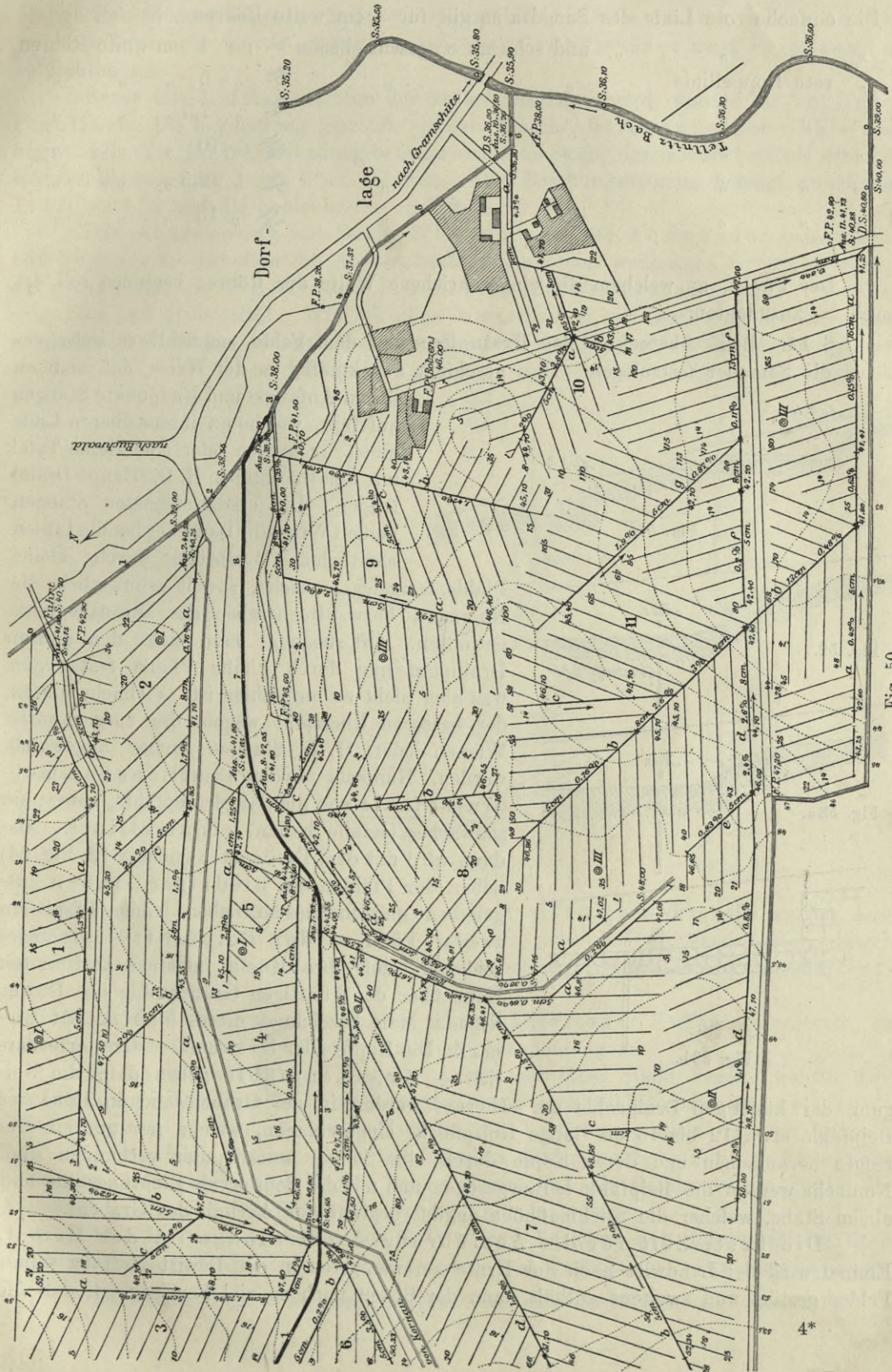


Fig. 50.

- a) Die einfache rote Linie des Saugdrains gilt für 3 cm weite Röhren
- b) " " " " " und schwarz eingeschriebenen  $\times$  für 4 cm weite Röhren
- c) " rote Doppellinie " " "  $\#$  " 5 " " "
- d) " " " " " " "  $\#\#$  " 7,5 " " "
- e) " " " " " " "  $\#\#\#$  " 10 " " "
- f) " " " " " " "  $\times$  " 12,5 " " "
- g) " " " " " " "  $\#\#\#$  " 15 " " "

usw.

Der Punkt, an welchem die eingeschriebene Weite der Röhren beginnen soll, ist durch  $>$  anzudeuten.

§ 11. Beim Abstecken des Drainplans auf dem Felde empfiehlt es sich, zunächst die Sammler festzulegen. Dies geschieht

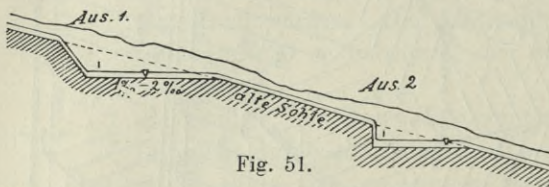


Fig. 51.

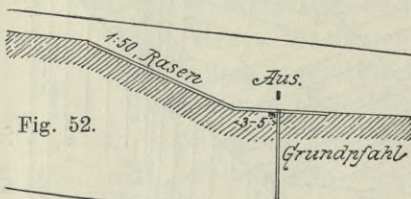


Fig. 52.

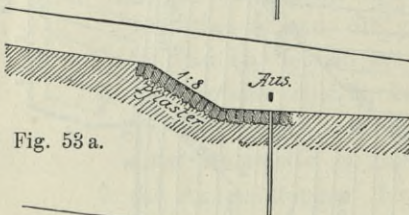


Fig. 53 a.

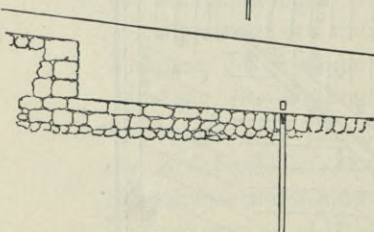


Fig. 53 b.

auf dem Felde empfiehlt es sich, zu- nächst die Sammler festzulegen. Dies geschieht zweckmäßig in der Weise, daß man an ihrem Anfangs- und Endpunkte Stangen aufstellt, welche an ihrem oberen Ende einen Strohwich oder eine kleine Tafel mit den Buchstaben H. D. (Haupt-Drain) tragen. Die erstbezeichneten Stangen heißen Wiepen. Dann werden die Linien sämtlicher Drainzüge durch kleine

Pfähle festgelegt, welche, soweit erforderlich, die Nummern bezw. Buchstaben des Drainageplanes enthalten. Oft begnügt man sich, den ganzen Drainplan nur durch kleine Pfähle festzulegen, was aber nicht zu empfehlen ist. Vielmehr sollten, der besseren Übersicht wegen, die vorgenannten Wiepen oder H. D.-Stangen immer angewandt werden. Nunmehr werden sämtliche Sammel- drainpfähle und die Saugdrainpfähle, soweit sie schwaches Gefälle haben, einnivelliert. Als- dann wird mit dem Breitspaten (siehe § 12, Fig. 54) neben den Pfählen ein niedriger Graben ausgehoben und in diesem neben jedem Pfahl ein zweiter Pfahl — der Beipfahl — so eingeschlagen, daß ihre Köpfe in einer bestimmten Höhe über der künftigen Grabensohle des Drains liegen. Man bezeichnet dieses Maß mit Stich- maß. Die Köpfe aller Bei- und — wenn erforder- lich — Zwischenpfähle geben dann die Nei-

gung der künftigen Drainsohle an. Hierauf werden in der Grabenwand in Höhe der Beipfähle etwa 12 bis 15 cm lange Holzpföcke eingeschlagen, welche nur um ein Ge- ringes heraussehen und deren Köpfe durch eine Schnur miteinander verbunden sind. Nunmehr werden die Beipfähle herausgezogen und mit der Schnur als Richtungslinie und einem Stabe, welcher die Stichmaßhöhe angibt, beginnt der Aushub des Grabens.

Die beste Zeit für die Ausführung der Drainage ist der Herbst. Einmal wird der Landwirt nach der Ernte am wenigsten in der Bewirtschaftung seiner Felder gestört und zweitens enthält dann der Boden noch so viel Feuchtigkeit, daß die



Erdarbeiten in dem schweren Boden erleichtert werden. In den Sommermonaten soll man Drainagen nur ausführen, wenn viel Grundwasser und Triebssand zu befürchten ist.

Bevor mit dem Ausschachten der Gräben begonnen wird, werden die Vorfluter reguliert. Die Regulierung geschieht vielfach durch Abtreppung der Sohle nach Figur 51<sup>1)</sup>. Vor jeder Ausmündung befindet sich eine Stufe, deren anschließende Strecken ein Gefälle von nur 1 bis 2<sup>0</sup>/<sub>00</sub> erhalten. Die Böschungsneigung beträgt gewöhnlich 1:1,5 bis 1:2 und die Sohlenbreite wenigstens 30 cm.

Die Abtreppung soll bereits 3 bis 5 m vor der Ausmündung des Sammlers beginnen. Erhalten die Absätze eine Neigung von wenigstens 1:50, so werden sie durch Rasen (Fig. 52), bei 1:8 durch Steinschüttung oder Pflaster (Fig. 53a und b) befestigt. Wie bei allen Wasserbauten gilt auch hier der Grundsatz möglichst große Steine insoweit zu verwenden, als das Pflaster der Kraft des Wassers

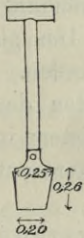


Fig. 54.

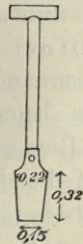


Fig. 55.

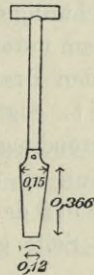


Fig. 56.

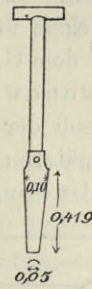


Fig. 57.

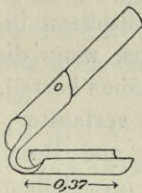


Fig. 58.

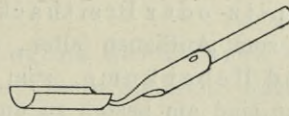


Fig. 59.

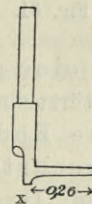


Fig. 60.

ausgesetzt ist. Es empfiehlt sich, die vorschriftsmäßige Sohlentiefe an der Ausmündung durch Grundpfähle (Fig. 52 und 53a) oder bei größeren Anlagen durch eine Sohlschwelle, die an zwei Grundpfählen befestigt ist (Fig. 53b), dauernd festzulegen.

Sind im Vorflutgraben Brücken, Durchlässe oder Furten anzulegen, so ordnet man dieselben stets oberhalb einer Ausmündung an.

Die Ausmündung darf ferner nicht an einer Stelle liegen, welche der Verlandung oder dem Abbruch ausgesetzt ist; auch soll sie immer etwas stromabwärts geneigt sein, höchstens darf sie den Vorfluter rechtwinklig, auf keinen Fall spitzwinklig treffen. Ausmündungen dürfen weder sich, noch einem Seitengraben gegenüberliegen, da in diesem Fall die Gefahr vorliegt, daß die Ausmündungskästen (§ 16) freigespült werden und abstürzen.

§ 12. Das zum Ausheben der Gräben und Verlegen der Röhren erforderliche Handwerkszeug wird Drainbesteck genannt und besteht aus vier Grabspaten

1) Die Figuren 51 bis 53 sind aus „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

(Fig. 54 bis 57)<sup>1)</sup>, einer Kelle (Fig. 58) oder Schippe (Fig. 59) und dem Legehaken (Fig. 60).

Die Drainagegräben werden so schmal wie möglich hergestellt, um die Erdarbeiten auf das geringste Maß zu beschränken, und nimmt man beispielsweise bei 1,25 m tiefen Gräben: die obere Breite der Sauger im Tonboden zu 0,30 bis 0,40 m, im lehmigen Boden zu 0,40 bis 0,50 m und im sandigen Boden zu 0,50 bis 0,60 m an. Die Sammler werden etwa 5 bis 10 cm breiter gemacht als die Sauger. Die Sohlbreite wird, da das Verlegen der Röhren von oben geschieht — nur bei Röhren großen Durchmessers nicht — nur um ein Weniges breiter gemacht, als es zur Aufnahme des Drains notwendig ist.

Mit dem Graben wird am untersten Ende und in der Weise begonnen, daß die obere Schicht mit dem Breitspaten (Fig. 54) und die unterste Schicht mit dem Stichspaten (Fig. 57) ausgehoben wird. Dazwischen werden die beiden Spaten Fig. 55 und 56 benutzt. Man vermeidet hierdurch jede unnütze Erdarbeit und erhält sofort, ohne irgendwelche und stets nachteilige Nacharbeit die richtige Sohlenbreite. Dadurch, daß man mit dem Graben stets am unteren Ende — also an der Ausmündung — beginnt, findet das Grundwasser in den Draingräben sofort Vorflut. Um glatte Wände zu erhalten, soll der Spaten spitz gegen die Grabenwand geführt werden.

Der späteren Wiederverwendung wegen, ist beim Ausschachten der Mutterboden vom Untergrundboden zu trennen. Dies geschieht meistens in der Weise, daß der erstere auf die eine, der letztere auf die andere Seite geworfen wird.

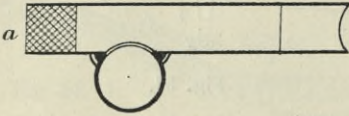


Fig. 61.

An sonstigem Handwerkszeug bei Ausführung der Erdarbeiten müssen stets an Ort und Stelle vorhanden sein, und zwar je nach dem Umfang der Arbeit und den örtlichen Verhältnissen in mehreren

Exemplaren: eine größere Kelle zum Herausnehmen des Bodens, wenn die Grabenwände eingestürzt sind; eine Spitz- oder Breithacke zum Aufhauen harten, steinigen Bodens; eine Rodehacke, zum Aufhauen alter, noch nicht verfaulten Wurzeln; Picken, Brechstangen und Hebebäume, zum Losbrechen und Beseitigen von großen Steinen. Große Steine sind am besten zu umgehen oder auszuheben, nie aber darf man dieselben mit dem Drainstrang unterfahren, weil die Gefahr vorliegt, daß dieser beim Setzen des Bodens zerdrückt werden kann.

Ist der Graben fertig ausgehoben, so wird mittelst der Kelle (Fig. 58), auch Schwanenhals genannt, oder der Schippe (Fig. 59) von der Grabensohle der hineingekrümmelte Boden herausgenommen, etwaige Unebenheiten beseitigt und lockere Stellen mit einer halbkreisförmigen Holzstampe festgestampft. Darauf werden die Röhren längs der Gräben verteilt, hierbei schlechte, unbrauchbare Röhren beseitigt und krumme zur Bogenbildung beiseite gelegt und das **Verlegen der Drainröhren** beginnt.

Die erste Röhre wird, um das Eindringen von Sand, Steinen usw. zu verhindern, an ihrem freien Ende durch einen in Lehm gebetteten Stein oder durch einen Moos- oder Graspfropfen (Fig. 61 bei a) geschlossen. Das Legen der Röhren geschieht von oben nach unten und zwar fast immer mit dem Legehaken (Fig. 60). Nur Röhren größeren Durchmessers werden mit der Hand verlegt, wobei der Leger auf die bereits verlegte Röhre tritt und die neue heranschiebt. Ein Betreten der Sohle durch den Leger ist auf alle Fälle zu verhindern. Der Legehaken,

1) Die Figuren 54 bis 60 sind aus „Vincent, Die Drainage“ entnommen.

welcher etwas kürzer ist als die Röhre, besteht aus einem horizontalen, aus Rundeisen hergestellten Arm, welcher an einer vertikal gerichteten Stange befestigt ist. Mit dem horizontalen Arm wird die Röhre fest gegen die vorhergehende gelegt und mittelst des kleinen Absatzes bei x — welcher übrigens auch fehlen kann — vorsichtig in die richtige Lage geklopft. Die Drainröhren müssen so dicht aneinander liegen, daß es nicht möglich ist eine Röhre herauszunehmen, ohne die benachbarten Röhren mitzunehmen.

Das Verlegen mit der Hand ist teurer, geht langsamer und ist nicht so gut wie das mit dem Legehaken. Es empfiehlt sich daher die Anwendung des letzteren immer bei Röhren bis zu 8 cm Weite für Tiefen bis zu 1,60 m und bei Röhren von 16 cm Weite für Tiefen bis zu 2,00 m. Allerdings muß man bei den größeren Tiefen geübte und geschickte Arbeiter zur Hand haben.

Das Legen wird stets im Tagelohn und durch einen intelligenten Vorarbeiter ausgeführt. Besser ist es aber, wenn der Schachtmeister diese Arbeit selbst übernimmt, ihm bleibt doch noch Zeit genug seine Leute zu beaufsichtigen und ihnen die für ihre Arbeit erforderlichen Angaben zu machen.

Ein geübter Leger kann 12—15 Grabenarbeitern folgen, was einer Leistung von durchschnittlich 25 m in der Stunde entspricht.

Mitunter kann man die Röhren zunächst nur vorläufig verlegen; und zwar wird dieser Fall dann eintreten, wenn man wasserhaltigen Boden hat, in welchem die Wände nicht stehen wollen. Man schachtet dann den Boden nur so tief wie zugänglich aus und senkt durch Verlegen der Röhren den Grundwasserstand; dann wird stückweise abwechselnd tiefer ausgeschachtet und Röhren verlegt, bis man schließlich die vorgesehene Grabentiefe erreicht hat und nun mit dem endgültigen Legen der Röhren beginnen kann.

Krumme Röhren dürfen nie mit der Krümmung nach oben oder unten, sondern müssen stets nach der Seite und zwar abwechselnd einmal nach rechts und einmal nach links liegen.

Wird die Arbeit des Legens der Röhren unterbrochen, so muß vor das Ende der letzten Röhre, nie in die letzte Fuge, entweder ein Brettchen oder ein kleines Blech, oder ein Gitter oder ein Dachsteinstückchen gesteckt werden, um ein Hineinkriechen der Frösche zu verhindern.

**§ 13.** Die früher bei gewissen Verhältnissen übliche Verlegung von Doppeldrains hat vollständig aufgehört. Man versteht unter Doppeldrain zwei nebeneinander liegende Röhren kleineren Durchmessers, deren Zweck sein sollte, dieselbe Wasserführung zu leisten wie eine Röhre größeren Durchmessers, während andererseits, da kleine Röhren bedeutend billiger sind, an Kosten gespart werden sollte. Das letztere trifft allerdings zu, nicht aber das erstere; denn die Erfahrung zeigte bald, daß nur ein Drain lief, während der andere verstopft war. Befürchtet man an der Grenze des Grundstücks ein Eindringen von fremdem Grundwasser, so verlegt man längs der Grenze kurze Drainrohre, welche in den nächsten Sauger münden und Kopfd rains heißen.

Quellen werden abgefangen, entweder durch engere Lage der Sauger oder indem man eine besondere Drainage strahlenförmig von der Quelle ausgehen läßt oder indem man ein oder mehrere kurze Sauger zwischen die eigentlichen Sauger zwischenlegt. Ist das Wasser der Quelle stark eisenhaltig, so empfiehlt es sich, die Röhren vollständig in Steinen zu verpacken. Bei sehr starken Quellen kann man zur Beförderung des Wasserabflusses kleine Löcher in die Röhren schlagen.

Über das Verlegen von Drains in wasserhaltigem Boden ist bereits im vorigen Paragraphen das Notwendige gesagt, hier sei daher nur noch das Besondere beim Verlegen der Röhren mitgeteilt, welche im Triebsand zu liegen kommen. Die Arbeit ist nur im trockenen Sommer und unter Hinzuziehung von möglichst viel Arbeitskräften sehr schnell auszuführen. Gelingt es nicht durch Absteifen den Graben gegen Einstürzen zu sichern und die nötige Tiefe zu erreichen, so muß man letztere nach und nach durch provisorisches Verlegen der Röhren zu erlangen suchen, wobei es sich empfiehlt, die Drains auf aufgespaltene Bohnenstangen oder Latten zu verlegen. Um die endgültig verlegten Röhren gegen Verschlammung und Triebsand zu schützen, müssen sie in Kies gebettet und wenn dies nicht genügt, in den Fugen mit Ton verkleidet werden. Auch eine Bedeckung mit Lohe oder Moos hat sich bewährt, eine solche mit Laub dagegen nicht.

Hat man Drains in Moor zu verlegen, so schachtet man den Graben um 10 bis 15 cm tiefer aus, als die eigentliche Sohle dies erfordert und füllt diese Mehrtiefe mit gesiebttem Kies — wenn nicht anders, auch mit Sand — aus und legt hierauf die Röhren. Mitunter werden die Röhren auch auf die vorerwähnten Latten gelegt.

§ 14. Bei der **Verbindung der Drains** haben wir zu unterscheiden zwischen der Verbindung mit Überdeckung und Verbindung in gleicher Höhe. Die erstere wird ihrer Einfachheit wegen und weil sie vollkommen ungehinderten Abfluß des Wassers ermöglicht, fast ausschließlich ausgeführt. Mit einem Spitzhammer werden in beide Drains runde Löcher so eingeschlagen, daß sie aufeinander gelegt genau passen (Fig. 61), worauf die Fuge noch mit einem Tonwulst verklebt wird.

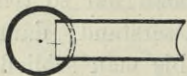


Fig. 62.

Der einzige Vorteil der zweiten Art der Verbindung besteht darin, daß man das Gefälle voll und ganz ausnutzen kann und dieser Vorteil zwingt mitunter zu dieser Verbindung der Röhren. Hierbei ist aber von der in Figur 62 dargestellten Art der Verbindung unter allen Umständen abzusehen. Das Wasser-Durchflußprofil wird verengt, es tritt infolgedessen Stau ein, wodurch der mitgeschwemmte Sand zur Ablagerung kommt und schließlich eine Verstopfung der Leitung eintritt.

Entweder muß man ein Formrohr, das heißt ein Rohr mit Abzweig, wie sie bei der städtischen Kanalisation<sup>1)</sup> eingeführt sind, verwenden oder aber man muß das Saugrohr so zwischen zwei Sammelröhren einpassen, daß es nicht in den Querschnitt des Sammlers hineinreicht und die offenen Fugen durch größere und kleinere Rohrscheiben, sowie Dachsteinstücke in Zementmörtel schließen. Durch die Verwendung von Rohrscheiben ist es möglich die Öffnung so zu schließen, daß auch keine Verengung des Querschnittes eintritt.

Von der Verwendung von besonderen Abzweigeröhren ist bei beiden Verbindungsarten abzuraten, da sie die Anlagekosten bedeutend erhöhen.

Vogler gibt in seinem wiederholt erwähnten Buche folgende praktische Winke für die Ausführung von Drainrohrverbindungen:

Das letzte Stück des Saugedrains soll stets auf gewachsenem, nicht auf wieder eingefülltem Boden ruhen, weil es nur so ein gutes Auflager findet und den Schluß der Verbindung sichert. Durch eine zu spitze Verbindung der beiden Drains findet das Saugerohr nie eine sichere und ruhige Lage. Spitzwinklig den Sammler treffende

1) Siehe Esselborn: Lehrbuch des Tiefbaues.

Sauger sind vorher zur Vergrößerung des Winkels bogenförmig zu führen. Bei Verbindungen mit Überdeckung sind die Arbeiter darin zu üben, daß sie die Grabensohle für die Sauger stets höher anstehen lassen als die Sohle des Sammlers. Sie heben gewöhnlich beide Sohlen in gleicher Höhe aus. Ist dies geschehen, so ist die nachträgliche Auffüllung der Lagerstelle nicht zu empfehlen, denn die Röhren liegen dann immer schlecht und sacken leicht; es ist vielmehr dann besser, den Sammel-

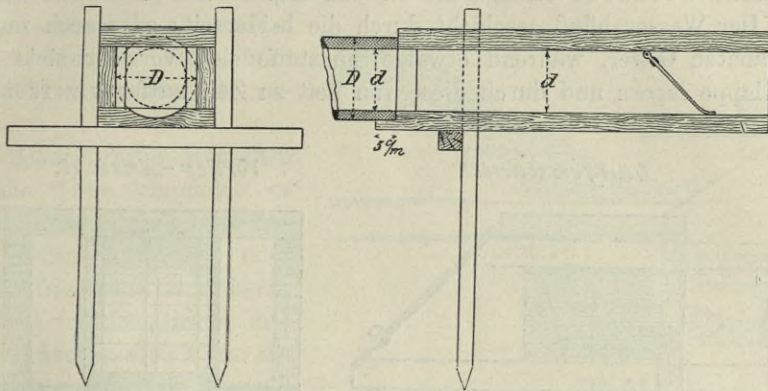


Fig. 63.

drain tiefer ausheben zu lassen und ihn im ganzen unteren Laufe zu senken, wenn dies möglich ist.

§ 15. Das **Zufüllen der Gräben** muß sehr vorsichtig von statten gehen, da hierbei leicht eine Beschädigung der Leitung, sei es durch Verschiebung oder durch Zerkümmerung einzelner Rohre, eintreten kann. Zuerst wird mit dem Spaten vorsichtig von den Grabenwänden Krümelboden hinabgestoßen und auf diese Weise der Graben etwa 30 cm hoch aufgefüllt. Darauf wird der ausgeschachtete Boden hineingeworfen, indem man größere Steine und feste Erdklöße dabei beiseite wirft und über dem Graben ein kleiner Hügel gebildet, welcher beim Sacken des Bodens wieder verschwindet.

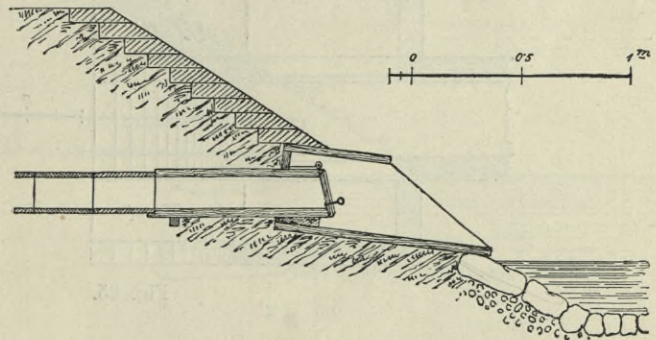


Fig. 64.

§ 16. Die **Ausmündungen** sind die schwächsten Stellen jeder Drainage. Daher empfiehlt es sich, möglichst große Systeme anzulegen, um die Zahl der Ausmündungen so viel als möglich zu verringern und ferner Sicherheitsmaßregeln zu ergreifen, um sie sowohl gegen Beschädigungen zu schützen, als auch das Hineinschlüpfen von Tieren in die Leitungen zu hindern. Die Ausmündungen können aus Holz hergestellt werden und erhalten dann entweder quadratischen Querschnitt mit einer lichten Weite gleich dem Durchmesser des anschließenden Sammlers oder rechteckigen Querschnitt mit einer Breite bis zu  $\frac{8}{10}$  des Leitungsdurchmessers. Als Material wird Eichen- oder Kiefernholz verwandt, welches vor dem Zusammensetzen allseitig zweimal mit heißem Karbolium gestrichen wird.

Die Sicherung gegen das Eindringen von Tieren erfolgt entweder durch Gitter (Fig. 63)<sup>1)</sup> oder durch Klappen (Fig. 64). Die Gitter können fest sein, was aber etwaiger Ablagerungen wegen nicht zu empfehlen ist. Sie werden hergestellt aus verzinkten Eisenstäben mit Zwischenweiten von 4 bis 20 mm, gelochten Blechen, Drahtstäben, Drahtgeflecht usw. Oder sie können zum Herausnehmen oder zum Drehen eingerichtet sein.

Geheimrat Gerhardt schlägt die in den Fig. 65 bis 67 dargestellten Seitengitter vor. Der Wasserabfluß geschieht durch die beiderseits oder auch nur auf einer Seite angebrachten Gitter, während etwaige Sinkstoffe sich vor der stets geschlossen gehaltenen Klappe lagern und durch diese von Zeit zu Zeit entfernt werden.

