

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. ....

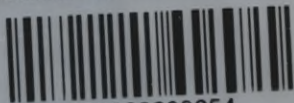
# KULTURTECHNIK

---

Erster Band, zweiter Teil

VIGENTUM

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

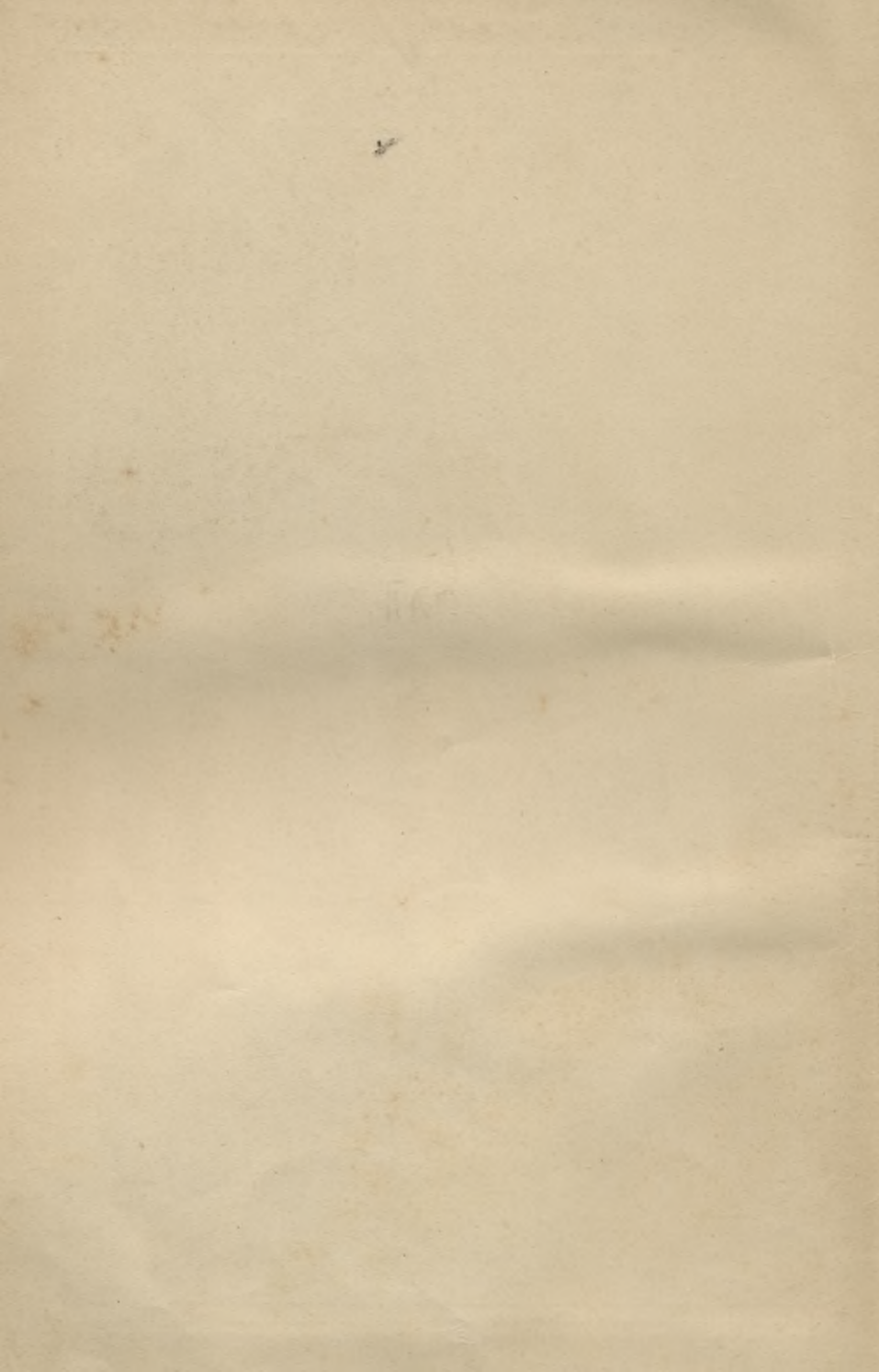


100000299254

P. SCHÖBER  
AKADEM. BUCHHANDLUNG

*spad. Jerd. et cult. pedum.*





# GRUNDLEHREN DER KULTURTECHNIK.

Dritte Auflage,

unter Mitwirkung von

Prof. Dr. **M. Fleischer**, Geh. Ober-Reg.- und vortragendem Rat im Landwirtschafts-Ministerium zu Berlin, **P. Gerhardt**, Geh. Bau- und vortragendem Rat im Ministerium der öffentl. Arbeiten zu Berlin, Dr. **E. Gieseler**, Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, Dr. **Th. Freiherrn v. d. Goltz**, Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Universität Bonn, Direktor der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, **M. Grantz**, Reg.- und Baurat, Prof. an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, **A. Hüser**, Oberlandmesser der Generalkommission zu Kassel, **H. Mahraun**, Reg.-Rat zu Kassel, **W. v. Schleich**, Oberfinanzrat zu Stuttgart, Dr. **L. Wittmack**, Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw. Hochschule und der Universität zu Berlin,

herausgegeben von

**Dr. Ch. August Vogler,**

Geh. Regierungsrat, Professor an der Landw. Hochschule zu Berlin.



**Erster Band, zweiter Teil.**

Mit 559 Textabbildungen und 6 Tafeln.

BERLIN.

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW, Hedemannstrasse 10.

1903.



116047

Übersetzungsrecht vorbehalten.

# Inhalt.

## Technischer Teil.

### Vierter Abschnitt.

#### Baukunde

von Max Grantz,

Regierungs- und Baurat, Professor an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

#### A. Erdbau.

##### Kapitel I.

##### Vorarbeiten.

	Seite
1. Allgemeines . . . . .	3
2. Bodenuntersuchungen . . . . .	3
3. Massenberechnung . . . . .	4
4. Massenverteilung . . . . .	14
5. Massennivellement . . . . .	14

##### Kapitel II.

##### Ausführung der Erdarbeiten.

6. Allgemeines . . . . .	18
7. Das Lösen des Bodens . . . . .	19
8. Transport des Bodens . . . . .	20
9. Herstellung der Auf- und Abträge . . . . .	25
10. Befestigung der Böschungen . . . . .	27
11. Rutschungen . . . . .	28

#### B. Wegbau.

##### Kapitel III.

##### Vorarbeiten.

12. Allgemeines . . . . .	30
13. Tracieren der Wege . . . . .	32
14. Krümmungs- und Steigungsverhältnisse . . . . .	33
15. Querprofile der Strafsen . . . . .	36

##### Kapitel IV.

##### Ausbau der Wege.

16. Ausführung der Erdarbeiten . . . . .	38
17. Entwässerung der Strafsen . . . . .	38
18. Befestigung der Strafsen . . . . .	40
19. Schutzvorrichtungen . . . . .	44

## C. Brückenbau.

## Kapitel V.

## Vorarbeiten zum Brückenbau.

	Seite
20. Einleitung. Einteilung der Brücken . . . . .	45
21. Wahl der Übergangsstelle . . . . .	46
22. Bestimmung der lichten Weite und Höhenlage der Brücke . . . . .	47
23. Fahrbahnbreiten . . . . .	50

## Kapitel VI.

## Konstruktion der Holzbrücken.

24. Einleitung . . . . .	51
25. Der hölzerne Unterbau . . . . .	51
26. Der massive Unterbau . . . . .	58
27. Balkenbrücken einschliesslich der Fahrbahn . . . . .	61
28. Sprengwerksbrücken . . . . .	71
29. Hängewerksbrücken . . . . .	74
30. Ersatz der Holzbalken durch eiserne Träger . . . . .	75

## Kapitel VII.

## Durchlässe und kleinere massive Brücken.

31. Allgemeines . . . . .	80
32. Röhrendurchlässe und Plattendurchlässe . . . . .	81
33. Gewölbte Durchlässe und kleinere massive Brücken . . . . .	88
34. Deichsiele . . . . .	93
35. Überleitung und Dücker . . . . .	95

## Kapitel VIII.

## Veranschlagung von Brücken und Durchlässen.

36. Allgemeines . . . . .	102
37. Kostenanschlag zur Erbauung einer hölzernen Balkenbrücke . . . . .	103
38. Kostenanschlag eines massiven Durchlasses . . . . .	111

## D. Wasserbau.

## Kapitel IX.

## Grundbau.

39. Allgemeines . . . . .	118
40. Grundpfähle und Spundwände . . . . .	120
41. Das Eintreiben der Grundpfähle und Spundwände mittelst Rammen . . . . .	122
42. Fangdämme . . . . .	124
43. Das Ausbaggern der Baugrube . . . . .	126
44. Trockenlegung der Baugrube . . . . .	127
45. Hydraulischer Mörtel, Zement, Beton . . . . .	128
46. Die verschiedenen Fundierungsarten . . . . .	130

## Kapitel X.

## Ausbau der Wasserläufe.

47. Allgemeines . . . . .	137
48. Umfang und Art des Ausbaues . . . . .	139
49. Befestigung der Ufer . . . . .	143
50. Befestigungen über dem gewöhnlichen Wasserstande . . . . .	144
51. Befestigungen unter dem gewöhnlichen Wasserstande . . . . .	148
52. Sohlenbefestigungen . . . . .	154



Kapitel XI.

**Stauanlagen.**

	Seite
53. Zweck und Wirkung eines Staues . . . . .	161
54. Anordnung und Konstruktion der Wehre . . . . .	163
55. Feste Wehre . . . . .	167
56. Bewegliche Wehre . . . . .	173

Kapitel XII.

**Ländliche Wasserleitungen.**

57. Die Beschaffung guten Wassers . . . . .	188
58. Wassermenge . . . . .	189
59. Beschaffenheit des Wassers . . . . .	190
60. Wasserbedarf . . . . .	191
61. Quellenfassung . . . . .	195
62. Zuführung des Wassers . . . . .	198
63. Eiserne Druckrohrleitung . . . . .	200
64. Beispiel . . . . .	207
65. Veranschlagung . . . . .	211
Literatur zum IV. Abschnitt . . . . .	213

Fünfter Abschnitt.

**Kulturtechnik**

von Paul Gerhardt,

Geheimem Bau- und vortragendem Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten.

Kapitel I.

**Einleitung.**

1. Kreislauf des Wassers . . . . .	215
2. Regenhöhen . . . . .	216
3. Regenmesser . . . . .	217
4. Regenschreiber . . . . .	220
5. Verdunstung . . . . .	223
6. Versickerung . . . . .	223
7. Entstehung des Grundwassers . . . . .	224
8. Höhe des Grundwasserstandes . . . . .	224
9. Entwässerung und Bewässerung . . . . .	226

Kapitel II.

**Entwässerung.**

10. Ziele der Entwässerung . . . . .	227
11. Auftreten des schädlichen Wassers . . . . .	228
12. Randgräben und Fanggräben . . . . .	229
13. Entwässerung durch Anpflanzung . . . . .	230
14. Natürliche Vorflut . . . . .	231
15. Räumung und Krautung . . . . .	231
16. Regulierung der Vorfluter . . . . .	237
17. Anlage neuer Vorfluter . . . . .	243
18. Seesenkungen . . . . .	244
19. Künstliche Vorflut . . . . .	245
20. Zeit des Auspumpens . . . . .	247

	Seite
21. Stärke der Schöpfwerke . . . . .	250
22. Wasserschrauben und Wasserschnecken . . . . .	252
23. Wurfäder und Pumpräder . . . . .	254
24. Kolbenpumpen . . . . .	256
25. Kreisel- und Zentrifugalpumpen . . . . .	257
26. Betriebskräfte der Wasserhebwerke . . . . .	261
27. Gräben und Furchen . . . . .	266
28. Vergleich zwischen Graben-Entwässerung und Drainage . . . . .	268

## Kapitel III.

## Drainage.

29. Geschichte der Drainage . . . . .	270
30. Vorteile der Drainage . . . . .	271
31. Erd- und Torfdrains . . . . .	272
32. Faschindrains . . . . .	273
33. Steindrains . . . . .	276
34. Das Eindringen des Wassers in die Röhren . . . . .	278
35. Systematische Drainage . . . . .	279
36. Tiefe der Drains . . . . .	279
37. Richtung der Sauger. Längs- und Querdrainage . . . . .	281
38. Geringste Gefälle der Drains . . . . .	284
39. Strang-Entfernung . . . . .	285
40. Zulässige Länge der Sauger . . . . .	286
41. Wasserführung der Drainröhren . . . . .	288
42. Berechnung der Drainröhren . . . . .	289
43. Berechnung der Vorfluter . . . . .	292
44. Regulierung der Vorfluter . . . . .	294
45. Tagwassergräben auf drainiertem Boden . . . . .	296
46. Abstecken und Nivellieren der Drainzüge . . . . .	297
47. Ausheben der Draingräben . . . . .	300
48. Verlegen der Drainröhren . . . . .	303
49. Verfüllen der Gräben . . . . .	306
50. Verbindung der Drains . . . . .	307
51. Ausmündungen . . . . .	309
52. Sicherung der Ausmündungen . . . . .	311
53. Sicherung der Ausmündungen durch Klappen . . . . .	312
54. Sicherung der Ausmündungen durch Gitter . . . . .	313
55. Sicherung der Ausmündungen ohne Klappen oder Gitter . . . . .	316
56. Äußere Ausstattung der Ausmündungen . . . . .	316
57. Doppeldrains . . . . .	318
58. Kopfdrains und Quellen im Drainagefelde . . . . .	318
59. Drains im Trieb sand . . . . .	319
60. Drains im Moor . . . . .	321
61. Brunnenstuben . . . . .	322
62. Tagwassereinlässe (sog. Filter) . . . . .	322
63. Gräben im Drainagefelde . . . . .	323
64. Wege im Drainagefelde . . . . .	324
65. Bäume und Hecken . . . . .	325
66. Verstopfungen der Drains . . . . .	326
67. Herstellung der Drainröhren . . . . .	328
68. Absenken des Wassers. Holländische und Vertikal-Drainage . . . . .	333
69. Versenkung des Wassers durch Brunnen . . . . .	334
70. Darstellung der Drainpläne . . . . .	336
71. Veranschlagung der Drainageentwürfe . . . . .	338

Drainierte Wiesen s. Kap. V, §§ 108 und 109.

## Kapitel IV.

## Moorkultur.

	Seite
72. Kultur der Hoch- und Grünlandsmoore . . . . .	344
73. Entwässerung bei der Rimpau'schen Moordammkultur . . . . .	344
74. Das Setzen des Moores . . . . .	349
75. Einebnung des Moores . . . . .	351
76. Deckschicht und Hufschlag . . . . .	353
77. Aufbringen der Deckschicht . . . . .	355
78. Düngung und Bestellung der Ackerkulturen . . . . .	357
79. Mischkultur . . . . .	360
80. Moorweiden . . . . .	362
81. Moorwiesen mit Kompostierung nach Saint-Paul . . . . .	363
82. Moorwiesen mit Sanddecke . . . . .	364
83. Moorwiesen ohne Sanddecke . . . . .	367
84. Veen-Kultur . . . . .	369
85. Brennkultur . . . . .	371
86. Deutsche Hochmoorkultur . . . . .	372

## Kapitel V.

## Bewässerung.

87. Das Bewässerungswasser . . . . .	378
88. Das Wasserbedürfnis . . . . .	379
89. Wasserbedürfnis zur Anfeuchtung . . . . .	380
90. Wasserbedarf zur düngenden Bewässerung . . . . .	382
91. Wasserverluste . . . . .	383
92. Wiederholte Benutzung des Wassers . . . . .	384
93. Bewässerung durch Umlauf (Rotation) . . . . .	384
94. Beschaffung des Wassers . . . . .	385
95. Wasserhebewerke für Bewässerungen . . . . .	385
96. Der Hauptzuleiter . . . . .	388
97. Auflandungen (Kolmationen) . . . . .	390
98. Bewässerung von Bäumen . . . . .	392
99. Bewässerung von Wiesen . . . . .	394
100. Grabenstaubau . . . . .	395
101. Die gewöhnliche Überstauung oder die Stauwiese . . . . .	396
102. Stauberieselung . . . . .	399
103. Natürlicher Hangbau . . . . .	400
104. Künstlicher Hangbau . . . . .	404
105. Künstlicher Rückenbau . . . . .	405
106. Stafflrücken (Etagenrücken) . . . . .	409
107. Natürlicher Rückenbau . . . . .	411
108. Drainierte Wiesen . . . . .	414
109. Petersen'sche Wiesen . . . . .	415
110. Ausführung der Wiesenbauten . . . . .	419
111. Betrieb der Bewässerung . . . . .	422
112. Das Rieselwasser der großen Städte . . . . .	424
113. Die Berieselung mit städtischem Kanalwasser . . . . .	425

## Kapitel VI.

## Eindeichung.

114. Deiche . . . . .	429
115. Winterdeiche . . . . .	430
116. Sommerdeiche . . . . .	431
117. Die Höhe der Sommerdeiche . . . . .	432
118. Überlaufstellen . . . . .	434

	Seite
119. Ausführung der Deiche . . . . .	434
120. Deichbrüche . . . . .	436
121. Deichverteidigung . . . . .	438
122. Einpolderungen . . . . .	439
123. Gefahren der Winterpolder . . . . .	441
124. Einlassen des Winterhochwassers in die Polder . . . . .	443
125. Anlage von Sommerdeichpoldern . . . . .	445
126. Benutzung des Winterwassers in Sommerdeichpoldern . . . . .	446
127. Berechnung der Bauwerke bei Sommerdeichpoldern . . . . .	447
Literatur zum V. Abschnitt . . . . .	449

## Sechster Abschnitt.

### Tracieren

von dem Herausgeber.

Ein Beispiel als Einleitung.

1. Entwerfen eines Weges auf Grund eines fertigen Lageplanes mit Niveaukurven . . . . .	453
2. Entwerfen ohne Karte . . . . .	459
3. Einteilung der Traciarbeiten . . . . .	461

### Kapitel I.

#### Geometrische Vorerhebungen.

4. Grundlegende Anschauungen bei Aufnahme des Geländes . . . . .	463
5. Aufnahme nach Längen- und Querprofilen . . . . .	466
6. Aufnahme auf Grund eines Liniennetzes oder Rostes. Entwerfen von Niveaukurven . . . . .	472
7. Geländeaufnahme auf Grund eines fertigen Lageplanes . . . . .	478
8. Barometrisches Einwägen . . . . .	480
9. Aufsuchen von Linien begrenzten Gefälles . . . . .	487

### Kapitel II.

#### Vorerhebungen durch Tachymetrie.

10. Das tachymetrische Aufnehmen . . . . .	492
11. Tachymetrisches Stationieren . . . . .	495
12. Kleinaufnahme mit dem Nivelliertachymeter für wagrechte Sicht . . . . .	502
13. Desgleichen mit dem Gefällschraubentachymeter . . . . .	506
14. Kleinaufnahme mit dem tachymetrischen Theodolit . . . . .	510
15. Flüchtige Kompafszüge . . . . .	518
16. Ausarbeiten der Pläne. Rechenhilfsmittel . . . . .	520

### Kapitel III.

#### Übertrag der Entwürfe aufs Gelände.

17. Bestimmungspunkte . . . . .	528
18. Abstecken von Geraden . . . . .	530
19. Abstecken von Krümmungen ohne Verwendung des Theodolits . . . . .	536
20. Kreisabsteckung mit dem Theodolit . . . . .	539
21. Kreisabsteckung nach Koordinaten . . . . .	544
22. Sonstige Arten der Kreisabsteckung . . . . .	546

	Seite
23. Aufsuchen von Berührungspunkten . . . . .	550
24. Übergangskurven . . . . .	552
25. Spurerweiterung . . . . .	557
26. Abrundung der Neigungswechsel . . . . .	558
27. Böschungsschnitt im Gelände, Profilbreiten, Lattenprofile, Schnurgerüste . . . . .	559

## Anhang.

28. Zur Kubatur der Erdkörper . . . . .	565
Literatur zum VI. Abschnitt . . . . .	573
Sachregister . . . . .	575

## Verzeichnis der Tafeln.

	Nach Seite
III. Entwurf einer Wegbrücke . . . . .	106
IV. Massiver Durchlaß von 2 m Lichtweite . . . . .	114
V. Übersichtsplan einer Wasserleitung . . . . .	212
VI. Höhenplan eines Hauptvorfluters . . . . .	240
VII. Drainageentwurf, Lageplan . . . . .	336
VIII. Wiesenmelioration . . . . .	414

## Berichtigungen.

- S. 237 Zeile 3 v. u. statt Tafel V lies: **Tafel VI.**  
 S. 241 Textzeile 4 v. u. } desgleichen.  
 S. 243 Zeile 1 v. o. }



# Technischer Teil.

---





## Vierter Abschnitt.

### Baukunde.

---

#### A. Erdbau.

##### Kapitel I.

##### Vorarbeiten.

###### § 1.

**Allgemeines.** Bei der Ausführung von Erdarbeiten handelt es sich entweder um die Einebnung größerer Flächen, oder um die Herstellung eines Erdkörpers für Wege, Wasserläufe u. s. w.