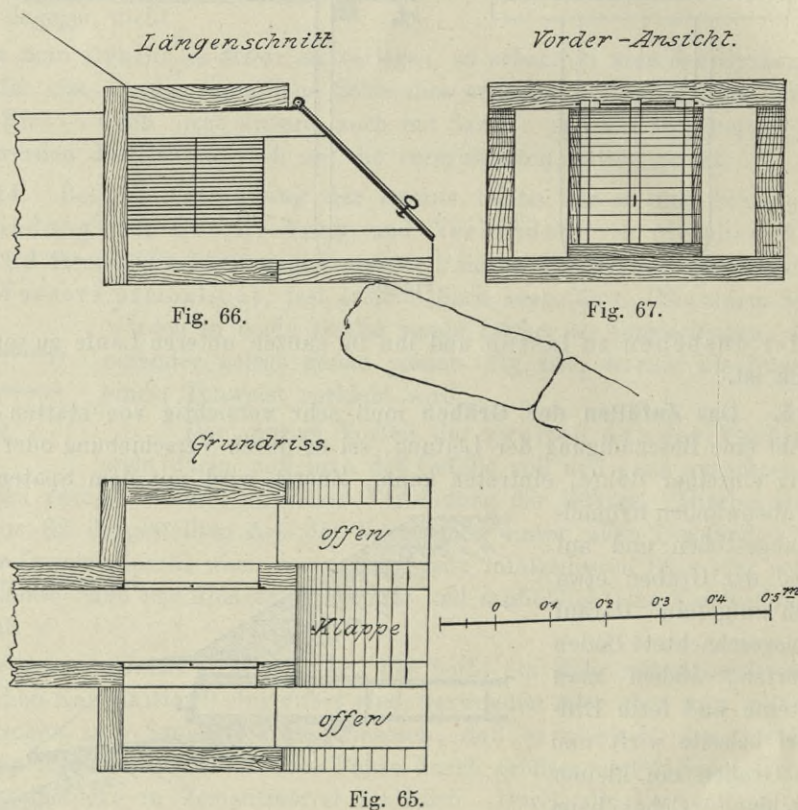


Fig. 65.

Bei der Anordnung von selbsttätigen Sicherheitsklappen (Fig. 64) erreicht man auch gleichzeitig einen wirksamen Hochwasserverschluß, d. h. gegen das Eindringen von Hochwasser in die Leitung. Sie sind aber auch nur in diesem Fall zur Verwendung zu empfehlen, da sie leicht beschädigt und überhaupt in ihrer Wirkung durch Quellen des Holzes, Einrosten der Scharniere usw. behindert werden können.

Ausmündungen aus Ton-, Zement- oder Eisenröhren erhalten gewöhnlich weder Gitter- noch Klappenverschluß. Sie werden nur dadurch gesichert, daß sie wenigstens 25 cm vor der Böschung vortreten und 10 cm über dem gewöhnlichen Sommerwasserstand liegen (Fig. 68).

<sup>1)</sup> Die Figuren 63 bis 70 sind aus „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

Die Länge der Ausmündungsröhren beträgt gewöhnlich 1,0 m. Ausmündungsröhren aus Ton oder Zement sind wenig gebräuchlich, sehr beliebt dagegen sind die eisernen Röhren. Dieselben müssen durch einen Anstrich gegen den Rost geschützt werden.

Im allgemeinen wird es genügen der Ausmündung bei steilen Böschungen durch eine Steinunterlage (Fig. 68) und bei flacheren Böschungen (etwa 1:2), durch eine solche aus Rasenstücken ein sicheres Auflager zu geben und nur bei größeren Anlagen erscheint es zweckmäßig, besondere Vorbauten in der in Fig. 69/70 oder Fig. 71/72<sup>1)</sup> dargestellten Art anzuordnen.

Zum Schutz gegen Menschen und weidende Tiere empfiehlt es sich, die Ausmündung an schwer zugänglichen Stellen anzulegen oder durch eine Umfriedigung zu sichern; ferner muß sie frostfrei liegen und Bäume und Sträucher soweit von ihr entfernt bleiben, daß ihre Wurzeln sie nicht beschädigen können.

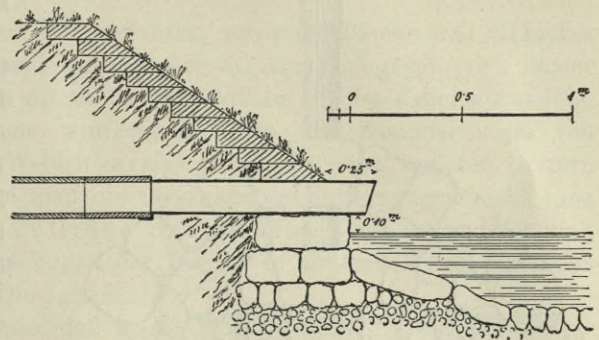


Fig. 68.

§ 17. Man wird bei keiner Drainage ganz ohne **Gräben** auskommen, wengleich dieselben vielfach nur an der Grenze des Drainagefeldes als Fanggräben nötig sind, um das Nachbarwasser abzufangen. Auch Bodensenkungen in schwer durchlassenden Boden befreit man schneller durch offene Gräben von dem Niederschlagswasser als durch Drains.

Meistens läßt man vorhandene Gräben zu diesem Zwecke bestehen und nur, wenn dieselben der Ausführung der Drainage hinderlich sind, verlegt man sie oder legt überhaupt neue Gräben an.

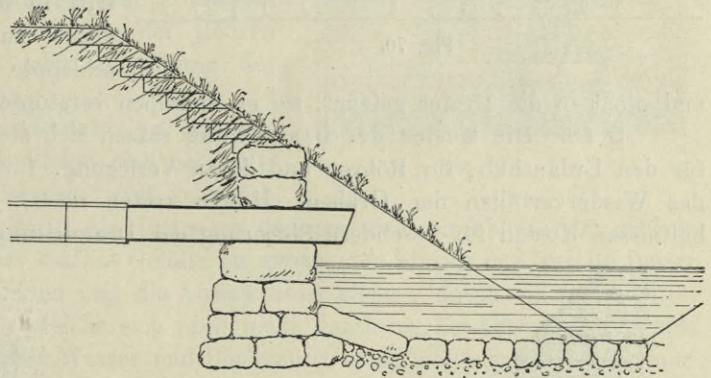


Fig. 69.

Nie darfe ein Graben über einen Drainstrang entlang geführt werden, weil dann der Drain verschlammte würde und die Gefahr bestünde, daß die Wurzeln der an den Grabenrändern wachsenden Pflanzen in die Drains gelangten und diese verstopften.

Muß man mit einem Drainstrang einen tiefen, wasserführenden Graben kreuzen, so muß man denselben in ähnlicher Weise wie bei den Bewässerungsanlagen angeben (§ 6) mit den Drains unterdückern. Die als Dücker verwandten Tonröhren werden mit Zementmörtel gehörig gedichtet. (Am besten ist es, Sauger überhaupt nicht unter offene Gräben durchzuführen, seien dieselben nun flach oder tief, ständig mit Wasser gefüllt oder nicht, sondern vor dem Graben die Sauger in einem

<sup>1)</sup> Die Figuren 71/72 sind der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

Sammler zu vereinigen und diesen unter dem Graben durchzuführen. Dieser Sammler wird dann aus Muffenröhren hergestellt und gehörig mit Zementmörtel verdichtet.)

Nach der Fertigstellung der Drainage zugeschüttete Gräben kann man ohne weiteres kreuzen, doch empfiehlt es sich über die Fugen kurze Drainrohre (Muffen) zu schieben, damit beim Setzen des verfüllten Bodens die Röhren nicht versacken.

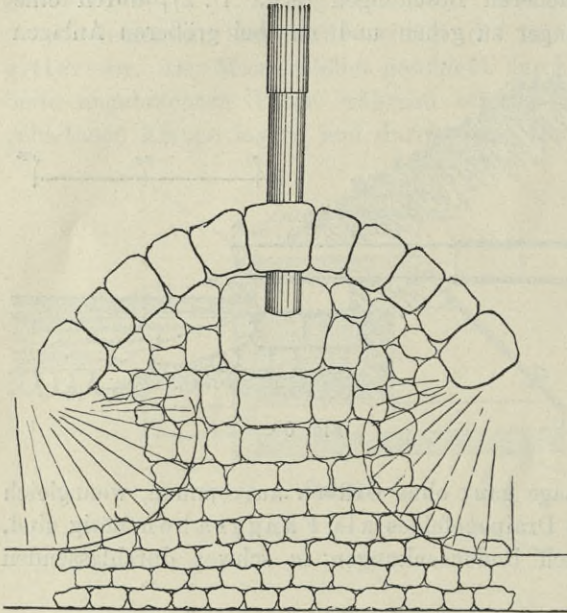


Fig. 70.

Dasselbe was vorstehend von den Gräben gesagt ist, gilt auch von den Drains unter Wegen, nur daß hier die Zementdichtung fortfallen kann. Über einen Drainstrang darf ebenfalls kein Weg geführt werden, da die Gefahr vorliegt, daß der Drain durch die darauf fahrenden Wagen beschädigt wird.

Oberirdisch abfließendes Tagewasser soll man nie den Drains zuführen, geschieht dies aber z. B. bei Gräben, denen die Vorflut fehlt, doch, so ist durch Anlage eines Filters, d. h. einer Steinpackung, welche das abzuführende Wasser vor seinem Eintritt in die Drains zu passieren hat, dafür zu sorgen, daß der mitgeschleppte Boden zurückgehalten wird

und nicht in die Drains gelangt, wo er dieselben verstopfen würde.

§ 18. Die Kosten der Drainierung setzen sich stets zusammen aus den Kosten für den Erdaushub, für Röhren und deren Verlegung, für die Ausmündungen und für das Wiederverfüllen der Gräben. Hierzu treten noch, je nach den örtlichen Verhältnissen Kosten für besondere Sicherung der Drainleitung, für Brunnenstuben usw.

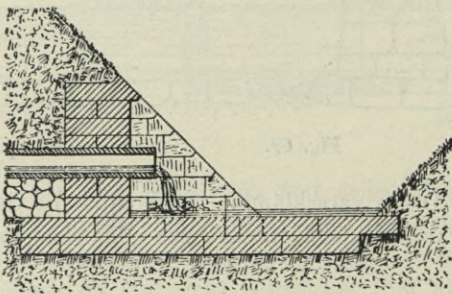


Fig. 71.

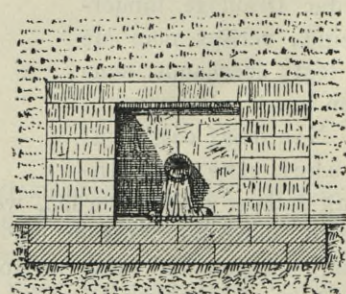


Fig. 72.

Die Kosten für das Ausheben des Bodens sind abhängig von der mehr oder weniger schweren Bearbeitung des Bodens und, ebenso natürlich auch bei den anderen Arbeiten, von dem Taglohn der Arbeiter.

Ein Meter Graben auszuschachten kostet bei 1,25 m Tiefe : 5 bis 10 Pf.

„ 1,50 „ „ : 7 „ 14 „  
 „ 2 „ „ : 10 „ 20 „



Für Wiederverfüllung der Gräben kann man  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{6}$  vorstehender Beträge rechnen und das Röhrenlegen zu durchschnittlich 1,25 bis 1,50 Pf. für das Meter annehmen.

Die Preise für die Röhren und den Bedarf auf ein Meter sind bereits in § 5 dieses Abschnitts angegeben.

§ 19. **Verstopfungen der Röhren** sind meist auf mangelhafte Arbeit oder schlechtes Material zurückzuführen. Jedoch können auch andere Ursachen Verstopfungen herbeiführen, nämlich:

1. Die Wurzeln der Wasser- und Kulturpflanzen, sowie der Bäume und Sträucher dringen in die Fugen der Röhren ein und wachsen der Strömung entgegen, sich immer mehr erweiternd, bis sie schließlich den ganzen Drain ausfüllen. Es ist daher notwendig, die Drains 8 bis 15 m von den Bäumen entfernt zu legen; die Sammler sogar von weichen Holzarten, wie Pappeln und Weiden wenigstens 20 m, von anderen Hölzern und Sträuchern wenigstens 15 m. Kann man die vorgenannten Entfernungen nicht inne halten — was übrigens im oberen Teil des Saugdrains auch an und für sich nicht nötig ist —, so muß man die Fugen der Röhren in anderer Weise gegen das Eindringen von Wurzeln sichern. Dies geschieht jetzt wohl fast ausschließlich in der Weise, daß man in der Nähe der Bäume in die Drainleitung Muffenrohre einlegt, deren Fugen mit Zementmörtel gedichtet werden. Vincent empfiehlt das Überkleben der Fugen mit geteerten Streifen Löschpapiers. Andere — jedoch nicht zu empfehlende — Sicherungsmittel sind das Eintauchen der Röhren in heißem Steinkohlenteer oder Bedecken der Röhren mit Ätzkalk oder Zinkasche oder Umhüllung der Röhren mit einer Steinpackung.

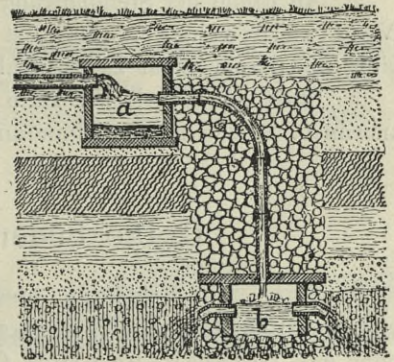


Fig. 73.

2. Mineralische Niederschläge, namentlich von Kalk und Eisen. Sie bilden sich bei Luftzutritt in Form von kohlenstoffsaurem und schwefelwasserstoffsaurem Kalk oder Eisenoxydhydrat. Als Hilfsmittel dagegen wird empfohlen, dem unteren Teil der Drainage ein möglichst starkes Gefälle zu geben, den Strang nur aus im Innern besonders glatten Röhren zu bilden und die Ausmündung niemals durch ein festes Gitter zu schließen. Andere Mittel — welche sich aber nicht durchweg bewährt haben — sind ein Ausmünden der Röhren unter Wasser und Bemessung eines möglichst geringen Querschnitts für dieselben.

3. Einschweben von Sand, was namentlich bei stark wechselnden Zuflüssen und Abnahme der Wassergeschwindigkeit eintritt.

4. Durch Versacken einzelner Röhren, hervorgerufen gewöhnlich durch ungleiches Setzen des Bodens. Das Versacken kommt am häufigsten im Moor oder Triebensand oder bei Graben- und Wegekrenzungen vor.

5. Durch Einwachsen von Algen, welche in den Röhren lange, dicke Zöpfe bilden. Als bestes Hilfsmittel hiergegen sind ein möglichst großer Röhrenquerschnitt und Vermeidung von festen Gittern an den Ausmündungen anzusehen.

6. Durch Tiere. Frösche, Ratten usw. kriechen in die Röhren, verenden da und verstopfen sie.

Kann man eine Verstopfung nicht sofort beseitigen, so muß man sich die Stelle merken und sobald man das Gelände betreten kann, nachgraben. Hat man

den verstopften Drain gefunden und ist der Boden naß, kommt auch das Wasser aus den Fugen gesprungen, so ist die Verstopfung unterhalb, ist aber der Boden am Rohr trocken, so liegt sie oberhalb der aufgedrungenen Stelle.

§ 20. Die Absenkung des Wassers kann auch in vertikaler Richtung durch die holländische und Vertikaldrainage oder besser durch Versenkung des Wassers mittelst Brunnen geschehen. Bedingung ist, daß die durchlassende Schicht eine genügende Mächtigkeit besitzt, nicht in zu großer Tiefe sich befindet und nicht unter Druck steht, weil im letzteren Falle statt der Absenkung ein Aufquellen des Wassers stattfinden würde.

Die holländische und Vertikaldrainage besteht darin, daß die Ableitung des Wassers mittelst zahlreicher Bohrlöcher erfolgt, in welche eine Stange gesteckt wird, welche bis etwa 40 cm unter Oberfläche reicht und bis zu dieser Höhe mit kleinen Steinen umpackt wird. Vor Beendigung der Steinfüllung wird die Stange wieder herausgezogen.

Je nach den örtlichen Verhältnissen, sind auf 1 ha 1000 bis 6000 solcher Bohrlöcher erforderlich.

An Stelle der Steinpackung werden auch senkrecht gestellte Drainröhren verwandt (Vertikaldrainage); doch ist diese Anordnung weder zuverlässig im Erfolg noch billig und daher nicht zu empfehlen.

Statt der Bohrlöcher kann man auch Versitzschächte (Brunnen) nach Fig. 73<sup>1)</sup> anordnen, welche mit Schlammfang (a) und Versenkgrube (b) versehen sind.

## C. Die Bodenerhöhung oder Kolmation.

§ 1. Die Erhöhung niedrig gelegener Grundstücke dadurch, daß man das viel Sinkstoffe führende Hochwasser der Bäche, Flüsse und Wildbäche auf diese leitet oder die Herstellung einer für die Kultur brauchbaren Schicht auf unfruchtbaren Boden durch Überleitung fruchtbare Sinkstoffe führenden Wassers nennt man Kolmation.

Aus Vorstehendem geht hervor, daß die Kolmation nur möglich ist, wenn ein Wasserlauf vorhanden ist, welcher mit bedeutendem Gefälle, um die Ablagerung der Sinkstoffe im Wasserlauf selbst zu verhindern, Sand, Kies, Gerölle oder fruchtbare Sinkstoffe herbeiführt und entweder direkt dieselben der zu erhöhenden Ebene zuführen kann, oder wenn die Zuleitung mittelst eines Kanals mit starkem Gefälle möglich ist.

Die umfangreichsten Kolmationen sind bisher in Italien und Südfrankreich ausgeführt worden. Man rechnet die durchschnittlichen Kosten für 1 ha auf 400 bis 500 Mark.

Das Gelingen der Kolmation erfordert große Sorgfalt in der Leitung und Benutzung, besonders aber in der unschädlichen Abführung des benutzten Wassers.

Nachstehende, dem Werke „Tolkmitt, Grundlagen der Wasserbaukunst“ entnommene Tabelle enthält Angaben über den Gehalt an Sinkstoffen einiger Flüsse, wobei die Zahlen der letzten Spalte aus denen der vorletzten unter Anrechnung von 1 cbm Sinkstoffe mit durchschnittlich 2000 kg berechnet wurden.

1) Die Figur 73 ist der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

Tabelle 12. Gehalt der Flüsse an Sinkstoffen.

Gegenstand der Beobachtung	Sinkstoffe (Schlamm)	
	in 1 cbm Wasser sind enthalten kg	täglich abgeführte Menge für 1 cbm sekundlicher Wassermenge in cbm
Der Var (bei Nizza) durchschnittlich	3,577	155
Der Var bei Hochwasser am 30. Juni 1865	36,6	1580
Die Marne durchschnittlich	0,074	3,20
Die Marne Höchstgehalt	0,52	22,5
Die Seine durchschnittlich	0,040	1,72
Die Seine Höchstgehalt	2,74	118
Der Nil bei Hochwasser	1,58	68
Der Ganges bei Hochwasser	1,94	84
Die Durance durchschnittlich	1,45	62
Die Durance bei Hochwasser	3,63	156
Der Mississippi durchschnittlich	0,67	29
Die Donau bei Wien durchschnittlich	0,11	4,7

Kennt man die Wasserführung eines Flusses, (beispielsweise führt der Nil bei Hochwasser 13 000 cbm/sec.), so kann man aus vorstehender Tabelle die ungefähr tägliche Sinkstoffmenge berechnen. Der Nil führt also bei Hochwasser ungefähr  $68 \cdot 13\,000 = 885\,000$  cbm Sinkstoffe in einem Tage.

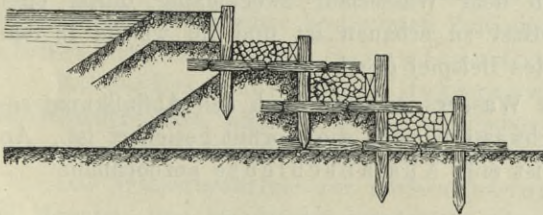


Fig. 74.

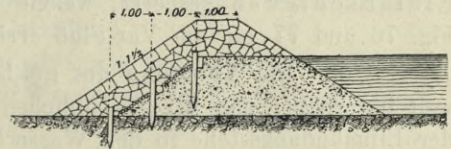


Fig. 75.

§ 2. Der **Zuleitungskanal** bedarf, damit die Sinkstoffe sich nicht schon in ihm absetzen, eines starken Gefälles, welches, da die Geschwindigkeit des Wassers sich in den von ihm abzweigenden Nebenkanälen nicht verringern darf, des kleineren Profils dieser Kanäle wegen noch erhöht werden muß. Das geringste Gefälle in den Hauptkanälen soll nicht weniger als 1 : 1000 bis 1 : 500 und in den Nebenkanälen nicht weniger als 1 : 200 bis 1 : 100 betragen.

Aus dem Hauptkanal zweigen die Nebenkanäle ab, welche das trübe Wasser den einzelnen Abteilungen, in welche das zu erhöhende Gelände durch kleine Dämme geteilt ist, zuführen. Die einzelnen Flächen, Staufferfelder, müssen nahezu wagrecht liegen, damit das Wasser überall gleichmäßig seine Sinkstoffe absetzen kann. Um das gleichmäßige Niederschlagen der Schwimmstoffe weiter zu unterstützen, werden häufig noch Zwischendämme und hölzerne Verteilungsrinnen angeordnet. Das geklärte Wasser fließt über die mit zahlreichen Überfällen zu versehenen Dämme ab und dem Vorfluter zu.

Sollen nur gröbere Stoffe niedergeschlagen werden, so genügt eine Abklärungszeit von 12 Stunden; handelt es sich aber darum auch die feineren Sinkstoffe zur Ablagerung zu bringen, so sind wenigstens zwei Tage erforderlich.

Je höher die Dämme gemacht werden, um so mehr Wasser kann in den Feldern aufgesammelt und abgeklärt werden und um so schneller erfolgt die Aufhöhung des Bodens. Doch erfolgt die Erhöhung der Dämme und der Überfälle mitunter erst nach und nach, der fortschreitenden Erhöhung des Geländes entsprechend (Fig. 74 und 75)<sup>1)</sup>. Man kann auch den Dämmen sofort ihre vorausgesehene Höhe geben und nur die Überfälle nach und nach erhöhen. Diese Erhöhung darf aber nicht immer in der in den vorstehenden Figuren angegebenen Art erfolgen, sondern kann auch durch

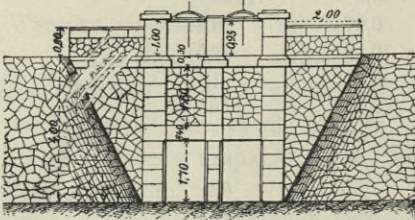


Fig. 76.

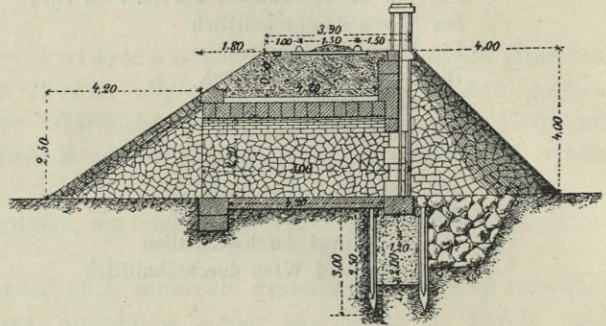


Fig. 77.

Damm Balken geschehen, welche dem jedesmaligen Wasserstande entsprechend eingesetzt werden.

Der Zuleitungskanal wird von dem Wasserlauf zweckmäßig durch eine Einlaßschleuse gesperrt, welche standfest zu erbauen ist und für welche in den Fig. 76 und 77 ein am Var-Fluß errichtetes Beispiel gegeben ist.

§ 3. Die **Ableitung des geklärten Wassers** erfolgt durch den Abflußkanal soweit unterhalb, daß bei gewöhnlichen Hochwassern noch die Vorflut gesichert ist. An der Einmündungsstelle in den Wasserlauf ist eine Auslaßschleuse anzuordnen.

## D. Die Bewässerung der Ländereien.

§ 1. Das älteste bekannte Beispiel einer düngenden Bewässerung bietet der Nil, ebenso wie Phönizier und Inder bedeutende Bewässerungsanlagen ausgeführt haben. In Norddeutschland ist die wilde Bewässerung schon seit mehreren Jahrhunderten bekannt; die Abstauungen kleiner Bäche und Flüsse finden sich bereits in den dreißiger Jahren des 18. Jahrhunderts, während der erste Rückenbau im Jahre 1819 ausgeführt wurde.

Wie bereits erwähnt, unterscheiden wir zwischen anfeuchtender und düngender Bewässerung. Erstere wird vorwiegend im Sommer ausgeführt, um dem Boden das durch die Vegetation und durch die Verdunstung entzogene Wasser zu ersetzen (Sommerbewässerung), während die düngende Bewässerung (Winterbewässerung) im Frühjahr und im Herbst ausgeführt wird, weil es außer der Zuführung von Nährstoffen auch zur Lösung und Verbreitung der im Boden enthaltenen Pflanzennährstoffe dienen soll. Ferner dient das Bewässerungswasser zur Reinigung des Bodens, zu seiner Erwärmung und zur Vertilgung von dem Pflanzenwuchs nachteiligen Schädlingen, Moosen und schlechten Gräsern (§ 4).

<sup>1)</sup> Die Figuren 74 bis 77 sind dem „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

§ 2. Die Wassermenge richtet sich nach dem Zweck, der mit der Bewässerung verbunden ist. Will man den Boden nur anfeuchten, braucht man geringere Wassermengen, als wenn man die im Wasser enthaltenen Nährstoffe diesem entziehen und den Boden damit düngen will. Die anfeuchtende Bewässerung wird, entsprechend unseren klimatischen Verhältnissen, in Deutschland nicht in Frage kommen, sondern nur die düngende. Gleichgültig aber, ob anfeuchtende oder düngende Bewässerung:

### Keine Bewässerung ohne gründliche Entwässerung.

Der Wasserbedarf ist aber nicht allein abhängig von dem Zweck, sondern auch von dem Klima, von den Pflanzen, von dem Grundwasserstande, von der Bodenbeschaffenheit und, besonders bei der Anfeuchtung, von den Wasserverlusten.

Bei der düngenden Bewässerung spielt die Menge des Nährstoffgehalts des Wassers eine große Rolle, ferner die Bodenbeschaffenheit und das zur Anwendung gelangende Bewässerungsverfahren. Je nährstoffreicher ein Wasser ist, desto weniger wird man brauchen um denselben Erfolg zu erzielen. Durchlassende Bodenarten erfordern geringere Wassermassen, während schwere Bodenarten durch Bewässerung mit geringen Mengen versumpfen würden, bei kräftiger Bewässerung aber gute Erträge geben. Berieselungen gebrauchen mehr Wasser als Überstaunungen, gewöhnliche Rieselwiesen mehr als drainierte, schmale Rücken und Hänge mehr als breite usw.

Das Wasserbedürfnis wird ausgedrückt entweder durch die Stauhöhe, d. h. durch eine Wasserschicht (in cm), welche bei einmaliger Bewässerung ohne Abfluß und Verdunstung sich in einer bestimmten Zeit einstellen würde oder durch den Zufluß, welchen ein ha in einer Sekunde in Litern erhält.

Bei der Ermittlung der Hektare werden aber nur die vollbewässerten Flächen gerechnet, während die mit bereits benützten Wasser oder im Umlauf (Rotation) bewässerten Flächen außer Ansatz bleiben.

Das Wasserbedürfnis zur Anfeuchtung der Wiesen in Deutschland in den drei Monaten Juni bis August beträgt für 1 ha:

bei schwerem Boden	2800 (in sehr trockener Zeit 4200) cbm,	d. i. 0,35 (0,53) sl
„ mittlerem „	4800	„ d. i. 0,60 „
„ leichtem „	6400—8000	„ d. i. 0,80—1,0 „

Diesen Zahlen entspricht es, wenn man in Deutschland Wiesen, auf mittlerem Boden, um einen guten zweiten Grasschnitt zu erzielen, nach dem ersten Schnitt 8—10 cm hoch (= 0,46—0,58 sl) etwa 20 Tage lang anfeuchtet. Die Anfeuchtung darf aber erst eine Woche nach dem ersten Schnitt des Grases beginnen, wenn die Schnittflächen bereits vernarbt sind.

Zur düngenden Bewässerung von Rieselwiesen ist nach Dünkelberg für ein ha und Sekunde erforderlich:

42—52 Liter, wenn die Bewässerung ausgezeichnet,
33 „ „ „ „ sehr gut,
28 „ „ „ „ gut,
17 „ „ „ „ genügend sein soll.

Vincent verlangt:

120 Liter, bei 4 m breiten Hängen oder 8 m breiten Rücken
90 „ „ 6 „ „ „ 12 „ „ „
60 „ „ 8 „ „ „ 16 „ „ „

Weitere Angaben über den Wasserbedarf sind bei den einzelnen Bewässerungsarten angegeben, wobei nochmals darauf aufmerksam gemacht sei, daß bei der Ermittlung der zu bewässernden Flächen, diejenigen Flächen, welche mit bereits benutztem Wasser, sowie diejenigen, welche im Umlauf bewässert werden, nicht zu berücksichtigen, also nur die vollbewässerten Flächen in Ansatz zu bringen sind.

Die wiederholte Benützung des Rieselwassers ist nur bei der düngenden Bewässerung zulässig, wenn das Gefälle so groß ist, daß bei Bewässerung tiefliegender Flächen die höher liegenden keinen Rückstau erhalten. Auch muß man in der Lage sein, denjenigen Flächen, welche gewöhnlich nur abgerieseltes Wasser erhalten, auch noch nicht benütztes zuleiten zu können und endlich muß das abgerieselte Wasser, bevor es von neuem benutzt wird, wieder Sauerstoff aufnehmen und den Überschuß an Kohlensäure abgeben können. Dies geschieht, indem man das Wasser einige Zeit aufstaut oder durch einen Graben fließen läßt.

Die Rotations- oder Umlaufbewässerung besteht darin, daß das ganze zu bewässernde Gebiet bei leichtem Boden gewöhnlich in drei, bei schwerem Boden in sechs Teile zerlegt wird, welche nach und nach mit dem ganzen zur Verfügung stehenden Wasser gespeist werden. Die Umstellung des Wassers erfolgt gewöhnlich in Zwischenräumen von 1—4 Tagen und zwar in der Weise, daß man zu Beginn der Bewässerung längere Umstellungsperioden ansetzt als am Schluß.

Der wesentlichste Vorteil der Rotationsbewässerung besteht darin, daß der Boden abwechselnd dem Wasser und der Luft ausgesetzt wird — bei dreifachem Umlauf wird jede Fläche 1—4 Tage bewässert und 2—8 Tage entwässert — und dadurch die Oxydation der Pflanzennährstoffe beschleunigt wird.

§ 3. Das beste Wasser wird stets dasjenige sein, welches die zur Vegetation der Gräser erforderlichen Nährstoffe, welche dem Boden durch die Ernten entzogen werden, ersetzt. Es bedarf, um dies festzustellen, keiner chemischen Wasseranalysen, sondern wird jedes Wasser, in welchem Frösche, Fische, Wasserfäden, Brunnenkresse, Wasserehrenpreis und ähnliche Pflanzen vorkommen, zur Bewässerung brauchbar, solches, in welchem sich nur Binsen, Riedgräser, Wasserschieferling u. dergl. vorfinden, unbrauchbar sein. Zur Bewässerung unbrauchbar ist das Humussäure enthaltende Moorwasser, das durch giftige Fabrikabgänge verdorbene Wasser und das viel Kochsalz enthaltende Abwasser des Bergbaues. Läßt man schlechtes Wasser längere Zeit in offenen Gräben (Sauerstoffzuführung) stehen, oder führt man ihm Jauche und nährstoffreiche Abfälle zu, oder tut man beides, so kann man es bedeutend verbessern.

Je nach seinen Hauptbestandteilen an Dungstoffen kann das Wasser besonders vorteilhaft für bestimmte Bodenarten oder Kulturen sein. So tonhaltiges Wasser für Sandboden, gipshaltiges für Klee usw. Manchmal muß auch die Berieselung unterstützt werden durch Aufbringung solchen künstlichen Düngers, der vorwiegend die Stoffe enthält, welche in dem aufgebrauchten Wasser gar nicht oder nur in geringer Menge vorhanden, aber zum Wachstum der Pflanzen notwendig sind.

Das Rieselwasser soll, um den Pflanzenwuchs nicht zu schädigen, nie kälter sein als der zu bewässernde Boden. Die Ableitung des Rieselwassers muß stets in das alte Flußbett und noch innerhalb der eigenen Grenze erfolgen.

Die wichtigste Bewässerung ist die Herbst- oder düngende Bewässerung, welche um so vorsichtiger geschehen muß je geringeres Gefälle der Boden hat und je schwerer er ist. Für gehörige Trockenlegung ist zu sorgen. Nach der Bewässerung muß die Wiese schwarz und schlüpfrig durch Schlammablagerung sein; aber trocken, ehe Frost eintritt, damit sich kein Eis bilden kann.

Die Winter- oder zerstörende Bewässerung hat den Zweck, Moos, Heidekraut usw. dadurch zu vertilgen, daß das Eis beim Auftauen die schädlichen Gräser usw. zerstört. Es wird aufgeleitet, wenn der Boden gefroren ist, kann aber nicht angewandt werden, wenn bereits eine Grasnarbe vorhanden ist, da dann die guten Gräser ebenfalls mit zerstört werden.

Die Frühjahrs- oder erwärmende Bewässerung soll die Wiesenpflanzen gegen Nacht- und Spätfrost schützen. Beste Wässerungszeit ist in diesem Falle die Nacht.

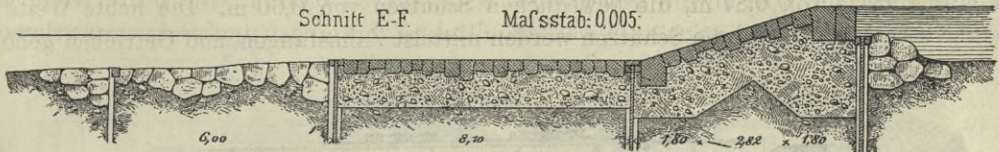


Fig. 78.



Fig. 79.

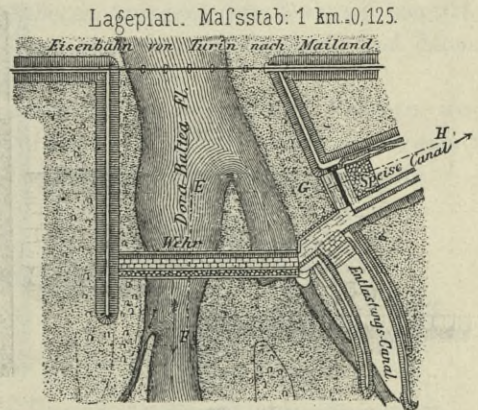


Fig. 81.



Fig. 80.

Die Sommerbewässerung oder die anfeuchtende Bewässerung soll nur den fehlenden Regen ersetzen. Das Wässern geschieht an trüben Tagen, nachts, morgens oder abends. Es darf frühestens eine Woche nach der ersten Ernte begonnen werden und muß spätestens eine Woche vor der zweiten Ernte aufhören.

§ 4. Die Gewinnung des Wassers für Bewässerungszwecke geschieht am häufigsten aus Bächen und Flüssen. Hierbei wird man fast immer einen Anstau vornehmen müssen, welcher zweckmäßig durch Wehre erzeugt wird. Diese können feste oder bewegliche sein; hierüber wird auf Kapitel VI, Abschnitt E von Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues, verwiesen. Selbstverständlich dürfen auch bei den im Interesse des Landesmelioration ausgeführten Stauanlagen andere Interessen nicht geschädigt werden und ist bei Festlegung der Stauwerksabmessungen und Konstruktion darauf

Rücksicht zu nehmen, daß Schifffahrt, Flößerei, Hochwasserabführung und — durch den Rückstau — fremde Grundstücke nicht ungünstig beeinflusst werden.

Im folgenden seien einige feste und bewegliche Wehranlagen kurz beschrieben. Fig. 78 bis 81<sup>1)</sup> zeigt ein massives Wehr, dessen aus Werksteinen hergestellte Krone eine Breite von 1,20 m hat. Der Abfall beträgt 1,50 m; die Fundierung ist auf Beton ausgeführt.

Das in den Fig. 82 bis 84 dargestellte, teils feste, teils bewegliche Wehr, ist im Acherflusse im Großherzogtum Baden aus Stein und Eisen erbaut. Das Steinwehr hat eine Höhe von 0,87 m, die beweglichen Schützen von 0,60 m. Die lichte Weite des Wehres beträgt 7,50 m, die Schützen werden mittelst Zahnstangen und Getrieben gehoben.

Schnitt J-K

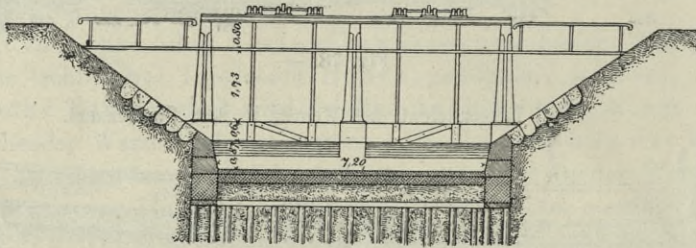


Fig. 82.

Grundriss

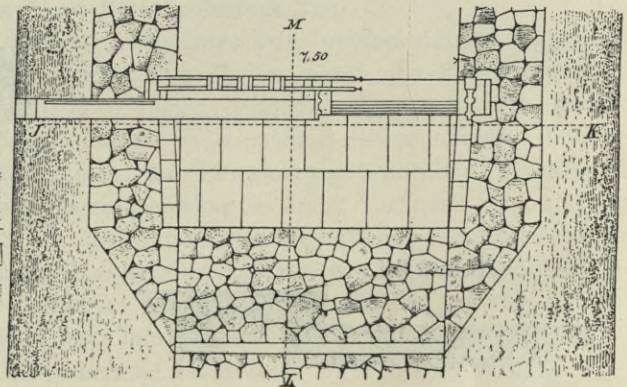


Fig. 84.

Schnitt LM

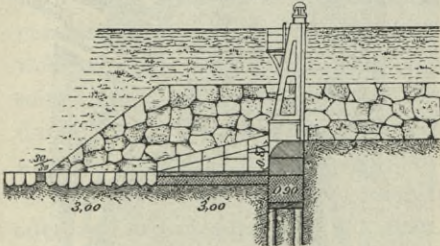


Fig. 83.

Die Fig. 85 und 86 stellen ein im Okerflusse für die Langlinger Bewässerungsanlage erbautes Wehr von 19,60 m Länge dar. Die Staubohlen werden von einem Kahn aus eingesetzt, da die örtlichen Verhältnisse die Anlage einer festen Brücke nicht gestatten.

Mitunter dienen auch die sonst nur Entwässerungszwecken dienenden Deichschleusen oder Siele zum unmittelbaren Einlaß des Wassers und zwar dann, wenn eine zum Schutz gegen Hochwasser eingedeichte Niederung bewässert werden soll. Fig. 87 und 88 zeigen die Anlage eines derartigen Bauwerkes, wie es im Ostedeich eingebaut ist, um das fruchtbare Flutwasser der Oste in das Klintler Binnenfeld einzulassen. Die Lichtweite, der abwechselnd durch Schützen und Tore geschlossenen Öffnungen, ist 1,46 m.

<sup>1)</sup> Die Figuren 78 bis 88 sind dem „Handbuche der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.



Entsäueretes Quellwasser läßt sich ebenfalls zu Bewässerungszwecken verwenden, muß jedoch meistens künstlich gehoben werden, worüber am Schluß dieses Paragraphen das erforderliche gesagt werden wird.

Auch das zur Bewässerung mitunter verwandte Grundwasser muß, ebenso wie das aus Binnenseen oder Staubecken entnommene gewöhnlich künstlich auf die zu bewässernde Fläche gehoben werden.

Als Kraftmotor wird auch bei dem künstlichen Heben des Wassers zu Bewässerungszwecken, der zwar kostenlos aber nicht immer zu habende Wind (Wind-

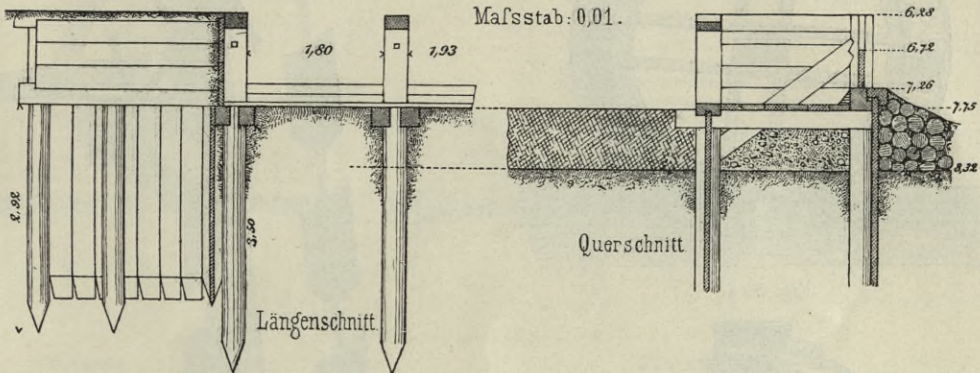


Fig. 85.

Fig. 86.

räder) oder das Wasser (Turbinen) oder, bei größeren Anlagen, der Dampf benutzt. Der Dampf ist zwar die teuerste Betriebskraft aber auch die zuverlässigste und daher immer da anzuwenden, wo es sich um größere Anlagen handelt.

Die Hebung des Wassers geschieht gewöhnlich entweder durch Pumpen, wobei die durch Lokomobilen betriebenen Zentrifugalpumpen, vielfach verwandt werden oder durch Schöpfräder (Fig. 89)<sup>1)</sup> oder durch Becherwerke (Fig. 90).

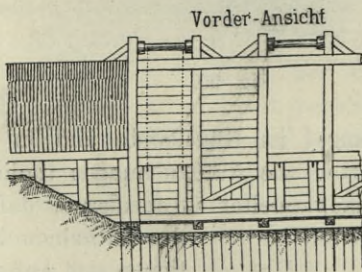


Fig. 87.

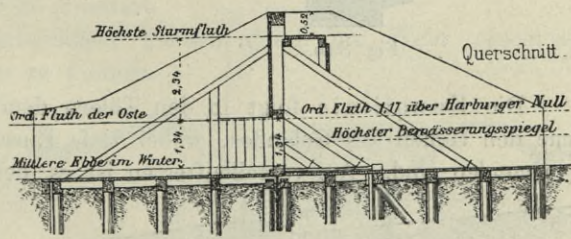


Fig. 88.

§ 5. Liegt das zu bewässernde Gelände nicht unmittelbar an der Wasserbezugsstelle, so ist das Wasser durch Kanäle — dem Hauptzuleiter oder Bewässerungs-Hauptkanal den Verwendungsstellen zuzuführen. Die Geschwindigkeit des Wassers in diesen, gewöhnlich offenen Gräben soll nicht so groß sein, daß die Sohle und Wände angegriffen werden, aber wiederum auch nicht so klein, daß ein Absetzen der Sinkstoffe in ihnen möglich ist. Die letztere Bedingung erfüllt eine Geschwindigkeit des Wassers von wenigstens 0,21 m in der Sekunde, wenn sich kein Schlamm, und 0,42 m, wenn sich auch kein Sand absetzen soll. Die erstere wird erfüllt, wenn die Sohlen-

<sup>1)</sup> Die Figuren 89 und 90 sind aus „Promnitz, Der Holzbau“ entnommen.

Geschwindigkeit bei unbefestigter Sohle und Böschungen, in lehmigen Boden höchstens 0,30, im Kiesboden 0,70 m oder die Oberflächen-Geschwindigkeit 0,60 bzw. 1,20 m beträgt.

Allgemein beträgt das Gefälle 1—3<sup>0</sup>/<sub>100</sub> und bei großen Zuleitungskanälen nicht unter 0,2<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

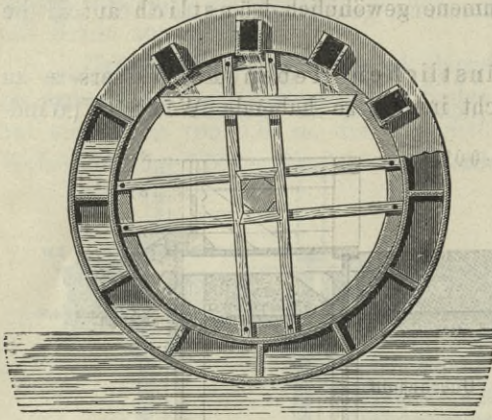


Fig. 89 a.

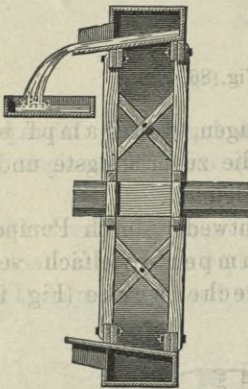


Fig. 89 b.

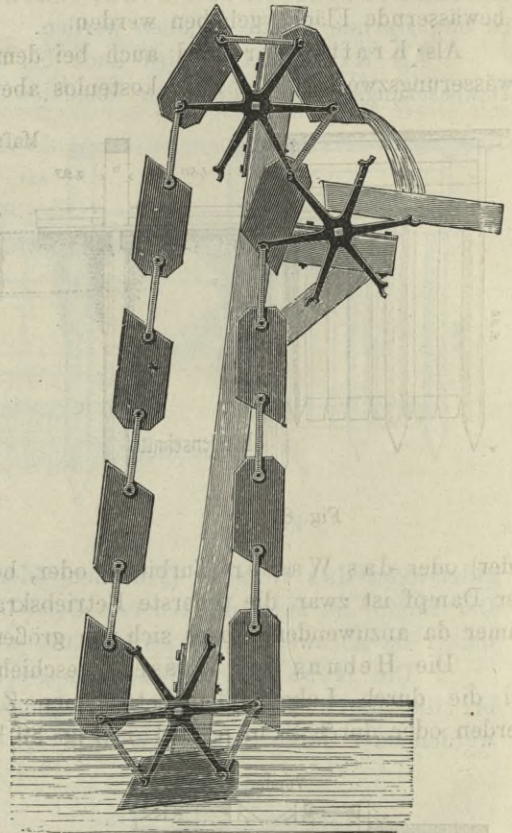


Fig. 90.

Die Kanallinie folgt in den Tälern dem Hange, im Hügellande und in der Ebene den Höhen des Geländes, wobei tiefe Einschnitte, wie Aufdämmungen tunlichst zu vermeiden sind. Am vorteilhaftesten ist es, den Hauptzuleiter so anzulegen, daß in



Fig. 91.

den einzelnen Stationen sich Auf- und Abtrag gleichmäßig verteilen, so daß der vom Wasser benutzte

Querschnitt im gewachsenen und nicht im aufgeschütteten Boden sich befindet (Fig. 91)<sup>1)</sup>.  
Liegt der Graben in durchlassendem Boden oder im Auftrag, so ist eine Dichtung der Sohle und der Böschung mit Tonschlag vorzunehmen, um durch Versickern des Wassers eintretende Wasserverluste zu vermeiden.

Um das Schweißwasser unschädlich abzuführen, sind bei im Auftrage liegenden Kanälen seitliche Gräben anzuordnen; die Böschungen sind 1,5 bis 2fach und die Dammkronen 1,00 bis 1,50 m breit anzunehmen.

<sup>1)</sup> Figur 91 ist aus „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

Mit dem Zuleitungskanal sind gewöhnlich folgende Bauwerke verbunden:

1. Brücken. Dieselben sollen, wenn irgend tunlich, mit anderen Bauwerken, z. B. Einlaßschleusen verbunden werden. (Siehe unter 5.)

2. Einlaßschleusen, gewöhnlich als Schützenwehre mit hölzernem Grieswerke und hölzernen oder steinernen Uferwänden ausgeführt.

Die in den Fig. 92 bis 94<sup>1)</sup> dargestellte Einlaßschleuse für ein Revier hat eine Weite von 1,08 m und ist in dem Damme eines Zuleitungskanals erbaut.

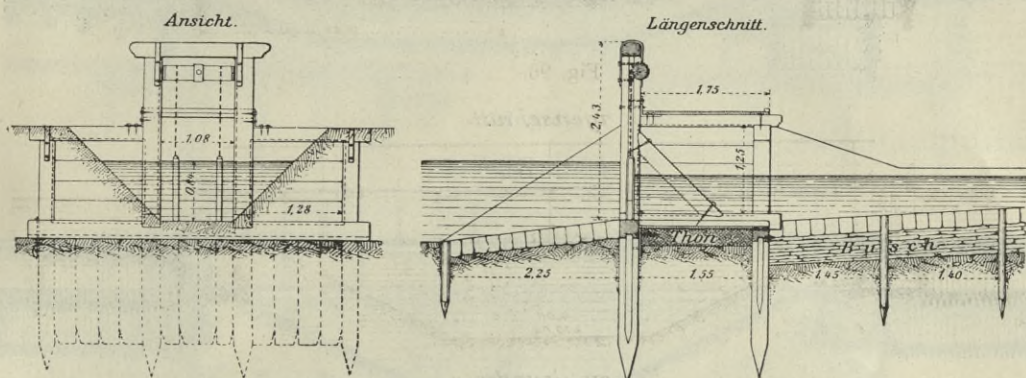


Fig. 92-94.

3. Unterleitungen dienen gewöhnlich zur Wiederherstellung der durch den Zuleitungskanal unterbrochenen Entwässerung. Die Unterleitung ist an der Einlaufstelle zu erweitern und so anzulegen, daß nicht eine plötzliche Richtungsänderung des Wassers

eintritt. Kleinere Unterführungen können aus Steinplatten, größere aus Röhren von Zement, Eisenblech oder Gußeisen erbaut werden. Bei der in Fig. 95 und 96 dargestellten Dückeranlage sind zwei schmiedeeiserne Röhren verwandt, deren Durchmesser von 1,30 m sich am Einlauf auf 1,60 m erweitert.

Auch die Einläufe der Unterleitungen können durch ein Wehr geschlossen werden, um den Durchlauf regulieren zu können.

4. Überleitungen kommen vor, wenn der Zuleitungskanal über einen tiefer liegenden Bach geführt werden muß. Dieselben werden entweder in Stein oder wie in Fig. 97 bis 100 dargestellt in Eisen ausgeführt.

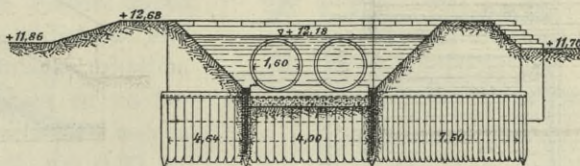


Fig. 95.

5. Wehranlagen und Stauschleusen kommen in Zuleitungsgräben weniger vor. Fig. 101 bis 103 ist eine mit einer Feldwegbrücke verbundene Stauschleuse. Die Sohlenbreite des Kanals beträgt 4 m und die lichte Weite der Stauschleuse 5,50 m.

Der Hauptentwässerungs-, bzw. Rückleitungsgraben liegt, soweit möglich, nur im Abtrage und wird schmal, tief und mit stärkerem Gefälle hergestellt. Als Grundlage für seine Berechnung diene die Angabe, daß man die von ihm abzuleitende Wassermenge etwas kleiner annimmt als beim Zuleitungsgraben.

<sup>1)</sup> Die Figuren 92 bis 109 sind dem „Handbuche der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

Aus den Hauptzuleitungskanälen zweigen die Neben- und Verteilungskanäle ab, deren Zweck ist, das Wasser den einzelnen Revieren zuzuführen. Bei der düngenden Bewässerung geschieht die Verteilung gewöhnlich durch Einlaßschleusen, welche vor den Nebenkanälen angelegt werden.

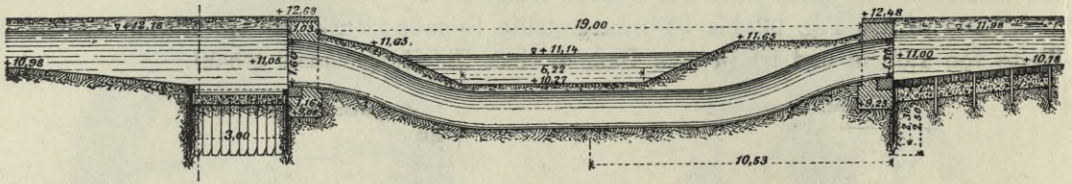
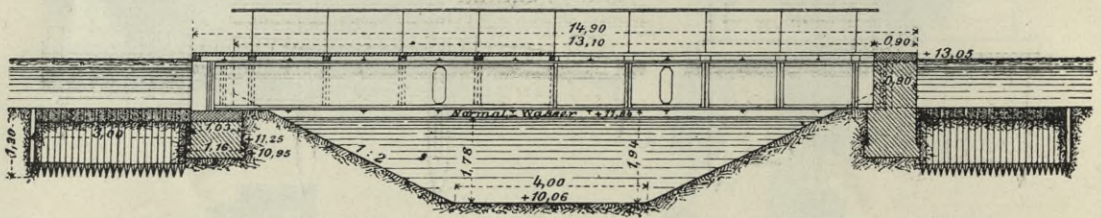


Fig. 96.

*Längenschnitt.*



*Halber Grundriss.*

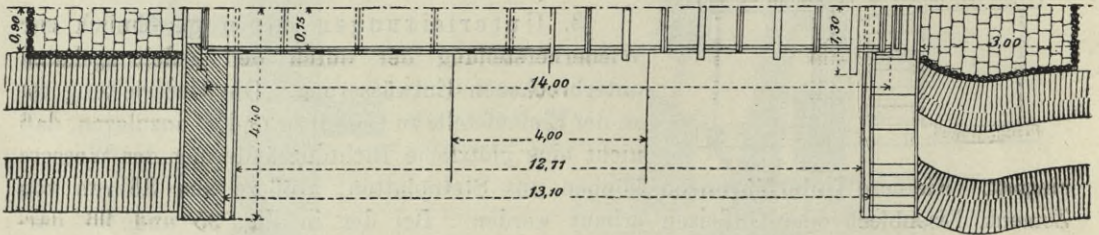


Fig. 97 u. 98.

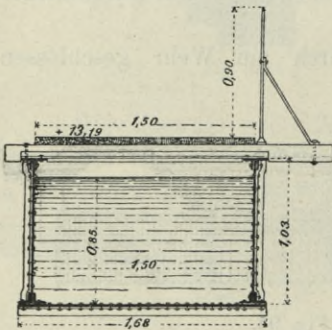


Fig. 99.

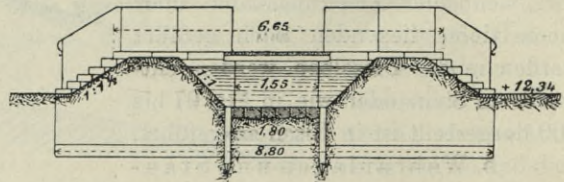


Fig. 100.

Bei der anfeuchtenden Bewässerung ist wegen der geringen Wassermenge eine besonders sorgfältige Verteilung des Wassers erforderlich. Die einfachste Anordnung zeigt Fig. 104, wobei das Wasser sowohl im Haupt- als auch im Nebenkanal frei durchfließt, während sich bei genügendem Gefälle eine Wehranlage nach Fig. 105 empfiehlt, über deren scharfen Kante das Wasser abfließt.