In jedem Falle werden die vorbereitenden Arbeiten von den Ausführungsarbeiten selbst zu unterscheiden sein.

Zu den vorbereitenden Arbeiten gehören in erster Linie die Vermessungsarbeiten, die Aufnahme des natürlichen Geländes; denn nur auf Grund dieser Ermittlungen wird es möglich sein, unter Innehaltung der dem Zwecke der Ausführung entsprechenden Gesichtspunkte, die Kosten so gering wie möglich zu gestalten.

Nach Feststellung des Programmes (bei Straßen, ob Verkehrsweg, Wirtschaftsweg u. s. w.; bei Wasserläufen, ob Kanal, Regulierung, Graben u. s. w.) ist zunächst durch örtliche Prüfung (Begehung) der an der Hand vorhandener Karten ermittelten Linie festzustellen, ob sofort hervortretende größere Schwierigkeiten gegen die getroffene Wahl sprechen.

Erst nachdem in dieser Weise, nötigen Falles auch unter Zuhilfenahme von örtlichen Messungen, die zu legende Linie generell festgelegt ist, sind die speziellen Vorarbeiten, die genaue Geländeaufnahme und die sonstigen für die Erdarbeiten erforderlichen Ermittlungen vorzunehmen.

###### § 2.

**Bodenuntersuchungen.** Neben dem Umfange der Erdarbeiten, also der Größe der zu bewegenden Masse, sind die Eigenschaften des Bodens von wesentlichem Einfluß, nicht allein auf die Art der Bauausführung, sondern auch vornehmlich auf die Höhe der Kosten.

Zu den Vorarbeiten gehören demnach auch stets genaue Bodenuntersuchungen, die sich nicht nur auf die Lösbarkeit des Bodens, sondern auch auf die Lagerung und Tragfähigkeit der einzelnen Schichten und auf Wasserführung und Wasserdurchlässigkeit zu erstrecken haben.

Die *Lagerung der Schichten* ist insofern zu beachten, als sowohl durch Einschnitte, wie durch Aufschüttungen die Gleichgewichtsbedingungen der Schichten so gestört werden können, daß Schiebungen und Rutschungen erfolgen. Diese Bewegungen treten namentlich bei wasserführenden Schichten, welche auf undurchlässigem Untergrunde auflagern, sehr leicht ein.

Um das Streichen und Einfallen der Schichten mit genügender Sicherheit zu ermitteln, wird es oft erforderlich sein, die Bodenuntersuchungen auf größere Strecken zu beiden Seiten der gewählten Linie auszudehnen.

Die Untersuchungen werden mittelst Sondierungen und Bohrungen oder durch Herstellung von Schürflöchern und Versuchsschächten ausgeführt.

Das *Sondieren* mit einer unten zugespitzten Rundeisenstange (Sondier-eisen) kann nur über die Festigkeit und Gleichmäßigkeit der obersten Schichten Auskunft geben.

Handelt es sich um eine Bestimmung der einzelnen Bodenarten und um die Klarstellung der einzelnen Schichten, so werden Apparate (Bohrer) zur Anwendung kommen müssen, die es ermöglichen, aus jeder Tiefe Bodenproben zu Tage zu fördern. Die Konstruktion der Bohrer ist je nach der Beschaffenheit des Bodens verschieden. Für weiche Bodenarten wählt man allgemein den Löffelbohrer oder Ventilbohrer, für feste Bodenarten und Gestein den Meißelbohrer in seinen verschiedenen Ausbildungen.

Über die *Wasserhältnisse*, besonders über die Menge des Wassers, erhält man durch die Bohrungen ohne Anwendung von Röhrenauskleidungen für das Bohrloch keinen genügenden Aufschluß; denn sobald die erste wasserführende Schicht erbohrt ist, wird das Bohrloch stets mit Wasser angefüllt bleiben und über weitere wasserführende Schichten nur sehr unbestimmte Urteile gestatten.

Von diesen Verhältnissen kann durch Herstellung von Versuchsschächten oder Schürflöchern ein zutreffendes Bild gewonnen werden. Diese geben überhaupt von allen Untersuchungsarten die sichersten Aufschlüsse. Die Schächte werden etwa 1,50 Meter breit und 2,00 Meter lang mit wechselständigen Bühnen zur Bodenförderung angelegt und je nach der Standfestigkeit des Bodens mehr oder weniger fest ausgezimmert.

### § 3.

**Massenberechnung.** Die Ermittlung der zu bewegenden Bodenmassen muß sich dem Charakter der Arbeit, um welche es sich handelt in zweckentsprechender Weise anpassen.

Bei der Aufhöhung oder Abtragung weit ausgedehnter Flächen erfolgt die Berechnung unter Zugrundelegung von Schichtenplänen nach den Körpern, welche sich entweder über einer einheitlichen horizontalen Grundfläche erheben, oder welche von in gleichen Höhenabständen liegenden horizontalen Ebenen begrenzt werden; den Inhalt von Dämmen und Einschnitten bestimmt man dagegen aus einzelnen Querprofilen und deren Abständen von einander.

### A. Berechnung aus Schichtplänen.

1. Zur Ermittlung der über einer einheitlichen horizontalen Fläche sich erhebenden Körper legt man über das umzugestaltende Gelände ein sich winkelrecht kreuzendes Liniennetz (Fig. 1), welches die Fläche in Quadrate von der gleichen Größe  $f^2$  teilt, und mißt in allen Eckpunkten dieser Quadrate die auf- oder abzutragenden Höhen. Werden alsdann die Höhen, welche nur einem ganz bedeckten Quadrat in vorspringenden Ecken des Flächenrandes angehören, mit  $a_1, a_2, a_3 \dots$ , diejenigen, welche zwei solchen Quadraten angehören, mit  $b_1, b_2, b_3 \dots$ , diejenigen, welche drei Quadraten angehören, mit  $c_1, c_2, c_3 \dots$  und diejenigen, welche vier Quadraten angehören, mit  $d_1, d_2, d_3 \dots$  bezeichnet, setzt man ferner den Inhalt des ganzen Körpers  $K = K_I + K_{II}$ , worin mit  $K_I$  die Summe aller ein ganzes Netzquadrat nicht ausfüllenden Massen und mit  $K_{II}$  die Summe aller ein Netzquadrat ausfüllenden Massen I, II, III u. s. w. bezeichnet wird, dann gilt zunächst:

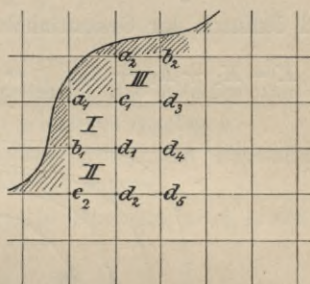


Fig. 1.

$$I = \frac{a_1 + b_1 + c_1 + d_1}{4} \cdot f^2,$$

$$II = \frac{b_1 + c_2 + d_1 + d_2}{4} \cdot f^2,$$

$$III = \frac{a_2 + b_2 + c_1 + d_3}{4} \cdot f^2$$

u. s. w.

Hieraus folgt

$$\begin{aligned} K_{II} &= \frac{f^2}{4} ([a_1 + a_2 + a_3 + \dots] + 2[b_1 + b_2 + b_3 + \dots] + \\ &+ 3[c_1 + c_2 + c_3 + \dots] + 4[d_1 + d_2 + d_3 + \dots]) \\ &= \frac{f^2}{4} (\Sigma a + 2 \Sigma b + 3 \Sigma c + 4 \Sigma d) \\ &= f^2 (\frac{1}{4} \Sigma a + \frac{1}{2} \Sigma b + \frac{3}{4} \Sigma c + \Sigma d). \end{aligned}$$

Die Masse ist natürlich um so genauer ermittelt, je kleiner  $f$  gewählt wird. In sehr unregelmäßigem Gelände mit vielen Kuppen und Senkungen wird  $f$  in der Regel recht klein zu nehmen sein.

Bezeichnet man die zu überschüttende Fläche mit  $G$  und die mittlere Höhe mit  $h$ , so ist

$$G \cdot h = K_I + K_{II}$$

$$\text{also } h = \frac{K_I + K_{II}}{G}$$

2. Bei der Annahme einzelner Schichtenkörper von gleicher Höhe  $h$  ist (Fig. 2)

$$K_I = \frac{G + F_1}{2} \cdot h; \quad K_{II} = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot h; \quad K_{III} = \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot h \text{ u. s. w.}$$

und demnach der Gesamteinhalt

$$K = K_I + K_{II} + K_{III} \dots = \frac{h}{2} (G + 2 [F_1 + F_2 + F_3 + \dots] + F_n).$$

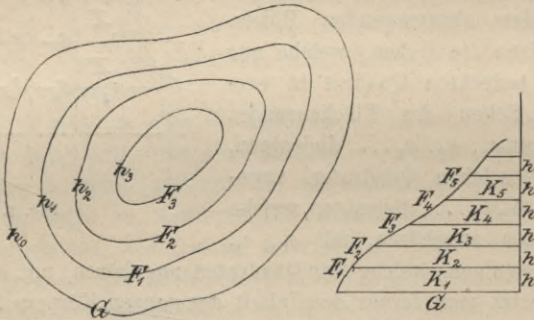


Fig. 2.

*B. Berechnung unter Zugrundelegung von Querprofilen.*

Hier mögen zunächst einige Bemerkungen über Dämme und Einschnitte Platz finden. Die Profilgestaltung von Damm oder Einschnitt hängt zunächst von der erforderlichen Weg-(Planums-)breite, dann von der Neigung der Böschungen, die der Natur der verschiedenen Bodenarten entsprechend zu wählen ist, ab.

Für die verschiedenen Bodenarten empfehlen sich folgende Böschungssteigungen:

Lose Bodenarten, dem Wasser ausgesetzt . . . . .	1 m	Steigung auf	4 m
Looser, feiner Sand, Gartenerde . . . . .	1 "	"	2 "
Grober Sand und Lehm in trockener Lage . . . . .	1 "	"	1 1/2 "
Ton, grober Kies, Gerölle . . . . .	1 "	"	1 1/4 "
Weiches Gestein, Mergel . . . . .	1 "	"	1 "
Festes Gestein, im Auftrage geschüttet . . . . .	1 "	"	3/4 "
Festes Gestein, im Auftrage gepackt . . . . .	1 "	"	1/2 "

Einschnitte im Gestein werden mit tunlichst steilen, unter Umständen mit lotrechten Böschungen ausgebildet; doch ist dies in erster Linie von der Lagerung der Schichten abhängig. Bei stark einfallenden Schichten wird die Böschung oft die Neigung der Schichten erhalten müssen, um Rutschungen und Abstürze zu vermeiden (Fig. 3).

Bei Ermittlung der Profile ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß fast ausnahmslos der Mutterboden (durchschnittlich 15—50 cm stark) von den abzugrabenden oder aufzuhöhenden Flächen entfernt werden muß. Bei Aufträgen (Deichschüttungen) wird durch diese Arbeit nicht selten eine erhebliche Vermehrung der Auftragsmasse bedingt.

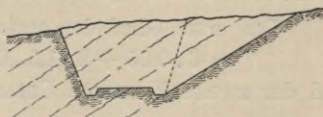


Fig. 3.

Sollen die Böschungen der fertigen Erdkörper mit Mutterboden oder mit Rasen abgedeckt werden, so sind dementsprechend die Abträge um die Stärke der Abdeckung breiter, die Aufträge schmaler anzulegen.

Hierauf ist besonders bei der Dimensionierung und Herstellung kleinerer Zuleiter und Entwässerungsgräben zu achten.

Hierauf ist besonders bei der Dimensionierung und Herstellung kleinerer Zuleiter und Entwässerungsgräben zu achten.

Der Inhalt der Profile kann nach verschiedenen Methoden ermittelt werden.

#### 1. Auf- und Abtragstabellen.

Zur Aufstellung dieser Tabellen läßt man das Quergefälle des Geländes unberücksichtigt und denkt sich die Auf- und Abtragsprofile

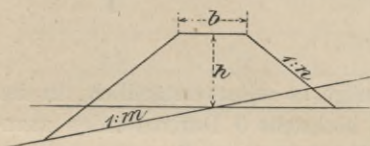


Fig. 4.

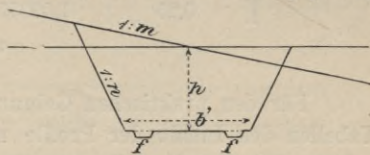


Fig. 5.

mit der mittleren Höhe  $h$  auf einer Horizontalen stehend (Fig. 4 und 5). Der Flächeninhalt des Profils ist dann

$$\text{für Aufträge } F = bh + nh^2,$$

$$\text{für Abträge } F' = b'h + 2f + nh^2,$$

wenn der Querschnitt der beiden Gräben gleich groß und konstant zu  $f$  angenommen wird.

Nimmt man nun die Höhe  $h$  als veränderlich an, so bilden für gleiche Zunahmen  $\Delta$  von  $h$  die Gleichungen Glieder von Reihen zweiter Ordnung, deren zweite Differenzen konstant sind.

Das erste Glied der ersten Unterschiede ist

$$\text{für Auftrag} = b\Delta + 2n\Delta h + n\Delta^2,$$

$$\text{für Abtrag} = b'\Delta + 2n\Delta h + n\Delta^2,$$

der konstante zweite Unterschied ist für Auftrag und Abtrag  $= 2n\Delta^2$ .

Man braucht daher nur den Inhalt von drei in den Höhenabständen der Tabelle aufeinander folgenden Profilen zu berechnen und hieraus die zweite Differenz zu bestimmen, um die weiteren Profillinhalte durch einfache Additionen zu erhalten.

Ist z. B. für einen Auftrag  $b = 6,0$  m, die erste Höhe  $h = 0,05$  m und soll als Höhenzunahme in der Tabelle  $\Delta = 0,05$  m betragen, so ist bei einem Böschungsverhältnis  $n = 1,5$  und bei der ersten Höhe der Profillinhalt  $F = 6 \cdot 0,05 + 1,5 \cdot 0,05^2 = 0,30375$  qm.

Das erste Glied der ersten Unterschiede ist

$$= 6 \cdot 0,05 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 0,05 + 1,5 \cdot 0,05^2 = 0,31125$$

und der zweite konstante Unterschied  $= 2 \cdot 1,5 \cdot 0,05^2 = 0,00750$ .

Hiernach ergibt sich die Tabelle wie folgt:

$h$	$F$	Erster Unterschied	Zweiter Unterschied
0,05	0,30375		
0,10	0,61500	0,31125	
0,15	0,93375	0,31875	0,00750
0,20	1,26000	0,32625	0,00750
0,25	1,59375	0,33375	0,00750

u. s. w.

Für den praktischen Gebrauch genügt es selbstverständlich, in den Tabellen den Inhalt der Profile mit 2, höchstens 3 Dezimalstellen anzugeben. Die Tabelle gilt nur für dasselbe  $b$  und  $n$ . Da aber bei den meisten Projekten die Weg- (Planums-) breite  $b$  konstant ist und das Böschungsverhältnis  $n$  doch jedenfalls für große Strecken dasselbe bleibt, so werden gewöhnlich eine bis zwei Tabellen für ein Projekt genügen.

## 2. Flächenmaßstäbe.

Die Auf- und Abtragstabellen können für den Gebrauch dadurch bequemer gemacht werden, daß man die den einzelnen Höhen entsprechenden Werte auf den Höhenmaßstab, welcher für das Längennivellement benutzt wird, aufträgt. Der Nullpunkt des Maßstabes braucht alsdann nur an die Gradiente (s. S. 11) angelegt zu werden, um am Schnittpunkt von Geländelinie und Skala den Inhalt des Profils ablesen zu können.

Fig. 6 zeigt einen derartigen Maßstab für einen Damm von 6,0 m Kronenbreite und  $1\frac{1}{2}$ facher Böschungsanlage.

Ohne Zugrundelegung von Tabellen erhält man einen Flächenmaßstab, wenn man die Gleichungen

$$F = bh + nh^2 \text{ und } F' = b'h + 2f + nh^2$$

zeichnerisch darstellt, und zwar den ersten Teil der Gleichungen  $b \cdot h$  und  $b'h + 2f$  durch je eine Gerade, den zweiten Teil  $nh^2$  durch eine Parabel (Fig. 7).

Die Gerade konstruiert man am besten nach Berechnung der Profilfläche für die größte vorkommende Höhe  $h$ , die Zeichnung der Parabel erfolgt durch Auftragung mehrerer durch Rechnung ermittelter Punkte, welche untereinander mittelst eines geeigneten Kurvenlineales verbunden werden. Der Maßstab für die Höhen ist zweckmäßig gleich dem Höhenmaßstab des Längennivellements zu wählen; für die als wagrechte Linien erscheinenden Flächeninhalte wählt man die Einheit so, daß eine handliche, nicht zu sehr in die Breite gezogene Figur entsteht. Fig. 7 stellt einen derartigen Maßstab für einen Auftrag bzw. Abtrag von 6 m Kronenbreite und  $1\frac{1}{2}$  facher Böschungsanlage dar. Für den Abtrag ist hierbei an jeder Seite ein Graben mit dem Querschnitt  $f = 1,2$  qm und ein Bankett angenommen, sodafs die Breite  $b' = 11$  m beträgt.

h	0 qm'
0,75	1,76 -
1,0	2,84 -
1,25	4,16 -
1,5	5,76 -
1,75	7,60 -
2,0	9,76 -
2,25	12,16 -
2,5	14,90 -
2,75	17,96 -
3,0	21,36 -
3,25	25,10 -
3,5	29,16 -
3,75	33,56 -
4,0	38,40 -

Fig. 6.

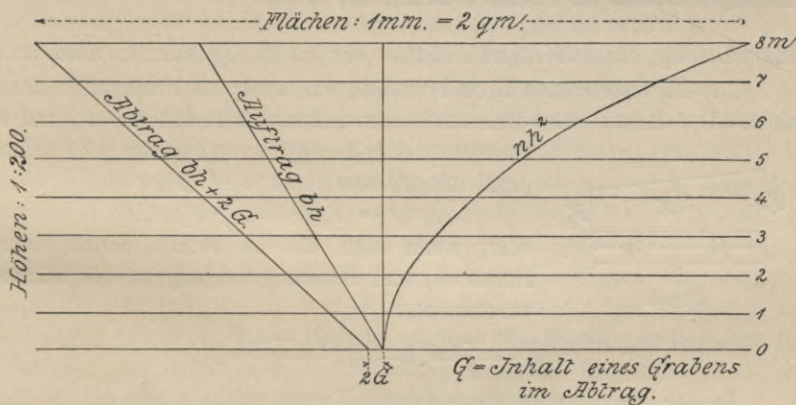


Fig. 7.

Tabellenrechnung und Anwendung von Flächenmaßstäben ist nur dann statthaft, wenn das Quergefälle des Geländes vernachlässigt werden kann und wenn bei Einschnitten die Grabenprofile wenigstens nahezu konstant bleiben. In allen anderen Fällen, namentlich wenn die Gräben ein anderes Gefälle wie der herzustellende Weg (Planum) erhalten, oder wenn die Profile halb im Abtrag und halb im Auftrag liegen, oder wenn

die Profile, wie dies im Berg- und Hügelland vorkommt, eine ganz unregelmäßige Begrenzung zeigen, hat die Ermittlung des Profilingehaltes auf andere Weise zu erfolgen.

### 3. Das Zerlegen.

Das Profil, dem nötigenfalls durch einige Flächenverwandlungen ein möglichst geradliniger Abschluss zu geben ist, wird in einzelne Dreiecke oder Vierecke, deren Größinhalt leicht zu ermitteln ist, zerlegt.

Sehr zweckmäßig findet auch die Planimeter-Harfe Anwendung, die gegebenenfalls, wenn die Querprofile auf Millimeterpapier aufgetragen sind, durch dieses ersetzt werden kann.

### 4. Das Planimetrieren.

Die Anwendung des Polarplanimeters ist bei ganz unregelmäßigen Figuren vorteilhaft, aber auch sonst zu empfehlen, da bei sorgfältiger Ausführung die Genauigkeit der Resultate durchaus hinreicht und Rechenfehler vollständig vermieden werden.

Bei Profilen im Anschnitt müssen die Berechnungen für Auftrag und Abtrag getrennt durchgeführt werden.

Nachdem der Inhalt der einzelnen Profile bestimmt und in Anschnittprofilen Auftrag und Abtrag von einander abgezogen ist, d. h. einerseits die Querförderung und andererseits die Masse des fehlenden oder überschüssigen Bodens im Profile ermittelt ist, erfolgt die

### Ermittlung des kubischen Inhaltes der zu bewegend Erdmassen.

Die herzustellenden Erdkörper sind durchweg als Prismatoide anzusehen. Der Inhalt eines Prismatoides zwischen den Endflächen  $F_0$  und  $F_2$  ist, wenn das in der Mitte von  $l$  gelegene Zwischenprofil mit  $F_1$  bezeichnet wird (Fig. 8),

$$J = (F_0 + 4F_1 + F_2) \cdot l : 6$$

oder, wenn man die Endflächen, sowie deren Höhen ( $h$ ) und Böschungsneigung ( $n$ ) als bekannt voraussetzt,

$$J = \frac{F_0 + F_2}{2} \cdot l - n \cdot l \frac{(h_0 - h_2)^2}{6}.$$

In der Praxis wird diese genaue Formel nicht angewendet. Man setzt entweder

$$J = \frac{F_0 + F_2}{2} \cdot l, \text{ also um } n l \frac{(h_0 - h_2)^2}{6} \text{ zu groß,}$$

oder man ermittelt eine Profillfläche  $F_m$  aus der mittleren Höhe  $\frac{h_0 + h_2}{2}$  und setzt

$$J = F_m \cdot l, \text{ wobei der Inhalt um } n \cdot l \frac{(h_0 - h_2)^2}{12} \text{ zu klein wird.}$$

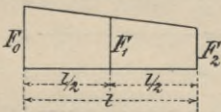


Fig. 8.