Die Verteilung des Wassers auf die einzelnen Grundstücke geschieht bei der düngenden Bewässerung durch kleine Schleusen oder Siele (Fig. 106

bis 109), welche in den Kanaldamm eingelegt werden. Die Schleusen werden ähnlich den Einlaßschleusen aus Holz, die Siele aus Holz-, Ton- oder Zementröhren, an deren oberem Ende sich ein Schütz befindet, hergestellt. Die Ableitung des Wassers von den

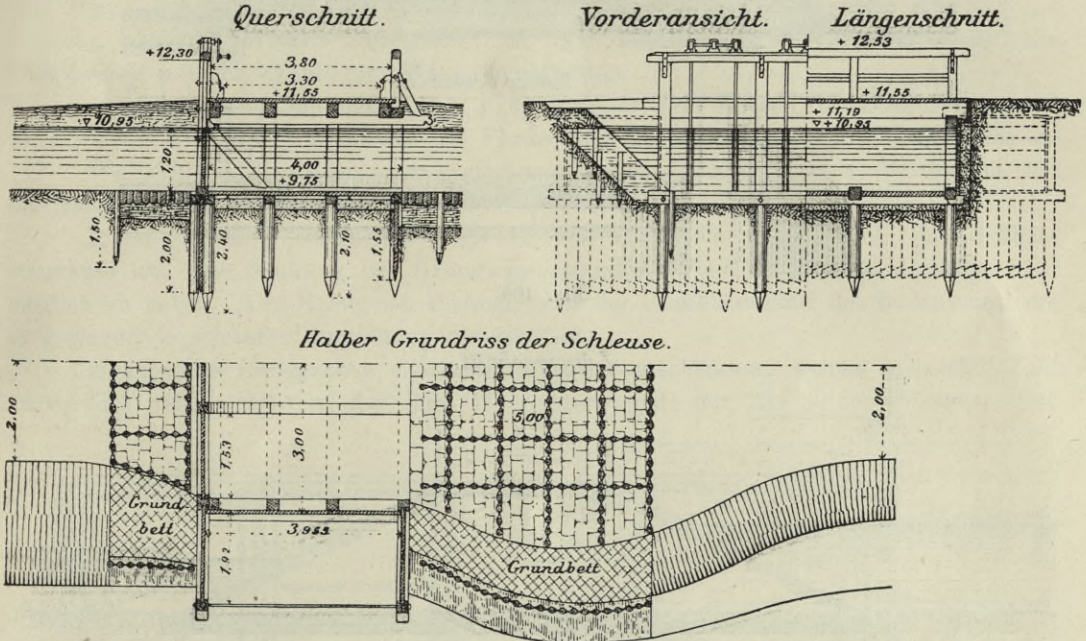


Fig. 101—103.

Revieren nach den Hauptableitungsgraben wird durch Abschlußschleusen, welche wie die Einlaßschleusen konstruiert sind, reguliert.

§ 6. In Deutschland handelt es sich vorwiegend um Wiesenbewässerung; hierbei kommen folgende Bewässerungs-Arten vor: 1. Die Überstauung oder Stauwiese.

Bei der Überstauung wird die Niederung vollständig überflutet und in einen See verwandelt. Um dies zu ermöglichen wird die zu bewässernde Fläche durch Dämme, deren Kronenbreite 1 bis 1,5 m beträgt und deren Böschungen zwei bis dreifache Anlagen erhalten, eingeschlossen. Die Höhe der Dämme ist so zu bemessen, daß sie die Normalstau-Wasserhöhe, welche mindestens überall 0,03 m betragen soll, um 0,30 bis 0,50 m überragen. Hat das Gelände zu starkes Gefälle, und würden die Dämme — deren Kronen nach dem eben Gesagten horizontal liegen — daher am unteren Ende zu hoch werden, so teilt man das Gelände durch Zwischendämme in kleinere Reviere (Fig. 110 und 111<sup>1)</sup>). Die Einlaßschleuse wird am oberen Ende der zu überstauenden Fläche angelegt und ist durch Anlage von Staubrettern, Schützen usw. dafür zu sorgen, daß nur die schlickhaltigen oberen Wasserschichten des Flusses und nicht die unteren sand- oder kieshaltigen auf die Wiese gelangen. Die

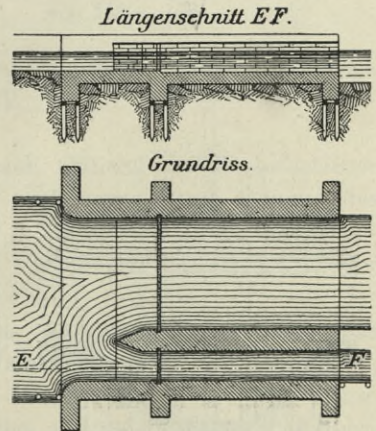


Fig. 104.

<sup>1)</sup> Die Figuren 110 bis 113 sind der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

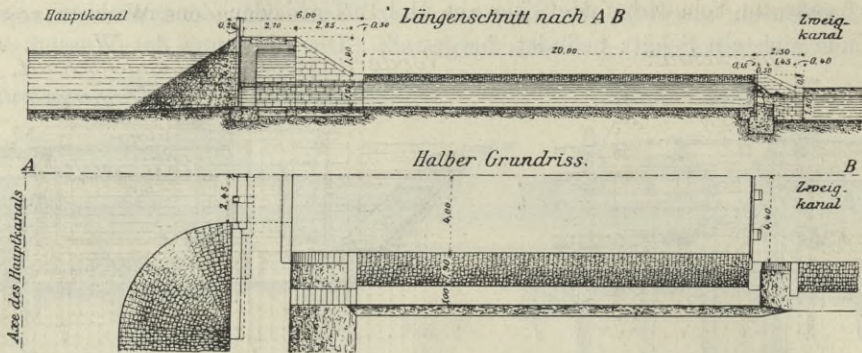


Fig. 105.

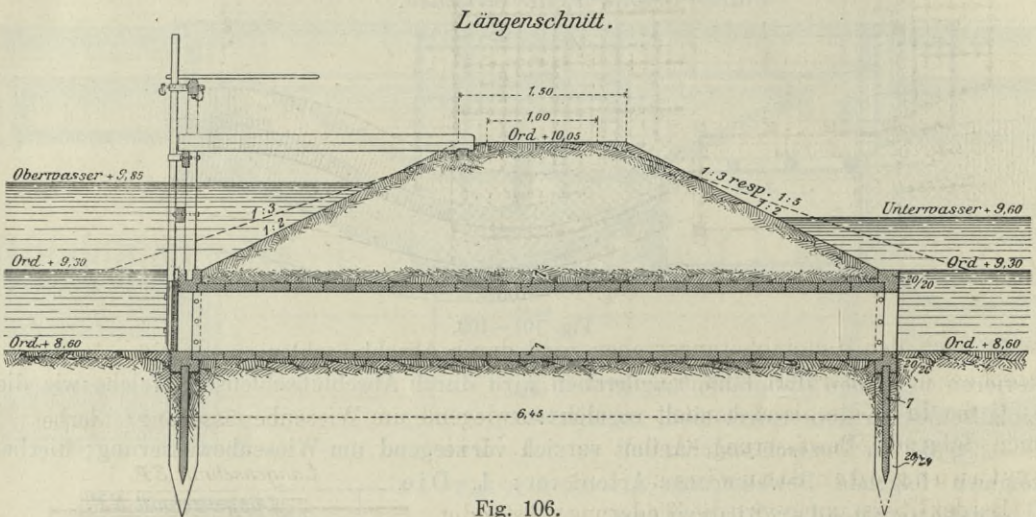


Fig. 106.

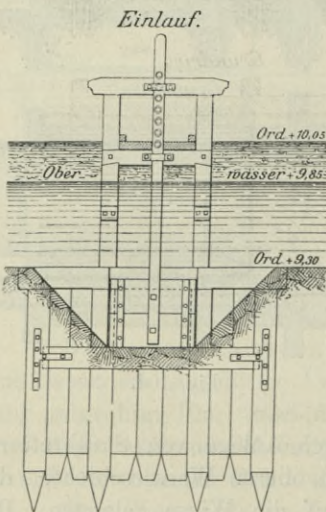


Fig. 107.

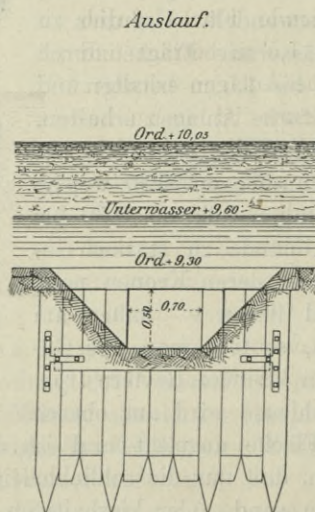


Fig. 108.

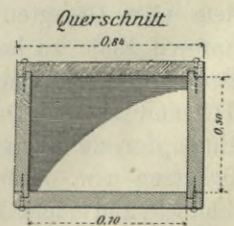


Fig. 109.

Anstauung erfolgt in den einzelnen Abteilungen von unten nach oben und beginnt im Herbste 8 bis 10 Tage nach dem letzten Grasschnitt. Soll die Überstauung den Winter über dauern, so ist dafür zu sorgen, daß das Wasser hoch genug steht (0,30 m) um eine Beschädigung der Gräser durch Eisbildung zu verhüten. Nach dem Absetzen des Schlicks wird das Wasser abgelassen und kann, wenn erforderlich, eine wiederholte Überflutung mit schlickhaltigem Wasser stattfinden.

Das Verfahren empfiehlt sich hauptsächlich für Wiesen in Flußniederungen, wo die schlickhaltigen Hochwasser des Flusses zur Überstauung benutzt werden können.

Wasserbedarf, je nach den örtlichen Verhältnissen 1 bis 3 l für den ha und die Sekunde.

2. Der Grabenstaubau (Fig. 112 und 113). Der Hauptzweck des Grabenstaubaus ist, eine Senkung des Grundwasserstandes zu verhindern und denselben wemöglich zu heben. Der Erfolg ist abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens und um so geringer, je schwerer durchlässig derselbe ist.

Haupt- und Randgräben erhalten einfache Stauschleusen, welche in solcher Zahl angeordnet werden müssen, daß ihre Höhenunterschiede nur 20—30 cm betragen. Der

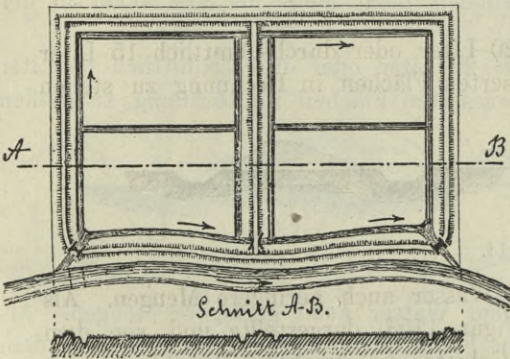


Fig. 110 u. 111.

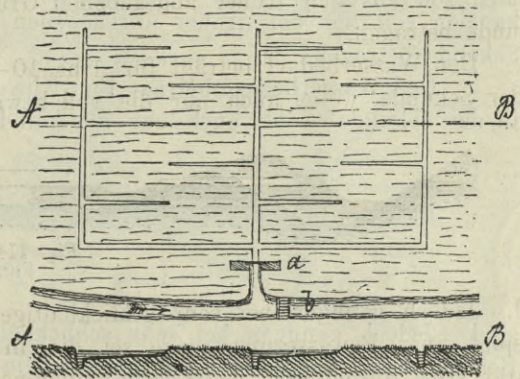


Fig. 112 u. 113.

Zweck dieser Anlage ist, daß das Wasser jeder Staustufe oberhalb derselben bordvoll, unterhalb nur 20—30 cm unter Wiesenbord sich einstellt.

Die Beetgräben erhalten möglichst wenig Gefälle.

Die Einstauung geschieht in der Weise, daß nach Öffnung der Einlaßschleuse bei a sämtliche Gräben bordvoll laufen, während die Entwässerung durch Öffnung des Stauwehres b geschieht.

3. Die Stauberieselung. Hierbei findet ein Überfließen der Wiese in der Weise statt, daß an einer Seite ständig frisches, schlickhaltiges Wasser zu, auf der anderen aber verbrauchtes Wasser abgeführt wird. Der Hauptvorteil des Verfahrens besteht darin, daß durch die Bewegung des Wassers stets frisches, sauerstoffreiches Wasser mit den Pflanzen und dem Boden in Berührung kommt, daher eine wirksamere Oxydation der Pflanzennährstoffe vor sich geht als bei dem stehenden Wasser der Überstauung.

Das Gebiet wird in einzelne Reviere zerlegt, welche mit Dämmen umgeben werden, deren Höhe sich danach bestimmt, daß sie 40 cm über dem Stauspiegel liegen sollen. Die Größe der Reviere ist abhängig von dem Gefälle des Geländes, da die Wasserschicht an der höchsten Stelle eine Stärke von wenigstens 0,10 m und an der unteren Seite von nicht mehr als 0,50 m haben soll.

Vor dem unteren Damm wird ein Entwässerungsgraben angelegt (Fig. 114)<sup>1)</sup>, wodurch eine rasche Trockenlegung nach Beendigung der Überstauung ermöglicht wird. Zur Durchführung des Wassers durch die Mitteldämme sind Siele oder Überfälle, mitunter auch kleine Schleusen angeordnet. Diese Entlastungsvorrichtungen sind so anzuordnen, daß das Wasser sich von ihnen möglichst gleichmäßig über die ganze Breite der Fläche verteilt.

Die Überfälle überströmt das Wasser in 4—6 cm hoher Schicht. Die Kammbreite der Dämme beträgt 1 m, ihre Böschungen, welche sorgfältig — durch Rasen — zu befestigen sind, erhalten nach der Binnenseite drei- bis vierfache Anlage.

Bei wiederholter Benutzung desselben Wassers ist dasselbe von größeren in kleinere Reviere zu leiten, um die geringere Güte des Wassers durch eine größere Menge auszugleichen.

Sobald der Normalwasserstand in einem Reviere erreicht ist, werden die unterhalb liegenden Entlastungen soweit geöffnet, daß der Normalwasserstand erhalten bleibt.

Die Dauer der Bewässerung, welche nach den örtlichen Verhältnissen zu beurteilen ist, beträgt im Mittel etwa drei Tage, oder acht Tage vom Anlassen des Wassers bis zum vollständigen Ablassen desselben. Die Wassergeschwindigkeit in den Zuleitungskanälen soll aus den früher angegebenen Gründen nicht mehr als 80—90 cm in der Sekunde betragen.

Der Wasserbedarf beträgt für 1 ha 10—20 Liter oder durchschnittlich 15 Liter in der Sekunde, wobei auch nur die voll bewässerten Flächen in Rechnung zu stellen



Fig. 114.

sind. Jedoch genügen bei sehr schlickhaltigem Wasser auch geringere Mengen. Als Beispiel einer Bewässerungsanlage sei die in Figur 115<sup>2)</sup> dargestellte und von dem Baurat Heß ausgeführte des Leeste-Brinkumer Gebietes beschrieben: Die Fläche des Gebietes, welches zwischen der Eisenbahn von Osnabrück nach Bremen und der oldenburgischen Grenze am linken Ufer der Weser belegen ist, hat eine Größe von 960 ha. Der Boden ist fast ausschließlich Marschboden und nur nordwestlich von Brinkum Bruchboden.

Bei der Bearbeitung des Projektes war darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Winterbewässerung vermittelt der Einlaßschleuse im Weserdeich nur bei mittleren und hohen Wasserständen der Weser möglich war, die Sommeranfeuchtung untunlich erschien und die Ableitung des Wassers in die Ochtum gewissen Beschränkungen unterliegen mußte. In Berücksichtigung dieser Umstände wurde das Gelände in drei Reviere geteilt, durch welche das sämtliche Wasser hindurchging.

Die zur Bewässerung erforderliche Wassermenge beträgt 4,7 cbm in der Sekunde. Der Zuleitungskanal hat eine Länge von 2700 m, bei einer Sohlenbreite von 8,5 m, einer Wassertiefe von 1 m und einem Gefälle von 0,3<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Die Einlaßschleuse hat eine lichte Weite von 3,3 m, ist massiv erbaut und an der Außenseite durch hölzerne Schützen, mit mechanischen Anzugsvorrichtungen, geschlossen.

<sup>1)</sup> Die Figur 114 ist dem „Handbuche der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

<sup>2)</sup> Die Figur 115 ist den „Fortschritten der Ingenieur-Wissenschaften II, 1“ entnommen.



Die Unterleitung unter der Ochtum besteht aus zwei Röhren aus Eisenblech von 1,2 m Durchmesser, in massiven Häuptern gelagert und hat eine Druckhöhe von 30 cm. Die drei Unterleitungen unter dem Leester Mühlenbach bestehen aus 1 m weiten Zementrohren.

Das Gesamtgefälle in den drei Abteilungen beträgt 0,65 m, und zwar liegt der Wasserspiegel in II 0,30 und in III 0,65 m tiefer als in I.

Die Mitteldämme zwischen den Abteilungen sind 0,30 m hoch und haben vierfache Böschungen nach der unteren Fläche.

Die Erfolge der Bewässerung bestehen hauptsächlich in der vollständigen Beseitigung des vor der Melioration üppig wuchernden Moooses, in der Verbesserung der



Fig. 115.

Qualität der Gräser, in Beförderung des Kleewuchses und in der Verteilung des Ungeziefers.

4. Die Berieselung besteht im allgemeinen darin, daß das Wasser in eine Anzahl kleiner Rieseln geleitet wird und von hier aus in voller Breite nach einer oder nach beiden Seiten in dünner Schicht über das Gelände fließt. Im ersteren Falle spricht man von Hangbau und im letzteren von Rückenbau. Beide Anordnungen können auch in der Weise gleichzeitig auf derselben Wiese angelegt werden als die stärker geneigten Bodenflächen als Hänge und die schwächer geneigten als Rücken ausgebildet werden.

Kann man, ohne die Fläche umformen zu müssen, dieselbe sofort zur Bewässerung benutzen, so spricht man vom natürlichen Hang- oder Rückenbau, im anderen Falle vom künstlichen.

a) Der natürliche Hangbau ist nur anwendbar auf solchen Flächen, welche eine durchschnittliche Neigung von wenigstens 1:50, besser 1:36 haben.

Die Verteilungsrinnen werden in Entfernungen von 40—50 m angeordnet, erhalten eine Tiefe von 20—25 cm und eine nach den Enden abnehmende Breite.

An die Verteilungsrinnen schließen sich die Rieselrinnen an, welche eine Länge von 20—25 m erhalten. Ihr Querschnitt nimmt ab, indem derselbe von 15 cm Tiefe und 15—20 cm Breite auf 10 cm Tiefe und 10—15 cm Breite sinkt. Die Entfernung der Rieselrinnen voneinander beträgt 5—10 m. Sie erhalten entweder überhaupt kein Gefälle oder doch kein stärkeres als 1:500. Je größer die für die Berieselung zur Verfügung stehende Wassermenge ist und je stärker das Gefälle der zu berieselnden Fläche, um so größer kann man die Entfernung der Rieselrinnen nehmen.

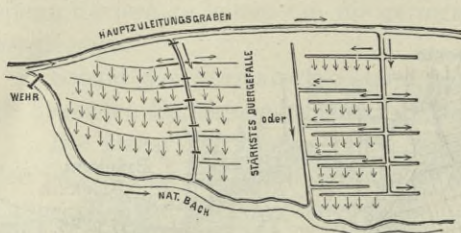


Fig. 116.

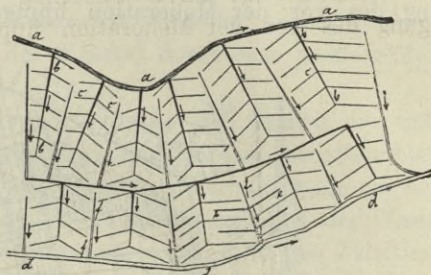


Fig. 117.

Oberhalb jeder Rieselrinne, und zwar bei durchlässigem Boden 0,75, bei undurchlässigem 0,50 m von dieser entfernt, liegt die das abgerieselte Wasser der betreffenden Fläche aufnehmende Abzugsrinne. Der Querschnitt der Abzugsrinne entspricht dem der Rieselrinnen, nur daß er nicht ab-, sondern mit dem vorwärts fließenden Wasser zunimmt.

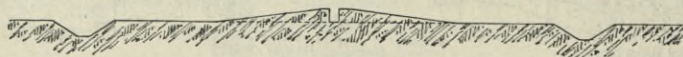
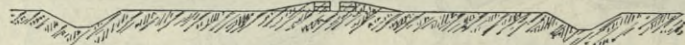


Fig. 118.

Die Abzugsrinnen vereinigen sich in Entwässerungsrinnen und diese münden in Zuggräben oder den Vorfluter. Die Abzugsrinnen werden nur da angeordnet, wo zu befürchten steht, daß infolge geringen Gefälles der Fläche, das Wasser beinahe stehen bleibt und den Boden versumpfen würde. Sonst verzichtet man

auf die Abzugsrinnen, da dieselben einen großen Wasserverbrauch verursachen. Denn ohne die Abzugsrinnen würde dasselbe Wasser zur Berieselung des nächsten Hanges benützt werden können, während es durch die Abzugsrinnen sofort dem Vorfluter zugeführt wird.

Fig. 116<sup>1)</sup> zeigt zwei Anordnungen des natürlichen Hangbaues bei gleichmäßig abfallendem Gelände und Fig. 117 eine solche Anordnung bei wellenförmiger, unregelmäßig abfallender Oberfläche.

b) Natürlicher Rückenbau. Selten nur wird die Oberfläche des Bodens so gestaltet sein, daß man sie ohne weiteres benutzen kann. Man erweitert daher den Begriff „natürlicher Rückenbau“ dahin, daß man darunter solche Rückenanlagen ver-

1) Die Figuren 116, 117, 123 u. 125 sind der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

steht, welche nicht von vornherein fertig gestellt sind, sondern sich nach und nach durch besondere Pflege erst ausbilden. Das Verfahren hierbei ist folgendes (Fig. 118)<sup>1)</sup>: Man bestimmt die Lage der Abzugsrinnen und schachtet sie 0,30 m tief aus. Sie erhalten eine Sohlenbreite von durchschnittlich 0,30 m und Böschungen von zweifacher Anlage. Der beim Ausheben der Abzugsrinnen gewonnene Rasen wird zum Aufbau der Rieselrinnen, der Boden zur ersten Bildung der Rücken verwandt, die weitere Ausbildung besorgt dann der bei der zeitweiligen Grabenreinigung gewonnene Aushub.

Derartige Rücken werden als natürliche Etagenrücken (Fig. 119/120) angelegt.

Bei den Etagenrücken wird das Wasser aus den Abzugsrinnen (in der Figur punktiert) nicht in Abzugsgräben gesammelt, sondern einer Rieselrinne der nächsten Ab-

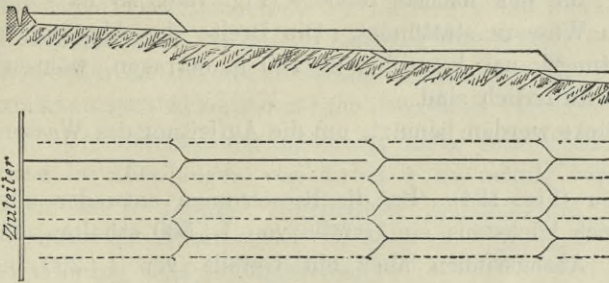


Fig. 119 u. 120.

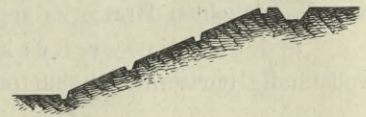


Fig. 121.

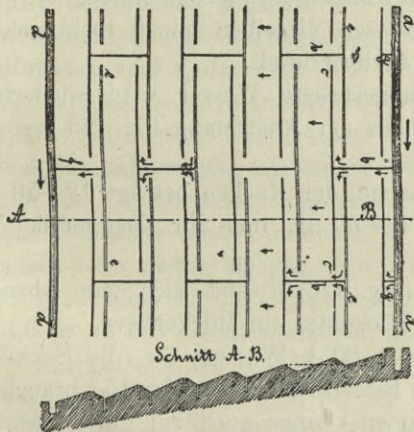


Fig. 123.

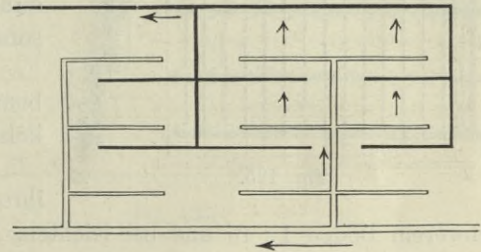


Fig. 122.



Fig. 124.

teilung zugeführt. Bei den natürlichen Etagen liegen die Berge und Täler der Rücken in den einander folgenden Abteilungen in gerader Linie, so daß je zwei Abzugsrinnen der oberen Abteilung sich zu einer Rieselrinne der folgenden vereinigen.

Der Vorteil der Etagen-Rücken ist der, daß man die Erdarbeiten auf das geringste Maß beschränken kann, indem man, wenn dieselben zu kostspielig werden, sofort mit einem neuen Rücken beginnt. Sie sind ferner leicht ausführbar, haben aber den Nachteil, daß man den unteren Rücken kein frisches Wasser zuführen kann. Die Hauptabmessungen für den natürlichen Rückenbau sollen die gleichen sein, wie für den künstlichen, weshalb hier auf den unter d) beschriebenen künstlichen Rückenbau verwiesen wird.

<sup>1)</sup> Die Figuren 118 bis 120 sind aus „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

c) Der künstliche Hangbau (Fig. 121)<sup>1)</sup>. Bei diesem muß nach Abdeckung des Rasens das Gelände zur Erzielung guter Gefällverhältnisse umgeformt werden. Hierbei wird dann, um die Erdarbeiten soviel als möglich einzuschränken, ein Teil des Hanges im Abtrag, der andere im Auftrag liegen. Der Abtrag erhält ein schwächeres Gefälle — gewöhnlich 1 : 50 — als der Auftrag, weil bei diesem, infolge der Auflockerung des Bodens eine zu starke Versickerung des Rieselwassers eintreten würde. Man gibt daher dem Auftrag eine Neigung von 1 : 25 bis 1 : 20.

Am oberen Ende des Hanges liegt der Zuleitungskanal, von welchem die Verteilungsgräben ausgehen, an welche sich die Rieselrinnen anschließen. Das verrieselte Wasser wird entweder direkt dem Abzugsgraben zugeführt (Fig. 122) oder der Abzugsgraben dient gleichzeitig als Zuleiter für das nächste Revier, (Fig. 123), so daß also eine wiederholte Benutzung desselben Wassers stattfindet. Die Breite der Abteilungen zwischen dem Zuleitungs- und Ableitungskanal kann bis zu 100 m betragen, während bei größerer Breite Zwischenkanäle erforderlich sind.

Kleine Staubretter oder Rasenstücke werden benutzt, um die Aufleitung des Wassers auf die einzelnen Hänge zu regeln.

d) Künstlicher Rückenbau (Fig. 124). Da die Rieselrinnen entweder eine vollständig horizontale Sohle oder doch höchstens ein Gefälle von 1 : 500 erhalten, die Abzugsrinnen aber ein Gefälle von 1 : 200 bis 1 : 100, so ergibt sich, daß die Rücken nicht gerade, sondern windschiefe Flächen bilden, und daß daher das Wasser dieselben nicht rechtwinklig, sondern schräg überrieselt.

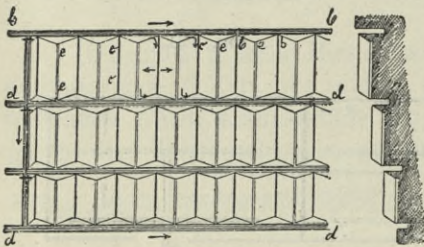


Fig. 125.

Das abgerieselte Wasser wird wiederholt benutzt, wie aus der Anordnung Fig. 125 ersichtlich ist.

Die Länge der Rücken beträgt 12—50 m, ihre Breite 6—30 m und ihr Quergefälle bei schwerem Boden 1 : 16 und bei leichtem 1 : 25.

Bei den künstlichen Etagenrücken (Fig. 126)<sup>2)</sup> setzt sich jede Abzugsrinne als Rieselrinne fort, d. h. es folgt auf jedes Rückental ein Rückenberg.

Rieselwiesen bedürfen auf ein Hektar 30 bis 80 l Wasser für die Sekunde, während die in folgenden beschriebenen drainierten Rieselwiesen nur 8 bis 15 l brauchen.

Die vorstehend beschriebenen Bewässerungsarten können auch zur anfeuchtenden Bewässerung benutzt werden, indem man die Rinnen ständig mit Wasser anfüllt und dadurch den Boden feucht hält.