Die Resultate der letzteren Formel sind folglich die genaueren. Trotzdem empfiehlt es sich, die erstere Formel anzuwenden, da es für jede Projektaufstellung vorteilhafter ist, zu große, als zu kleine Massen zu erhalten.

Die Ermittlung der Massen durch Rechnung erfolgt zweckmäßig in Tabellenform, wofür nachstehende Tabelle, welche je nach dem Umfange der Arbeiten zu erweitern oder zu vereinfachen ist, als Muster dienen mag:

No. der Station	Höhe des Auftrages		Graben-tiefe		Profilfläche			Profilfläche für		Gemittelte Profilfläche für		Masse			Bemerkungen.		
	rechts	links	Auftrag	Abtrag	bis Planum	Gräben	zusammen	Quer-ausgleich	Längen-ausgleich	Quer-ausgleich	Längen-ausgleich	Länge der Station	des Quer-ausgleiches	des Auftrages		des Abtrages	

Die Berechnung der zu bewegendenden Erdmassen aus der Fläche der Querprofile setzt als selbstverständlich voraus, daß sowohl in jedem Brechpunkte der Erdoberfläche und der Gradienten,<sup>1)</sup> sowie in allen denjenigen Punkten, wo Auftrag und Abtrag ineinander übergehen, Querprofile genommen sind.

Sind die Profilflächen auf graphischem Wege mit Hilfe eines Flächenmaßstabes, also in Gestalt von Liniengrößen ermittelt, so empfiehlt es sich, die letzteren auch direkt für die Massenermittlung zu benutzen.

Man trägt hierzu die Höhen, welche die einzelnen Profiline darstellen, auf den zugehörigen Ordinaten des Längenprofils (Fig. 9a) bei Auftrag unter, bei Abtrag über eine der Gradienten parallele Linie auf und erhält hierdurch das sogenannte *Flächennivellement* (Fig. 9b). In dieser Figur geben z. B. die Abmessungen der Linie  $h_1$  und  $h_2$  nach dem gewählten Maßstabe die Inhalte der Querprofile in Station 7 und 8 in Quadratmetern an. Der Inhalt der Fläche  $abcd$  ist  $J = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)l = \frac{1}{2}(F_7 + F_8) \cdot l$ , also gleich dem kubischen Inhalte des Auftrages zwischen den Stationen 7 und 8. Die mittlere Höhe  $\frac{1}{2}(h_1 + h_2)$  ist demnach dem kubischen Inhalt direkt proportional und braucht nur mit dem Stationsabstand, der für diese Art der Ermittlung zweckmäßig konstant ist, multipliziert zu werden, um den Masseninhalt zahlenmäßig anzugeben.

Trapeze, welche abweichende Breiten (Stationen) haben, sowie die an den Übergangspunkten vom Auftrag zum Abtrag etwa entstehenden Dreiecke von kleinerer Grundlinie, als die konstante Stationsentfernung, müssen hierbei in Figuren von einer Grundlinie gleich der regelmäßigen Stationsentfernung verwandelt werden.

<sup>1)</sup> Gefälllinie im Längenprofil des Erdbauwerkes, zugleich Leitlinie für das den Erdkörper oder Einschnitt erzeugende Querprofil.





## § 4.

**Massenverteilung.** Die Verteilung der zu bewegenden Massen hat zweckmäÙig so zu erfolgen, daÙ Auftrag und Abtrag sich bei kurzem Transportwege möglichen ausgleichen.

Sind die Erdmassen durch Rechnung ermittelt, so kann die Verteilung durch Tabellen nach Maßgabe des folgenden Beispielen vorgekommen werden.

(Siehe die Tabelle auf Seite 15.)

Die Bestimmung des Schwerpunktes ( $\oplus$ ) erfolgt hierbei folgendermaßen:

Für Station 0 bis 5 ist die Hälfte der Masse  $\frac{1588}{2} = 794$ . Der Schwerpunkt der Massen muß demnach zwischen Station 3 und 4 liegen. Da bis Station 3 im ganzen 742,5 cbm erforderlich sind, so fehlen über Station 3 hinaus noch  $794 - 742,5 = 51,5$  cbm. Von Station 3 bis 4 sind im ganzen 594 cbm erforderlich. Hiernach bestimmt sich die Entfernung des Schwerpunktes der Massen zwischen Station 0 und 5 von Station 3 aus der Gleichung  $\frac{594}{100} = \frac{51,5}{x}$ ;  $x = \frac{51,5 \cdot 100}{594} = 8,6$  m.

## § 5.

**Massennivellement.** Wesentlich einfacher und sicherer erfolgt die Massenverteilung mit Hilfe des sogenannten Massennivellements oder Massenprofilen. Zu dem Zweck trägt man (Fig. 9c) die einzelnen Abtragsmassen (mittleren Trapezhöhen) von Station 0 bis 5 auf der Ordinate der Station 0 übereinander auf und zieht durch den Endpunkt jeder Einzelmasse eine Horizontale bis an die Endordinate des zugehörigen Trapezes. Vom letzten Punkt des Abtrages (also in diesem Falle von Station 5) aus setzt man alsdann in gleicher Weise die Massen des folgenden Abtrages nach unten ab und überträgt wieder jeden Endpunkt auf die zugehörige Ordinate u. s. w.

Durch die Verbindung der so gefundenen einzelnen Punkte erhält man das Massen- oder Verteilungsprofil.

Jeder über oder unter der horizontalen Ausgangslinie liegende Buckel bedeutet einen Ausgleich von Auftrags- und Abtragsmassen. Beispielsweise gibt der Buckel über Station 0 bis Station  $6 + 55$  m an, daÙ der Abtrag von Station 0 bis 5 ebensoviel cbm enthält, wie der Auftrag von Station 5 bis  $6 + 55$  m; der Buckel unter Station  $6 + 55$  m bis Station  $13 + 15$  m zeigt, daÙ die Auftragsmassen von Station  $6 + 55$  m bis Station 10 ausgeglichen werden durch die Abtragsmassen von Station 10 bis Station  $13 + 15$  m u. s. w.

In Station	Quertransport cbm	Zu bewegende Massen: Auftrag cbm	Abtrag cbm	Bemerkungen	Transportweiten m
0-1	88	3,5			412
1-2	32	251,5			
2-3	—	487,5	1588	1588 cbm Auftrag von Stat. 0 bis 5 mit dem Schwerpunkt in Station 3 + 8,6 erfolgen durch	
3-4	—	594,0			
4-5	32	251,5			
5-6	—		266,5	1588 cbm Abtrag von Stat. 5 bis 8 + 63,2 mit dem Schwerpunkt bei Stat. 7 + 19,8	
6-7	—		411,0		
7-8	—		558,0		
8-9	—		558,0	1,0 cbm wird seitwärts ausgesetzt	385,2
9-10	—		558,0		
10-11	—		709,0	1882,5 cbm Auftrag von Stat. 8 + 63,2 bis Station 12 mit dem Schwerpunkt bei Station 10 + 25,2 decken	
11-12	—		411,0		
12-13	57	129,0			
13-14	—	703,5	1882,5	1882,5 cbm Auftrag von Stat. 12 bis 15 mit dem Schwerpunkt bei Station 14 + 10,4	
14-15	—	1050,0			
	209	3470,5	3471,5		
			3470,5		
			Übertrag	1,0	

Die Horizontale  $AB$  ist demnach eine Verteilungslinie, welche übersichtlich den Ausgleich und die Verteilung der Abtrags- und Auftragsmassen angibt.

Nach dem ganzen Verfahren ist es klar, daß nicht nur die Linie  $AB$ , sondern jede beliebige, durch die Massenkurve gelegte Horizontale eine Verteilungslinie ist.

Schiebt man die Linie  $AB$  um ein kleines Höhenmaß  $\delta$  (welches nach dem Massenmaßstab  $\mu\delta$  cbm entspreche) nach oben in die Lage  $A_1B_1$ , so bedeutet die neue Verteilungslinie, daß in der Nähe von  $A_1$   $\mu\delta$  cbm seitlich ausgesetzt werden müssen, daß auf die Längen  $m_1$  und  $m_2$   $\mu\delta$  cbm weniger und auf die Länge  $n_1$   $\mu\delta$  cbm mehr zu transportieren sind, während in der Nähe von  $B_1$  weitere  $\mu\delta$  cbm durch Seitenentnahme zu decken sind.

Betragen die Kosten eines cbm seitlicher Ablagerung einschließlich Grunderwerb oder Entschädigung  $c$  Pfennig, die eines cbm seitlicher Entnahme einschließlich Ankaufspreis  $d$  Pfennig, und stellt sich der Transportpreis eines cbm auf die Transportweiten  $m_1$ ,  $m_2$  und  $n_1$  zu  $e$ ,  $f$  und  $g$  Pfennig, so beträgt die Kostendifferenz der Verteilungsart nach Linie  $A_1B_1$  und der nach Linie  $AB$

$$A = \mu\delta(c + d + g - [e + f]) \text{ Pfennig.}$$

Ist die Klammergröße positiv, so gibt die Linie  $AB$  eine billigere Art der Massenverteilung an. Gibt eine um die Größe  $\delta$  tiefer als  $AB$  liegende Verteilungslinie ebenfalls eine positive Differenz, so ist  $AB$  die Linie des billigsten Massenausgleiches. Anderenfalls ist die Untersuchung so lange fortzusetzen, bis die günstigste Linie gefunden ist, was meistens in kurzer Zeit der Fall sein wird.

In der Möglichkeit, die zweckmäßigste Massenverteilung aufzufinden, liegt der bedeutende Vorteil des Massennivellements, der seine Anwendung auch bei vorhergegangener rechnerischer Massenverteilung dringend empfiehlt.

Man wird bemerkt haben, daß die tabellarische Ermittlung der Massenverteilung nur eine mögliche, aber nicht die zweckmäßigste Art der Verteilung angeben kann. Selbst mehrere auf tabellarische Art ermittelte Verteilungsarten werden immer nur unter den ermittelten die beste, aber nie die beste Verteilungsart an sich ergeben.

Die einzelnen Transportweiten der zu bewegenden Massen werden ebenfalls graphisch folgendermaßen ermittelt:

In Fig. 12 bezeichnen  $M_1$  bis  $M_4$  die Massen des Abtrages über  $cb$ , welche die Auftragsmassen über  $ab$  decken. In  $b$  geht der Abtrag in den Auftrag über. Die mittleren Entfernungen der einzelnen Massen von diesem Punkt sind  $x_1$ ,  $x_2$  u. s. w. Es ist mithin  $\Sigma(M \cdot x)$  die Summe aller Massen, multipliziert mit ihren Entfernungen von  $b$ . Verwandelt man

die Figur  $bcd$  in ein Rechteck mit der Höhe  $bd$ , so ist  $\Sigma(M \cdot x) = x_0 \cdot \Sigma M$  und  $x_0$  der gesuchte Abstand des Massenschwerpunktes von  $b$ .

Verfährt man ebenso mit der Figur  $bad$ , so ist die Länge  $l = x_0' + x_0$  die mittlere Transportweite zur Schüttung des Dammes  $ab$  mittelst der Abtragsmassen aus dem Einschnitt  $bc$ .

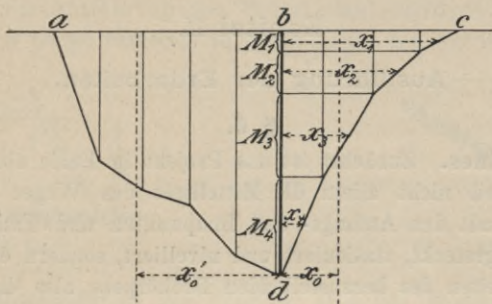


Fig. 12.

Bei der Massenverteilung ist zu berücksichtigen, daß sämtliche Bodenarten bei der Lösung aufgelockert werden und die frühere Dichtigkeit nicht wieder vollständig erlangen.

Es müssen demnach die Abtragsmassen, welche zu Aufträgen Verwendung finden sollen, um das Maß der bleibenden Auflockerung vergrößert in Ansatz gebracht werden.

Die bleibende Auflockerung beträgt erfahrungsgemäß:

für reinen Sand und Kies . . . . .	1— 1,5 0/0,
„ Lehm, Gartenerde und leichtere Bodenarten . .	3 „
„ Mergelboden und sandigen Ton . . . . .	4— 5 „
„ reinen Ton und festen Mergel . . . . .	6— 7 „
„ Felsen, je nach der Zerkleinerung . . . . .	10—25 „

## Kapitel II.

### Ausführung der Erdarbeiten.

#### § 6.

**Allgemeines.** Zunächst ist das Projekt im Felde abzustecken. Zu dem Zweck wird nicht allein die Mittellinie des Weges oder Wasserzuges u. s. w. mit den Anfangs- und Endpunkten und Tangentenpunkten der Kurven abgesteckt, stationiert und nivelliert, sondern es werden auch die unteren Breiten des herzustellenden Erdkörpers, also die Schnittlinien der Böschungsflächen mit dem Gelände sichtbar gemacht. Besonders in unübersichtlichem Gelände ist es zweckmäßig, diese Linien fortlaufend durch Aufreißen des Bodens oder Abnahme des Rasens zu kennzeichnen.

Da die Höhenpunkte in der Mittellinie im Verlauf der Arbeit verschüttet werden, ist es erforderlich, eine genügende Anzahl seitlicher Höhenpunkte festzulegen und in geeigneter Art vor Zerstörung oder Veränderungen zu bewahren.

Um Aufträge oder Abgrabungen sofort in der richtigen Böschung herstellen zu können, empfiehlt sich die Aufstellung von aus Latten hergestellten *Lehren*, die bei Dämmen im Profil selbst, bei Abgrabungen (Fig. 13) neben dem Profil aufzustellen sind. Hierbei muß aber nicht nur für den erforderlichen Raum zur Abdeckung der Böschungen mit Rasen oder Mutterboden, sondern bei Dämmen auch auf das Setzen

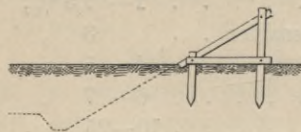


Fig. 13.

des Erdkörpers Bedacht genommen werden.

Dem Setzen des Erdkörpers trägt man dadurch Rechnung, daß der Damm entweder von vornherein um das Sackmaß höher (also mit steileren Böschungen) geschüttet wird, oder dadurch, daß man den Damm in der projektierten Höhe aber mit breiterer Krone (also ebenfalls mit steileren Böschungen) schüttet und nach erfolgtem Sacken in der erforderlichen Weise aufhört.

Die Sackmäße betragen bei geringem Quergefälle des Geländes (Fig. 14):

für Steinschüttung . . . . .	$v = \frac{1}{40} h$ ; $\triangle h = \frac{1}{40} h$
„ sandigen Boden . . . . .	$v = \frac{1}{15} h$ ; $\triangle h = \frac{1}{23} h$



für Dammerde . . . . .  $v = 1/9 h$ ;  $\Delta h = 1/14 h$

„ lehmigen und tonigen Boden  $v = 1/8 h$ ;  $\Delta h = 1/12 h$ .

Bei bedeutenderer Querneigung des Geländes ist  $\frac{h+h_1}{2}$  für  $h$  zu setzen (Fig. 15).

Der für die Ausführung von Erdarbeiten erforderliche Aufwand an Zeit und Kosten hängt natürlich in erster Linie von der Höhe des Lohnes

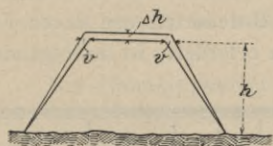


Fig. 14.

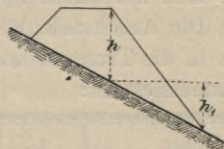


Fig. 15.

und der Leistungsfähigkeit der Arbeiter ab. Die letztere wechselt mit der Jahreszeit. Man kann rechnen:

vom Mai bis September	12	wirkliche Arbeitsstunden,
im April und Oktober	10	„ „
im März und November	9	„ „
im Januar und Dezember	8	„ „

Bei den in nachstehendem angegebenen Durchschnittspreisen ist eine tägliche Arbeitszeit von 10 Stunden und ein Lohnsatz von 20 Pfg. für die Stunde angenommen.

Bei der Ausführung haben wir zu unterscheiden: das Lösen des Bodens und den Transport des Bodens.

## § 7.

**Das Lösen des Bodens.** Die einzelnen Bodenarten setzen ihrer Gewinnung, d. h. ihrer Lösung und Verladung verschiedenen Widerstand entgegen. Hiernach sind zu unterscheiden:

1. Bodenarten ohne Zusammenhang, wie trockener Sand, Dammerde und ähnliche lockere Erdarten. Diese bedürfen keiner Lösung, sondern können mit der Schaufel direkt geworfen oder verladen werden.

2. Weichere Bodenarten mit massigem Zusammenhange, wie sandiger Lehm und Ton, durch Beimischungen gebundener Sand und feiner Kies, Moorboden und feuchter Marschboden. Diese werden mittelst Spatens (schlesischer Schaufel) gelöst (gestochen).

3. Schwere Ton- und Lehmarten, Letten, Mergel, mit größeren Steinen durchsetzter Boden, trockener, durch Lehm oder Ton gebundener grober Sand und Kies. Diese müssen durch Plathacke und Lettenhaue gelöst werden, ehe sie mit der Schaufel geworfen werden können.

4. Trümmergesteine und Gerölle. Diese werden mit der Spitzhacke und Keilhaue gelöst.

5. Weichere Felsarten mit Lagerfugen. Diese sind mit der Spitzhacke, Brechstange, Keilen etc. zu lösen.

6. Feste Felsmassen in geschlossenen Bänken. Diese müssen unter Zuhilfenahme von Sprengmitteln gelöst werden.

7. Sehr feste Massengesteine, wie Granit, Gneiß, Quarz und Porphyr. Diese sind nur durch Sprengungen zu lösen.

Die Arbeitszeit, welche das Lösen dieser Bodenarten und deren Verladen in die Transportmittel für das Kubikmeter erfordert, ist in folgendem zusammengestellt:

Bodenart . . .	1	2	3	4	5	6	7
Arbeitsstunden	0,5—1,0	1,0—1,5	1,6—2,4	2,4—3,2	3,2—4,0	3,5—6,0	6,0—10,0

### § 8.

**Transport des Bodens.** Der Transport des Bodens geschieht außer durch einmaliges oder wiederholtes Werfen, mittelst Schiebkarren, Kippkarren und mittelst Transportgefäßen auf Schienengleisen.

1. *Transport mittelst Schiebkarren.* Diese Art der Massenbewegung ist nur für geringere Transportweiten bis etwa 75 m vorteilhaft. Dennoch wird man dieselbe auch bei größeren Weiten anwenden, wenn die Geringfügigkeit der zu bewegendenden Massen die Kosten zur Herbeischaffung oder zur Anschaffung anderer Transportgefäße nicht lohnt.

Eine Schiebkarre faßt etwa  $\frac{1}{14}$  bis  $\frac{1}{15}$  cbm lose Erde,  $\frac{1}{15}$  bis  $\frac{1}{16}$  cbm gewachsenen Stichboden und  $\frac{1}{17}$  bis  $\frac{1}{18}$  cbm Fels.

Bei 10stündiger Arbeitszeit, einem Tagelohn von 2 Mark und angemessener Berücksichtigung von Verzinsung und Amortisation der Geräte gilt folgende Preistabelle für den Transport eines cbm:

Transportweite in m	Preis der Arbeitsleistung für das cbm in Pfg.	Verzinsung und Amortisation der Geräte für das cbm in Pfg.	Gesamttransportpreis für das cbm in Pfg.	Transportweite in m	Preis der Arbeitsleistung für das cbm in Pfg.	Verzinsung und Amortisation der Geräte für das cbm in Pfg.	Gesamttransportpreis für das cbm in Pfg.
25	10	1	11	175	40	4	44
50	15	2	17	200	45	5	50
75	20	2	22	225	50	5	55
100	25	3	28	250	55	6	61
125	30	3	33	275	60	6	66
150	35	4	39	300	65	7	72

Mufs der Boden mit Steigung transportiert werden, so ist für das Meter Steigung eine Länge von 12 m der Transportweite zuzusetzen, oder es sind im Durchschnitt  $2\frac{1}{2}$  Pfg. für das Meter Steigung dem Transportpreis für das Kubikmeter hinzuzufügen.

2. *Transport mittelst Kippkarren.* Kippkarren, durch Menschen oder Pferde bewegt, werden in neuerer Zeit selten und wohl nur noch dann angewendet, wenn einerseits die Transportweite für Schiebkarren zu groß, andererseits der Umfang der Arbeiten für die Beschaffung von Gleisanlagen zu gering ist, oder wenn die Terrainverhältnisse den Gleisbetrieb ausschließen.