Als Beispiel einer Rückenbewässerung mag die in Fig. 127<sup>3)</sup> dargestellte Müden-Nienhofer Melioration, ausgeführt vom † Baurat Heß, dienen. Das Bewässerungsgebiet umfaßt 500 ha.

Drainierte Wiesen können entweder gewöhnliche Wiesendrainage oder Petersensche Wiesen sein.

5. Drainierte Wiesen. Man wird Wiesen nur dann drainieren, wenn nasser Boden von geringer Durchlässigkeit vorhanden ist, und die erforderliche Vorflut beschafft werden kann. Es werden hierbei nur kleine Systeme von etwa 1 ha Größe angeordnet,

1) Die Figuren 121, 122 u. 124 sind dem „Handbuche der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

2) Die Figuren 126 und 128 sind aus „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen.

3) Die Figur 127 ist aus „Fortschritte der Ingenieur-Wissenschaften“ entnommen.

in welchen die Drains in einer Tiefe von 0,90 bis 1,10 m verlegt werden. Jedes System wird für sich von einer hoch gelegenen Rinne bewässert und Zu- und Abfluß durch ein Stauwerk reguliert. Das Rieselwasser durchtränkt nach und nach den ganzen Boden. Soll die Trockenlegung des Bodens erfolgen, zieht man die Stauschleuse und die Drainage tritt in Wirksamkeit; gleichzeitig tritt eine gute Durchlüftung des Bodens ein. Einige ohne Zusammenhang mit einer Verteilungsrinne auf der Wiese angelegte Rieselrinnen, fördern die gleichmäßige Verteilung des Wassers, indem sie vollaufen und das Wasser von neuem überschlagen lassen.

6. Drainbewässerung nach Petersen. (Fig. 128). Die von Asmus Petersen (1819—1882) in Wittkiel in Schleswig erfundene Drainbewässerung besteht darin, daß durch bestimmte Vorrichtungen die Entwässerung und Bewässerung nach Bedarf reguliert werden können und daß, wie bereits bemerkt, der Wasserverbrauch ein äußerst geringer ist. Die Petersenche Drainbewässerung kommt allerdings fast ausschließlich auf Wiesen vor, doch kann auch Ackerboden nach demselben Verfahren durchtränkt und entwässert werden.

Die Bewässerung geschieht nach dem Umlaufverfahren in der Weise, daß die Wiese in Abteilungen von 1 bis 4 ha geteilt wird, welche durch 10—15 cm hohe, 50 cm breite Dämme voneinander getrennt und je 6 bis 7 Abteilungen — je nach der Größe der einzelnen — zu einer Bewässerungs-Gruppe zusammengefaßt werden. Die Bewässerung jeder Gruppe dauert einen, ihre Entwässerung sechs Tage.

Die baulichen Anlagen und der Wässerungsbetrieb sind folgende:

Die Entwässerung findet nach dem System der Querdrainage durch 0,90 bis 1,20 m tief liegende Drains statt. Die Saugedrains, welche mit einem Gefälle von 1 : 270 verlegt werden, bestehen für die ersten 100 m aus 4,

dann aus 5 cm weiten Röhren. Sie liegen gewöhnlich 12 m, allgemein 8 bis 20 m weit voneinander entfernt und gehen bis auf 4,0 m an den Grenzdamm der Abteilung heran.

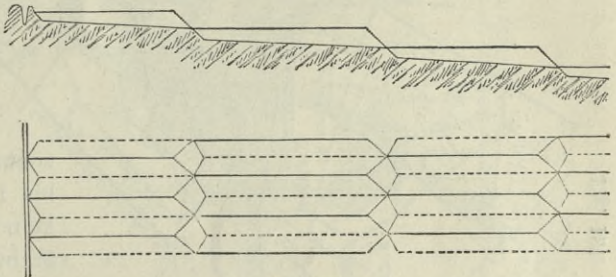


Fig. 126.

Zur Bestimmung der Weite der Sammler rechnet man für dieselben eine sekundliche Wasserführung von 1,5 l für ein ha. Um die Wirkung der Drainage nach Belieben regeln zu können, erhält der Hauptsammler jeder Abteilung ein Ventil (Fig. 129)<sup>1)</sup>. Diese Ventile sind Holzkästen, in welche die Drainrohre münden, während der Wasserabfluß durch eine Kugel reguliert werden kann. Sobald der Wasserabfluß geschlossen ist, steigt das Wasser im Schacht in die Höhe und verläßt ihn, die Wiese von neuem berieselnd, durch die am oberen Ende angebrachten Schlitze. Neuerdings verzichtet man auf die Wiederverwendung des Drainwassers und beschränkt sich darauf, das Ventil nur zur Trockenlegung des durchtränkten Bodens zu verwenden.

Damit die Ventile wirken können, d. h. das Drainwasser sie nicht umgeht, wird 1 m oberhalb und 4 m unterhalb derselben die Sammeldrainleitung aus Muffenrohren hergestellt, deren Fugen gehörig mit Zement gedichtet werden.

Bei flacher Neigung des Geländes stehen die Ventile in Entfernungen von 50 m bei starker Neigung so, daß die senkrechte Entfernung 0,50 m beträgt. Stets muß aber das letzte Ventil am Ende der Abteilung stehen.

<sup>1)</sup> Die Figur 129 ist der „Baukunde des Ingenieurs“ entnommen.

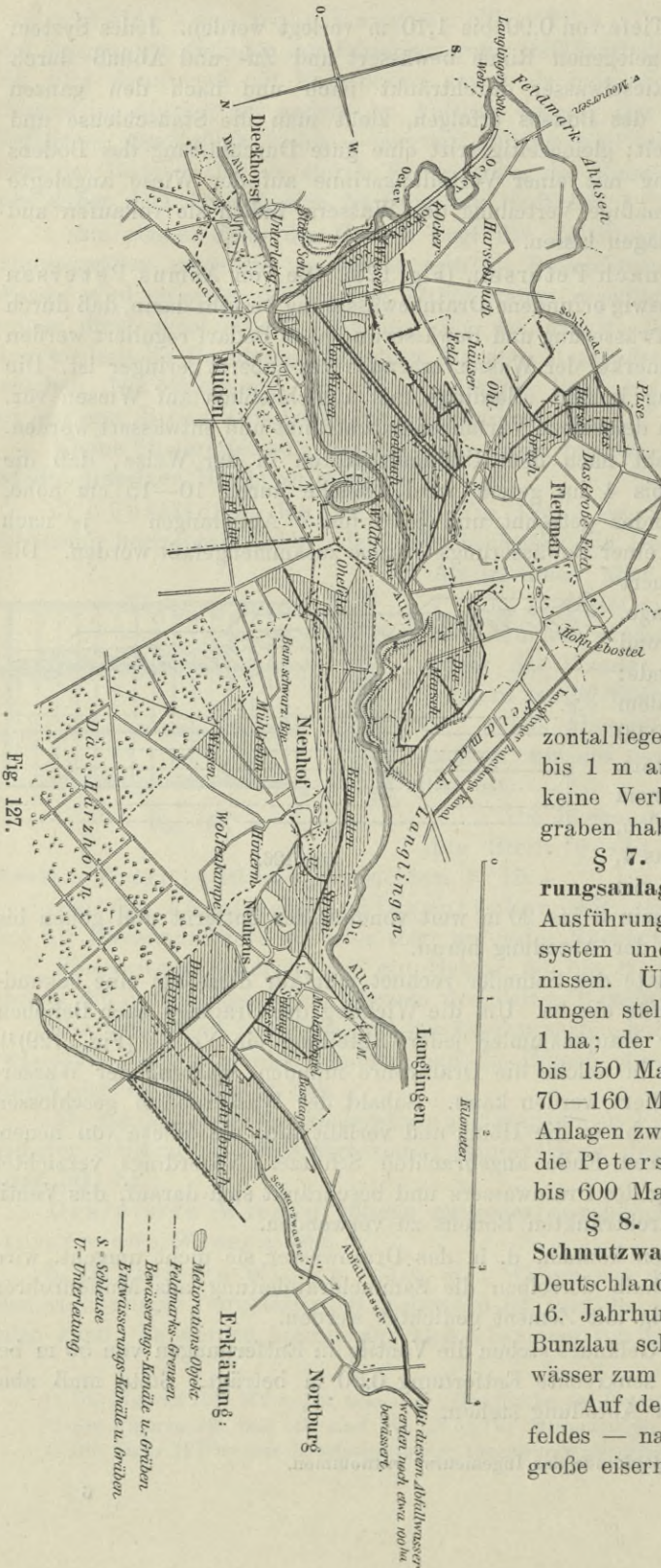


Fig. 127.

Gewöhnlich ordnet man die Ventile an den Kreuzungsstellen von Sammlern und Saugern an, obgleich dies ebensowenig nötig ist als ihre Stellung in oder neben einer Rieselrinne.

Ist ein Vorflutdrain vorhanden, so wird an seinem Ende ein Ventil aufgestellt, mit welchem der Vorflutdrain gespült werden kann.

Die Bewässerung der Abteilungen geschieht von oben her gleichmäßig und in voller Ausdehnung, während ihre Entwässerung durch Öffnung der Ventile nach und nach von unten herauf geschieht. Um eine gute Verteilung des rieselnden Wassers zu ermöglichen sind in Entfernungen von 8—15 m horizontal liegende Rieselrinnen angelegt, welche bis 1 m an den Damm herangehen, aber keine Verbindung mit dem Verteilungsgraben haben.

§ 7. Die Kosten einer Bewässerungsanlage richten sich nach dem zur Ausführung gelangenden Bewässerungssystem und nach den örtlichen Verhältnissen. Überstauungen und Stauberieselungen stellen sich auf 50—200 Mark für 1 ha; der natürliche Hangbau kostet 60 bis 150 Mark, der natürliche Rückenbau 70—160 Mark, während die künstlichen Anlagen zwischen 300 und 1000 Mark und die Petersensche Drainbewässerung 350 bis 600 Mark kosten.

§ 8. Die Bewässerung mit dem Schmutzwasser der großen Städte ist in Deutschland bereits seit der Mitte des 16. Jahrhunderts bekannt, da die Stadt Bunzlau schon im Jahre 1559 ihre Abwässer zum Verrieseln auf Wiesen brachte.

Auf dem höchsten Punkt des Rieselfeldes — nach welchem die Jauche durch große eiserne Druckrohre geleitet wird —

wird ein oben offenes Standrohr aufgestellt, welches das Rieselwasser bis zur vorhandenen Druckhöhe aufnimmt. Im Standrohr gibt ein Schwimmer die nicht zu überschreitende Druckhöhe an. Der Schwimmer trägt eine Fahne und bei Nacht eine Laterne. Diese letztere zeigt mit einer am Standrohr befestigten festen Laterne ein Licht, solange die zulässige

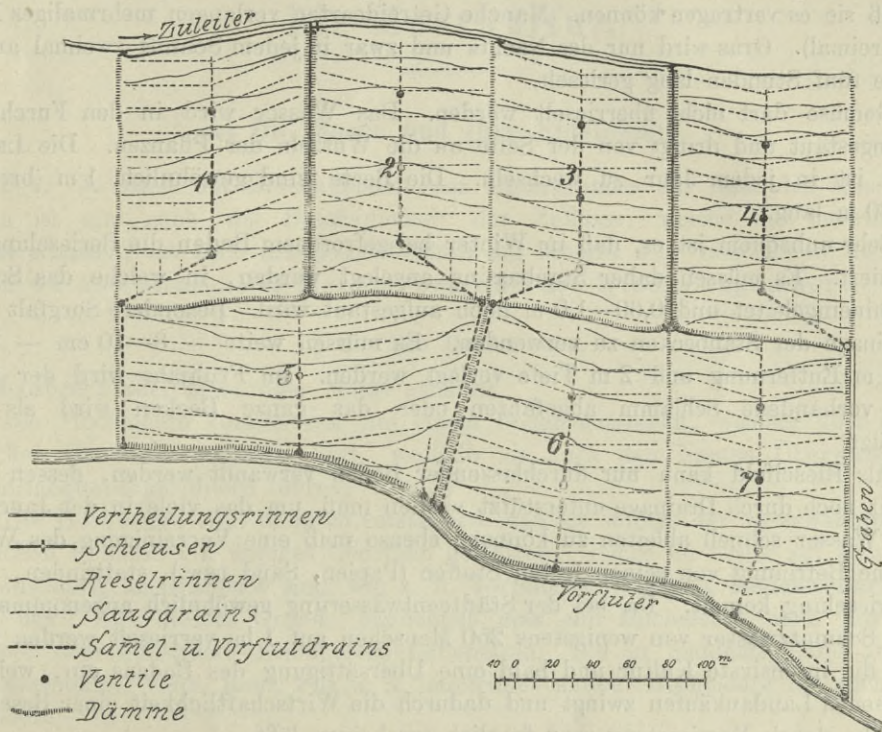


Fig. 128.

Druckhöhe nicht überschritten ist. Ist dies der Fall, so zeigen sich zwei Lichter und es müssen sofort die Schieber gezogen werden, um durch Berieselung für Entlastung des Druckrohres Sorge zu tragen. Vom Standrohr aus gehen Zweigrohre nach den einzelnen Gebieten und von diesen Zuleitungsgräben nach den einzelnen Beeten. Der Durchmesser der Zweigrohre ist abnehmend — die größeren 70 und die kleinsten nicht unter 20 cm Durchmesser. Absperrschieber in den Zweigrohren regulieren den Wasserzulauf.

Die Umformung des Geländes zur Berieselung geschieht nach dem Hangbau mit einem Gefälle von 8‰. Weiter werden die einzelnen Reviere in quadratische, durch kleine Wälle begrenzte Teile zerlegt, an deren oberem Ende das Abwasser durch einen kleinen Einlaßschlitz hinein- und in einen kleinen Graben, welcher sich längs des oberen Walles zieht, geleitet wird. Sobald das Wasser in diesem Graben bordvoll steht, überschlägt es und berieselt gleichmäßig das ganze Feld. Am unteren Ende nimmt ein Abzugsgraben das abgerieselte Wasser auf und sobald der Graben gefüllt ist, wird der Einlaßschütz des betreffenden Reviere geschlossen und ein anderer geöffnet.

Die Gräben müssen mitunter geräumt werden.

Die Entwässerung geschieht durch Drains und Zuggräben. Die ersteren erhalten bei 4–5 cm Durchmesser eine Tiefe von 1,80 m und eine Entfernung von 8–10 m.

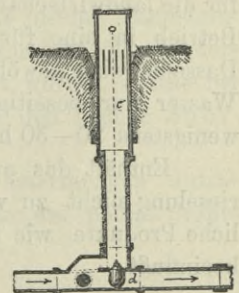


Fig. 129.

Mit der Bestellung der Äcker kann man 3—4 Tage nach dem Rieseln beginnen, darf jedoch nur flach — höchstens 18 cm tief — pflügen und dann walzen, um wieder berieseln zu können.

Das zweite Rieseln darf nicht früher geschehen, bis die Pflanzen so hoch gewachsen sind, daß sie es vertragen können. Manche Getreidearten verlangen mehrmaliges Rieseln (Hafer dreimal). Gras wird nur des Nachts und zwar in jedem Schnitt zweimal an sechs Tagen je fünf Stunden lang gerieselt.

Gemüse darf nicht überrieselt werden. Das Wasser wird in den Furchen der Beete angestaut und dringt von der Seite an die Wurzeln der Pflanzen. Die Lage der Furchen ist in jedem Jahr zu wechseln. Die Beete sind gewöhnlich 1 m breit und 150—180 m lang.

Sehr unbequem ist es, daß im Winter bei gefrorenem Boden die Berieselung nicht funktioniert. Es müssen daher Staubassins angelegt werden, in welche das Schmutzwasser hineingeleitet und 0,60—1,0 m hoch aufgestaut wird. Besondere Sorgfalt ist auf die Drainage der Staubecken zu verwenden. Es müssen weite — 8—10 cm — Röhren in 4—5 m Entfernung und 2 m Tiefe verlegt werden. Im Frühjahr wird der in den Becken vorhandene Schlamm abgefahren oder das ganze Becken wird als Acker umgepflügt.

Als Rieselfeld kann nur durchlassender Boden verwandt werden, dessen Durchlässigkeit noch durch Drainage unterstützt werden muß, um das viele in der Jauche enthaltene Wasser schnell ableiten zu können; ebenso muß eine Vorreinigung des Wassers, d. h. eine Befreiung von seinen festen Stoffen (Papier, Sand usw.), stattfinden, ehe es zur Verrieselung kommt. Da bei der Städteentwässerung gewöhnlich angenommen wird daß die Schmutzwässer von wenigstens 250 Menschen auf 1 ha verrieselt werden müssen so tritt die intensivste Kultur und bald eine Übersättigung des Bodens ein, welche zu immer neuen Landankäufen zwingt und dadurch die Wirtschaftlichkeit einer Beseitigung der Jauche durch Verrieselung sehr fraglich erscheinen läßt.

Diese und noch weitere Gründe veranlassen viele Städte von dem Rieselfeldsystem bei der Beseitigung ihrer Abwässer abzusehen und sich anderer Methoden zu bedienen.

§ 9. Auch die großen, viel Abwässer produzierenden Fabriken beseitigen dasselbe oft durch Verrieselung. Allerdings liefern nur die wenigsten Industrien für die landwirtschaftliche Kultur brauchbares Schmutzwasser. Die Zuckerfabriken, deren Betrieb in eine für die Bewässerung geeignete Zeit fällt, liefern gutes Rieselwasser. Dasselbe wird gewöhnlich vorgeklärt und erfordern dann 1000 Zentner Rüben, wenn das Wasser nur beseitigt werden soll, 3—4 ha; wenn aber damit gedüngt werden soll, wenigstens 20—30 ha Bodenfläche.

Enthält das aus Fabriken stammende Abwasser viel Kochsalz, so ist es zur Berieselung nicht zu verwenden, da auf damit getränktem Boden gewisse landwirtschaftliche Produkte, wie z. B. Kartoffeln, nicht gedeihen. Auch der Graswuchs wird ungünstig beeinflusst.



## IV. Abschnitt.

## Die Moorkultur.

## a) Die Moore und ihre Entstehung.

§ 1. Je nach der Beschaffenheit des Untergrundes auf dem das Moor aufgewachsen ist und nach der Beschaffenheit der Zuflüsse, welche die moorbildenden Pflanzen erhalten, ist auch die Beschaffenheit des Moores sehr verschieden und unterscheiden wir zwei Arten: Die Hochmoore und die Niederungsmoore.

## § 2. Die Hochmoore,

auch Moosbruch oder Moos oder Mösse genannt.

Die Hochmoore können nur auf einem Boden entstehen, welcher über dem gewöhnlichen Grundwasserspiegel liegt, weshalb sie auch den Namen Überwassermoore oder supraaquatische Moore führen.

Die Hochmoore sind dadurch entstanden, daß sie infolge der vorerwähnten Lage, nur solchen Pflanzen ein üppiges Gedeihen gestatten, welche in bezug auf ihre Ernährung vollständig anspruchslos sind, wie z. B. Torfmoose, Wollgras, heidekrautartige Gewächse usw. Aus diesem Grunde bezeichnet man die Hochmoore auch mit Heide-Moosmoor oder Sphagneto-Eriophoreto-Callunetum. Die in Süddeutschland gebräuchliche Benennung: Venn, Ried, Filz u. a. bezeichnet sowohl Hochmoore als auch Niederungsmoore.

Fast alle deutschen Hochmoore sind auf einem an Pflanzennährstoffen, namentlich an Kalk armem, feuchtem Sande entstanden, welcher infolge seiner hohen Lage über dem gewöhnlichen Grundwasserstande von außen keine nährstoffreichen Zuflüsse erhalten konnte. Die Reste der vermoderten Pflanzen lieferten einen feinen Staub oder Schlamm, welcher die Poren des Sandes allmählich verstopfte und das Durchsickern des Regenwassers erschwerte. Man bezeichnet die vorgenannte, dunkler gefärbte undurchlässige Sandschicht mit Bleisand, unter welcher sich häufig eine dünne Sandsteinschicht — die Ortsteinschicht — bildete, welche dem Abfluß des Wassers völlig hinderlich war und hierdurch Ursache der Bildung einer Moderschicht wurde, welche bei fast allen Mooren über dem mineralischen Untergrunde steht und den Namen Soolband führt.

Dieser Moder führt infolge seiner Fähigkeit, große Wassermengen aufzusaugen und festzuhalten, den auf dem Moor wachsenden Pflanzen die nötige Nährflüssigkeit zu.

Unterliegen der Vermoderung nur die leichter zersetzlichen, weicheren Pflanzenteile, während die widerstandsfähigeren ihre Struktur, dem blossen Auge kenntlich, völlig erhalten haben, so bezeichnet man einen solchen Vorgang nicht als Vermoderung, sondern als Vertorfung und das Zersetzungsprodukt als Torf. Je nach den Pflanzen, aus denen der Torf hervorgegangen ist, unterscheidet man Heidetorf und Moostorf.

Da die Vertorfung beim Moostorf bedeutend geringer ist als beim Heidetorf, unterscheiden sich beide Torfe sehr wesentlich voneinander. Der Heidetorf besitzt

ein dichtes Gefüge, zieht sich beim Austrocknen zusammen und verkleinert sein Volumen — 1000 l geben etwa 175 l. Der Moostorf bildet nach dem Austrocknen eine elastische poröse Masse, besitzt die Eigenschaft im trockenen Zustande große Wassermengen aufzusaugen zu können und verringert sein Volumen nur auf etwa die Hälfte. Bekannt ist die Verwendung des Moostorfes als Torfstreu, d. h. als Einstreumaterial für Viehställe. Mitunter dringt, sei es infolge künstlicher Trockenlegung oder natürlichen Rücktritts des Wassers, an einigen Stellen des Moores Luft ein, wodurch eine Verwesung der Pflanzen herbeigeführt wird; die sich dadurch bildende schwarze Bodenschicht nennt man Heideerde oder Heidehumus.

Mit Bülden oder Bulten bezeichnet man im Moor vorkommende kleine Hügel, ähnlich den Maulwurfshügeln.

Auf den Bergen und an ihren Abhängen entstehen ebenfalls Hochmoore (Gebirgs-Hochmoore), wenn das Wasser sich zeitweise ansammeln kann, und ein schwer verwitterbares Gestein die Unterlage bildet; denn dies liefert einen an Pflanzennährstoffen, besonders an Kalk armen Boden. Derartige Gesteine sind der Granit, der Gneis, der Glimmerschiefer u. a. m.

### § 3. Die Niedermoores.

Die Niedermoores bilden sich auf einem Boden, der entweder selbst an Nährstoffen und Kalk reich war oder von außen fruchtbares Wasser zugeführt erhielt. Sie finden sich daher meistens in den Überschwemmungsgebieten natürlicher Wasserläufe oder in geschlossenem Wasserbecken. An der Moorbildung sind hauptsächlich die anspruchsvolleren Pflanzen, z. B. die Süßgräser, Riedgräser, gewisse Laubmoose usw. beteiligt. Man bezeichnet daher auch die Niedermoores mit Grasmoor, Grünlandsmoor, Wiesenmoor oder Hypneto-Cariceto-Graminetum.

Da die Unterlage der Grünlandsmoores häufig vom Wasser bedeckt oder überschwemmt wurde, so spricht man auch von Unterwassermoores (Infraaquatische).

Eine in Norddeutschland allgemein gültige Bezeichnung für Niedermoor ist Bruch oder auch Luch.

Infolge der Anwesenheit von Kalk ist die Vertorfung beim Niedermoor nicht weiter fortgeschritten als beim Hochmoor.

Je nach dem Untergrund des Moores und den das Moor durchtränkenden Wassermassen kann das Moor von Sand- und Tonschichten, Wiesenkalk, Alm, Eisenhydroxyd, Eisenkarbonat, Raseneisenstein und Vivianit durchzogen sein, ebenso können sich Überbleibsel tierischen Lebens und Ablagerungen von Kieselgur darin vorfinden.

Die drei Schichten der Hochmoore: Heidetorf, Moostorf und Heideerde findet man bei Niedermoores gewöhnlich nur dann, wenn sich Sand, Wiesenkalk oder Ton eingelagert findet, oder wenn als erste moorbildende Pflanze Dachrohr auftrat, dem leichter zersetzliche Pflanzen folgten.

Unter Darg- oder Rohrtorf versteht man solchen Torf, welcher durch Vertorfung von Dachrohr entstanden ist.

In Seen mit tieferem Wasserstande muß man sich die Moorbildung so entstanden denken, daß zunächst vom Ufer aus, die Wasserpflanzen, Rohr, Gräser usw. sich mit einer zähen, beim Betreten schwankenden Decke überziehen, diese sinkt allmählich unter, an der Oberfläche bildet sich eine neue und so wiederholt sich der Vorgang bis das ganze Wasserbecken mit Moorsubstanz angefüllt ist. Sinkt die Moordecke nur so tief ein, daß auf ihrer Oberfläche sich immer neue Pflanzen ansiedeln, deren abgestorbenen Reste die Moorschicht soweit verstärken, daß sie landwirtschaftlich benützt

werden kann, so bezeichnet man dies mit Moorinsel oder schwimmendes Moor.

In Flußgebieten wechseln häufig im Überschwemmungsgebiet derselben entstandene Niederungsmoore plötzlich mit Hochmooren ab.

Auf kalkreichen Gesteinen können sich auch auf dem Gebirge Niederungsmoore bilden.

Wird ein aufwachsendes Hochmoor mit kalkreichem Wasser überflutet, so ändern sich die Lebensbedingungen der das Hochmoor bildenden Pflanzen, und dieses geht in ein Niederungsmoor über. Viel häufiger ist jedoch der Übergang eines Niederungsmoores in ein Hochmoor.

## b) Die Kultur der Moore.

§ 4. Die **Hochmoore** erfordern wegen ihrer größeren Armut an Pflanzennährstoffen, wegen ihrer Zusammensetzung überhaupt, und weil sie gewöhnlich nicht zerstreut in einzelnen kleinen Teilen, sondern zusammenhängend, oft meilenweite Flächen bildend vorkommen, eine andere Kultur als die Grünlands- oder Niederungsmoore. Ihre Kultur ist schwieriger und kostspieliger und erfordert daher zu ihrer Durchführung meist die Besiedelung durch Kolonisten (Moorbauern).

Die dauernde und erfolgreiche Kultur der Hochmoore wird schon seit Jahrhunderten in Holland durch die sogenannte Veen- oder Fehnkultur betrieben, deren Durchführung abhängig ist von einem schiffbaren Kanal, auf welchem der im Moor gewonnene Torf verschifft und die erforderlichen Düngermengen — gewöhnlich als Rückfracht der Schiffe — herangeschafft werden.

Nachstehend sei an einem Beispiel, welches dem Werke von Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik, entnommen ist, die Ausführung der Fehnkultur (Fig. 130) klar gemacht und gleichzeitig vorher bemerkt, daß die Fehnkultur in Deutschland wenig Anklang gefunden hat, weil man es einmal unterließ die Moore mittels des durchgehenden Hauptkanals nach zwei Richtungen hin zu erschließen, weil man ferner nicht gerade die besten Menschen auf den Mooren ansiedelte und weil man endlich in dem nachstehend beschriebenen Brennverfahren einen Ausweg hatte, welche bei geringer Mühe doch reiche Erträge versprach.

Der durchgehende Hauptkanal (Fig. 130) erschloß das Moor nach zwei Richtungen und wurde gewöhnlich so tief ausgehoben, daß sein Wasserspiegel noch in dem sandigen Untergrunde des Moores lag. Von dem Hauptkanal zweigten drei Kanäle ab, von denen der mittlere mit einer Wasserspiegelbreite von 20 m der schiffbare Hauptkanal der Kolonie wurde, die beiden Seitenkanäle, welche Neben- oder Achterkanäle heißen und 12 m Wasserspiegelbreite erhielten, dem wirtschaftlichen Verkehr dienten. Die Entfernung der Kanäle voneinander betrug zwischen 130 m und 350 m. Von den Nebenkanälen zogen sich 6 m breite Kanäle — Inwieken genannt — in das Moor hinein. Diese Inwieken endeten an der Grenze des Kolonielandes und hatten eine durchschnittliche Entfernung von 90 m. Das zwischen zwei Inwieken belegene Land wurde parallel zu den Inwieken in zwei Teile — Plaatsen — geteilt und zwei Kolonisten zur Bewirtschaftung übergeben. In gleicher Weise wurde das Land geteilt, welches außer von zwei Inwieken, vom Haupt- und Nebenkanal begrenzt wurde. Nur war dieses Land dazu bestimmt die Wohn- und Wirtschaftsgebäude, sowie Hof und Garten von je zwei Moorbauern aufzunehmen und wurde Vooraffen genannt. Haupt- und Nebenkanäle wurden ab und zu durch Verbindungskanäle

verbunden, während die Landstraße sich zu beiden Seiten des Hauptkanals entlang zog und die Verbindungskanäle durch Klapp- oder Drehbrücken überschritt.

Die Neben- und Verbindungskanäle, ebenso die Inwieken wurden so tief ausgehoben, daß ihr Wasserspiegel noch 30 bis 50 cm im Sande lag.

Die Kultur des Hochmoores begann mit der Abschachtung und Beiseitesetzung der obersten Moorschicht, der Bunkererde.

Dann wurde der Torf gestochen, durch Schiffe nach den Städten gebracht und als Rückfracht Straßenschlamm, Kehricht, Dünger, Seeschlick u. dergl. mitgenommen. Nach der Abtorfung des Moors wurde zunächst die Bunkererde wieder aufgebracht, auf diese dann eine 6 bis 14 cm hohe Sandschicht gebracht, darauf der Sand mit den von

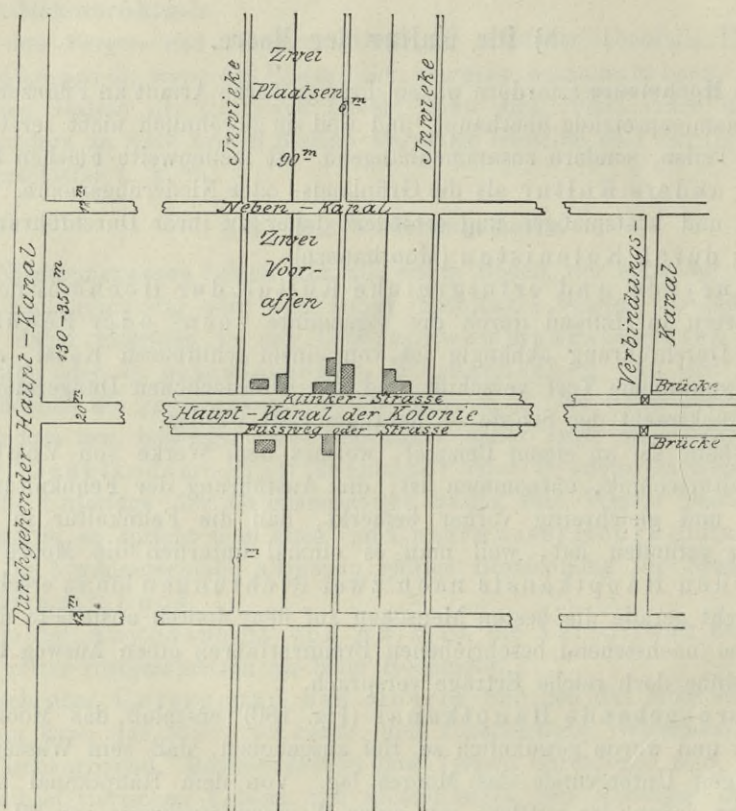


Fig. 130.

den Schiffen mitgebrachten Stoffen bedeckt und nun die ganze Geschichte gehörig — mit zunehmenden Tiefen — umgepflügt und geggt, so daß eine innige Vermischung der drei Schichten entstand.

Die Brennkultur wurde zuerst in Ostfriesland von dem holländischen Moorbauer Jan Kruse in den Jahren 1707 bis 1712 eingeführt. Die Anwendung der Brennkultur wird jetzt fast überall durch polizeiliche Bestimmungen verboten oder wenigstens sehr eingeschränkt. Auch für die landwirtschaftliche Kultur hat sie, da ihr Ertrag von Jahr zu Jahr abnimmt, wenig Wert. Die einzige Frucht, welche auf gebrannten Mooren gute Erträge liefert, ist der Buchweizen, welcher auf die noch heiße Asche gebracht und leicht untergeggt wird. Vom 6. Jahre an ist der Ertrag gewöhnlich so gering, daß er die Mühe des Brennens und Säens nicht mehr lohnt und

läßt man dann das Moor wenigstens 30 Jahre brach liegen, bis man wieder mit dem Buchweizenbau beginnen kann.

Zunächst wird das Moor durch Zuggräben und Grippen — 60 cm breite und ebenso tiefe Gräben, welche 10 bis 12 m voneinander entfernt sind und in den Zuggräben münden — entwässert und dann die obere Moorschicht in Schollen zerstückelt. Nach der Überwinterung werden die Schollen in kleine 0,50 m hohe Haufen, in Entfernungen von je 2 m gleichmäßig über das Moor verteilt, worauf dann — Ende Mai oder Anfang Juni — das Abbrennen des Moores vor sich geht. Das Brennen geschieht gegen den Wind oder mit dem Winde. Das erstere — ältere — Verfahren ist das ungünstigere, da hierbei die Arbeiter vor dem Feuer, also auf dem ungebrannten Moore stehen, und daher das Feuer nicht beaufsichtigen können. Es führte denn auch dies Verfahren oft zur Bildung sogenannter Müllmoore, d. h. es wurden die Moore durch das zu tief eindringende Feuer tot gebrannt.

Bei dem Brennen mit dem Winde stehen die Arbeiter auf dem brennenden und glimmenden Moore und haben das Feuer ständig in Aufsicht. Sie können es daher an solchen Stellen, wo es zu tief in das Moor eindringen würde, töten und dadurch die Bildung von Müllmooren verhindern.

Das Brennen des Moores ist in jedem Jahr zu wiederholen.

Die deutsche Hochmoorkultur. Das Moor wird im Gegensatz zur Fehnkultur nicht abgetorft, sondern die obere Schicht wird für die neue Kultur benützt.

Zunächst ist wieder eine Entwässerung durch Haupt-Zuggräben und durch Grippen vorzunehmen, wobei beim Entwurf der Entwässerungsanlage darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß das Land jedes einzelnen Kolonisten bequem entwässert werden kann. Die Entwässerungsgräben erhalten nur diejenigen Abmessungen, welche für die Wasserspiegelsenkung und Wasserführung notwendig sind, es fallen also die durch ihre Breite und Tiefe kostspieligen Schiffahrtskanäle usw. der Fehnkultur fort.

Die Länge der Grippen beträgt gewöhnlich 100—120 m, ihre Breite 0,60 m oben und 0,40 m unten und ihre Tiefe, wenn es sich darum handelt die Hochmoore in Äcker umzuwandeln, 0,50—0,60 m. Sollen dagegen Wiesen gewonnen werden, so beträgt ihre Tiefe nur 0,40 m. Die Entfernung der Grippen ist im ersteren Falle 7—10 m und im letzteren 20 m.

Nach der Entwässerung wird das Moor 20 cm tief — beim Kartoffelbau 25 cm tief — umgehackt, wobei gleichzeitig alle Vertiefungen ausgeglichen werden.

Nun wird Kalk oder Mergel auf das Moor, in Haufen geschüttet, gebracht und dieser nach dem Zerfallen bei feuchter Witterung oder nach Begießen mit Wasser bei ruhigem Wetter über das Moor verteilt und gleich eingeeegt. Man rechnet auf 1 ha 80 Zentner gebrannten Kalk oder 300—400 Zentner Mergel (Tonmergel), welche Menge, nach Dr. Salfeld, für 15 Jahre genügt. Dann wird die Kalkung mit der halben Menge wiederholt.

Um eine gute Durchlüftung des Moores und gute Verteilung des Kalkes zu erreichen ist eine Brachbearbeitung mit der Hacke, zuerst 10—12 cm, dann 20—25 cm tief, notwendig. Hierauf folgt die künstliche Düngung des Moores. Hierzu nimmt man gewöhnlich auf 1 ha 8 Zentner Chilisalpeter, 16 Zentner Thomaschlacke und 32 Zentner Kainit. Sollen Erbsen, Bohnen, Klee usw. angebaut werden, so kann man an Stickstoff (Chilisalpeter) dadurch sparen, daß man Impferde (Seeschlick, Marschboden, überhaupt jeden Boden, auf dem Hülsenfrüchte gut gedeihen) aufbringt. Die Impferde muß nach Überwinterung in ganz geringer Menge (etwa 20 Zentner auf ein ha) und möglichst feinpulverig über das Moor verteilt werden.

Mitunter kann man auch an der Phosphorsäure (Thomasschlacke) sparen, wenn man das Moor vorsichtig ein- bis zweimal brennt.

Stalldünger ist auf die Dauer nicht zu entbehren.

§ 5. In den fünfziger Jahren veröffentlichte der Rittergutsbesitzer von St. Paul in Jäcknitz bei Zinten in Ostpreußen ein Verfahren, wonach man durch Kompostierung von Grünlandsmoor sehr gute Wiesen erhält.

Das Verfahren besteht darin, daß zunächst Abfälle aller Art, wie Dung, Straßenkehrrieh usw. mit wechselweisen Lagen von Kalk oder Mergel 2—3 m hoch aufgeschichtet und zum Schutz gegen den Regen dachförmig mit Lehm oder Mergel abgedeckt wurden. Nach einem halben Jahre wurde der Haufen umgestochen, mit Jauche durchtränkt, wieder in derselben Höhe aufgeschichtet und abgedeckt. Nun blieb der Komposthaufen zum Gären ein volles Jahr stehen, dann erst wurde er aufgedeckt und auf den Wiesen verwendet.

Im Herbst wurde die Entwässerung hergestellt, indem man ein Netz von 75 cm tiefen Gräben anlegte und in demselben Herbst auch noch der Kompost aufgebracht und zwar wurden auf 1 ha 500 hl gleichmäßig in kleinen Haufen verteilt. Im nächsten Frühjahr, sofort nach dem Auftauen, wurden die Haufen auseinander geworfen, Grassaat (16 kg auf 1 ha, hauptsächlich Timothee und Klee) aufgebracht und der Boden so kräftig durchgeeggt, daß er breiartig aussah. Diese Arbeiten mußten zu einer Zeit ausgeführt werden, wo der Boden nur 6—8 cm tief aufgetaut war, damit die Pferde noch darüber gehen konnten. Sobald die Saat 8—10 cm hoch gewachsen war, wurde sie abgewalzt.

Die Schwierigkeit des Verfahrens, welches sich sonst sehr gut bewährt hat, liegt in der Beschaffung großer Mengen Kompost, sind diese aber un schwer und in nicht zu weiter Entfernung zu haben, so sind die Erfolge ausgezeichnet.

Nach drei, spätestens vier Jahren, muß die Kompostierung wiederholt werden.

Kann man in einem Grünlandsmoor den Wasserspiegel nicht bis zu einer solchen Tiefe senken, daß dasselbe als Acker benutzt werden kann, so ist man doch immer in der Lage es in eine Wiese umwandeln zu können. Freilich ist hierbei stets eine vollständig neue Aussaat von guten Dauergräsern erforderlich. Unter günstigen Umständen genügt die Aussaat von 20 kg auf 1 ha, unter ungünstigen 50—60 kg, und im allgemeinen 32 kg.

Die Entwässerung geschieht entweder durch offene Gräben, deren Wasserspiegel 50—60 cm unter der Oberfläche liegt oder durch Faschinendrainen, wenn letztere ständig im Grundwasser zu liegen kommen.

Die Stärke der Deckschicht richtet sich nach dem Lehmgehalt des Sandes und wird im günstigsten Falle 4, sonst 6—8 cm stark gemacht. Scheut man die Kosten für die Deckschicht, vielleicht weil das Moor nur schwach entwässert werden kann oder weil es schlecht verwest ist, so kann man die Sanddecke auch fortlassen. Freilich liefern derartige Wiesen nur geringe Erträge, sind aber wegen der Billigkeit ihrer Herstellung meistens gut rentabel und daher sehr beliebt. Bei den Moorzweiden ohne Sanddecke liegt der Wasserspiegel gewöhnlich nur 40—50 cm unter der Oberfläche und muß auch in trockenen Sommern, eventuell durch Stauvorrichtungen, in dieser Höhe erhalten werden. Ebenso ist die vorhandene schlechte Grasnarbe gründlich zu zerstören.

Moorzweiden ohne Sanddecke, welche man jährlich mit 12—16 Zentner Kainit und im ersten Jahre mit 8, dann mit 4 Zentner Thomasschlacke pro 1 ha düngt, liefern 100 und noch mehr Zentner Heu, während Moorzweiden mit Sanddecke mit gleicher Düngung und guter Bekarrung 120—160 Zentner von 1 ha bringen.

§ 6. Von ungeheurer Wichtigkeit für die Moorkultur ist die vom † Rittergutsbesitzer T. H. Rimpau zu Cunrau in der Provinz Sachsen erfundene **Moordammkultur**.

Die von ihm aufgestellten Vorschriften sind noch heute gültig und bewegen sich im allgemeinen dahin, daß, um aus Grünlandsmooren ertragreiche Äcker zu machen, eine gute Entwässerung und Ebnung des Moores, seine Bedeckung mit mineralischem Boden, die Aufbringung künstlichen Düngers nach dem jeweiligen Bedürfnis und endlich die richtige Bestellung und Unterhaltung des Moores notwendig ist.

Rimpau legte am 1. Dezember 1862 die erste Moordammkultur nach seinen Vorschriften an; und von diesem Tage an datiert die richtige, zielbewußte Kultur der Grünlandsmoore. Geeignet für die Rimpausche Moordammkultur sind solche Grünlandsmoore, deren Wasserspiegel 0,80—1,0 m tief gesenkt werden kann, in welchen ferner die Zersetzung genügend weit vorgeschritten ist und welche Kalk und eine größere Menge Stickstoff enthalten. Moorflächen, in denen sich freie Schwefelsäure und schwefelsaures Eisen oxydiert findet, sind „für die Dammkultur“ ungeeignet, ebenso die Hochmoore. Doch sind halb abgetorfte Hochmoore mit genügender Entwässerung mit Nutzen zur Dammkultur verwendet worden.

Die nachstehende ausführliche Beschreibung einer Rimpauschen Dammkultur sowie die dazu gehörigen Figuren 131 und 132 sind dem Werke: „Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik“ entnommen:

#### a) Die Entwässerung durch Gräben oder Drains.

Die Entwässerung findet gewöhnlich durch offene Gräben statt und zwar ist eine ordnungsmäßige Entwässerung von größter Bedeutung für das Gelingen der Dammkultur.

Die Beetgräben, welche gewöhnlich ein Gefälle von nur 0,1—0,2‰ erhalten, sind so anzuordnen, daß die Beete oder Dämme vom Wirtschaftshofe aus leicht zugänglich sind. Wird der zur Deckschicht gebrauchte Sand nicht aus dem sandigen Untergrunde des Moores, sondern von einem in der Nähe befindlichen Sandberg genommen, so sollen die Beete auch von diesem leicht befahren werden können (Fig. 131). Alte vorhandene Gräben werden mit Überhöhung verschüttet soweit sie nicht in das Entwässerungssystem hineinpassen und mitbenützt werden können.

Die Tiefe der Gräben beträgt im flachen Moor 1,00 m, im tiefgründigen, welches sich nach der Entwässerung stark setzt, 1,30—1,50 m und in sehr mächtigem Moor, 2,0 m und darüber.

Die Entfernung der Gräben betrug von Bord zu Bord 22,6 m. Und zwar

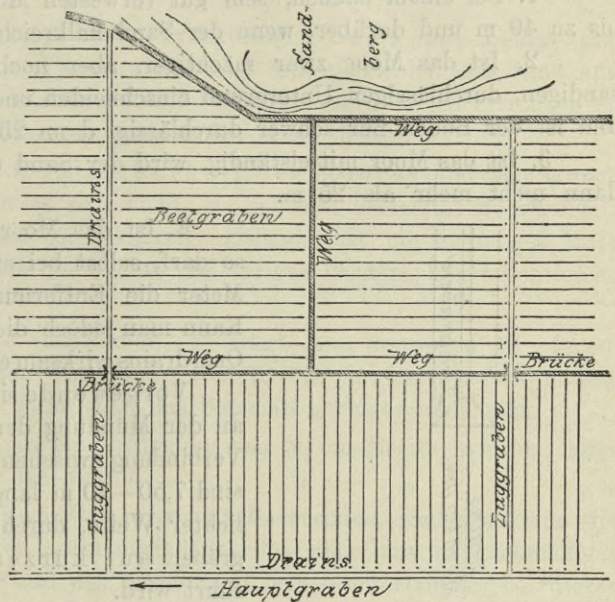


Fig. 131.

war für dieses Maß der Umstand maßgebend, daß bei Entnahme des zur Bedeckung des Moores erforderlichen Sandes aus dem Untergrunde, dieser mit zweimaligem Werfen bis in die Mitte des Beetes befördert werden konnte. Wird der Boden verkarrt oder durch Seitenentnahme gewonnen, so wird die Entfernung und Breite der Gräben nur mit Rücksicht auf die Entwässerung bestimmt. In diesem Falle bemißt man die Entfernung der Gräben von Mitte zu Mitte:

1. Bei einem flachen, sehr gut verwesten Moore, auf sehr durchlässigem Sande, bis zu 40 m und darüber, wenn der Sand kalkreich ist.

2. Ist das Moor zwar mächtiger, aber noch so flach, daß die Gräben in den sandigen, durchlässigen Untergrund einschneiden und ist es gut verwest, dann 30—35 m, und ist der Boden nur schwer durchlässig, dann 25—30 m.

3. Ist das Moor mittelständig, wird der Sand von den Gräben nicht angeschnitten, dann nicht mehr als 25 m.

4. Ist das Moor sehr mächtig und schlecht verwest, so darf, selbst bei einer Grabentiefe von zwei und mehr Meter die Entfernung nicht mehr als 20 m betragen. Kann man jedoch die Mitten der Beete durch Längs- und Querdrains wirksam entwässern, darf man bis zu 25 m gehen.

Vorgewende sind diejenigen Teile des Moores, welche an der Mündung der Dammgräben in die Zuggräben die Verbindung zwischen den Beeten herstellen (Fig. 132). Sie sind 7,50—10 m lang und erhalten Drains von 8—20 cm lichter Weite, durch welche das Wasser aus den Dammgräben auf kürzestem Wege dem Zuggraben zugeführt wird.

Ist das Moor flach oder mittelständig und fest, so kann statt der Entwässerung mittelst offener Gräben eine solche durch Drains stattfinden; jedoch sind bei den mittelständigen, festen Mooren die Drainröhren auf Sand oder Latten zu legen. Der Durchmesser der Röhren soll wenigstens 5 cm und ihr Gefälle nicht unter 1:200 betragen.

Da auf größeren Längen starke Gefälle nicht zu Verfügung stehen, sind auch in einem drainierten Moor Seiten- oder Zuggräben erforderlich.

Das Setzen des Moores nach der Entwässerung ist bei der Tiefenbestimmung der Gräben, bei Anlage von Durchlässen, Brücken usw. zu berücksichtigen.

Nachstehende Tabelle 13 gibt an, um wieviel ein Grünlandsmoor, welches auf 1 m Tiefe entwässert und mit 10 cm starker Sandschicht bedeckt ist, sich nach 60—80 Jahren vermutlich gesetzt haben wird.

Tabelle 13.

Beschaffenheit des Moores	Bei einer Mächtigkeit von							
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m
	m	m	m	m	m	m	m	m
dichtes Moor	0,15	0,24	—	—	—	—	—	—
ziemlich dicht	0,20	0,32	0,42	0,51	—	—	—	—
ziemlich locker	0,26	0,42	0,56	0,68	0,78	0,87	—	—
locker	0,35	0,59	0,75	0,92	1,07	1,20	1,30	—
fast schwimmend	—	0,80	1,04	1,26	1,46	1,65	1,83	2,00
schwimmend	—	—	1,65	2,10	2,50	2,85	3,15	3,40

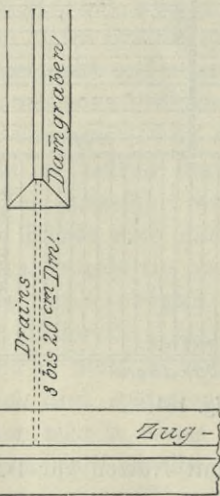


Fig. 132.



### b) Deckschicht und Hufschlag.

Der Zweck der Deckschicht ist das Moor zu dichten, die Einflüsse der Temperatur zu mildern, die Verdunstung zu verringern und dadurch den Boden feucht zu erhalten, den Pflanzen sicheres Stehen und gutes Keimen zu ermöglichen, Unkrautwuchs zu unterdrücken, die Bestellung zu erleichtern und das Moor zum Tragen schwerer Lasten zu befähigen.

Zur Deckschicht soll unkrautfreier, grobkörniger Sand mit Lehm- und reichem Kalkgehalt verwandt werden. Unverwendbar ist schwefelkieshaltiger Sand und ein sich häufig im Untergrunde des Moores findender leichter Sand, welcher trocken zu Pulver zerfällt und im nassen Zustande eine schlammige Masse bildet.

Da die Sanddecke die Durchlüftbarkeit des Moores und damit auch seine Zersetzbarkeit hindert, empfiehlt es sich nicht, ein schlecht zersetztes Moor bereits im ersten Jahre der Kultur mit Sand zu bekarren, vielmehr ist ein derartiges Moor einige Jahre lang ohne Sanddecke, wie am Schluß des vorigen Paragraphen beschrieben, zu bewirtschaften.

Wird der Sand von der Seite entnommen, so trägt man denselben 12—14 cm hoch auf, so daß er nach dem Setzen eine Höhe von 10—12 cm hat; bei Entnahme nassen Sandes aus dem Untergrunde kann man das Setzmaß geringer annehmen.

Unter Hufschlag versteht man einen Streifen von 50 cm Breite, welcher längs der Gräben von der Bewirtschaftung frei bleibt.

Vielfach bedeckt man diesen Streifen mit Rasensoden, weil sich dann die Sanddecke auf den Dämmen sauberer aufbringen läßt. Da aber ein ungleichmäßiges Setzen der unbelasteten Grabenkante und des durch Sand belasteten Dammes bei dieser Ausführung eintritt, wodurch Pfützen entstehen und der oberirdische Abfluß nach und nach aufhört, so ist es zweckmäßiger den Rasensoden fortzulassen und den Hufschlag ebenfalls und zwar in der Weise mit Sand zu bedecken, daß die Stärke des Sandes nach den Grabenrändern hin abnimmt.

Befürchtet man ein Verwehen der Sanddecke, so muß man, um sie feucht zu halten, Kainit darüber streuen, oder man kann längs der Grabenränder einfache Schutzzäune aus Draht und Reiser anbringen.

### c) Das Aufbringen der Deckschicht.

Zum Aufbringen des Sandes, welcher jetzt meist von der Seite und nicht aus dem Untergrunde entnommen wird, benutzt man eine Feldbahn von 60 cm Spurweite. Zur Bewegung des Bodens bedient man sich der Kippowrys von  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  cbm Inhalt. Um die nötige Wagenzahl zu bestimmen, berechnet man den Inhalt der bei gegebener Beetbreite und Schütthöhe auf 10 m Länge erforderlichen Bodens, stellt die Zahl der über das Beet zu verstreckenden Gleise fest und erhält dann durch einfache Multiplikation die Anzahl der Wagen, welche auf 10 m Gleislänge verstürzt werden müssen.

Der Sandberg, von welchem der Sand entnommen werden soll, wird von zwei Gleisen in Angriff genommen, welche durch eine Weiche verbunden sind. Hinter der Weiche führt das Hauptgleis nach der Moorkultur. Der beladene Zug wird bis an das Ende des Beetes gefahren, hier werden die Wagen durch Kippen nach der Seite entleert, und der leere Zug fährt zurück, während der gestürzte Boden durch ein paar Arbeiter über das Beet verteilt wird.

Der leere Zug wird am Sandberg zum Wiederbeladen auf das freie Gleis gefahren, während der inzwischen beladene zweite Zug abfährt.

Sobald die auf eine Zuglänge entfallenden Wagen verstürzt sind, wird das Gleis, von hinten anfangend, aufgenommen und seitwärts neu verlegt, bis schließlich das ganze Gleis die neue Lage hat.

#### d) Düngung und Bestellung der Ackerkulturen.

Je nach der chemischen Zusammensetzung wird das Moor jährlich mit 16 bis 24 Ztr. Kainit und im ersten Jahr mit 8, dann mit 4 Ztr Thomasschlacke auf ein ha gedüngt und zwar zweckmäßig im Herbst.

Alle Moorkulturen sind nur flach zu pflügen, um eine Vermischung des Sandes mit dem Moor zu verhüten.

In der Fruchtfolge haben Halm- und Hülsenfrüchte abzuwechseln, doch empfiehlt sich auch das Einschalten von bodenbedeckenden und Unkraut erstickenden Gewächsen (Raigras). Die Beseitigung des Unkrautes geschieht auch durch gehöriges Hacken und Umpflügen nach der Ernte, durch gründliche Trockenlegung, wobei, wenn künstliche Vorflut vorhanden ist, solange gepumpt werden muß, als die Witterung noch eine kräftige Entwicklung des Unkrautes befürchten läßt, und durch Reinigung der Gräben im Herbst.

Die Kosten der Rimpauschen Moordammkulturen sind sehr verschieden und schwanken zwischen 300 bis 900 Mark für das Hektar.

---

### V. Abschnitt.

## Das wichtigste über Wiesenpflanzen und Hülsenfrüchte (Leguminosa) und über Anlage von Wiesen<sup>1)</sup>.

§ 1. Man bezeichnet mit **Wiese** ein Stück Land, auf welchem zahlreiche krautartige, meist ausdauernde Pflanzen einen dichten Rasen bilden, der bei uns alle Jahre mindestens einmal gemäht wird.

Eine **Weide** unterscheidet sich nur dadurch von einer Wiese, daß das Abschneiden durch den Zahn des Weideviehs geschieht. Den Hauptbestandteil der Wiesen bilden Gräser, in Süd- und Mitteldeutschland mehr Kleegevächse und andere Kräuter.

Man unterscheidet nach den Boden- und Wasserverhältnissen Wiesen auf welchen hauptsächlich echte Gräser vorkommen und nennt sie süße Wiesen und solche, deren Boden viel Humussäure enthält und mehr sogenannte saure Gräser, Riedgräser, Halbgräser usw. aufweist, welche man saure Wiesen nennt.

---

<sup>1)</sup> Nach Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik.

**§ 2. Die echten Gräser** gehören zur Unterklasse der Monokotyledonen, d. s. Pflanzen, welche nur mit einem Blatte keimen, meist parallelnervige Blätter haben und in ihren Blütenteilen die Dreizahl zeigen.

Die echten Gräser und die Riedgräser bilden zusammen die Reihe der Spelzblütigen oder Glumiflorae, d. s. solche, deren Blüten keine Blütenblätter besitzen und von Hochblättern (Spelzen) bedeckt sind. Ihr Fruchtknoten hat nur eine Samenanlage.

Die Getreidearten dauern nur ein Jahr, die meisten anderen Gräser mehrere Jahre. Einjährige Gräser sind auch zum Teil die wild wachsenden Unkräuter.

Bei den meisten Gräsern kommen in einer Blüte männliche (Staubgefäße) und weibliche (Fruchtknoten) Geschlechtsorgane vor. Dann heißt die Blüte ein Zwitter. Verkümmert aber, was manchmal vorkommt, der Fruchtknoten, so bezeichnet man die Blüte als eine männliche.

Die meisten Gräser lieben einen frischen, feuchten Boden und zwar sagt ihnen am meisten humoser, sandiger Lehm zu. Einige Arten leben auch auf trockenem Boden, andere wieder selbst im Wasser; einige bevorzugen reinen, andere mehr kalkhaltigen Sand.