Der Handkippkarren, welcher in der Regel von zwei Mann bedient wird, besteht aus einem Kasten von  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  cbm Fassungsraum mit einem Langbaum, welcher auf einer Achse mit zwei Rädern ruht. Der Kasten muß so konstruiert sein, daß er beim Aufkippen nicht zu früh den Boden berührt, sondern mindestens eine Neigung von  $45^{\circ}$  annehmen kann, um ein bequemes Entladen zu ermöglichen.

Die für Pferdebetrieb eingerichteten Kippkarren haben einen Laderaum von 0,6 cbm, sodaß dieselben 0,5 cbm gewachsenen Boden oder 0,4 cbm Fels aufnehmen können.

Die folgende Transportpreistabelle gilt für Handkippkarren, 10stündige Arbeitszeit und 2 Mark Tagelohn.

Transportweite m	Preis der Arbeitsleistung für das cbm Pfg.	Verzinsung und Amortisation der Geräte für das cbm Pfg.	Gesamttransportpreis für das cbm Pfg.	Transportweite m	Preis der Arbeitsleistung für das cbm Pfg.	Verzinsung und Amortisation der Geräte für das cbm Pfg.	Gesamttransportpreis für das cbm Pfg.
25	14	2	16	250	32	5	37
50	16	2	18	300	36	5	41
75	18	3	21	350	40	6	46
100	20	3	23	400	44	7	51
125	22	3	25	450	48	7	55
150	24	4	28	500	52	8	60
175	26	4	30	550	56	8	64
200	28	4	32	600	60	9	69

Bei Steigungen sind für das Meter Höhe und Kubikmeter Masse den Transportpreisen 2 Pfg. zuzusetzen, oder 1 m Steigung ist 25 m Längentransport gleich zu achten.

Obschon der Pferdekippkarrentransport wohl nur noch in Ausnahmefällen angewendet wird, soll in folgendem auch für ihn eine Preistabelle angeführt werden, da ihre Angaben immerhin eine Unterlage für die Beurteilung und Ermittlung der Transportkosten unter Benützung der gewöhnlichen ländlichen Fuhrwerke, wie sie bei der Ausführung von Meliorationen öfters zu erfolgen hat, bieten.

Transportpreistabelle für das Kubikmeter bei Pferdekippkarrenbetrieb:

Trans- port- weite  m	Preis für das cbm			Ge- sam- trans- port- preis für das cbm	Trans- port- weite  m	Preis für das cbm			Ge- sam- trans- port- preis für das cbm
	für Trans- port Pfg.	für Ein- laden Pfg.	für Ge- räte Pfg.			für Trans- port Pfg.	für Ein- laden Pfg.	für Ge- räte Pfg.	
300	22	4	15	41	1200	48	4	16	68
400	25	4	15	44	1300	52	4	17	73
500	28	4	15	47	1400	56	4	18	78
600	31	4	15	50	1500	60	4	19	83
700	34	4	15	53	1600	64	4	20	88
800	37	4	15	56	1700	68	4	22	94
900	39	4	15	58	1800	72	4	23	99
1000	42	4	15	61	1900	76	4	24	104
1100	45	4	15	64	2000	80	4	25	109

Bei Steigungen sind für das Meter Steigung den Preisen  $\frac{1}{2}$  Pfg. für das Kubikmeter hinzuzufügen. 1 m Steigung gilt demnach gleich 50 m Transportweite. Handelt es sich um die Bewegung größerer Massen auf guten, festen Wegen, so sind die Preise obiger Tabelle auch für ländliches Fuhrwerk im großen und ganzen zutreffend; schlechte Wege oder Transporte über freies Land werden die Preise für ländliches Fuhrwerk erheblich erhöhen, falls nicht, wie es bei Kippkarrentransport auf Dämmen üblich ist, besondere Bahnen aus Bohlen, flach gelegten Eisenbahnschienen oder **I**-Eisen angelegt werden.

Für Steinmaterial erhöhen sich sämtliche bis jetzt angegebene Transportpreise um 20 %.

3. *Transport auf Schienengleisen.* Diese Transportweise ist, besonders nach Einführung der billig und leicht zu beschaffenden Feldbahnen, unstreitig die zweckmäßigste und leichteste Förderungsart. Dieselbe wird daher in neuerer Zeit fast ausschließlich angewendet; nur wo es sich um

den Transport geringerer Massen auf kurze Entfernungen handelt, verdient der Schiebkarren den Vorzug.

Stärke und Konstruktionsart der Gleise und der Transportgefäße (Wagen) sind äußerst verschieden, da sie von den auf den Gleisen zu bewegendenden Lasten abhängig sind, deren Größe wiederum von der Art der Zugkraft (Menschen, Pferde, Maschinen) bedingt ist.

Die Wahl der Zugkraft wird durch die Fördermasse und die Entfernungen bestimmt.

Im Durchschnitt kann angenommen werden, daß bei allen mittleren Entfernungen bis zu 400 m der Transport durch Menschenkraft, bei Entfernungen über 1000 m der durch Maschinen der günstigste ist. Für die dazwischen liegenden Weiten kommt der Transport mittelst Pferden in Betracht.

Die für den Transport durch Menschen benützten Wagen sind zum Kippen nach vorn oder nach der Seite, oder nach beliebiger Richtung (Rundkipper) eingerichtet und bestehen aus einem im Querschnitt dreieckähnlichen Kasten aus Stahl oder Eisenblech, der auf stählernem oder flußeisernem Rahmen ruht und 0,5—1,5 cbm losen Boden faßt. Fig. 16 zeigt

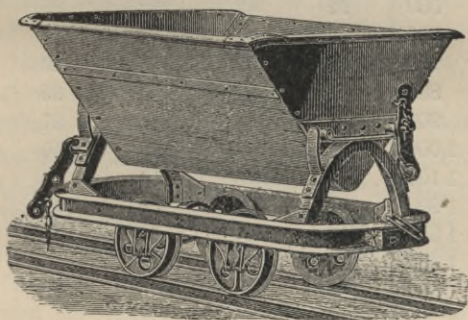


Fig. 16.

einen Seitenkipper. Die Kippwagen für Pferde und Maschinenbetrieb werden etwas größer gewählt, für Pferde bis 2,0, für Maschinen bis 2,5 cbm Inhalt.

Die nicht unbedeutenden Anschaffungs- und Unterhaltungskosten von Gleis, Wagen, Pferden oder Maschinen machen es erklärlich, daß der Transporteinheitspreis nicht nur durch die Transportweite, sondern auch ganz erheblich durch die Transportmenge beeinflusst wird.

Die in folgendem zusammengestellte Tabelle der Durchschnittspreise für den Transport eines Kubikmeters auf Schienengleisen läßt dies deutlich erkennen.

Art der Betriebskraft	Trans- port- weite m	Gesamttransportpreis für 1 cbm in Pfennigen bei einer Fördermasse von					
		10 000 cbm	15 000 cbm	30 000 cbm	50 000 cbm	100 000 cbm	150 000 cbm
Menschen	100	19	18	16	15		
	200	27	24	20	19		
	300	34	29	24	22		
	400	42	35	28	26		
	500	49	41	32	29		
	600	56	46	36	32		
	700	64	52	40	36		
	800	71	58	44	39		
	900	79	64	49	43		
	1 000	86	69	53	46		
Pferde	300	38	32	26	23	22	
	400	45	37	29	25	23	
	500	52	42	32	28	25	
	600	59	47	35	30	27	
	700	66	52	38	33	28	
	800	73	57	41	35	30	
	900	81	63	45	37	32	
	1 000	88	68	48	40	34	
	1 100	95	73	51	43	36	
	1 200	103	79	55	45	38	
	1 300	110	84	58	48	40	
	1 400	118	90	62	50	42	
	1 500	125	95	65	53	44	
Maschinen	500				30	26	25
	1 000				40	32	29
	1 500				50	38	34
	2 000				60	44	39
	3 000				80	56	48
	4 000				100	68	57
	5 000				120	80	67
	6 000				140	92	76
	7 000				160	104	85
	8 000				180	116	95
	9 000				200	128	104
10 000				220	140	113	
15 000				320	200	160	

Die Zuschläge für 1 m Steigung sind folgende:

beim Transport durch Menschen	80 m	Transportweite oder $1\frac{1}{2}$ Pfg. für das Kubikmeter,
„ „ Pferde	120 „	Transportweite oder 1 Pfg. für das Kubikmeter,
„ „ Maschinen	250 „	Transportweite oder $\frac{1}{2}$ Pfg. für das Kubikmeter.

### § 9.

**Herstellung der Auf- und Abträge.** Mag es sich um die Herstellung von Straßen (Bahnen), Deichen oder Kanälen, Entwässerungsgräben, Bewässerungsgräben etc. handeln, so wird stets entweder ein Damm (Auftrag) oder ein Einschnitt (Abtrag) herzustellen sein. Die bei ihrer Herstellung zu beachtenden Regeln mußten teilweise schon in dem vorhergehenden gegeben werden.

Behufs Gewinnung des zur Deckung der Böschungen erforderlichen Mutterbodens wird dieser vor Beginn der Arbeiten seitlich ausgesetzt. Ist eine feste Rasennarbe vorhanden, so wird sie sorgsam in quadratischen Stücken von etwa 25 cm Seitenlänge und möglichst 10 cm Dicke abgehoben und seitlich aufgesetzt, sofern es nicht möglich sein sollte, die Gesamtanordnung der Arbeiten so zu treffen, daß der frisch gestochene Rasen auf den bereits fertiggestellten Böschungsfächen der Dämme oder Einschnitte sofort wieder aufgebracht werden kann.

Die Abschälung des Rasens hat nebenbei den Vorzug, daß der aufgeschüttete Damm sich mit dem gewachsenen Boden möglichst innig verbindet, und daß die Bildung einer wasserdurchlassenden Fuge zwischen Schüttung und Gelände ausgeschlossen ist. Aus diesem Grunde wird bei Deichen, wo dies von besonderer Wichtigkeit ist, unter allen Umständen die Grasnarbe entfernt, oder, falls sie zur Bekleidung der Böschungen nicht zu verwerthen ist, wenigstens aufgerissen werden müssen. Letzteres erreicht man am zweckmäßigsten und einfachsten durch Aufpflügen in der Längsrichtung des Dammes.

Ist ein Damm auf Gelände mit stärkerem Quergefälle (steiler als 1:10) zu schütten, so sind, namentlich bei wasserundurchlässigen Bodenarten, in dasselbe wagrechte Stufen einzuarbeiten, um seitlichen Verschiebungen des Dammkörpers vorzubeugen (Fig. 17).

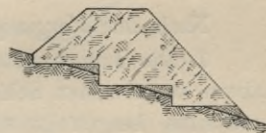


Fig. 17.

Bei ganz undurchlässigem, schlüpfrigem Untergrunde müssen die Stufen nach Fig. 18 hergestellt werden.

Können nasse oder quellige Stellen nicht umgangen werden, so hat die Trockenlegung durch Drainieren, Abfangen und Abführen der Quellen in Leitungen und Sickergräben zu erfolgen.

Ist neben einem Auftrag ein Seitengraben erforderlich, so ist vor der Dammschüttung der Graben auszuwerfen und mit dem Aushub ein kleiner Wall als Stütze des Dammfusses herzustellen.

Bei Verwendung von Schüttmaterial, welches ein seitliches Ausweichen des Dammes befürchten läßt, legt man häufig unter dem Damm zwei Längsgräben an und benützt den hierdurch gewonnenen Boden sofort zur Herstellung des Böschungsfusses (Fig. 19).

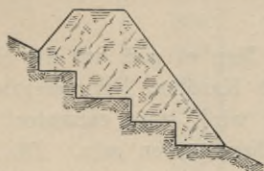


Fig. 18.



Fig. 19.

Besondere Sorgfalt erfordert die *Herstellung von Dämmen durch Moore*. Besitzt die Moordecke genügende Festigkeit, um den Damm und die später auf ihm verkehrende Last mit Sicherheit zu tragen, so ist vor allem jede Verletzung der Oberfläche zu vermeiden. Die Tragfähigkeit der Decke kann durch Lagen aus Faschinen oder starken Ästen erhöht werden. Die Schüttung selbst hat in gleichmäßigen Lagen in der vollen Dammbreite zu erfolgen.

Besitzt die Moordecke die genügende Festigkeit nicht, so wird dieselbe aufgerissen oder durch zwei seitliche Längseinschnitte aufgetrennt und der Damm entweder direkt auf den festen Untergrund oder auf den Moorstreifen, der sich dann auf den Grund senken wird, geschüttet. Bei dieser Ausführungsart erfordert die Aufrechthaltung der Vorflut für den durch die Dammschüttung abgeschnittenen Teil des Moores besondere Sorgfalt, da die Unterbrechung einer vielleicht bisher vorhandenen, wenn auch nur geringen Bewegung des Grundwassers in dem Moore eine gefährvolle Anstauung des letzteren auf der einen Seite des Dammes veranlassen würde.

Nach dem *Vorgange des Schüttens* unterscheidet man:

1. Die *Lagenschüttung*, wenn der Damm aus dünnen, ganz oder nahezu wagerechten Schichten, deren jede die ganze Breite des Dammes durchsetzt, hergestellt wird. Es ist dies die beste Art der Ausführung und wird namentlich dann angewendet, wenn man durch Feststampfen oder Einschlämmen jeder einzelnen Lage dem Damme gleich von vornherein eine große Festigkeit geben will, wie dies bei Deichen meist der Fall sein wird.

2. Die *Kopfschüttung*, bei welcher der Damm vom Anfangspunkt aus in voller Breite und Höhe vorgetrieben wird. Die Schüttung erfolgt



stets über die Vorderkante des fertigen Dammes nach vorn, sodafs der Damm aus lauter, unter dem natürlichen Böschungswinkel des Schüttmaterials nach der Längsrichtung des Dammes geneigten Schichten besteht.

3. Die Seitenschüttung, wobei die Herstellung des Dammes in seiner ganzen Breite durch seitliches Schütten des Bodens von einer in der Längsrichtung gelegten Fahrbahn aus erfolgt.

Zur Herstellung der Dämme finden unter Umständen, wenn sich eben besseres Material nicht beschaffen läfst, *alle Bodenarten* Verwendung. Vornehmlich eignen sich Sand, Kies und festes Gestein zur Herstellung trockener Dämme für Strafsen und Eisenbahnen; Tonboden, namentlich mit Sand vermengt, zur Herstellung von Deichen. Lehm Boden verlangt sorgfältige Entwässerung und Schutz gegen Wasserangriff. Dämme aus leicht verwitterndem Gestein (Mergel, losem Tonschiefer, schlechtem Sandschiefer) kommen erst nach langer Zeit zur Ruhe und sind dann oft wie die aus Lehm Boden hergestellten zu behandeln.

Ganz besonders gefährlich sind *Frostballen* im Innern der Dämme, besonders wenn das Schüttmaterial aus Sand oder Lehm besteht. Ist demnach Winterarbeit nicht zu vermeiden, so müssen die Frostballen (ebenso wie Eis und Schnee) unter allen Umständen ausgesondert werden und so lange seitlich ausgesetzt bleiben, bis sie völlig aufgetaut sind.

*Gewölbte Bauwerke* dürfen nie von einer Seite her überschüttet werden. Der Boden ist hier stets beiderseitig gleichmäfsig bis zur Oberkante des Bauwerkes in einzelnen horizontalen Lagen einzubringen und jede Lage für sich abzustampfen.

Für die *Ausführung von Abträgen* ist die Trockenhaltung der Arbeitsstelle von grofser Wichtigkeit, sofern es sich nicht um Bodenförderung unter Wasser mittelst geeigneter Vorrichtungen, Bagger etc. handelt. Einschnitte sind deshalb stets so in Angriff zu nehmen und auszuführen, dafs Tag-, Grund- und Quellwasser frei abfliefsen kann. Bei Gelände mit Querneigung empfiehlt es sich, neben der bergseitigen Böschung einen Graben anzulegen, der das Tagwasser aufnehmen und abführen kann (Fig 20).

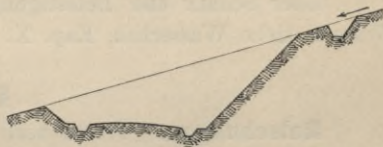


Fig. 20.

## § 10.

**Befestigung der Böschungen.** Um die Oberflächen der Böschungen gegen die atmosphärischen Einflüsse zu sichern, sind sie mit einer schützenden Decke zu versehen. Am vorteilhaftesten ist die Schaffung

einer guten *Grasnarbe*. Diese wird am schnellsten und sichersten durch Belegen mit regelmäßig geformten Rasenstücken von möglichst 10 cm Stärke erreicht werden. Ist Rasen nicht oder nur mit unverhältnismäßigen Kosten zu beschaffen, so decke man die Böschungen mit einer 15 bis 30 cm starken Mutterbodenschicht ab und same sie an. Bei unfruchtbarem Boden ist übrigens auch der Rasen nicht direkt, sondern auf eine Mutterbodenschicht zu verlegen.

Die einzelnen Rasenstücke werden in horizontalen Reihen dicht aneinander und im Verbande verlegt, da senkrechte, in der ganzen Böschungsbreite durchgehende Fugen leicht Zerstörungen durch herab rinnendes Tagwasser verursachen können.

Nach dem Verlegen wird der Rasen befeuchtet und ebenso, wie der Mutterboden nach dem Ansamen, fest angeschlagen. Bei Einschnitten müssen oft horizontale Risse oder Stufen und schwache Flechtzäune hergestellt werden, damit der Mutterboden auf der Böschung haftet.

Fehlt Rasen und Mutterboden, so können die Dammböschungen mit Ginster, Strandhafer, Akazien etc. bepflanzt werden.

Sind im Einschnitt wasserführende Schichten angeschnitten, so werden zu Tage tretende Quellen durch gepflasterte Mulden weitergeleitet, nasse Stellen aber durch Herstellung von Schlitzten, die unter Umständen bis zum Sohlengraben reichen und mit kantigem Steinschlag auszufüllen sind, entwässert.

Ist die ganze Böschung feucht, so werden in geringen Höhenabständen Stufen (*Bermen*, Bankette) mit einem Längsgefälle von 1 : 20 bis 1 : 30 angelegt und auf diese Steinpackungen aufgebracht, durch welche das aus den Böschungen tretende Wasser den Gräben unschädlich zugeführt wird.

Über Schutz und Befestigung der Ufer, d. h. der Böschungen am Wasser, siehe Wasserbau, Kap. X.

## § 11.

**Rutschungen.** Treten nach Fertigstellung oder während der Ausführung Rutschungen der geschütteten oder angeschnittenen Massen ein, so hat dies entweder seinen Grund darin, daß lockere Bodenarten angeschnitten sind, deren natürlicher Neigungswinkel kleiner ist, als erwartet wurde, oder daß unter losen, durchlässigen Massen eine undurchlässige, geneigt gelagerte Schicht sich befindet. Diese Schicht bildet infolge des von oben eindringenden Wassers eine Gleitfläche, deren Reibung nicht genügt, die auflagernden Massen zu halten, nachdem bei Aufträgen durch die vermehrte Belastung, bei Abträgen durch Entfernung der stützenden Massen die ursprünglichen Gleichgewichtsbedingungen gestört sind.

Liegt der erstere Grund vor, so wird man weitere Abgrabungen bis zu der dem natürlichen Böschungswinkel der Bodenart entsprechenden Neigung vornehmen, oder man wird die steilere Böschung durch Pflasterung, Trockenmauerwerk etc. halten.

Ist eine Gleitschicht die Ursache der Rutschung, so muß die Trockenlegung dieser Schicht versucht werden. Ob dies durch Fangdrains oder Faschinenpackungen und Sickergräben erreicht werden kann, oder ob dazu umfangreichere Bauausführungen, wie Futtermauern in Verbindung mit Sickerkanälen, Rohrleitungen und Entwässerungsstollen erforderlich werden, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab und läßt sich nur auf Grund eingehender Untersuchungen von Fall zu Fall bestimmen.

## B. Wegbau.

### Kapitel III.

#### Vorarbeiten.

##### § 12.

**Allgemeines.** Für jedes Wegprojekt, mag es sich lediglich um die Herstellung eines Wegzuges oder um die Anlage eines ganzen Wegnetzes handeln, muß für jede einzelne Wegstrecke die genaue *Festsetzung des Zweckes* erfolgen, da die Anlagekosten, also die für Grunderwerb, Erdarbeiten, Baulichkeiten, Entwässerung und Befestigung aufzuwendenden Mittel, mit den von dem Wege zu erwartenden Vorteilen in Einklang stehen, d. h. wirtschaftlich gerechtfertigt sein müssen.

Ganz besondere Sorgfalt erfordert in dieser Hinsicht das bei Gelegenheit einer Zusammenlegung zu entwerfende Wegnetz. Hier kommt es nicht allein darauf an, für die Gewanne und die einzelnen Grundstücke unter sich und mit der Ortschaft die möglichst günstige, den wirtschaftlichen Verhältnissen am zweckmäßigsten entsprechende Verbindung zu schaffen, sondern auch darauf, daß die Kosten der ersten Anlage und der späteren, sorgfältigen Unterhaltung möglichst geringe werden.

Da *Herstellung und Unterhaltung der Bauwerke* meistens von großem Einfluß auf die Kosten eines Weges sind, so ist die richtige Wahl der für den Ausbau der Wege erforderlichen baulichen Anlagen von einschneidender Bedeutung.

Obwohl massive Bauwerke trotz der größeren Herstellungskosten, ihrer längeren Dauer und ihrer geringeren Unterhaltungskosten wegen an sich den Vorzug verdienen, so wird nicht selten bei Wegen zu rein landwirtschaftlichen Zwecken die Aufwendung der größeren Anlagekosten für massive Bauten sich nicht empfehlen, sondern die Herstellung billiger, wenn auch öfteren Reparaturen unterworfenen Holzbauten vorteilhafter sein, zumal da diese Reparaturen zum großen Teil ohne besondere Sachkenntnis, also durch die Interessenten selbst erfolgen können, sodaß ihre Kosten kaum ins Gewicht fallen werden. Dies gilt namentlich für alle Wege untergeordneter Bedeutung, welche nur den Zugang zu einzelnen Planstücken vermitteln. Hier ist von vornherein auf die Vermeidung aller größeren kostspieligen Bauten Bedacht zu nehmen, selbst wenn dadurch

Umwege oder Unbequemlichkeiten in der Nutzung der Grundstücke hervorgerufen werden sollten. Mit zunehmender Bedeutung der Wege für den Verkehr treten natürlich derartige Erwägungen mehr und mehr in den Hintergrund, sodafs meistens schon für die Hauptwirtschaftswege einer Feldmark, ebenso wie für die Verkehrswege, lediglich die für die Benutzung zweckmäfsigste Lage, soweit die Höhenverhältnisse des Geländes dies zulassen, in Frage kommen wird. Es ist im allgemeinen nicht angängig, für jede Wegart besondere Normen aufzustellen, vielmehr müssen in jedem Einzelfalle genaue Erwägungen der vorliegenden Verhältnisse den Ausschlag geben, *welche* der für den Verkehr allgemein gültigen Bestimmungen zur Anwendung zu gelangen haben. Von Gewicht ist hierbei die ortsübliche Art der Fuhrwerke und namentlich die Art der Bewirtschaftung der verschiedenen Teile einer Gemarkung.

Abgesehen von den jetzt kaum noch zur Ausführung kommenden Hauptwegzügen, die zur direkten Verbindung gröfserer Städte dienen, können die Wege ihren Zwecken nach wie folgt eingeteilt werden.

**1. Verbindungswege** zur Vermittelung des Verkehrs von Ort zu Ort oder zum Bahnanschluß; für diese sind allein die Verkehrsinteressen maßgebend.

**2. Hauptwirtschaftswege** zur Verbindung gröfserer Flächen, ganzer Gewanne oder einer gröfseren Anzahl von Planstücken mit der Ortschaft. Infolge der Verschiedenheit der Bodenklassen innerhalb einer Feldmark und der verschiedenen Lage der Gewanne zur Sonne und Windrichtung in hügeligem und bergigem Gelände werden bei Zusammenlegungen die Abfindungen der einzelnen Besitzer meist nicht in geschlossenen Stücken, sondern in einzelnen, mehr oder weniger voneinander getrennt liegenden Plänen erfolgen müssen. Soll die Bewirtschaftung nicht äufserst erschwert werden, so muß auch für diese Teile eine möglichst direkte Verbindung untereinander geschaffen werden. Auch diese Verbindungen sind zu den Hauptwirtschaftswegen zu rechnen, ebenso wie die durchgehenden Ringstraßen gröfserer Feldmarken, welche die in radialer Richtung von der Ortschaft ausgehenden Hauptwege untereinander verbinden. Bei diesen Hauptwirtschaftswegen spielt das Verkehrsinteresse immer noch eine so hervorragende Rolle, daß die Rücksicht auf günstige Gestaltung der Pläne dagegen in den Hintergrund tritt.

**3. Nebengewirtschaftswege**, welche die Zugänglichkeit zu den einzelnen Planstücken vermitteln. Diese Wege verlieren mehr oder weniger an Bedeutung gegenüber zweckmäfsig zu gestaltenden Plangrenzen und Planformen. Im gebirgigen Gelände ist darauf zu achten, daß diese Wege nicht in das stärkste Gefälle zu liegen kommen, da sie sonst durch das in den ausgefahrenen Gleisen herabstürzende Wasser sehr bald ausgewaschen

und zerstört werden. Liegen die Pläne im stark geneigten Hange, so sind getrennte Ab- und Zufuhrwege vorzusehen.

4. *Triftwege*, welche zur Verbindung einzelner, zur Hütung bestimmter Teile untereinander und mit der Ortschaft dienen.

5. *Holzabfuhrwege*, welche die Abfuhr des Holzes aus geschlossenen Waldungen ermöglichen sollen.

### § 13.

**Tracieren der Wege.** Für die Nutzung und Unterhaltung des Weges ist die vollständige Trockenlegung eine Hauptbedingung. Es ist infolgedessen von vornherein darauf zu achten, daß die zu wählende Trace über möglichst trockenen Untergrund gelegt wird, und daß der Einwirkung von Sonne und Wind keine Hindernisse entgegenstehen.

Die Herstellungskosten werden dann am geringsten sein, wenn die Trace sich dem Gelände möglichst anpaßt. Bei Verbindungs- und Hauptwirtschaftswegen ist dies Bestreben jedoch nicht zu weit zu treiben. Übermäßige Steigungen und die Aufgabe einer einmal gewonnenen Höhe — *verlorene Steigung* — müssen ohne zwingende Gründe bei Wegen letzterer Art vermieden werden. Sind freilich Täler zu überschreiten, bei denen ein horizontaler Übergang große Erdarbeiten oder Bauten erfordert, so werden die durch günstige Steignungsverhältnisse zu erreichenden Vorteile meist nicht mit den aufzuwendenden Kosten im Einklang stehen. In solchen Fällen sind dann auch für Wege größerer Bedeutung verlorene Gefälle nicht zu umgehen. Im übrigen ist aber daran festzuhalten, häufiges Wechseln von Steigen und Fallen zu vermeiden.

Wenn genaues Kartenmaterial mit Höhenkurven vorhanden ist, so ermittelt man die Wegtrace, wenn auch zunächst nur annähernd, zweckmäßig auf der Karte und überträgt dann die Linie in das Gelände. Hierauf erfolgt die Aufnahme von Längensprofil und — bei unebenem Gelände — von Querprofilen; erst auf Grund dieser läßt sich erkennen, ob nicht Schwierigkeiten vorhanden sind, welche die nach der Karte gewählte Linie unausführbar erscheinen lassen oder Abänderungen bedingen.

Besondere Sorgfalt erfordern diejenigen Stellen, wo eine Einschaltung von *Serpentinen* zur Vermeidung übermäßiger Steigungen erforderlich wird, da hier nur unter Zugrundelegung ganz eingehender Flächen-nivellements diejenige Trace ermittelt werden kann, welche bei Innehaltung der vorgeschriebenen Straßensprofile an keiner Stelle die zulässige Steigung in der Längsrichtung des Weges überschreitet. Es wird dies meistens nur durch die Einschaltung einer horizontalen Strecke, also dadurch zu erreichen sein, daß in der Krümmung der Serpentine jede Steigung vermieden wird. Ähnliche Schwierigkeiten, deren Lösung eingehende örtliche

Feststellungen erfordert, bereiten die Kreuzung zweier ansteigender Strafsen und Brückenrampungen.

Die *Höhenlage* eines Weges über Gelände ist so zu wählen, daß der Weg stets trocken gehalten werden kann. Bei befestigten Wegen darf selbst die Unterbettung der Chaussierung etc. nicht vom Grundwasser erreicht werden, wenn die Wegbefestigung von Dauer sein soll. Es werden daher alle Wege, welche nicht mindestens 0,60 m über Gelände liegen, mit Seitengräben versehen, deren Dimensionen nach den abzuführenden Wassermengen zu bemessen sind. Unter gewöhnlichen Verhältnissen beträgt die übliche Sohlenbreite dieser Gräben 0,40, ihre Tiefe 0,60 m und ihre Böschungsanlage 1 : 1 $\frac{1}{2}$ . Selbstverständlich ist die Grabentiefe auch von dem Längsgefälle des Grabens abhängig und wird unter Umständen von dem angegebenen Durchschnittsmaß erheblich abweichen müssen. Auf eine geregelte Weiterführung des Grabenwassers ist zu achten und mittelst Durchlässe oder sonstiger Ableitungen von Zeit zu Zeit für eine Entlastung der Gräben Sorge zu tragen.

Liegt der Weg halb im Einschnitt, halb im Damme (im Anschnitt), so ist auf der Bergseite unter allen Umständen ein Graben anzulegen.

Wege, welche eine der Überflutung ausgesetzte Niederung durchqueren, dürfen, sofern sie nicht *völlig hochwasserfrei* gelegt werden können, mit ihrer Krone das anliegende Gelände nicht überragen, damit dem überströmenden Wasser keine Angriffsfläche geboten wird. Zur Befestigung derartiger Wege ist einzig und allein Pflasterung zu wählen.

Die Erdarbeiten eines Weges werden nicht unter allen Umständen dann die geringsten Kosten verursachen, wenn die zu bewegenden Erdmassen am geringsten sind, sondern vielfach, wenn Auftrag und Abtrag selbst bei erheblich größeren Massen sich in kurzen Entfernungen ausgleichen (siehe Erdbau).

§ 14.

**Krümmungs- und Steigungsverhältnisse.** Für die Bestimmung der kleinsten zulässigen Krümmungshalbmesser sind die größten Längen der verkehrenden Fuhrwerke maßgebend.

Gewöhnlich wird die Forderung gestellt, daß, wenn das Fuhrwerk sich auf der Mittellinie der Kurve bewegt (Fig. 21), die Pferde bei tangentialem Zuge nicht über die Kante der Steinbahn oder der Bordschwelle kommen sollen. Es ist alsdann

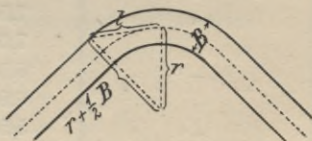


Fig. 21.

$$r^2 + l^2 = (r + \frac{1}{2} B)^2 = r^2 + Br + \frac{1}{4} B^2,$$

$$l^2 = Br + \frac{1}{4} B^2.$$

Bei Wirtschaftswegen dürfte es jedoch als ausreichend zu erachten sein, wenn das Fuhrwerk von der Länge  $l$  und der Breite  $b$  (gewöhnlich 1,5 m) innerhalb der Wegkrümmung die in den Fig. 22 und 23 an-

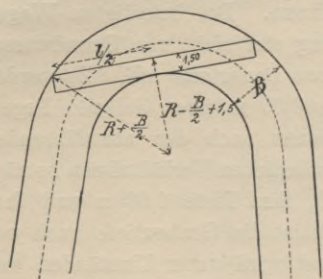


Fig. 22.

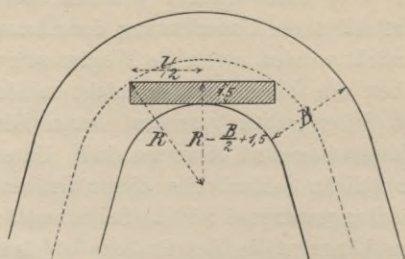


Fig. 23.

gegebene Stellung annehmen kann, d. h. wenn die Pferde bei tangentialer Bewegung auf der inneren Fahrbahnkurve bei zweispurigen Wegen nicht über die Mitte der Fahrbahn, bei einspurigen Wegen nicht über die eigentliche Fahrbahn heraustreten.

Hiernach ist für zweispurige Wege  $R^2 = \frac{l^2}{4} + \left(R - \frac{B}{2} + 1,5\right)^2$  und für einspurige Wege  $\left(R + \frac{B}{2}\right)^2 = \frac{l^2}{4} + \left(R - \frac{B}{2} + 1,5\right)^2$ .

Nach diesen Formeln erhält man für Wirtschaftswege die bei den verschiedenen Wegbreiten und Fuhrwerkslängen zulässigen kleinsten Krümmungshalbmesser aus folgender Tabelle:

Geringster zulässiger Radius der *Mittellinie* für Wirtschaftswege:

Fahrbahn	Wegbreite m	Fuhrwerkslänge		
		25 m	15 m	10 m
		kleinster Radius m	kleinster Radius m	kleinster Radius m
Zweispurig	8,00	32,50	12,50	6,25
„	7,50	35,84	13,62	6,68
„	7,00	40,06	15,06	7,25
„	6,50	45,51	16,94	8,01
„	6,00	52,83	19,50	9,08
„	5,50	63,12	23,12	10,62
„	5,00	78,62	28,62	13,00
Einspurig	4,00	30,50	10,50	4,25
„	3,50	38,30	13,30	5,50
„	3,00	51,33	18,00	7,58



Lassen sich geringere als die angeführten Radien nicht vermeiden, so muß die Wegbreite entsprechend vergrößert werden.

Die *zulässige Steigung* eines Weges richtet sich sowohl nach der Stärke des zu erwartenden Verkehrs, als nach der Art der verkehrenden Fuhrwerke. Dementsprechend sind namentlich für befestigte Wege in den verschiedenen Landesteilen abweichende Vorschriften vorhanden.

Nach der für die chaussierten Wege in Preußen erlassenen „Instruktion zur Aufstellung der Projekte und Kostenanschläge für den Bau der Kunststraßen“ vom 17. Mai 1871 sind folgende Bestimmungen getroffen.

„§ 12. Als Maximalsteigungen gelten in der Regel:

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| a) in gebirgigen Gegenden | 50 mm auf 1 m oder 5 ‰, |
| b) im Hügelland           | 40 „ „ 1 „ „ 4 „        |
| c) im Flachland           | 25 „ „ 1 „ „ 2,5 „ .“   |

Ferner ist mit Rücksicht darauf, daß bei anhaltenden starken Steigungen die Zugtiere in hohem Maße angestrengt werden, ebendasselbst noch bestimmt:

„§ 13. Bei anhaltenden Steigungen von größerer Gesamthöhe als 30 m, und wenn eine stärkere Steigung als 4 ‰ angewendet wird, ist auf jede folgende Höhe von 30 m die Steigung um wenigstens  $\frac{1}{2}$  ‰ oder 5 mm auf 1 m Länge zu vermindern, was so lange fortzusetzen ist, bis dieselbe 4 ‰ erreicht hat.

§ 14. Können die Maximalsteigungen von mehr als 4 ‰ auf längeren Strecken nicht vermieden werden, so sind in Entfernungen von 600 bis 800 m Ruheplätze von mindestens 30 m Länge, denen höchstens eine Steigung von 1 ‰ gegeben werden darf, anzulegen.“

Diesen für *Hauptverkehrswege* erlassenen Bestimmungen entsprechen im großen und ganzen die in den verschiedenen Landesteilen für den Bau von chaussierten Wegen geltenden Vorschriften, indem unter zutreffender Berücksichtigung des wirtschaftlichen Wertes der *nur dem lokalen Verkehr* dienenden Wege für diese meistens weniger enge Grenzen gezogen werden.

Als äußerste Steigungen für Verkehrswege sind festzuhalten:

Im Flachlande	30 mm auf 1 m oder 3 ‰,
„ Hügellande	50 „ „ 1 „ „ 5 „
„ Gebirgslande	60 „ „ 1 „ „ 6 „ .

Bei Wegen für rein landwirtschaftliche Zwecke können auch diese Grenzen noch erweitert werden, doch dürfte

für Hauptwirtschaftswege eine Steigung von 100 mm auf 1 m oder 10 ‰,  
 „ Nebenwirtschaftswege „ „ „ 120 „ „ 1 „ „ 12 „

als höchste zulässige Steigung anzusehen und nur ausnahmsweise und für kurze Strecken anzuwenden sein. Wege, die lediglich der Abfuhr dienen, können bis 140 mm auf 1 m oder um 14 ‰ fallen.

### § 15.

**Querprofile der Strafsen.** Auch für die Querschnitte (Breiten) der Strafsen ist wiederum die Stärke des Verkehrs und die ortsübliche Art der Fuhrwerke maßgebend. Hauptwirtschaftswege müssen, je nach ihrer Bedeutung, eine nutzbare Breite von 5 bis 7 m erhalten.

Nebenwirtschaftswege können, sofern sie nur den Zugang zu einzelnen Plänen vermitteln, ausnahmsweise 3 m breit angelegt werden. Ihre Mindestbreite ist sonst  $4\frac{1}{2}$  m.

Triftwege erhalten 8 bis 12 m und selbst größere Breiten, wenn einerseits die Stärke der Viehherden bedeutend, andererseits der Grund und Boden minderwertig ist.

Kunstmäßig ausgebaute Landstraßen, bei denen neben der eigentlichen befestigten Fahrbahn ein Streifen zur Lagerung des Materials für Reparaturen — das Materialienbankett — erforderlich ist, und welche gewöhnlich noch ein Fußgängerbankett erhalten, zeigen je nach dem Umfange der Benützung recht verschiedene Breiten. Kreisstraßen und befestigte Landstraßen untergeordneter Bedeutung haben wesentlich geringere Abmessungen wie die Hauptwegzüge (Provinzialstraßen), welche den Verkehr zwischen größeren Ortschaften vermitteln. Die größten Breiten, wie sie jetzt kaum noch zur Ausführung kommen, findet man bei den Staatsstraßen, die vor der Zeit der Eisenbahnen angelegt wurden.

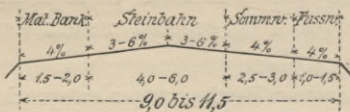


Fig. 24.

Neben der befestigten Fahrbahn (Steinbahn) findet sich, besonders wenn der Verkehr mit Landfuhrwerk vorherrscht, öfters noch eine Kiesbahn, der Sommerweg vor.

Für derartige Strafsen bestimmt die für Staatsstraßen in Preußen erlassene Instruktion folgende Abmessungen (Fig. 24):

Breite des Planums m	Breite der Steinbahn m	Breite des Sommerweges m	Breite des Materialienbankettes m	Breite des Fußgängerbankettes m
11,5	5,0	3,0	2,0	1,5
10,0	4,5	3,0	1,5	1,0
9,5	4,5	2,5	1,5	1,0
9,0	4,5	2,5	1,5	0,5
9,0	4,0	2,5	1,5	1,0

Fällt der Sommerweg fort, so sind folgende Abmessungen üblich (Fig. 25):

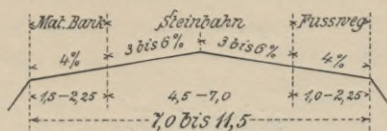


Fig. 25.

Breite des Planums m	Breite der Steinbahn m	Breite des Materialien- bankettes m	Breite des Fufsgänger- bankettes m
11,5	7,0	2,25	2,25
10,0	5,6	2,2	2,2
9,5	5,0	2,25	2,25
9,0	5,6	2,0	1,4
8,0	5,0	1,8	1,2
7,5	5,0	1,5	1,0
7,5	4,5	1,8	1,2
7,5	4,5	1,5	1,5
7,0	4,5	1,5	1,0

Ganz allgemein dürften 3,5 m als geringste Breite der Steinbahn festzuhalten sein, und nur ausnahmsweise, bei ganz geringem Verkehr, oder wenn örtliche Verhältnisse dies auf kurze Strecken bedingen, kann eine Einschränkung bis auf 3 m zugelassen werden.

## Kapitel IV.

### Ausbau der Wege.

#### § 16.

**Ausführung der Erdarbeiten.** Die Herstellung des eigentlichen Straßenkörpers hat nach den allgemein gültigen Regeln für den Erdbau zu erfolgen und ist im II. Kapitel behandelt.

Bei der Bestimmung des für den Wegbau erforderlichen Grundenerwerbs ist darauf zu achten, daß sich die Anordnung von Schutzstreifen zu beiden Seiten des Weges empfiehlt. Bei chausseemäßigem Ausbau der Straßen sind diese Streifen verlangt.

Nach der Instruktion soll die Breite der Schutzstreifen längs des äußeren Grabenrandes oder am Fuß der Dammböschungen bei mittlerem und schlechtem Lande 0,6 m, bei gutem Lande 0,5 m betragen.

#### § 17.

**Entwässerung der Straßen.** Die allgemein maßgebenden Gesichtspunkte sind bereits beim Tracieren der Wegzüge (§ 13) hervorgehoben, wo im besonderen auf die Höhenlage des Planums und auf die Notwendigkeit der Seitengräben hingewiesen ist.

Um das Tagwasser möglichst schnell von der Straße abzuleiten und am Eindringen in den Untergrund zu hindern, erhalten die Wege Quergefälle, welches sich, besonders bei chaussierten Straßen, zum Teil nach dem Längsgefälle richtet, da bei stärkerem Längsgefälle naturgemäß ein geringeres Quergefälle erforderlich ist.

Auch von dem Deckmaterial hängt das Quergefälle ab, da eine weiche, leicht Schmutz bildende Decke den Wasserabfluß verzögern wird.

Als übliche Quergefälle können angenommen werden:

1. Bei Pflaster: für 1 m Breite 20—40 mm Fall, je nach der Güte der Pflastersteine, d. h. je nach deren Gestalt und Festigkeit.