Wasserliebend sind: Flutender Schwaden, Wasserschwaden, Rohrglanzgras, gemeines Rispengras, Wiesenschwingel, Wiesenfuchsschwanz, Knaulgras, Fioringras, Lieschgras (Timothee), Goldhafer, mittleres Zittergras, gemeines Rispengras, spätes Rispengras, Rasenschmele.

Wasserfliehend sind: Aufrechte Trespe, gekämmte Krelerie, graue Schmele, Böhmers Lieschgras, Schafschwingel, knolliges Rispengras, gebogene Schmele usw.

Zwischen beiden Arten stehen: Geruchgras, weichhaariger Hafer, englisches Raigras, Wiesen-Rispengras.

Man unterscheidet Obergräser, d. h. solche, welche einen hohen, reich beblätterten Stengel haben und Untergräser, welche wenig Blätter an den Halmen, aber mehr an den Seitentrieben entwickeln.

Manche Gräser kann man als Ober- und als Untergräser bezeichnen und ist es bei der Zusammenstellung von Grasmischungen wichtig, Ober- und Untergräser zu nehmen, da die ersteren im ersten, die letzteren im zweiten Schnitte den Hauptertrag geben.

**§ 3. Die Blüten der Leguminosen** sind, wie der menschliche Körper, nur durch eine Ebene von vorn nach hinten in zwei symmetrische Hälften zu teilen; man nennt sie daher jochgestaltig.

Charakteristisch ist bei ihnen die Zahl 5. Ihr Kelch ist 5-zählig oder 2-lippig, sie haben 5 Blumenblätter und die Zahl ihrer Staubgefäße ist  $2 \cdot 5 = 10$  (oder mehr). Der Fruchtknoten ist aus einem einzigen zusammengefalteten Fruchtblatt (einfächerig) gebildet, welches an der Innenseite der Blüte (Bauchnaht) die Samen trägt. Die Frucht springt in zwei Klappen auf; eine Scheidewand ist, wie bei den Schoten der Kreuzblütler, gewöhnlich nicht vorhanden. Blüten stets seitlich, Blätter fast immer zusammengesetzt.

**§ 4.** Die im Handel erhältlichen Samen sind selten ganz rein, und keimen nicht alle auf. Man muß daher den Gebrauchswert für jeden einzelnen Samen kennen, welcher sich, wenn G den Gebrauchswert, R die Reinheit und K die Keimfähigkeit in Prozenten bedeutet, berechnet zu:

$$G = \frac{R \cdot K}{100}$$

Zum Beispiel:  $R = 90\%$ ;  $K = 80\%$ ; dann ist  $G = \frac{90 \cdot 80}{100} = 72\%$ . Man bezeichnet eine derartige Ware als 72prozentig.

Unter Kiloprozent versteht man das Produkt aus Gebrauchswert und Gewicht der betreffenden Ware.

Nachstehende Tabelle 14 gibt die Reinheit, Keimfähigkeit und den Gebrauchswert — alles in Prozenten — einer guten Handelsware an, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die Händler in ihren jährlichen Preisverzeichnissen den Gebrauchswert angeben. Hiernach wird man dann in jedem einzelnen Fall den Bedarf zu bestimmen haben. Einen Anhalt hierfür gibt Tabelle 15.

Tabelle 14.

Durchschnittliche Reinheit und Keimfähigkeit einer guten Handelsware, nach Stebler.

Samenart	Rein- heit °/o	Keim- fähig- keit °/o	Ge- brauchs- wert °/o	Samenart	Rein- heit °/o	Keim- fähig- keit °/o	Ge- brauchs- wert °/o
Rotklee, Mattenklee	98	90	88	Knautgras	76	75	57
Weißklee	96	80	77	Timothee	98	90	88
Bastardklee	97	75	73	Wolliges Honiggras	70	50	35
Luzerne	98	90	88	Wiesenfuchsschwanz	90	50	45
Hopfenklee	97	85	83	Kammgras	93	75	70
Esparssette	98	80	77	Wiesenrispengras	85	50	43
Wundklee	90	85	77	Gemeines Rispengras	85	70	60
Gemeiner Schottenklee	90	60	54	Hainrispengras	80	70	56
Sumpfschottenklee	90	67	60	Fioringras	85	85	72
Englisches Raigras	96	80	76	Ruchgras	90	40	36
Italienisches Raigras	95	80	76	Rohrglanzgras	90	70	63
Französisches Raigras	70	70	49	Aufrechte Trespe	80	60	48
Goldhafer	60	50	30	Wehrlose Trespe	80	85	68
Wiesenschwingel	90	85	77	Gemeine Schafgarbe	90	65	59
Rohrschwingel	90	85	77	Wiesenflockenblume	90	30	27
Roter Schwingel	80	60	48	Becherblume	70	75	53
Schafschwingel	85	70	60	Kümmel	98	70	69
Verschiedenblättrige Schwingel	80	50	40				

§ 5. Je nach der Anlage, den Bodenverhältnissen und dem Klima sind die Samenmischungen sehr verschieden.

Man unterscheidet drei Arten von Anlagen:

1. Die Kleeegrasschläge. Diese werden gewöhnlich 2 Jahre gemäht, im Herbst des 2. und im 3. Jahre als Weideland und darauf wieder als Ackerland benutzt. Manchmal fällt die Weidebenutzung im dritten Jahre fort.

2. Die Wechselwiesen und Wechselweiden werden als solche 3 bis 12 Jahre, meist 4 bis 6 Jahre genutzt und kommen hauptsächlich bei der Koppel-, Schlag- und ähnlichen Wirtschaftsform vor.

3. Die Dauerwiesen und Dauerweiden (Rieselwiesen, Flußwiesen usw.) mit langjähriger Nutzung.

Die Kleeegrasschläge müssen Pflanzen haben, welche bereits im ersten und zweiten Jahre reiche Erträge bringen; die beiden anderen außerdem noch solche, welche sich erst später reich entwickeln. Ferner muß man Ober- und Untergräser bzw. Pflanzen, frühe, mittelfrühe und späte Arten wählen, um sowohl im ersten als auch im zweiten Schnitt hohe Erträge zu erhalten. Von Obergräsern nimmt man  $\frac{2}{3}$  und falls Klee dabei 70%, von Untergräsern  $\frac{1}{3}$  bzw. bis 30%.

Da die Samen fast nie ganz rein sind, außerdem auch Samenarten anfliegen oder durch Riesel- bzw. Überschwemmungswasser hinzugebracht werden, so genügen meistens zur Besamung zehn Arten. Alle Versuche, theoretisch die zu einer bestimmten Fläche erforderliche Samenmenge zu bestimmen, sind gescheitert und kann man dabei nur auf die praktische Erfahrung verweisen. Diese geht dahin, daß man bestimmen muß, wieviel Prozent von jeder Art auf einer Wiese vorhanden sein soll und nimmt danach den entsprechenden Teil der Reinsaatmenge. Da nun erfahrungsgemäß in Mischungen dichter gesät werden muß als in der Einzelsaat, so muß man einen Zuschlag geben, welcher um so höher sein muß, je mehr Arten gemischt sind.

Nachstehende Tabelle 15 gibt an, wieviel kg bei der Einzelsaat ohne und wieviel mit Zuschlag zu nehmen sind. Hierzu ist zu bemerken, daß man — nach Stebler — bei 3 bis 6 Arten 25%, bei mehr Arten 50% und bei Mischungen für Dauerwiesen 75% bis 100% Zuschlag nehmen soll.

Tabelle 15.

Saatmenge der Einzelsaat in kg, nach Stebler.

Samenart	Auf den Hektar					Samenart	Auf den Hektar				
	ohne Zu- schlag	mit	mit	mit	mit		ohne Zu- schlag	mit	mit	mit	mit
		25%	50%	75%	100%			25%	50%	75%	100%
Zuschlag					Zuschlag						
Rotklee	23	28,8	34,5	40,3	46	Knaulgras	40	50	60	70	80
Weißklee	14	17,5	21	24,5	28	Timothee	19	23,8	28,5	33,3	38
Bastardklee	14	17,5	21	24,5	28	Wolliges Honiggras	23	28,8	34,5	40,3	46
Luzerne	31	38,8	46,5	54,3	62	Wiesenfuchsschwanz	25	31,3	37,5	43,8	50
Hopfenklee	23	28,8	34,5	40,3	46	Kammgras	28	35	42	49	56
Esparssette	194	242,5	291	339,5	388	Wiesenrispengras	23	28,8	34,5	40,3	46
Wundklee	23	28,8	34,5	40,3	46	Gemeines Rispengras	23	28,8	34,5	40,3	46
Gemeiner Schottenklee	23	28,8	34,5	40,3	46	Hainrispengras	34	42,5	51	59,5	68
Sumpfschottenklee	14	17,5	21	24,5	28	Fioringras	17	21,3	25,5	29,8	34
Englisches Raigras	50	62,5	75	87,5	100	Ruchgras	33	41,3	49,5	57,8	66
Italienisches Raigras	48	60	72	84	96	Rohrglanzgras	25	31,3	37,5	43,8	50
Französisches Raigras	81	101,3	121,5	141,8	162	Aufrechte Trespe	61	76,3	91,5	106,8	122
Goldhafer	33	41,3	49,5	57,8	66	Wehrlose Trespe	55	68,8	82,5	96,3	110
Wiesenschwingel	47	58,8	70,5	82,3	94	Gemeine Schafgarbe	12	15	18	21	24
Rohrschwingel	47	58,8	70,5	82,3	94	Wiesenflockenblume	10	12,5	15	17,5	20
Roter Schwingel	36	45	54	63	72	Becherblume	42	52,5	63	73,5	84
Schafschwingel	33	41,3	49,5	57,8	66	Kümmel	23	28,8	34,5	40,3	46
Verschiedenblättriger Schwingel	39	48,8	58,5	68,3	78						

Es gibt noch andere Tabellen, welche zwar in ähnlicher Weise aufgestellt sind, aber in ihren Angaben über die erforderlichen Zuschläge sehr voneinander abweichen. Nachstehendes Beispiel gibt den Bedarf an Saatmenge für eine Dauerwiese an, unter Zugrundlegung der Steblerschen Zahlen mit 75% Zuschlag.

Beispiel: Eine Rieselwiese soll bestehen aus:

Obergräser;		abgerundet:
10% Fuchsschwanz	so sind für ein ha nötig:	4,5 kg
20% Wiesenschwingel,	" " " " " "	16,5 "
10% Knaulgras,	" " " " " "	7,0 "
20% Timothee,	" " " " " "	7,0 "
Untergräser:		
10% Wiesenrispengras	" " " " " "	4,0 "
5% gemeines Rispengras,	" " " " " "	2,0 "
10% Fioringras	" " " " " "	3,0 "
10% englisches Raigras,	" " " " " "	9,0 "
5% Kammgras	" " " " " "	2,5 "
		55,5 kg
Hierzu würde man als Gewürze noch nehmen: Ruchgras		0,5 "
		Kümmel 1,0 "
		zusammen 57,0 kg

Nachstehende Tabelle 16 ist eine Zusammenstellung der von verschiedenen Autoritäten für zweckmäßig gehaltenen Samenmischungen, wobei auch wieder die großen Unterschiede ins Auge fallen, welche die Samenmischungen bei den Autoren zeigen.

Im allgemeinen soll man die angegebenen Mischungen nicht als ein für allemal feststehende Rezepte, sondern nur als Anhaltspunkte betrachten und ist es am besten, wenn man sich umschaut und sieht, welche — natürlich erstklassigen — Gräser in der Nachbarschaft unter ähnlichen Verhältnissen gut fortgekommen sind und sich dann darnach richtet. Auch die häufig schwankenden Preise der Gräser sind bei ihrer Auswahl von entscheidender Bedeutung.

Tabelle 16.

Samenmischungen für Dauerwiesen in kg auf das ha.

(1—4 Rieselwiesen. U. = Untergras. sf. = sehr früh. f. = früh. mf. = mittelfrüh. s. = spät.)

Name	Nach Schenk abgeändert		Nach Werner		Nach Stebler		Guter Sandboden, nach Strecker		Frische Wiese, nach Strecker		Entsäuerte Moorwiese, nach Strecker		Moorwiese, nach Stebler		Moordammwiese, nach Wittmack	
	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg
	1	2	3	4	5	6	7	8								
U. s. Fioringras	14,3	1	10	12	10	3	?	2	?	2	?	2	10	3	10	3
sf. Wiesenfuchsschwanz	14,3	21	—	—	10	4,4	—	6	—	4	—	6	5	2,2	5	2
U. sf. Ruchgras	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0,5
f. Französisches Raigras	14,3	42	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	5	7
U. mf. Goldhafer	—	—	—	—	5	3	—	2	—	3	—	—	5	2,9	2	1
f. Weichhaariger Hafer	—	—	10	20	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
U s. Zittergras	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—

Name	Nach Schenk abgeändert		Nach Werner		Nach Stebler		Guter Sandboden, nach Strecker		Frische Wiese, nach Strecker		Entsäuerte Moorwiese, nach Strecker		Moorwiese, nach Stebler		Moordammwiese, nach Wittmack	
	‰	kg	‰	kg	‰	kg	‰	kg	‰	kg	‰	kg	‰	kg	‰	kg
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
U. Kammgras	—	—	10	6	—	—	—	9	—	6	—	6	—	—	5	2,5
mf. Knaulgras	—	—	—	—	10	7	—	3,5	—	10	—	2,5	5	3,5	5	3,5
mf. Rohrschwengel	—	—	—	—	10	8,2	—	15	—	—	—	—	5	4,1	5	4
mf. Wiesenschwengel	14,3	14	20	40	10	8,2	—	15	—	8	—	10	5	4,1	5	4
U. Rotschwengel	—	—	—	—	10	6,3	—	10	—	—	—	8	10	6,3	5	3
mf. Wolliges Honiggras	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5	2	—	—
sf. Italienisches Raigras	—	12	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—
U. f. Englisches Raigras	—	—	10	15	—	—	—	4	—	10	—	—	—	—	—	—
s. Rohr-Glanzgras	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	4	—	—	5	2,5
s. Timothee	14,3	4	25	8	10	3,3	—	7,5	—	8	—	10	10	3,3	15	5
U. f. Wiesenrispengras	14,3	5	10	4	10	4	—	2	—	4	—	3	10	4	5	2
U. f. Gemeines Rispengras	14,3	4	5	2	—	—	—	—	—	3	—	5	—	—	5	2
Kleegewächse usw.																
f. Gemeiner Hornklee	—	—	—	—	—	—	—	1	—	0,5	—	—	—	—	—	—
s. Sumpf-Hornklee	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	20	4,9	5	1
s. Hopfenklee	—	—	—	—	—	—	—	3	—	0,5	—	—	—	—	—	—
s. Bastardklee	—	—	—	—	10	2,4	—	2	—	2,5	—	3	10	2,5	10	2,5
mf. Immerwährend. Rotklee	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	5	2
s. Weißklee	—	—	—	—	5	1,2	—	2	—	4	—	2	—	—	—	—
mf. Vogelwicke	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	0,5	—	—	—	—
f. Kümmel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1

Um kein Unkraut aufkommen zu lassen und um das Wachstum der jungen Saat zu schützen, gibt man eine Überfrucht. Hierzu wählt man Hafer oder Sommerroggen, welcher vor der Grassaat eingebracht wird.

Nach Stebler soll Hafer recht dick gesät und dreimal grün geschnitten werden. Als Aussaat rechnet man 5 hl auf ein ha und der erste Schnitt soll erfolgen, wenn der Hafer eine Höhe von 15—20 cm hat, der zweite, wenn er wieder 60—90 cm hoch ist und der dritte, bei dem aber schon mehr Gras als Hafer geschnitten wird, im Herbst. Gras- und Kleesamen wird zweckmäßig nicht zusammen, sondern nacheinander eingebracht, indem man erst den Klee, vielleicht zusammen mit den schweren Gräsern, wie Timothee und Kammgras, und dann die übrigen Gräser, nachdem sie vorher gut gemischt sind, einbringt.

§ 6. Zum Schluß sei noch das wichtigste über die Anlage und Pflege der Wiesen gesagt, soweit dasselbe nicht schon in den früheren Abschnitten geschehen ist.

Die Reihenfolge der bei Ausführung von Wiesenbauten vorzunehmenden Arbeiten ist folgende: Absteckung der zur Ent- und Bewässerung erforderlichen Anlagen und Bauwerke; Ausführung der Haupt-, Neben-, Zug- usw. Gräben zur Trockenlegung des Geländes; Herstellung der Stauschleusen, Brücken, Durchlässe, Drains und überhaupt aller Arbeiten, welche eine besondere Gründung oder tiefes Aufgraben des Bodens erfordern; Umformung (bei Kunstbauten) des Geländes zur Bewässerung und Ausführung der Be- und Entwässerungsrinnen. Die Umformung des Bodens geschieht bekanntlich in der Weise, daß zunächst der Rasen abgedeckt, dann die erforderliche Erdarbeit ausgeführt und dann der Rasen wieder aufgebracht wird.

Das Abdecken des Rasens geschieht entweder in unregelmäßigen, schmalen Stücken, sogenannten Plaggen, — was aber des großen Rasenverlustes wegen nicht zu empfehlen ist — oder in quadratischen oder rechteckigen Stücken von 0,30—0,35 m Seitenlänge und 8—10 cm Stärke oder durch Rollen von 0,25 m Breite und größeren Längen. Das Aufbringen des Rasens erfolgt durch verbandmäßiges Zusammenlegen der Plaggen oder Stücke oder durch Abrollen. Die Fugen werden mit Mutterboden ausgefüllt, mit Rasenstückchen gehörig verzwickelt und darauf die ganze Oberfläche mit einem an einem Stiel befestigten flachen Brett (Rasenklatsche) festgeschlagen.

Neuangelegte Wiesen bedürfen einer sorgfältigen Pflege. Besonders ist darauf zu halten, daß im ersten Jahre das Gras nicht zu kurz abgeschnitten und die Wiese in den ersten Jahren in jedem Frühjahr gewalzt wird. Ältere Wiesen werden in jedem Jahre gegegt. Je nach dem Boden düngt man jährlich oder nur alle zwei Jahre, oder, wie bei Rieselwiesen, überhaupt nicht. Kahle Stellen müssen nachgesät werden, wozu man  $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{3}$  der Vollsaaat nimmt. Es empfiehlt sich die Nachsaat im Herbst, nach dem zweiten Schnitt, einzubringen und nicht, wie vielfach geschieht, im Frühjahr, da dann die jungen Pflanzen leicht von den stark treibenden älteren erdrückt werden. Zur Nachsaat empfiehlt sich Klee oder — nach Stebler — Kammgras, auch Timothee, Wiesenfuchsschwanz, Rohrglanzgras, Wiesenschwingel und Knaulgras, Goldfaser, englisches und italienisches Raigras.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**



## Sachregister.

- Abbruch 53.  
Abfangen von Quellen 55.  
Abflüsse, Herstellung neuer 21.  
Abflusses, Hindernisse des natürlichen 26.  
Abgerieseltes Wasser 66, 80.  
Abklärungszeit 63.  
Ablagerung, Schlamm- 66.  
Ableitung des geklärten Wassers 64, 66.  
Absatzdrain 41.  
Abschlußschleusen 73.  
Absolute Feuchtigkeit 2.  
Absorptionsvermögen des Bodens 17.  
Absperrschieber 83.  
Abstecken des Drainplans 52.  
Abtorfung 88.  
Abtreppung der Sohle 23, 53.  
Abwasser 83, 84.  
Abzweigrohren, Verwendung von 56.  
Abzugsgraben 80, 83.  
Abzugsrinne 78, 79, 80.  
Achterkanäle 87.  
Ackerboden 10, 14.  
Ackerkulturen, Düngung und Bestellung der 94.  
Algen, Einwachsen von 61.  
Anfeuchtende Bewässerung 19, 64, 65, 67, 72, 80.  
Anfeuchtung der Wiesen 65.  
Anlieger, Zusammenfassung der 1.  
Anpflanzung, Entwässerung durch 20.  
Anstau 67, 75.  
Auffangen der Gebirgsgewässer 24.  
Aufstauen der Röhren 43.  
Ausführung der Drainage 52.  
— von Drainageverbindungen 56.  
— Handwerkszeug bei Ausführung der Erdarbeiten 53, 54.  
Ausgleichbecken 23.  
Ausheben der Gräben 53, 54.  
Aushebung, Kosten für die Aushebung des Bodens 60.  
Auskrautung der Pflanzen 20, 21.  
Auslaßschleusen 27.  
Ausmündung 44, 53, 57, 58.  
Auspumpens, Beginn und Ende des 28.  
Ausräumung der Sinkstoffe 20, 21.  
Auswintern des Getreides 15.  
Bagger, Eimer- 22.  
— Hand- 22.  
Baggerkasten 22.  
Barren, Entstehung der 12.  
Bauern, Moor- 87.  
Becherwerke 69.  
Becken, Grundwasser- 8.  
Beetgraben 23, 91.  
Beipfahl 52.  
Berieselung 65, 77, 78, 83, 84.  
— Stau- 75.  
Bewässerung 1, 19, 64.  
— anfeuchtende 19, 64, 65, 67, 72, 80.  
— das beste Wasser zur 66.  
— düngende 19, 64, 65, 66, 72.  
— erwärmende 67.  
— Frühjahrs- 67.  
— Herbst- 66.  
— kräftige 65.  
— der Ländereien 64.  
— Rotations- 65, 66.  
— Sommer- 64, 67.  
— tiefliegender Flächen 66.  
— Umlauf- 65, 66.  
— Winter- 64, 67.  
— zerstörende 67.  
Bewässerungsanlage, Leeste-Brinkumer 76.  
— Kosten einer 82.  
Bewässerungsarten, Die verschiedenen 73.  
Bewässerungsgruppe 81.  
Bewässerungshauptkanal 69.  
Bewässerungssystem 82.  
Bewässerung mit Schmutzwasser 82, 84.  
Bewässerungszwecke, Gewinnung des Wassers für 67.  
Binnengräben 20, 23, 27.  
Binnenlandkanäle 22.  
Binnensee 69.  
Bleisand 85.  
Blöcke, Entstehung der eratischen 12.  
Boden 10.  
— flachgründiger 12.  
— Gersten- 14.  
— Gneis- 13.  
— Granit- 13.  
— Hafer- 14.  
— humoser 14.  
— Kalk- 14, 17.  
— Kultur- 10.  
— Lehm- 14, 17.  
— leichter 15, 66.  
— Marsch- 12.  
— Mergel- 17.  
— Moor- 14, 18.  
— Mutter- 54.  
— Natur- 10.  
— Sand- 14, 17.  
— schwerer 15, 40, 65, 66.  
— Stein- 14, 17.  
— tiefgründiger 12, 14.  
— Ton- 14, 17.  
— Untergrund- 54.  
— Wald- 10.  
— Wiesen- 10.  
Bodenarten, Beschreibung der verschiedenen 17.  
— durchlassende 65.  
Bodenbildung 11, 12, 13.  
Bodenbestandteile, Wärmekapazität der 15.  
Böden, Zusammensetzung verschiedener 16.  
Bodenerhöhung 62, 64.  
Boden-Haupt- u. Untergruppen 14.  
Bodenkälte 15, 40.  
Bodenkunde 10.  
Boden-Nährstoffe 16.  
Bodennässe 15.  
Bodenschichten, Undurchlässige 15, 40.  
Bodenstruktur 14.  
Bodenuntersuchungen 19.

- Bodenwasser 15.  
 Bodenwärme 15.  
 Bodens, Absorptionsvermögen des 17.  
 — Auffrieren des 15.  
 — Bedeutung des 15.  
 — Blattnährstoffe des 16.  
 — Durchlässigkeit des 75.  
 — Durchlüftbarkeit des 16, 81.  
 — Einzelkornstruktur des 14.  
 — Erwärmung des 64.  
 — Geldreinertrag des 14.  
 — Geldrohertrag des 14.  
 — Gewinnung fruchtbaren 23.  
 — Klassifikation des 13.  
 — Kornertträge des 13.  
 — Kosten für die Aushebung des 60.  
 — Krümelstruktur des 15.  
 — Kulturart des 14.  
 — Kulturwert des 14.  
 — Reinigung des 64.  
 — Wurzelnährstoffe des 16.  
 Böschungen der Kanäle 23.  
 Bohrlöcher 62.  
 Brachbearbeitung 89.  
 Brackiges Wasser 8.  
 Brechstangen 54.  
 Breithacke 54.  
 Breitspaten 52.  
 Brennen gegen den Wind 89.  
 — mit dem Winde 89.  
 Brennkultur 88.  
 Brennverfahren 87.  
 Bruch 86.  
 Brücken 71.  
 Brunnenstuben 49.  
 Brunnen, Untersuchungs- 49.  
 — Versenkung des Wassers mittelst 62.  
 Bulten 86.  
 Bülten 86.  
 Bunkererde 88.  
 Busen 27.  
 — Haupt- 28.  
 — Vor- 28.  
 Dammgräben 23.  
 Dammkultur, Moor- 91, 94.  
 Dämme, Zwischen- 63.  
 Dampf, Wasser- 1.  
 Dampfkraft bei Entwässerungsanlagen 37.  
 Dampfmaschinen 37.  
 Dargtorf 86.  
 Dauerweiden 97.  
 Dauerwiesen 97.  
 Deckschicht 93.  
 Deichschleusen 68.  
 Deutsche Hochmoorkultur 89.  
 Doppeldrains 55.  
 Drängewasser 18, 20.  
 Drain 39, 81, 83.  
 drain, to 39.  
 Drain, Absatz- 41.  
 — Firststein- 42.  
 — Formholz- 41.  
 — Haupt- 52.  
 — Hohlziegel- 42.  
 — Kopf- 19, 20, 55.  
 — Reisig- 41.  
 — Steinpackungs- 41.  
 — Stein- 39.  
 — Torf- 41.  
 — Vorflut- 82.  
 — Ziegelstein- 42.  
 Drainage 20, 39, 81, 84.  
 — Ausführung der 52.  
 — Einzel- 44.  
 — -Entwurf 50, 51.  
 — -Gräben 54.  
 — holländische 62.  
 — Die Kunst der 39.  
 — Längs- 45, 49.  
 — natürliche 45.  
 — Parallel- 44.  
 — partielle 44.  
 — Quer- 45, 49, 81.  
 — der Staubecken 84.  
 — -System 44.  
 — Vertikal- 62.  
 — Vorteile der 40.  
 — Wiesen- 80.  
 Drainanlagen, Beurteilung der 17.  
 Drainbesteck 53.  
 Drainbewässerung nach Petersen 81, 82.  
 Drainierens, Art des 41.  
 Drainierung 40.  
 — Kosten der 60.  
 Drainkoeffizient 47.  
 Drainplans, Abstecken des 52.  
 Drainrohpresse 42.  
 Drainröhren, Herstellung der 42.  
 — Kennzeichen guter 43.  
 — Verwendung der 44.  
 — Die Wasserführung der 46.  
 Drainrohrweiten, Tafel zur Bestimmung der 47, 48.  
 — Tabelle zur Bestimmung der 47.  
 Drains, Bestimmung der Gefälle bei 46.  
 — Doppel- 55.  
 Drains, Entfernung der 45, 46.  
 — Entwässerung durch 91, 92.  
 — in Moor zu verlegen 56.  
 — Sammel- 44.  
 — Sauge- 44.  
 — Tiefe der 44, 46.  
 — Verbindung der 56.  
 — unter Wegen 60, 61.  
 Drainstrang 48.  
 Drainverbindungen, Ausführung von 56.  
 Drainwassers, Wiederverwendung des 81.  
 Druckhöhe 83.  
 Druckrohr 82.  
 Dünen, Entstehung der 12.  
 Düngende Bewässerung 19, 64, 65, 66, 72.  
 Düngers, Aufbringung des künstlichen 66.  
 Düngung des Moores 89.  
 Dünkelberg 40.  
 Durchlüftbarkeit des Bodens 16.  
 Eimerbagger 22.  
 Eindeichung der Niederung 26, 68.  
 — der Randgräben 20.  
 Einlaßschleuse 64, 71, 72, 73, 75.  
 Einlaßschütz 83.  
 Einschwemmen von Sand 61.  
 Einstauung 75.  
 Einzeldrainage 44.  
 Einzelkornstruktur des Bodens 14.  
 Eises, Einfluß des 11.  
 Entlastungsvorrichtungen 76.  
 Entwässerung 1, 18, 19, 83.  
 — durch Drains 91, 92.  
 — durch Gräben 19, 91, 92.  
 — Binnengraben- 27.  
 — der Ländereien 18.  
 — von Mulden 49.  
 — von Niederungen 29.  
 — Vor- und Nachteile der Graben- 39.  
 — durch Anpflanzung 20.  
 Entwässerungsanlage 89, 90, 91.  
 — Beispiel einer 37, 39.  
 Entwässerungsanlagen, Dampfkraft bei 37.  
 Entwässerungsfurchen 23.  
 Entwässerungsgraben 76, 89.  
 — Haupt- 71.  
 — -Rinnen 78.  
 Eratischen Blöcke, Entstehung der 12.  
 Erdarbeiten, Handwerkszeug bei Ausführung der 53, 54.