2. Bei Steinschlagbahnen (Chausseen):

bei einem Längsgefälle von 0 mm auf 1 m; 50 mm Quergefälle auf 1 m Breite,

"	"	"	"	10	"	"	1	"	50	"	"	1	"	"
"	"	"	"	20	"	"	1	"	40	"	"	1	"	"
"	"	"	"	50	"	"	1	"	30	"	"	1	"	"

Bei weichem Material und in Strecken, wo die Austrocknung der StraÙe behindert ist (im Wald, im Einschnitt), wird das Quergefälle zweckmaÙig um 10 mm für das Meter Breite vermehrt.

3. Bei Kiesbahnen und LehmstraÙen:

für 1 m Breite 50 bis 60 mm Fall.

4. Bei Sommerwegen, FuÙswegen und Banketten:

für 1 m Breite 40 bis 50 mm Fall.

Allgemein erhalten die StraÙen von der Mitte nach beiden Seiten hin ein gleichförmiges Gefälle, indem die Oberfläche entweder nach einer Kreislinie, mit dem höchsten Punkt in der Mitte, oder nach zwei Geraden, welche durch einen Kreisbogen verbunden sind, gestaltet wird (Fig. 26 und 27). Nur bei Strecken, die im Anschnitt liegen (Fig. 28), wendet



Fig. 26.



Fig. 27.

man ein einseitiges Gefälle nach der Bergseite hin an, um besonders bei Glatteis die Gefahr des Absturzens zu verringern.

Besteht der Erdkörper aus fettem, undurchlässigem Boden, so muÙ der zur Aufnahme der Steinbahn dienende Erdkasten (Koffer) durch Tonrohre oder Sickerkanale trocken gehalten werden. Wenn zu diesem Zwecke einzelne, zu den Seitengräben führende Rohrstränge oder Kanäle nicht genügen, legt man am besten zu beiden

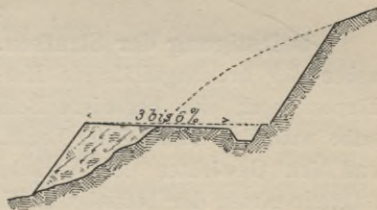


Fig. 28.

Seiten der Steinbahn, etwa 0,6 m auÙerhalb derselben, Längsrohre mit einem Mindestgefalle von 1:1200, die von Zeit zu Zeit mittelst Querrohren nach den Seitengräben entwässern.

Wie bereits im § 13 angegeben ist, müssen sämtliche Wege, deren Planum sich nicht wenigstens 0,6 m über das Gelände erhebt, mit Seitengräben zur Trockenhaltung des Planums und zur Weiterführung des von der StraÙe abflieÙenden Wassers versehen werden. Hindert der Wegzug den natürlichen Abflus des Tagwassers (die Vorflut), so müssen die Weggraben auch diese Mengen aufnehmen und weiterführen. Die Abmessungen der Gräben hängen von der Wassermenge und dem Verhältnis ihres Langsgefalles zu dem Geländegefälle ab. Als MindestmaÙe können gelten:

0,5 m Sohlenbreite, 0,6 m Tiefe, 1 $\frac{1}{2}$ fache Böschungsanlage.

Das Längsgefälle der Grabensohle folgt bei Aufträgen meistens der Bodengestaltung, bei Einschnitten fast stets dem Längsgefälle der StraÙe; hierbei muß jedoch ein Mindestgefälle von 1:600 unbedingt gewahrt bleiben.

Bei Wegen untergeordneter Bedeutung in durchlässigem Boden können die Gräben allerdings ohne Gefälle und sogar ohne Vorflut angelegt werden. Sie dienen dann lediglich zur Aufnahme des bei stärkeren Regengüssen vom Wege abfließenden Wassers, welches in ihnen versickert und so den Weg schneller trocken legt.

Wird das Grabengefälle stärker als 1:40, so muß die Sohle zunächst durch Streifen von Kopfrasen oder Pflaster etwa in 10 m Entfernung voneinander, schließlich, bei wachsendem Gefälle, durch einzelne Kaskaden oder vollständige Auspflasterung gesichert werden. (Kap. X.)

Bei Einschnitten in geneigtem Gelände empfiehlt es sich, die schon für die Bauausführung oberhalb der bergseitigen Böschung angelegten Fanggräben (Fig. 20) dauernd für die Abhaltung und Weiterführung des bergseitigen Tagwassers beizubehalten. Das Wasser der Seitengräben soll tunlichst schnell bestehenden Wasserläufen zugeführt werden und wird deshalb öfters auf die andere Seite der StraÙe geleitet werden müssen. Die hierdurch erforderlich werdenden Bauwerke sind im Brückenbau behandelt. (Kap. VII.)

## § 18.

**Befestigung der StraÙen.** Verlangt die Bedeutung des Weges neben der ordnungsmäßigen Herstellung und Trockenlegung des Wegkörpers noch eine besondere Befestigung der Fahrbahn, so hat sich dieselbe nach dem Umfang der Benützung, also vornehmlich nach den Massen und den Gewichten der Verkehrslast zu richten. Wir unterscheiden folgende Arten der befestigten Wege:

**1. Kies- und Lehmwege.** Wirtschafts- und Verbindungswege untergeordneter Bedeutung können ohne großen Kostenaufwand dadurch wesentlich verbessert werden, daß bei sandigem Boden eine 5—10 cm starke Schicht von Lehm oder anderem bindenden Material, bei lehmigem Untergrunde eine Schicht von grobem Sand oder Kies aufgebracht wird. Auch Schlacken und Mauerschutt sind gut verwendbar. Da Lehmwege bei nassem Wetter leicht zerstört werden, so deckt man bei zwei- und mehrspurigen befahrenen Wegen nur die Hälfte der Bahn mit Lehm ab.

**2. Steinschlagbahnen.** Diese bestehen entweder aus einer Schicht größerer Steine, der sogenannten Packlage, und ein bis zwei Lagen zerkleinerter Steine (Mittellage und Decklage) oder nur aus mehreren Lagen Steinschotter.

Bei beiden Konstruktionsarten wird zunächst auf dem fertig hergestellten, ordnungsmäßig profilierten Planum ein Erdkoffer von der Breite

der Fahrbahn und einer Tiefe, welche der Gesamtstärke der Steinbahn nach dem Abwalzen gleich ist, hergestellt.

Mit Rücksicht auf die gröfsere Abnutzung gibt man der Steinbahn nach der Mitte zu eine etwas gröfsere Stärke als an beiden Seiten; dementsprechend mufs die Wölbung oder Neigung des Koffers etwas flacher als die der Steinbahn sein.

Der Steinschlag wurde früher allgemein durch 15—20 cm hohe und 20—25 cm lange Steine, die sog. Bordsteine, auf beiden Seiten eingefafst, um ein seitliches Ausweichen der Decke zu verhindern. Da die hierfür aufgewendeten Kosten in keinem richtigen Verhältnis zu dem erreichten Vorteil stehen, so werden in neuerer Zeit Bordsteine häufig nicht verwendet.

Die Stärke der Steindecke hat sich nach der Schwere der verkehrenden Lasten und nach der Beschaffenheit des Untergrundes zu richten, da der Raddruck durch die Decke auf eine der Tragfähigkeit des Untergrundes entsprechende Fläche verteilt werden mufs. Steinbahnen auf schlechtem Untergrunde müssen demnach stärker angelegt werden, als solche auf tragfähigem Boden.

Die Stärke der Steinbahn (nach dem Abwalzen gemessen) beträgt für Strafsen ohne Packlage 200—250 mm, für solche mit Packlage 210—280 mm.

Die Packlage besteht aus 90—160 mm hohen, am besten pyramidenförmigen Steinen, welche mit ihrer breiten Grundfläche nach unten dicht aneinander in dem Erdkoffer verpackt und ausgezwickt werden.

Auf die Packlage werden die Decklagen (Schüttlagen) geschüttet. Bei Stärken von 90—120 mm pflegt man die Decklage in *einer* Schicht, bei Stärken von 120—160 mm in *zwei* Schichten (Mittellage und Decklage) herzustellen.

Diese Schüttlagen bestehen aus klein geschlagenen Steinen, deren Durchmesser bei festem Material nicht über 30—40 mm, bei weniger festem nicht über 40—50 mm betragen darf.

Die zunächst aus den angeführten lockeren Steinmassen bestehende Decke erhält erst durch das Walzen ihre Härte und den erforderlichen Zusammenhang. Man walzt jede Lage für sich ab und zwar Packlage und Mittellage nur leicht mit unbelasteter, die Decklage mit belasteter Walze. Chausseewalzen mit Wasserbelastung (-füllung) oder mit füllbaren Belastungskästen wiegen unbelastet 5000—6000 kg, belastet 8000 bis 10000 kg.

Das Abwalzen geschieht stets von den Seiten nach der Mitte zu, so dafs die Walze zunächst an den Bordsteinen entlang geführt wird und dann bei jeder neuen Fahrt um die Walzenbreite sich der Mitte der Fahrbahn nähert.

Bei trockenem Wetter muß die Reibung, welche dem Zusammen- und Ineinanderpresse der Steine Widerstand entgegengesetzt, durch Befuchtung der Bahn verringert werden.

Dieses Besprengen darf jedoch nicht so übermäÙig erfolgen, daß das Planum aufweicht.

Um das Durchsickern des Tagwassers durch die Steinbahn und die hieraus folgenden Planumszerstörungen zu verhindern, muß die Decklage durch Beimengung eines in Wasser nicht löslichen Bindemittels oder Füllmaterials gedichtet werden. Sofern der beim Zerkleinern der Steine gewonnene Grus nicht ausreicht, eignen sich eisenschüssiger Kies und grober Sand hierzu am besten.

Das Bindematerial wird erst dann aufgebracht, wenn die Decklage nach wiederholtem Walzen bereits eine feste Lagerung zeigt.

Die festgewalzte fertige Steindecke enthält an Steinschlag das 1,4- bis 1,6fache ihres Inhaltes. Da 0,8 cbm Bruchstein durchschnittlich 1,0 cbm Steinschlag ergeben, so kann der Bedarf an Bruchsteinen etwa zum 1,1- bis 1,3fachen des Inhaltes der Steinschlagbahn angenommen werden.

Bei Mangel an Steinmaterial wird zur Verminderung der Kosten für Packlage und Mittellage wohl auch grober Kies verwendet. Die Stärke dieser Kieslage soll dann 0,4 bis 0,6 der Gesamtstärke der Steinbahn betragen.

**3. Grand- und Kiesbahnen.** In Gegenden, wo Steine nur mit großen Kosten zu beschaffen, dagegen größere Lager von grobem Kies oder Grand vorhanden sind, hat man mit Erfolg dieses Material allein zur Herstellung von Kunststraßen verwendet. In der Hauptsache müssen hierbei dieselben Regeln wie bei der Herstellung der Steinschlagbahnen befolgt werden, nur wählt man die Stärke der Decke um  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  größer.

Bei der runden Gestalt der einzelnen Stücke kann eine feste Lagerung aber nur durch die Beimengung eines Bindemittels erreicht werden. Wenn daher der Kies selbst keine derartigen Bestandteile enthält, so muß ihm eine hinreichende Menge Lehm beigemischt werden. Nachdem Kies und Lehm durch Harken oder Eggen innig gemischt sind, erfolgt das Abwalzen der Bahn.

**4. Pflaster.** Dem starken Verkehr in der Nähe von Ortschaften und industriellen Anlagen genügen sehr oft die Steinschlagbahnen nicht. Dann erfolgt die Befestigung durch Pflaster.

Pflaster besteht aus der Bettung und den Pflastersteinen. Zu letzteren eignet sich am besten ein Material, welches bei genügender Festigkeit und Härte der Bearbeitung zu regelmäÙigen Körpern keinen allzugroßen Widerstand entgegengesetzt (Granit). Steine, welche durch das Befahren an der Oberfläche leicht glatt werden, wie Basalt, sind, besonders auf



Strecken mit stärkerem Gefälle, möglichst zu vermeiden. Nach der Form der Pflastersteine unterscheidet man:

**a)** Feldsteinpflaster aus gewöhnlichen Findlingen, ohne jede Bearbeitung. Dieses Pflaster wird nur bei untergeordneten Wegen (Dorfstraßen u. s. w.) verwendet. Zu seiner Herstellung sondert man die Steine nach der Größe und versetzt dann streckenweise die gleichgroßen Steine mit möglichst engen Fugen. Man kann auch zweckmäßig den mittleren Teil der Straße aus den stärkeren Steinen herstellen und die schwächeren zu beiden Seiten verwenden.

**b)** Gewöhnliches Kopfsteinpflaster aus Steinen, denen wenigstens eine glatte Fläche, der Kopf, angeschlagen ist. Auch hier verwendet man streckenweise die Steine ähnlicher Größe und sucht sie mit engen Fugen in Streifen, die untereinander parallel und quer zur Straße laufen, so zu versetzen, daß in der Längsrichtung der Straße stets ein Wechsel der Fugen stattfindet. Sämtliche Fugen sind mit Kies oder Sand gehörig zu füllen.

**c)** Pflaster aus bearbeiteten Steinen. Der Wert und Preis dieses Pflasters steigt nach der Anzahl der bearbeiteten Flächen und nach der Sorgfalt der Bearbeitung.

Zur *Unterlage* (Bettung) für alle Pflasterarten verwendet man Kies und Sand, der scharf und grobkörnig und frei von lehmigen, mergelartigen und vegetabilischen Stoffen sein soll. Die Stärke der Bettung richtet sich nach der Beschaffenheit des Untergrundes und nach der Güte der Pflastersteine. Im allgemeinen werden 15 cm ausreichen. Je nach Dichtigkeit und Stärke der Bettung wird das Pflaster um 4 bis 7 cm höher verlegt und dann unter ausreichender Wassersprengung in mindestens zwei Absätzen vorsichtig bis zur bauplanmäßigen Höhe heruntergerammt. Das fertige Pflaster wird 1 bis 3 cm hoch mit Kies überworfen, der durch Fegen und Einschlämmen möglichst tief und fest in die Fugen zu verteilen ist.

**5. Klinkerbahnen.** In Gegenden, wo Steinmaterial nur mit großen Kosten zu beschaffen ist, wie in Ostfriesland und Oldenburg, verwendet man zur Befestigung der Wege vielfach hartgebrannte Ziegelsteine, sog. Klinker. (Die Klinker haben meist etwas kleinere Abmessungen, als die Steine mit Normalformat.)

Man setzt die Steine hochkant auf eine 30 bis 40 cm starke Sandbettung in Reihen, die untereinander parallel und quer zur Straße laufen, im Verbandsrecht dicht aneinander, rammt oder walzt sie fest und schlämmt und fegt die Fugen voll Sand. Die Bettung muß recht sorgfältig, entsprechend dem Straßenprofil, hergestellt sein, wenn die fertige Straße keine Unregelmäßigkeiten zeigen soll.

Verglaste Klinkersteine, sowie krumme und windschiefe oder mit Blasen und Rissen versehene, sind nicht zu verwenden.

## § 19.

**Schutzvorrichtungen.** Um in der Dunkelheit oder nach Schneefall die Wege kenntlich zu machen, empfiehlt es sich, die Verbindungswege an beiden Seiten mit Bäumen zu bepflanzen. Dieselben werden 0,30 m von der Böschungskante entfernt, in Abständen von 5 bis 15 Meter angeordnet, je nachdem sie einen schlanken Wuchs oder breite Krone haben. In Aufträgen gedeihen fast alle Baumarten gut, in Einschnitten, wo allerdings die Bäume auch recht gut fehlen können, wird man selten befriedigende Resultate erreichen. Von den Obstbäumen gedeihen Kirschen und Pflaumen am leichtesten, während Äpfel und besonders Birnen besseren Boden und günstige Verhältnisse verlangen.

Von den Waldbäumen gedeihen Birke und Akazie auf unfruchtbarem Sandboden, erstere auch auf moorigem Untergrunde. Eiche, Esche und Linde verlangen milden, lockeren, nahrhaften Boden, dagegen kommen Ulmen auch noch auf schwerem, nassem Lehmboden fort. Die früher als Chausseebaum bevorzugte Pappel ist ihrer weitgehenden Wurzeln wegen angrenzendem Ackerlande schädlich.

Auf hohen Dämmen, an Abhängen oder längs eines Wassers wird neben den Bäumen häufig noch ein weiterer Schutz durch Schutzsteine oder Geländer erforderlich sein.

Die Schutzsteine haben eine Länge von 1,50 bis 1,75 m und sollen für gewöhnlich 1 m, aber mindestens 0,75 m über das Planum hinausragen. Die Entfernung der Steine voneinander beträgt 1,5 bis 2,0 m. Um sie in der Nacht leichter erkennbar zu machen, erhalten sie einen Kalkanstrich. Tritt in der Gegend häufig starker Schneefall ein, so wird ein Stein um den andern mit Teeranstrich dunkel gefärbt oder jeder einzelne Stein erhält schwarze und weiße Streifen.

Zur Herstellung eines Geländers kann man die Schutzsteine mit eisernen Stangen (Röhren, Profileisen) untereinander verbinden, oder man setzt ein besonderes hölzernes oder eisernes, aus Stielen und Holmen bestehendes Geländer.

Sind Steine im Überflufs vorhanden oder billiger als andere Materialien zu beschaffen, so kann an Stelle des Geländers auch eine Brüstungsmauer treten.

## C. Brückenbau.

### Kapitel V.

#### Vorarbeiten.

##### § 20.

**Einleitung. Einteilung der Brücken.** Unter „*Brücke*“ verstehen wir jede künstlich hergestellte Überleitung eines Weg- oder Wasserzuges über andere Weg- oder Wasserzüge oder über nicht aufgefüllte Bodenvertiefungen.

Die Einteilung der Brücken läßt sich nach zwei Hauptgesichtspunkten vornehmen, deren ersten der Zweck der Brücke und die Art der Benutzung bildet. Wir unterscheiden hiernach:

- I. nach dem *überzuleitenden* Zuge: Stege, Fußgängerbrücken, Weg- und Strafsenbrücken, Eisenbahnbrücken, Kanalbrücken, Aquädukte;
- II. nach dem zu *überbrückenden* Zuge: Durchlässe, Bach-, Fluß-, Strombrücken, Flutbrücken, Talbrücken (Viadukte), Weg- und Bahnüberführungen;
- III. nach der *Stetigkeit* der Verbindung: feste und bewegliche Brücken.

Zu letzteren gehören Drehbrücken, Portalbrücken, Wippbrücken, Klappbrücken; auch Schiffbrücken, Ponten und selbst Fähren dürften hier einzureihen sein.

Der zweite Hauptgesichtspunkt liegt in der baulichen Anordnung. Hiernach unterscheiden wir:

- I. nach der Lage der *Brückenachse* zum überbrückten Zuge: *gerade* (normale), *schiefe* und *polygonale* Brücken;
- II. nach dem *Baumaterial*: *hölzerne*, *steinerne* (massive) und *eiserne* Brücken;
- III. nach der *Konstruktionsweise*: *Balkenbrücken*, *Hängewerks-* und *Sprengwerksbrücken*, *Bogen-* und *Hängebrücken*.

Sowohl die unter dem ersten, wie die unter dem zweiten Hauptgesichtspunkte aufgeführten Brückenarten, welche aber nur so weit be-

handelt werden, als es dem Zwecke dieses Werkes entspricht, kommen vielfach in Verbindung miteinander zur Anwendung.

### § 21.

**Wahl der Übergangsstelle.** Die Übergangsstelle ist naturgemäß durch die Kreuzung des überzuleitenden Zuges mit dem zu überbrückenden gegeben.

Verschiebungen dieser Stelle werden aber in den meisten Fällen möglich und in vielen Fällen zweckmäßig sein. Namentlich wird man in Rücksicht auf Kostenersparnis und leichtere Herstellung sich hierzu gern entschließen, um eine rechtwinklige Lage der Brückenachse zum überbrückten Zuge zu erhalten.

Ist der zu überbrückende Zug ein Wasserlauf, so ist die Richtung des Hochwasserstromes, welche oft erheblich von der gewöhnlichen Richtung des Wasserlaufes abweicht, als Zugrichtung maßgebend.

Unter Umständen wird man zur Verlegung des Wasserlaufes schreiten, um beide Richtungen in grössere Übereinstimmung zu bringen.

Die Pfeilerachsen müssen parallel zum überbrückten Zuge gerichtet sein.

Läfst es sich nicht vermeiden, eine *schiefe* Brücke anzuwenden, so sind als kleinste Winkel der Brückenachse mit der Achse des überbrückten Zuges

für steinerne (gewölbte) Brücken	30 <sup>0</sup> ,
„ hölzerne Brücken	25 <sup>0</sup> ,
„ eiserne Brücken	20 <sup>0</sup>

zu wählen.

*Knickpunkte* und *Kurven* des überzuleitenden Zuges sind auf der Brücke zweckmäßig zu vermeiden. Ist dieses nicht angängig, so gilt als kleinster Radius

für Kommunalwege	15 m,
„ Kunststraßen	20 m.