- Erde, ursprüngliche Beschaffenheit unserer 10.  
— Entwicklungsgeschichte der 10.
- Erdrinde, Mineralien der 11.
- Erhöhung niedriggelegener Grundstücke 62.
- Fabriken, Abwasser von 84.
- Fangfurchen 23.
- Fanggräben 19, 20, 59.
- Faschinen 39, 41.
- Fehnkultur 87, 89.
- Feuchtigkeit, absolute 2.  
— relative 2.
- Filters, Anlage eines 60.
- Filz 85.
- Firststeindrain 42.
- Flächen, Ermittlung der zu bewässernden 66.  
— -Nivellement 19  
— vollbewässerte 65, 66.
- Flüsse, Gehalt der Flüsse an Sinkstoffen 63.
- Flusses, Wasserführung eines 63.
- Formationen, geologische 10.
- Formholzdrain 41.
- Frühjahrsbewässerung 67.
- Fruchtgattungen 13.
- Furchen, Entwässerungs- 23.  
— Quer- 23.  
— Sammel- 23.
- Gärten 14.
- Gebirgsgewässer, Auffangen der 24.
- Gebirgshochmoore 86.
- Gebrauchswert der Samen 95, 96.
- Gefälle in den Hauptkanälen 63.  
— — — Nebenkanälen 63.
- Gefälles, Richtung des stärksten 45.
- Gefällwechsel 48.  
— Verringerung des 23.
- Geländes, Umformung des 83.
- Geologische Formationen 10.
- Gerhardt 40.
- Gerhardtsche Tafel zur Bestimmung der Drainrohrweiten usw. 47, 48.
- Gerstenboden 14.
- Geschwindigkeit des Wassers 63, 69.
- Gesteine, basische 11, 12.  
— Einteilung der 11.  
— saure 11, 12.  
— Verwitterung der 12.
- Getreides, Auswintern des 15.
- Gneisboden 13.
- Grabenentwässerung, Vor- und Nachteile der 39.
- Grabens, Kreuzung eines tiefen, wasserführenden 59.
- Graben, Rückleitungs- 71.
- Grabenstaubau 75.
- Gräben 59, 61.  
— Abzugs- 80, 83.  
— Ausheben der 53, 54.  
— Beet- 23, 75.  
— Damm- 23.  
— Drainage 54.  
— Entfernung der 23, 92.  
— Entwässerung durch 19, 91, 92.  
— Entwässerungs- 76, 89.  
— Fang- 19, 20, 59.  
— Haupt- 23, 75.  
— Kopf- 19, 20.  
— Neben- 23.  
— Rand- 19, 20, 23, 26, 75.  
— — Eindeichung der 20.  
— Seiten- 23.  
— Verteilungs- 80, 82.  
— Zufüllen der 57, 61.  
— Zug- 23, 78, 83, 89, 92.  
— zugeschüttete 60.  
— Zuleitungs- 83.
- Grabspaten 53.
- Grasmoor 86.
- Gräser, echte 95.  
— Ober- 95, 97, 98.  
— Unter- 95, 97, 98.  
— wasserfliehende 95.  
— wasserliebende 95.
- Granitboden 13.
- Graupeln 3.
- Grippen 89.
- Grundpfähle 53.
- Grundstücke, Erhöhung niedriggelegener 62.  
— Verteilung des Wassers auf die einzelnen 72.
- Grundstücken, Wasser von benachbarten 18.
- Grundwasser 7, 8, 18, 19, 20, 54, 69.  
— Eindringen von fremden 55.
- Grundwasserbecken 8.
- Grundwasserbett 9.
- Grundwassersenkung 18, 23, 75.
- Grundwasserspiegel 9, 18, 85.  
— Gefälle des 9.
- Grundwasserstand 85.
- Grundwasserströme 8.
- Grundwasserträger 7.
- Grundwasserstandes, Beobachtungen des 9, 19.  
— Einfluß des 8.  
— Hebung des 23.
- Grundwassers, Anstauung des 9.  
— Bewegung des 9.  
— Fallen des 9.  
— Kalkverbindungen des 8.  
— Schwankungen des 8.
- Grünlandsmoor 86, 90, 91, 92.  
— Kompostierung von 90.
- Hacke, Breit- 54.  
— Rode- 54.  
— Spitz- 54.
- Hänge 65.
- Härtegrade 8.
- Haferboden 14.
- Hagel 3.
- Haken, Lege- 54.
- Handbagger 22.
- Handwerkszeug bei Ausführung der Erdarbeiten 53, 54.
- Hangbau 77, 82, 83.  
— künstlicher 77, 80.  
— natürlicher 77.
- Harke, Kraut- 21.
- Hauptbusen 28.
- Hauptdrain 52.
- Hauptentwässerungsgraben 71.
- Hauptgräben 23, 75.
- Hauptkanal 87, 88.
- Hauptkanälen, Gefälle in den 63.
- Hauptsammler 44, 81.
- Hauptzuleiter 69, 70.
- Hehebäume 54.
- Hebemaschinen, gebräuchliche Wasser- 29.
- Heber-Zentrifugalpumpe 32.
- Hebwerke, Betrieb der Wasser- 34.
- Heideerde 86.
- Heidehumus 86.
- Heidetorf 86.
- Herbstbewässerung 66.
- Hochmoor 91.
- Hochmoore, Gebirgs- 86.
- Hochmoores, Kultur des 88.
- Hochmoorkultur, Die deutsche 89.
- Hochwasser 18.
- Hochwasserkanal 22.
- Höhenkurven 19.
- Hohlziegeldrains 42.
- Holzungen 14.
- Hubhöhe 28, 29.
- Hülsenfrüchte 94.
- Hufschlag 93.

- Humus 13, 14, 86.  
Hypneto-Cariceto-Graminetum 86.
- Infraaquatische Moore 86.  
Inwieken 87, 88.
- Kalkboden 14, 17.  
Kalkverbindungen des Grundwassers 8.  
Kanallinie 70.  
Kanäle, Achter- 87.  
— Bewässerungshaupt- 69.  
— Binnenland- 22, 23.  
— Böschungen der 23.  
— Haupt- 87, 88.  
— Hochwasser- 22.  
— Neben- 23, 24, 72, 87, 88.  
— Parallel- 22.  
— Rand- 24.  
— Umfluß- 22.  
— Verbindungs- 87, 88.  
— Verteilungs- 72.  
— Zuleitungs- 63, 80.  
Kelle 54.  
Kettenpumpe 33.  
Klegrasschläge 96, 97.  
Kolbenpumpe 31, 34.  
Kolmation 62.  
Kompostierung von Grünlandsmoor 90.  
Kondensation 3.  
Kopfdrains 19, 20, 55.  
Kopfräben 19, 20.  
Krautbeseitigung mit der Kette 21.  
Krautharke 21.  
Krautung im Wasser 21.  
Kreiselpumpe 31.  
Krümelstruktur des Bodens 15.  
Kulturboden 10.  
Kultur, Brenn- 88.  
— Die deutsche Hochmoor- 89.  
— Fehn- 87, 89.  
— Kosten der Moordamm- 94.  
— Moor- 85, 87, 94.  
— Moordamm- 91.  
— Veen- 87.  
Kulturen, Acker- 94.  
Kulturwert des Bodens 14.  
Kurven, Höhen- 19.  
Kuverwasser 18, 20, 35.
- Ländereien, Bewässerung der 64.  
Längen-Nivellement 19.  
Längsdrainage 45, 49.  
Landesmeliorationen, Vorarbeiten für die 19.  
Landregen 6.
- Landwirtschaftliche Verbesserungen 1.  
Legehaken 54.  
Leguminosa 94.  
Leguminosen, Blüten der 95.  
Lehmboden 14, 17.  
Lehnigk, Schilfmähmaschinen von 21.  
Leitung des Wassers 62.  
Lokomobilen 37.  
Luch 86.  
Luftabkühlung 3.  
Luftstrom, aufsteigender 3.  
Luft, Wassergehalt der gesättigten 2.  
— Wasser in der 1.
- Marschböden, Entstehung der 12.  
Meliorationsarbeiten 1.  
Meliorationsgebiet 19.  
Meliorationsgebietes, Spezialkarte des 19.  
Melioration, Hauptgruppen der 1.  
— Müden-Nienhofer 80.  
Meliorationen, Bedeutung und Zwecke der 1.  
— Vorarbeiten für die Landes- 19.  
Mergelboden 17.  
Mineralien der Erdrinde 11.  
Mineralische Niederschläge 61.  
Mineralischer Untergrund 85.  
Moder 85.  
Mösse 85.  
Moor, Drains in Moor zu verlegen 56.  
— Gras- 86.  
— Grünlands- 86, 90, 91, 92.  
— Heide-Moos- 85.  
— infraaquatisches 86.  
— Kompostierung von Grünlands- 90.  
— schwimmendes 87.  
— Unterwasser- 86.  
— Wiesen- 86.  
Moorbauern 87.  
Moorbildung 85, 86.  
Moorboden 14, 18.  
Moordammkultur 91, 94.  
Moore, Gebirgs-Hoch- 86.  
— Hoch- 85, 86, 87, 91.  
— Müll- 89.  
— Niederungs- 85, 86, 87.  
— supraaquatische 85.  
— Überwasser- 85.  
Moores, Düngung des 89.  
— Durchlüftbarkeit des 93.  
— Entstehung des 13, 85.
- Moores, Setzen des 92.  
— Untergrund des 86.  
Moorinsel 87.  
Moorkultur 85, 87, 94.  
— Die deutsche Hoch- 89.  
Moorsubstanz 86.  
Moorwiesen 90.  
Moos 85.  
Moosbruch 85.  
Moostorf 85, 86.  
Moränen, Entstehung der 12.  
Mühle, Tonnen- 29.  
— Wind- 34.  
Muffenrohre 61, 81.  
Mulden, Entwässerung von 49.  
Mutterboden 54.
- Nährflüssigkeit 85.  
Nährstoffgehalt des Wassers 65.  
Nährstoffe, Pflanzen- 14, 16, 17, 75.  
Nährstoffen, Lösung von 64.  
— Verbreitung von 64.  
Naturboden 10.  
Nebel 3.  
Nebenkanäle 23, 24, 72, 87, 88.  
Nebenkanälen, Gefälle in den 63.  
Niederschläge 2.  
— Bestimmung der 3.  
— Messung der 6.  
— mineralische 61.  
— Stärke der 2.  
Niederschlagswassers, Verdunstung des 7.  
— Versickerung des 7.  
Niederung, Eindeichung der 26.  
— eingedeichte 68.  
Niederungsentwässerung 26, 29.  
Niederungsmoore 85, 86, 87.  
Nivellement 19.  
Normalstau-Wasserhöhe 73, 76.
- Obergräser 95, 97, 98.  
Obermarsche Pumprad 31.  
Ödland 14.  
Ombrometer 6.  
Ortsteinschicht 85.
- Paralldrainage 44.  
Parallelkanäle 22.  
Pegelbeobachtungen 19.  
Petersen 81.  
— Drainbewässerung nach 81, 82.  
Petersensche Wiesen 80.  
Pfähle, Grund- 53.  
— Sammeldrain- 52.  
— Saugdrain- 52.  
— Zwischen- 52.

- Pflanze, Ernährung und Weiterbildung der 13.  
 — Verwesung der 13.  
 Pflanzen, Auskrautung der 20, 21.  
 Pflanzennährstoffe 14, 16, 17, 75.  
 Picken 54.  
 Plaatsen 87.  
 Plaggen 100.  
 Platzregen 6.  
 Pumpe, Heber-Zentrifugal- 32.  
 — Ketten- 33.  
 — Kolben- 31, 34.  
 — Kreisel- 31.  
 — Patent-Zentrifugal- 33.  
 — Wasserstrahl- 34.  
 — Zentrifugal- 32, 33.  
 Pumpenhaus 37.  
 Pumprad, Obermarsche 31.  
  
 Qualmwasser 18.  
 Quelle 8.  
 Quellen, Abfangen von 55.  
 Quellwasser, entsäuertes 69.  
 Querdrainage 45, 49, 81.  
 Quersfurchen 23.  
 Querprofile der Wasserläufe 19.  
  
 Randgräben 19, 20, 23, 26, 75.  
 Randkanäle 24.  
 Rasens, Abdecken des 100.  
 — Aufbringen des 100.  
 Rasensoden 93.  
 Raubreif 3.  
 Räumung 21.  
 — durch Graben 22.  
 — unter Wasser 22.  
 Regen 3.  
 — Land- 6.  
 — Platz- 6.  
 Regendauer 6.  
 Regenhöhe 4.  
 Regenmengen 2.  
 Regenmesser 6.  
 Regenwasser 3.  
 Regulierung des Vorfluter 20.  
 Reif 3.  
 Reisigdrain 41.  
 Ried 85.  
 Rieselfeld 82, 84.  
 Rieseln 84.  
 Rieselrinnen 77, 78, 79, 80, 81, 82.  
 Rieselwasser 83.  
 Rieselwassers, Ableitung des 66.  
 — Versickerung des 80.  
 — wiederholte Benutzung des 66.  
 Rieselwiesen 65, 80, 100.  
 Rimpau, T. H. 91.  
  
 Rinnen, Abzugs- 78, 79, 80.  
 — Entwässerungs- 78.  
 — Verteilungs- 63, 78, 81.  
 Rodehacke 54.  
 Rohr, Druck- 82.  
 — Stand- 83.  
 Rohre, Drain- 81.  
 — Muffen- 61, 81.  
 — Zweig- 83.  
 Röhren, Aufstauchen der 43.  
 — Brennen der 43.  
 — Form der 40.  
 — Formen der 42.  
 — krumme 55.  
 — Länge der 48.  
 — Querschnitt der Ton- 42.  
 — Rollen der 43.  
 — Die tönernern 42.  
 — Verlegen der 42, 53, 54, 55, 56.  
 — Versacken einzelner 61.  
 — Verstopfungen der 61.  
 — von den Röhren abzuführende Wassermengen 47.  
 Rohrlänge 44.  
 Rohrtorf 86.  
 Rohrweiten, Berechnung der 47.  
 — Bezeichnung der 50, 52.  
 Rotationsbewässerung 65, 66.  
 Rücken 65.  
 — Etagen- 79, 80.  
 Rückenbau 77, 82.  
 — künstlicher 77, 79, 80.  
 — natürlicher 77, 78, 79.  
 Rückleitungsgraben 71.  
 Rückstau 66.  
  
 Saatmenge 97.  
 Samen, Gebrauchswert der 95, 96.  
 — Keimfähigkeit der 96.  
 — Reinheit der 96, 97.  
 Samenmischungen 98.  
 Sammeldrain-Pfähle 52.  
 Sammeldrains (Sammler) 44, 81, 82.  
 — bei der Querdrainage 49.  
 Sammelfurchen 23.  
 Sammler, Haupt- 44, 81.  
 — Tiefe der 44.  
 — Zwischen- 49.  
 Sand, Blei- 85.  
 Sandboden 14, 17.  
 Sand, Einschwemmen von 61.  
 Sandhaltige Wasserschichten 73.  
 Sandsteinschicht 85.  
 Saugedrains (Sauger) 44, 45, 55, 81, 82.  
 Saugedrain-Pfähle 52.  
  
 Sättigungsdefizit 3.  
 Schächte, Versitz- 62.  
 Scheibenkunst 33.  
 Schichten, durchlassende 40, 45.  
 Schieber, Absperr- 83.  
 Schilfmähmaschine 21.  
 Schippe 54.  
 Schlammablagerung 66.  
 Schleuse, Abschluß- 73.  
 — Deich- 68.  
 — Einlaß- 64, 71, 72, 73, 75.  
 — Stau- 71, 75, 81.  
 Schlickhaltige Wasserschichten 73, 75.  
 Schmutzwasser 84.  
 — Bewässerung mit 82.  
 Schnecke, Wasser- 29, 34.  
 Schneckenrad 31.  
 Schnee 3.  
 Schneehöhe, Bestimmung der 6.  
 Schneetiefe, spezifische 6.  
 Schöpfträder 69.  
 Schöpfwerkes, Lage des 27.  
 — Leistung des 28.  
 — Stärke des 28.  
 Schraube, holländische Wasser- 29.  
 Schwanenhals 54.  
 Schweißwasser 18, 20, 70.  
 Schwimmer 83.  
 Schütz 73.  
 Schütz, Einlaß- 83.  
 See, Binnen- 69.  
 Seespiegelsenkung 23.  
 — Nachteile der 23.  
 Seihwasser 18.  
 Seitengräben 23, 53.  
 Seiten-Nivellement 19.  
 Sense 21.  
 Sensenblätter 21.  
 Sichel 21.  
 Sicherung gegen das Eindringen von Tieren 58.  
 Sicherungsmittel 61.  
 Sickerwasser, Einfluß des 8.  
 Siele 68, 73, 76.  
 Sinkstoffe, Ausräumung der 20, 21.  
 Sinkstoffen, Gehalt der Flüsse an 63.  
 Soden, Rasen- 93.  
 Sohle, Abtreppung der 23, 53.  
 Sohlschwelle 53.  
 Sommer, Regenmengen im 2.  
 Sommerbewässerung 64, 67.  
 Sommerwassersenkung 18.  
 Soolband 85.  
 Spaten, Breit- 52.

- Spaten, Grab- 53.  
 Sphagneto-Eriophoreto-Callu-  
 netum 85.  
 Spitzhacke 54.  
 St. Paul, von 90.  
 Standrohr 83.  
 Stauanlagen 67.  
 Staubau, Graben- 75.  
 Staubecken 69, 84.  
 — Drainage der 84.  
 Stauberieselung 75, 82.  
 Staubretter 73, 80.  
 Stauffer 63.  
 Stauhöhe 65.  
 Stau, Rück- 66.  
 Stauschleusen 71, 75, 81.  
 Stauvorrichtungen 23.  
 Stauwehr 75.  
 Stauwerk 81.  
 Stauwiese 73.  
 Steinboden 14, 17.  
 Steindrains 39.  
 Steinpackungsdrain 41.  
 Stichmaß 52.  
 Strangentfernung, Tabelle über  
 die Bestimmung der 45.  
 Streu, Torf- 86.  
 supraaquatische Moore 85.  
  
 Tagewasser 18, 19, 20.  
 — oberirdisch abfließendes 60.  
 Tau 3.  
 Taupunkt 3.  
 Temperatur, Einfluß der 11.  
 Th a e r, Albrecht 14.  
 Tiefenlage des Drains 44, 46.  
 Tiefgründiger Boden 12, 14.  
 Tiere, Sicherung gegen das Ein-  
 dringen der 58.  
 Tonboden 14, 17.  
 Tonnenmühle 29.  
 Tonröhren, Aufstauchen der 43.  
 — Brennen der 43.  
 — Formen der 42.  
 — Querschnitt der 42.  
 — Rollen der 43.  
 Torf 85, 88.  
 — Darg- 86.  
 — Heide- 85, 86.  
 — Moos- 85, 86.  
 — Rohr- 86.  
 Torfdrains 41.  
 Torfstreu 86.  
 Trockenlegung 76, 81.  
 — Beispiel einer 24.  
 Trockenschuppen 43.  
 Turbinen 34, 69.  
  
 Überfälle 63, 76.  
 Überfrucht 99.  
 Überleitungen 71.  
 Übersättigung des Bodens 84.  
 Überschwemmungsgebiet natür-  
 licher Wasserläufe 86.  
 Überstauungen 65, 73, 74, 75, 82.  
 Überwassermoore 85.  
 Umflußkanäle 22.  
 Umformung des Geländes 83.  
 Umlaufbewässerung 65, 66.  
 Umlaufverfahren 81.  
 Umstellung des Wassers 66.  
 Untergräser 95, 97, 98.  
 Untergrund, mineralischer 85.  
 Untergrundboden 54.  
 Unterleitungen 71.  
 Untersuchungsbrunnen 49.  
 Unterwassermoor 86.  
  
 Veenkultur 87.  
 Venn 85.  
 Ventil 81, 82.  
 Verbesserungen, landwirtschaft-  
 liche 1.  
 Verbindungskanäle 87, 88.  
 Verdunstung 2, 6.  
 Verdunstungshöhe 7.  
 Verkohlung 13.  
 Verlandung 53.  
 Verlegen der Röhren 53, 54, 55, 56.  
 Vermoderung 13, 85.  
 Verrieselung 84.  
 Versacken einzelner Röhren 61.  
 Versenkung des Wassers mittelst  
 Brunnen 62.  
 Versickerung 7.  
 Versitzschächte 62.  
 Verstopfung, Beseitigung einer 61.  
 — der Röhren 61.  
 Verteilung des Wassers auf die  
 einzelnen Grundstücke 72.  
 Verteilungsgräben 80, 82.  
 Verteilungskanäle 72.  
 Verteilungsrinnen 63, 78, 81.  
 Vertikaldrainage 62.  
 Vertorfung 13, 85, 86.  
 Verwesung der Pflanzen 13, 86.  
 Verwitterung der Gesteine 12.  
 Vincent 40.  
 Vollbewässerte Flächen 65, 66.  
 Vooraffen 87.  
 Vorbusen 28.  
 Vorflut, künstliche 20, 26.  
 — natürliche 20.  
 Vorflutdrain 82.  
 Vorfluter 20, 23, 44, 53, 54, 78.  
  
 Vorfluter, neue 22.  
 — Regulierung des 20.  
 Vorflutgräben, Abmessung der 18.  
 — Wasserstand der 19.  
 Vorgewende 92.  
  
 Wärmekapazität der Bodenbe-  
 standteile 15.  
 Waldboden 10.  
 Wasser, Ab- 83.  
 — abgerieseltes 66, 80.  
 — Das beste Wasser zur Bewäs-  
 serung 66.  
 — brackiges 8.  
 — Dränge- 18, 20.  
 — Hoch- 18.  
 — Krautung im 21.  
 — Kuver- 18, 20, 35.  
 — in der Luft 1.  
 — Qualm- 18.  
 — Räumung unter 22.  
 — Regen- 3.  
 — Riesel- 83.  
 — sauerstoffreiches 75.  
 — Schmutz- 82, 84.  
 — Schweiß- 18, 20, 70.  
 — Seih- 18.  
 — Sommer-, Senkung 18.  
 — Tag- 18, 19, 20.  
 — von benachbarten Grund-  
 stücken 18.  
 Wasserabflusses, Beseitigung zu  
 schnellen 23.  
 Wasserbecken, geschlossene 86.  
 Wasserbedarf 65, 75, 76.  
 Wasserbedürfnis 65.  
 Wasserdampf 1.  
 Wasserflächen 14.  
 Wasserführung, Die Wasserfüh-  
 rung der Drainröhren 46.  
 — eines Flusses 63.  
 Wassergehalt der gesättigten  
 Luft 2.  
 Wasserhebeamaschinen, gebräuch-  
 liche 29.  
 Wasserhebewerke, Betrieb der  
 34.  
 Wasserhöhe, Normalstau- 73, 76.  
 Wasserläufe, Querprofile der 19.  
 — Überschwemmungsgebiet na-  
 türlicher 86.  
 Wassermengenmessung 19.  
 Wassermengen, von den Röhren  
 abzuführende 47.  
 Wassermoore, Über- 85.  
 — Unter- 86.  
 Wässerräder 34.

- Wasserscheiden, Durchbrechung von 23.  
 Wasserschichten, sandhaltige 73.  
 — schlickhaltige 73, 75.  
 Wasserschnecke 29.  
 Wasserschraube, holländische 29.  
 Wasserspiegelsenkung 89.  
 Wasserstand des Vorflutgrabens 19.  
 Wasserstockwerke 9.  
 Wasserstrahlpumpen 34.  
 Wasserverluste 70.  
 Wassers, Abführung des 62.  
 — Ableitung des geklärten 64.  
 — Absenkung des 62.  
 — Benutzung des 62.  
 — Einfluß des 11, 12.  
 — Geschwindigkeit des 63, 69.  
 — Gewinnung des Wassers für Bewässerungszwecke 67.  
 — Härte des 8.  
 — Heben des 69.  
 — Kreislauf des 3.  
 — Leitung des 62.  
 — Nährstoffgehalt des 65.  
 — Umstellung des 66.  
 — Versickerung des Riesel- 80.
- Wassers, Verteilung des Wassers auf die einzelnen Grundstücke 72.  
 Watten, Entstehung der 12.  
 Wegen, Drains unter 60, 61.  
 Wehre 22, 67, 68, 71, 75.  
 Weiden 14, 94.  
 — Dauer- 97.  
 — Wechsel- 96.  
 Wiepen 52.  
 Wiesen 14, 94.  
 — Anfeuchtung der 65.  
 — Anlage von 94, 99.  
 — Dauer- 97.  
 — drainierte 80.  
 — Moor- 90.  
 — Petersensche 80.  
 — Pflege von 99, 100.  
 — Riesel- 65, 80, 100.  
 — saure 94.  
 — Stau- 73.  
 — süße 94.  
 — Wechsel- 96.  
 Wiesenbauten, Ausführung von 99.  
 Wiesenbewässerung 19.  
 Wiesenboden 10.  
 Wiesen Drainage 80.
- Wiesenmoor 86.  
 Wiesenpflanzen 94.  
 Windes, Einfluß des 12.  
 Windmühlen 34.  
 Windräder 35, 69.  
 Winterbewässerung 64, 67.  
 Wolken 3.  
 Wurfrad 30, 34.  
 Wurzelnährstoffe des Bodens 16.
- Zentrifugalpumpe 32, 69.  
 — Heber- 32.  
 — mit stehender Achse 33.  
 — Patent- 33.  
 Ziegelsteindrains 42.  
 Zufüllen der Gräben 57, 61.  
 Zuggräben 23, 78, 83, 89, 92.  
 Zuleiter, Haupt- 69, 70.  
 Zuleiters, Lage des 19.  
 Zuleitungsgräben 83.  
 Zuleitungskanal 63, 70, 80.  
 Zweigrohre 83.  
 Zwischendämme 63.  
 Zwischenpfähle 52.  
 Zwischensammler 49.

Wissenschaften 55  
Wissenschaften 51  
Wissenschaften 48  
Wissenschaften 45  
Wissenschaften 42  
Wissenschaften 39  
Wissenschaften 36  
Wissenschaften 33  
Wissenschaften 30  
Wissenschaften 27  
Wissenschaften 24  
Wissenschaften 21  
Wissenschaften 18  
Wissenschaften 15  
Wissenschaften 12  
Wissenschaften 9  
Wissenschaften 6  
Wissenschaften 3

Wissenschaften 55  
Wissenschaften 51  
Wissenschaften 48  
Wissenschaften 45  
Wissenschaften 42  
Wissenschaften 39  
Wissenschaften 36  
Wissenschaften 33  
Wissenschaften 30  
Wissenschaften 27  
Wissenschaften 24  
Wissenschaften 21  
Wissenschaften 18  
Wissenschaften 15  
Wissenschaften 12  
Wissenschaften 9  
Wissenschaften 6  
Wissenschaften 3

Wissenschaften 55  
Wissenschaften 51  
Wissenschaften 48  
Wissenschaften 45  
Wissenschaften 42  
Wissenschaften 39  
Wissenschaften 36  
Wissenschaften 33  
Wissenschaften 30  
Wissenschaften 27  
Wissenschaften 24  
Wissenschaften 21  
Wissenschaften 18  
Wissenschaften 15  
Wissenschaften 12  
Wissenschaften 9  
Wissenschaften 6  
Wissenschaften 3









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301503