Die Fahrbahn der Brücke wird man der leichteren Herstellung und Unterhaltung wegen horizontal anlegen, jedenfalls ihr kein stärkeres Gefälle als das des überzuleitenden Zuges geben.

Bei Brücken über Wasserläufe ist eine Stelle auszuwählen, die ein möglichst regelmässig ausgebildetes Bett für Mittel- und Hochwasser zeigt. Zu enge, wie zu weite Stellen können durch Eisversetzung und Veränderungen des Bettes für das Bauwerk gefährlich werden. — Dicht oberhalb oder unterhalb der Brücke liegende starke Krümmungen sind ebenfalls gefährlich, da sie der Anlaß zu Richtungsveränderungen des Wasserlaufes werden können.

Sind regelmäßige Stellen des Wasserlaufes überhaupt nicht vorhanden, so wird es sich manchmal nicht vermeiden lassen, solche herzustellen.

Die Beschaffenheit des *Baugrundes* ist naturgemäß von allergrößter Bedeutung und kann unter Umständen die völlige Verlegung des Zuges, in dem die Brücke liegen soll, erzwingen.

Untergeordnete Bauwerke, wie Stege, kleinere Durchlässe und Feldwegbrücken, werden öfters über die hier gezogenen Grenzen hinaus örtlichen Verhältnissen und Gewohnheiten angepaßt.

## § 22.

### Bestimmung der lichten Weite und Höhenlage der Brücken.

Lichte Weite und Höhe einer Brücke werden sowohl durch den überleitenden, als auch namentlich durch den zu überbrückenden Zug und bis zu einem bestimmten Grade auch durch die Wahl des Materials bestimmt.

Ist der zu *überbrückende Zug* ein *Weg*, so genügen folgende Lichtmaße der Brücke:

Wegart	Lichte Weite m	Lichte Höhe m
Fußweg . . . . .	2,0	2,5
Feldweg . . . . .	3,5	4,5
Kommunalweg . . . . .	5,0	4,5
Kunststrasse . . . . .	7,5—9,0	4,5—5,0

Die Maße sind reichlich und werden in mancher Gegend eine Einschränkung erfahren können. Einen Anhaltspunkt hierfür geben vorhandene Brücken, und für Feldbrücken die ortsübliche Weite und Höhe der Scheunentore, da diese der üblichen Ladehöhe und Ladebreite der Wagen entsprechen.

Ist eine *Eisenbahn* zu überschreiten, so muß deren *Normalprofil* durch die Brücke frei gelassen werden.

Bei Brücken über *Wasserläufe* wird das *Durchflußprofil* durch die größte Menge des durchfließenden Wassers bestimmt.

Bei kleinen Wasserläufen, namentlich bei künstlich hergestellten oder regulierten Grabenzügen (Bewässerungsgräben, Entwässerungsgräben), deren größte Wassermenge in einem geschlossenen Profil zur Abführung gelangt, ist die Durchführung des uneingeschränkten Profils unter dem Bauwerk anzustreben.

Man wird also entweder den Wasserlauf ohne jede Veränderung lassen, so daß die lichte Brückenweite gleich ist der Breite des höchsten

Wasserspiegels (Fig. 29), oder man wird eine Weite  $l'$  wählen, sodaß  $\varphi l'h$  gleich ist dem uneingeschränkten Profil (Fig. 30).  $\varphi$  ist ein Kontraktionskoeffizient, der von der Gestaltung der Pfeilervorköpfe abhängt (Fig. 31):

Für rechteckige . . . . . Form des Vorkopfes ist  $\varphi = 0,85$ ,  
 „ stumpfgestaltete . . . . . „ „ „ „ „ „  $= 0,90$ ,  
 „ abgerundete und spitze „ „ „ „ „ „  $= 0,95$ .

Die Profilgestaltung nach Fig. 30 bedingt oberhalb und unterhalb der Brücke eine steilere Böschungsanlage und deren Befestigung durch Pflaster etc.

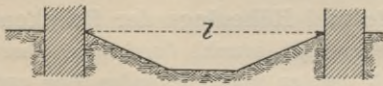


Fig. 29.

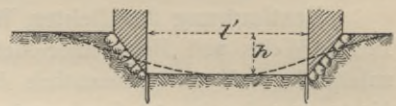


Fig. 30.

Ist die Durchführung des *uneingeschränkten* Profiles nicht möglich, muß also der Kostenersparnis oder sonstiger Gründe wegen eine *Einschränkung der lichten Weite* erfolgen, so wird vor der Brücke ein *Aufstau* hervorgerufen und unter der Brücke die Wassergeschwindigkeit vermehrt.

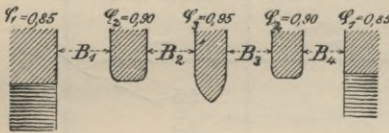


Fig. 31.

Die zulässige Höhe des *Aufstaus* richtet sich nach den örtlichen

Verhältnissen und die zulässige Geschwindigkeit nach dem Material der Flußsohle.

Die Geschwindigkeiten an der Flußsohle, welche nicht überschritten werden dürfen, wenn Ausspülungen vermieden werden sollen, sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Beschaffenheit der Sohle	Größte zulässige Sohlengeschwindigkeit in Metern in der Sekunde
Schlammige Erde und blauer Ton . . . . .	0,05
Tüpferton . . . . .	0,08
Fetter Ton . . . . .	0,16
Fester Flußsand . . . . .	0,31
Kiesiger Boden . . . . .	0,70
Grobsteiniger Boden . . . . .	0,94
Konglomerate und Schieferstücke . . . . .	1,49
Lagerhafte Gebirgsarten . . . . .	1,82

Werden diese Geschwindigkeiten überschritten, so muß die Sohle unter der Brücke durch Steinschüttung, Pflaster etc. befestigt werden.

(Über Bewegung des Wassers in Wasserläufen und über Geschwindigkeitsmessungen siehe Teil I, Seite 408 u. ff.)

Besitzt das Profil oberhalb der Brücke die mittlere Breite  $b$ , die mittlere Tiefe  $h$ , und beträgt dort die mittlere Geschwindigkeit in der Sekunde  $v$ , so ist die abfließende Wassermenge  $Q = v \cdot b \cdot h$ .

Engt man unter der Brücke das Profil auf die Breite  $B$  ein, so daß vor der Brücke ein Aufstau  $h_1$  und unter der Brücke die mittlere Geschwindigkeit  $v_1$  entsteht, so muß auch

$$Q = v_1 \cdot \varphi \cdot B (h + h_1)$$

sein. ( $\varphi$  ist der bereits erwähnte Kontraktionskoeffizient.)

Hieraus ergibt sich die Lichtweite der Brücke:

$$B = \frac{v \cdot b \cdot h}{v_1 \cdot \varphi (h + h_1)},$$

wobei  $h_1 = \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$  ist, unter  $g$  die Beschleunigung durch die Schwere = 9,81 m verstanden.

Beispiel: Ein Wasserlauf besitzt oberhalb der Brücke die mittlere Breite  $b = 12$  m, die mittlere Tiefe  $h = 1,0$  m und die mittlere Geschwindigkeit  $v = 0,8$  m in der Sekunde. Die Pfeilerköpfe sind rechtwinklig gestaltet, also ist  $\varphi = 0,85$ . Der Wasserlauf soll unter der Brücke auf 8,5 m eingeeengt werden. Wie groß ist der Aufstau vor der Brücke und die mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke?

Setzt man in die Gleichung für  $B$  ein:  $h_1 = \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$ , so erhält man:

$$v_1^3 + v_1 (2gh - v^2) = \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot v \cdot b}{B \cdot \varphi}$$

oder nach Einsetzung der gegebenen Werte:  $v_1^3 + 18,98 v_1 = 26,07$ . Die Auflösung dieser Gleichung erfolgt bequem durch probeweises Einsetzen von Werten für  $v_1$ . Es ergibt sich  $v_1 =$  rund 1,27 m in der Sekunde und der Aufstau vor der Brücke  $h_1 = 0,05$  m.

Besitzt die Brücke mehrere Öffnungen und verschieden gestaltete Pfeilerköpfe, wie in Fig. 31, so geht die Formel über in

$$B_1 \cdot \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + B_2 \cdot \frac{\varphi_2 + \varphi_3}{2} + B_3 \cdot \frac{\varphi_3 + \varphi_2}{2} + B_4 \cdot \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2} = \frac{v \cdot b \cdot h}{v_1 (h + h_1)}$$

Ist die abzuführende größte Wassermenge gänzlich unbekannt und infolge unregelmäßiger Profilgestaltung auch aus Profilgröße und Gefälle nicht zu ermitteln, so bietet die Größe des *Niederschlagsgebietes* einen Anhalt.

Man kann durchschnittlich folgende *größte Abflussmenge* für das Quadratkilometer Niederschlagsgebiet und die Sekunde annehmen:

im Gebirge . . .	1 cbm,
„ Hügelland . . .	0,50—0,75 cbm,
„ Flachland . . .	0,20 cbm,
„ Niederungsgebiet	0,03 cbm,

wobei zu berücksichtigen bleibt, daß die von 1 qkm abfließende Wassermenge von der Größe des Niederschlagsgebietes abhängig ist. Je größer das Niederschlagsgebiet, desto geringer die Abflussmenge von der Flächeneinheit (vergl. auch Teil I, S. 430.); wie denn andererseits bei geringer Ausdehnung des Niederschlagsgebietes vom Quadratkilometer bei wolkenbruchartigem Regen Wassermengen abfließen, welche die angegebenen mittleren Höchstwerte erheblich übertreffen. (Vergl. ebenda.)

Bei *Balkenbrücken* über Wasserläufe, welche reisende Hochwasser abführen und starken Eisgang haben, soll die Unterkante der Tragkonstruktion mindestens 1 m über dem Hochwasserspiegel liegen, da sonst das Bauwerk durch mitgeführte Gegenstände und treibende Eisschollen leicht gefährdet werden kann. Bei *flachen* (Stich-) Bögen darf das Hochwasser nur bis zu den Gewölbeanfängen (Kämpfern) reichen, während bei *Halbkreisbögen* und *überhöhten* Bögen die Kämpfer um  $\frac{2}{3}$  und bei *Korbbögen* sogar um  $\frac{3}{4}$  der Pfeilhöhe des Gewölbes in das Hochwasser eintauchen können. Immerhin muß aber ein Abstand von 0,60 m zwischen Unterkante des Bogenseitels und dem Hochwasserspiegel gewahrt werden.

Bei *Stegen*, *Durchlässen* und *unbedeutenden* Feldwegbrücken wird man der Kostenersparnis wegen diese Regel nicht immer einhalten. Selbstverständlich dürfen aber derartige Bauwerke nie ein Hindernis für den Abfluß des Hochwassers werden.

### § 23.

**Fahrbahnbreiten.** Die Fahrbahnbreite richtet sich lediglich nach dem Bedürfnis des überzuleitenden Zuges. Bei *Wegen* gelten die im § 22 für überbrückte Wege angegebenen Maße. Bei *Eisenbahnbrücken* entscheidet *Spurmaß* und *Normalprofil*, bei *Kanalbrücken* die zulässige *Kanalbreite* und bei *Wasserleitungen* deren *Querschnitt*.



## Kapitel VI.

### Konstruktion der Holzbrücken.

#### § 24.

**Einleitung.** Ganz allgemein ist bei jeder Brücke der *Unterbau* und der *Oberbau*, welcher die *Fahrbahn* mit dem *Geländer* trägt, zu unterscheiden.

Nach der Art des *Unterbaues* kommen vor:

- Hölzerne* Brücken mit *hölzernem* Unterbau und
- Hölzerne* Brücken mit *massivem* Unterbau.

#### § 25.

**Der hölzerne Unterbau.** Die den hölzernen Unterbau bildenden „*Joche*“ sind entweder *Endunterstützungen* oder *Zwischenunterstützungen* des Oberbaues und werden hiernach in *End- oder Landjoche* und in *Zwischenjoche* unterschieden.

*Einfache* Zwischenjoche, welche nur die in lotrechter Richtung wirkende Brückenlast aufzunehmen haben, bestehen aus einer Reihe genügend tief eingerammter Pfähle, welche durch einen darüber gelegten Holm, in den sie eingezapft sind, miteinander verbunden werden.

Es empfiehlt sich, ebenso viel Pfähle anzuordnen, wie der Oberbau Tragbalken aufweist, und die Pfahlstärke nicht unter 20 cm zu nehmen.

Eine größere Festigkeit gegen Verschiebungen in der Jochachse wird erreicht, wenn die äußersten Pfähle in einer gegen die Mitte des Joches geneigten Stellung (1:10) geschlagen werden. Dem gleichen Zwecke dienen Streben und Zangen.

Man verwendet gewöhnlich (Fig. 32) zwei in entgegengesetzter, diagonaler Richtung an die

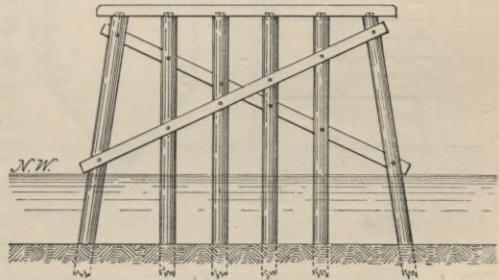


Fig. 32.

einzelnen Pfähle geschraubte Streben aus Halbholz (Halbholz ist die Hälfte eines aus einem vollen Stamme geschnittenen rechteckigen Balkens).

Verwendet man aufer den Streben noch Zangen (Fig. 33), so wird die Verbindung von Strebe und Zange durch „einfachen Versatz“ hergestellt. Zu den Zangen verwendet man ebenfalls Halbholz.

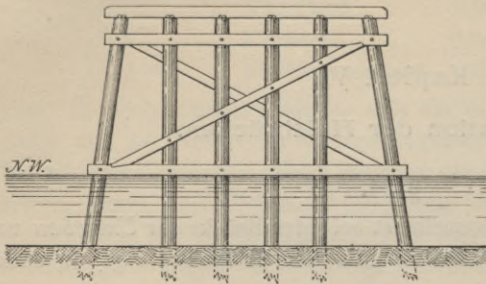


Fig. 33.

Ist das Joch dem Eisgang ausgesetzt, so wird es beiderseitig, in der Höhe zwischen Niedrig- und Hochwasser mit Bohlen bekleidet. Streben und Zangen fallen dann fort. Um Bohlen, sowie Streben und Zangen anbringen zu können, müssen die aus Rundholz

bestehenden Jochpfähle nach dem Rammen fluchtrecht beschlagen werden. Die Verwendung von beschlagenem oder „Kantholz“ zu Jochpfählen ist nicht zu empfehlen, da sich die Pfähle beim Rammen leicht drehen.

Wird die Brückenlast für eine Pfahlreihe zu groß, oder sind Schwankungen der Joche in der Längsrichtung der Brücke zu befürchten, so kommen *zusammengesetzte* Joche zur Anwendung.

Ein zusammengesetztes Joch besteht je nach Bedürfnis aus 2 bis 4 Pfahlreihen, von denen die äußersten mit der Neigung 1:10 gegen die Querachse des Joches eingerammt werden (Fig. 34).

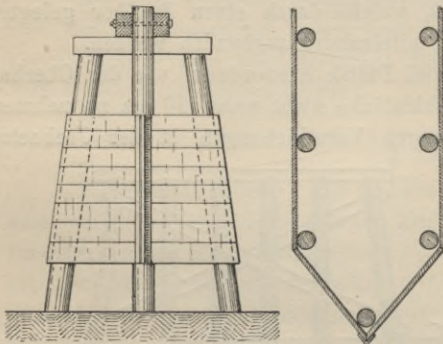


Fig. 34.

Die in einer Querreihe stehenden Pfähle werden durch aufgezapfte kurze Holme (Kapphölzer) miteinander verbunden, auf welchen erst die eigentlichen Holme lagern. An beiden Köpfen werden Strebepfähle angeordnet, die gegen den Eisgang einen im Grundriss keilförmigen Abschluss durch Verkleidungsbohlen gestatten.

Bei besonders hohen Jochen, welche außergewöhnlich lange Pfähle erfordern, namentlich aber bei der Erneuerung alter Joche, deren Pfähle gewöhnlich unter Niedrigwasser noch schadlos sind, empfiehlt sich die Anwendung eines *aufgesetzten* Joches nach Fig. 35. In den Holm des *Unterjoches*, welcher unbedingt unter Niedrigwasser liegen muß, wird jeder Pfahl des unteren und oberen Joches eingezapft. Die Pfähle des oberen

Joches sind durch Streben und Zangen gegen Verschiebungen und Schwankungen zu sichern.

Ist stärkerer Eisgang zu erwarten, so werden vor den Zwischenjochen *Eisbrecher* angeordnet. Dieselben sind stets getrennt vor das Joch zu setzen, damit sie die

Erschütterungen und Schwankungen, denen sie beim Eisgange ausgesetzt sind, nicht auf die Brücke übertragen. Zur Herstellung (Fig. 36 u. 37) dienen eine oder mehrere Reihen Ramppfähle, auf welchen ein von *Niedrigwasser* bis über *Hochwasser* reichender 30—60° geneigter Holm aufgezapft ist, der auf der oberen Seite dachförmig abgeschrägt und durch aufgenagelte Eisen armiert wird. Die Seitenwände der Eisbrecher werden mit einer Bohlenverkleidung versehen.

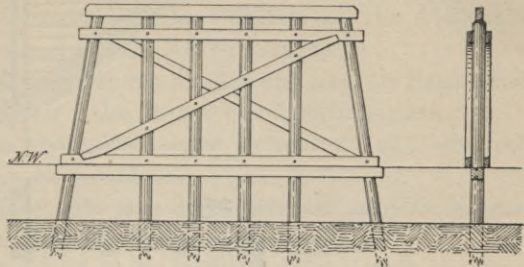


Fig. 35.

Die *Uferjoch*e bestehen aus der *Stirnwand* und den *Flügeln*. Die Flügel werden je nach den örtlichen Verhältnissen mit *horizontalem* oder *geneigtem* Holm in der Richtung der Stirnwand oder in einem Winkel zu derselben zur Ausführung gebracht.

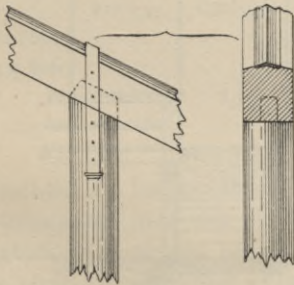


Fig. 36.

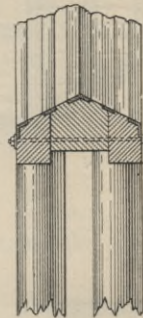


Fig. 37.

Eine Anordnung nach Fig. 38 empfiehlt sich, wenn der überzuleitende Weg in Geländehöhe liegt, der Höhenunterschied zwischen Hochwasser und Niedrigwasser des überbrückten Laufes ein beträchtlicher ist und der Hochwasserspiegel der Unterkante der Brücke nahe kommt.

Eine Anordnung nach Fig. 39 wird zu wählen sein bei zunehmender Höhe des überzuleitenden Weges über den Ufern des zu überbrückenden Wasserlaufes, während die nach Fig. 40 nur dort zweckmäßig ist, wo

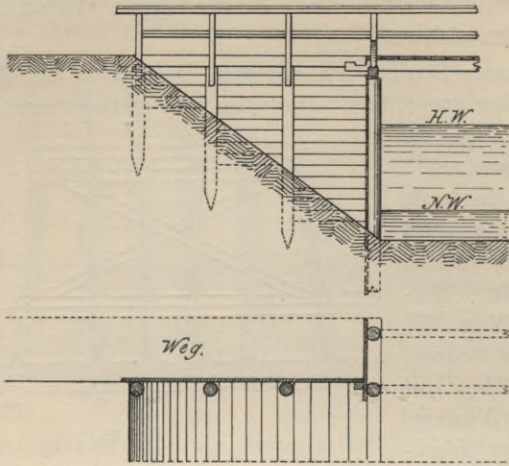


Fig. 38.

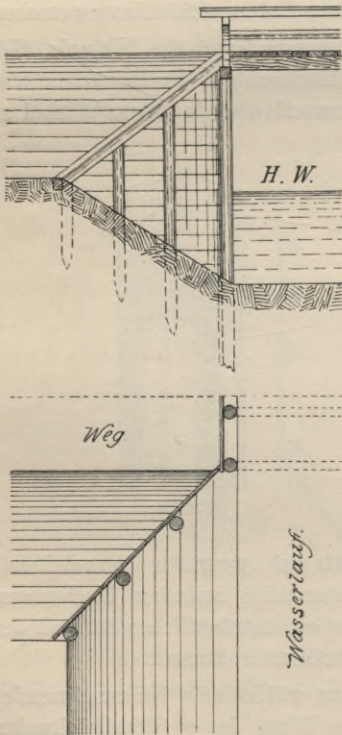


Fig. 39.

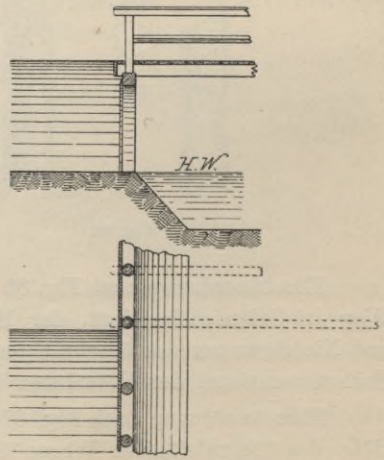


Fig. 40.

es sich um die Überleitung eines zur Tiefe des zu überbrückenden Wasserlaufes hochgelegenen Zuges handelt.

Bei Brücken über Wegzüge sind ähnliche Erwägungen maßgebend.

Die *Konstruktion der Uferjoche* hängt nicht nur von der Größe der Brückenlast, sondern auch von dem Drucke der Hinterfüllungserde ab. Dieser Druck ist durch lagenweises (30 cm) Einbringen und Abstampfen jeder Lage der Hinterfüllungserde tunlichst zu vermindern.

Bei geringer Pfahlhöhe und festem Untergrund sind die Rammpfähle ohne weitere Hilfsmittel in der Lage, diesen Druck aufzunehmen.

Bei größeren Höhen und nachgiebigem Untergrund sind die Jochpfähle gegen den Erddruck zu verankern.

Den Pfählen der Flügel gibt man durch Rammen in einer Neigung von 1 : 10 einen größeren Widerstand.

Unter der Voraussetzung, daß die Pfähle in weicherem Boden ebenso tief in dem gewachsenen Boden stehen, wie sie darüber hinausragen, und bei festem Boden wenigstens bis zur Hälfte ihrer freien Länge eingerammt sind, gilt für Holzstärken und Zahl der Verankerung folgende Tabelle:

Freie Höhe in m	2—2,5	3,0	3,5	3,5—4,0	4,0—4,5	5,0
Mittlere Stärken für Rundholz . . . .	0,25	0,27	0,30	0,30	0,30	0,35
Stärken für Kantholz . . . . .	0,20/0,25	0,22/0,27	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,32
Entfernung d. Pfähle von Mitte zu Mitte in m . . . . .	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1
Verankert wird jeder	—	—	4. Pfahl	4. Pfahl	3. Pfahl	2. Pfahl

Kantholz zu Rammpfählen ist, wie schon erwähnt, zu vermeiden. An der Stirnwand wird sich die Entfernung der Pfähle nach derjenigen der Tragbalken zu richten haben.

Zu einer *Verankerung* (Fig. 41) gehören die *Ankerpfähle a*, die *Ankerstangen b*, der *Ankerriegel c* und das *Gurtholz d*. Das Gurtholz dient dazu, die Wirkung der Anker auch auf die nicht von den Ankerstangen gefaßten Pfähle auszudehnen. Die Ankerpfähle sollen im gewachsenen Boden stehen und die Ankerriegel unter Niedrigwasser liegen.

Die Pfähle der Stirnwand sowohl wie der Flügel werden in einen Holm verzapft. Derjenige der Stirnwand dient als Auflager des Oberbaues. Die Holme der Flügel werden dachförmig abgeschrägt oder mit einer Bohle oder mit Zinkblech abgedeckt; zum mindesten „bricht“ man die oberen Kanten. Einen Stofs im Holm ordnet man stets über einem Pfahl an.

Die Ausführung geschieht mittelst stumpfen Stößes und eiserner Längsschiene oder mittelst Überblattung und eiserner Bügel (Fig. 42—47).

Die Hinterkleidungsbohlen, welche den Erdkörper des Landjoches abschließen, besitzen eine Stärke von 5 bis 7 cm und werden auf die

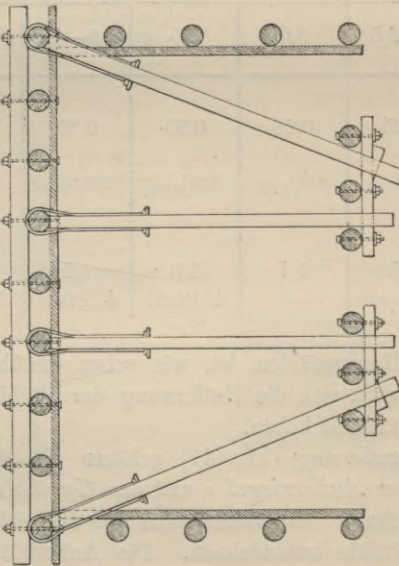
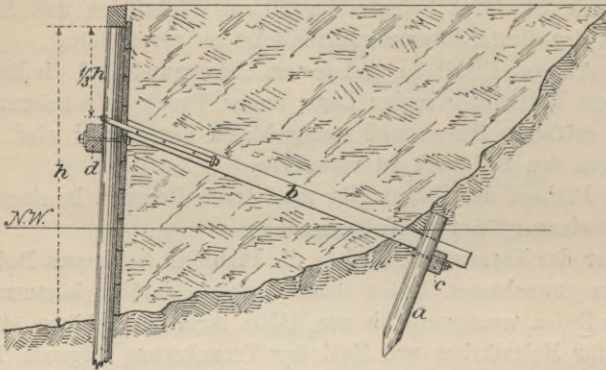


Fig. 41.

hintere Fläche der fluchtrecht beschlagenen Pfähle genagelt. Die Stüfse der Bohlen kommen auf die Mitte der Pfähle zu liegen und wechseln zweckmäfsig ab. Die Fugen der Bohlen werden nur sauber gestrichen (gehobelt), aber nicht gefalzt oder abgeschragt. An Stellen, die einem

häufigen Wechsel von Wasser und Luft ausgesetzt sind, verwendet man zu den Bohlen Eichenholz. Zur Hinterfüllungserde sind fäulnisbegünstigende

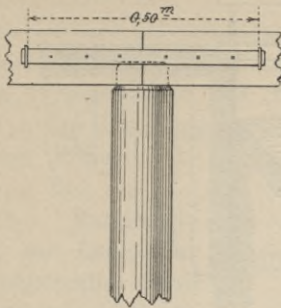


Fig. 42.



Fig. 43.

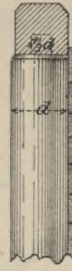


Fig. 44.

Erdarten, wie Mutterboden und Moorerde, nicht zu verwenden. Ein Hinterstampfen des Holzwerkes mit einer Schicht Lehm oder Ton wird dessen Dauer verlängern.

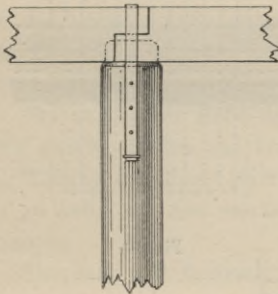


Fig. 45.

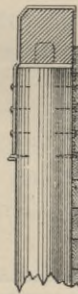


Fig. 46.

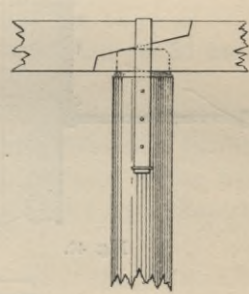


Fig. 47.

Bei kleineren Brücken, welche der Überflutung durch Hochwasser ausgesetzt sind, wie dieses in größeren Flufsniederungen bei der Überbrückung von Seitengräben vielfach vorkommt, empfiehlt es sich oft, besonders wenn der Grundwasserstand ein hoher ist, die Landjoche aus *Spundwänden* herzustellen (Fig. 48—50). Die Spundbohlen reichen dann erheblich unter die Grabensohle, wodurch auch stärkere Ausspülungen der letzteren für das Bauwerk ungefährlich bleiben.

Bei der Überbrückung von Straßen und Eisenbahnen kommen an Stelle der gerammten Joche häufig auf gemauerte Fundamente gestellte *Böcke* (Fig. 51) zur Verwendung. In die auf dem Mauerwerk ruhende

Schwelle werden die einzelnen Stiele des Bockes, die man hier gern aus Kantholz herstellt, eingezapft.

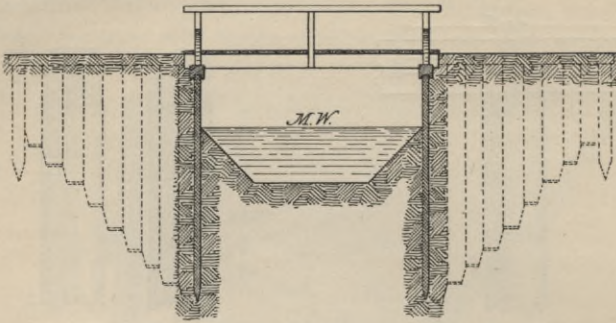


Fig. 48.

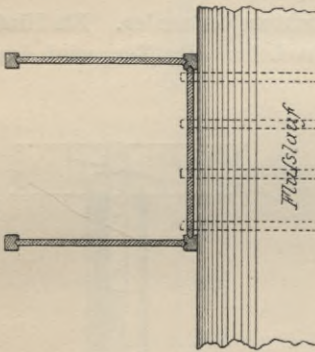


Fig. 49.

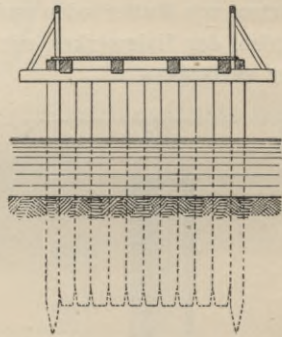


Fig. 50.

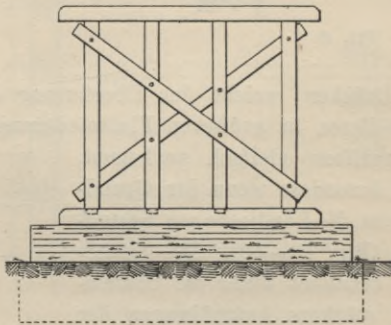


Fig. 51.

### § 26.

**Der massive Unterbau.** Man unterscheidet auch hier zwischen Landpfeilern (Widerlagern) und Zwischenpfeilern.



Die Gründung der Pfeiler ist im „Wasserbau“ erörtert. Für die Gestaltung der Landpfeiler und ihrer Flügel gilt dasselbe wie für die hölzernen Landjoche.

Es ist aber hervorzuheben, daß der massive Unterbau vornehmlich für schiefe Brücken gewählt wird, und daß dann die Flügel unsymmetrisch zu konstruieren sind (Fig. 52).

Von der Gestaltung der Pfeilerköpfe ist die Kontraktion des durchfließenden Wassers abhängig (§ 22).

Die Mauerwerkstärken der Landpfeiler sind hauptsächlich durch den Erddruck bestimmt, der wiederum mit der freien Höhe der Mauer zunimmt.

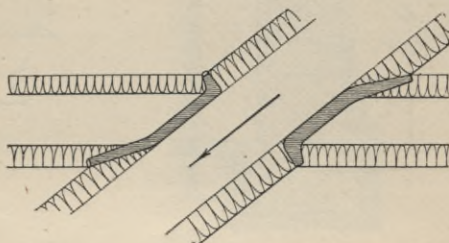


Fig. 52.

Die untere Stärke (über dem Fundament)

kann bei günstigen Bodenverhältnissen zu  $\frac{1}{3}$  und die obere zu  $\frac{1}{5}$  der freien Mauerhöhe angenommen werden. Geringere Stärken als 50 cm sind zu vermeiden.

Bei geringerer Höhe der Widerlager müssen jedoch die Stirnmauern in den meisten Fällen aus konstruktiven Rücksichten, besonders um für die Höherführung der Mauer hinter den Balkenköpfen genügend starkes Mauerwerk zu behalten, eine etwas gröfsere Stärke als  $\frac{1}{5}$  der freien Mauerhöhe bekommen.

Hiernach gilt folgende Tabelle:

Freie Mauerhöhe m	Untere Stärke		Obere Stärke	
	Bruchsteinmauerwerk m	Ziegel- mauerwerk m	Bruchsteinmauerwerk m	Ziegel- mauerwerk m
1,80	0,70	0,64 (2 $\frac{1}{2}$ Stein)	0,60	0,52 (2 Stein)
2,50	1,00	0,90 (3 $\frac{1}{2}$ „ )	0,70	0,64 (2 $\frac{1}{2}$ „ )
3,00	1,10	1,02 (4 „ )	0,85	0,77 (3 „ )
3,50	1,25	1,29 (5 „ )	1,00	1,02 (4 „ )
4,00	1,45	1,42 (5 $\frac{1}{2}$ „ )	1,10	1,16 (4 $\frac{1}{2}$ „ )
4,50	1,55	1,55 (6 „ )	1,20	1,29 (5 „ )
5,00	1,80	1,81 (7 „ )	1,40	1,42 (5 $\frac{1}{2}$ „ )

Bei stärkerer Durchfeuchtung der Hinterfüllungserde ist stets  $\frac{1}{3}$  der freien Mauerhöhe als *mittlere* Mauerstärke zu wählen.

Für *Zwischenpfeiler* genügen die in obiger Tabelle angegebenen *oberen* Stärken für die ganze Pfeilerhöhe reichlich.

Die Tragkonstruktion ruht auf Schwellen, welche auf besondere Auflagersteine gelagert sind. Fig. 53 zeigt diese Anordnung für einen Landpfeiler und Fig. 54 für einen Zwischenpfeiler.

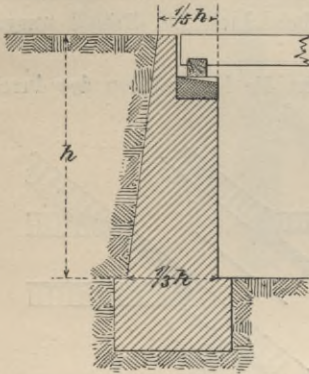


Fig. 53.

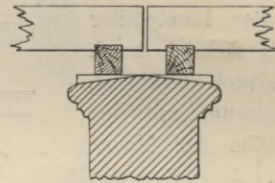


Fig. 54.

Die Vorderseite der Flügel erhält zweckmäÙig eine Neigung von 1 : 10 (vergleiche Konstruktion der Flügel bei gemauerten Durchlässen §§ 33 bis 35).

*Schräge* Flügel werden entweder abgetreppt oder in Neigung der Böschung hergestellt. Man deckt sie mit 10 bis 15 cm starken Platten, welche durch eingefügte Werksteine am Gleiten verhindert werden (Fig. 55),

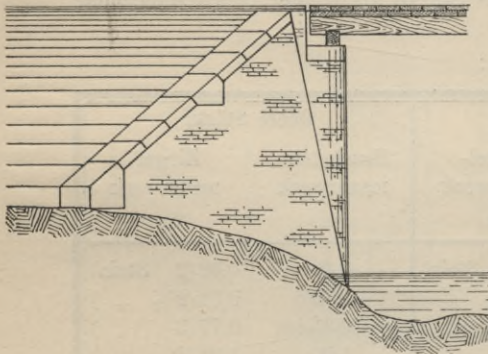


Fig. 55.

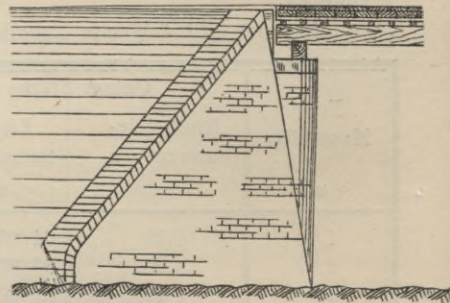


Fig. 56.

oder durch eine in Zement gemauerte Ziegelrollschicht ab (Fig. 56). Zu den Abdeckungen ist bestes wetterbeständiges Material zu verwenden.

Wird die massive Stirnwand wie in Fig. 55 und 56 bis zur Oberkante des Bohlenbelags hochgeführt, so ist ihr Abschluß zur größeren Haltbarkeit

am besten aus Werksteinen herzustellen und der zwischen der Fahrbahn und der Stirnwand vorhandene Zwischenraum durch ein am Bohlenbelag mittelst Holzschrauben befestigtes Flacheisen zu überdecken (Fig. 57). Andererseits kann jedoch, besonders bei kleineren Bauwerken, der Anschluß der Brückenfahrbahn ähnlich wie bei hölzernen Endjochen erfolgen. Als-

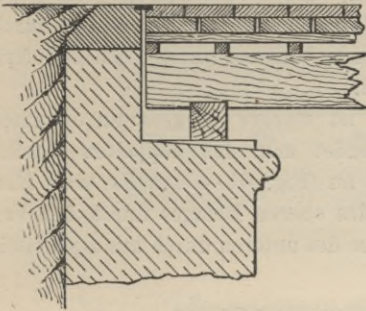


Fig. 57.

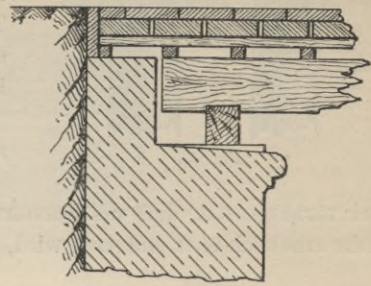


Fig. 58.

dann endigt die Stirnwand bereits in Höhe der Tragbalkenoberkante, der Bohlenbelag wird samt Traufbrett über den Pfeiler fortgeführt und die Hinterfüllungs Erde durch eine Stirnbohle begrenzt (Fig. 58).

### § 27.

**Balkenbrücken einschließlich der Fahrbahn.** Für Bauwerke untergeordnetster Art, wie *Heufahrten* und *Planzugänge*, wird die Fahrbahn nach Fig. 59 aus dicht nebeneinander gelegten Rundhölzern hergestellt. Eine an jeder Seite auf die äußersten Tragbalken übergangenagelte

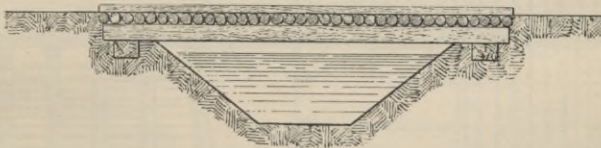


Fig. 59.

Stange hält die Rundhölzer fest und verhindert gleichzeitig das Abgleiten der Räder.

Die für Holzbrücken am meisten angewendete Fahrbahnkonstruktion ist der *Bohlenbelag*.

Die Bohlen erhalten je nach der Schwere der verkehrenden Wagen eine Stärke von 10 bis 13 cm und werden stets *rechtwinklig zur Brückenachse* verlegt, da anderen Falles die Zugtiere gleiten. Die Bohlen kommen nicht unmittelbar auf die Tragbalken zu liegen, sondern werden auf

*Traubretter* aufgenagelt, welche ihrerseits durch Vermittelung der *Luftklötzchen* auf den Tragbalken ruhen (Fig. 60). Die Luftklötzchen sollen

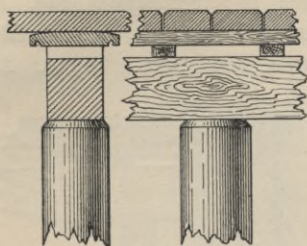


Fig. 60.

bewirken, daß auch die obere Seite der Balken von der Luft umspült und trocken bleibt, während die mit abgeschrägten Kanten und Wassernasen versehenen Traubretter das die Fahrbahn durchsickernde Wasser von den Balken fernhalten.

Ist starker Verkehr zu erwarten, so wendet man den doppelten Bohlenbelag an (Fig. 61—63). Es wird hierbei vorausgesetzt, daß die Zerstörung des oberen Belages durch den Verkehr erheblich eher eintreten wird, als die des unteren durch atmosphärische

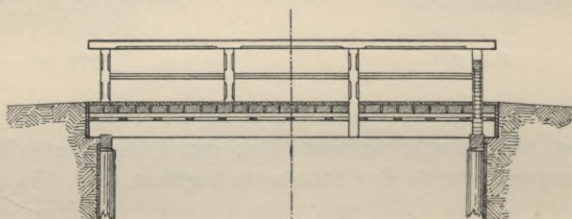


Fig. 61.

Einflüsse. Um die Wirkung der letzteren herabzumindern, wird der untere Belag nicht dicht, sondern mit Fugen verlegt.

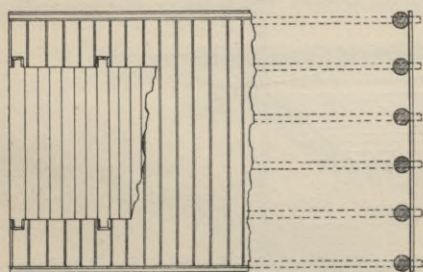


Fig. 62.

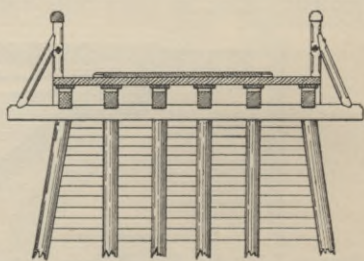


Fig. 63.

Seinem Zweck entsprechend erhält der obere Belag nur die Breite der eigentlichen Fahrbahn; damit aber etwa abgeglittene Räder wieder auf die Fahrbahn gelangen können, werden alle 2 bis 3 m einzelne Oberbelagsbohlen seitlich um 20 bis 30 cm hervorgezogen. Die Stärke des Oberbelags beträgt 5 bis 8 cm.

Das Gewicht einer Fahrbahnkonstruktion aus Bohlenbelag ist

$$9d \text{ kg bis } 10d \text{ kg}$$

für das qm Brückenbahn, wenn  $d$  die Gesamtstärke des Belages in cm angibt.

Von anderen Fahrbahnkonstruktionen kommen noch in Betracht: das *Holzpfaster*, die *Beschotterung* und das *Steinpfaster*.

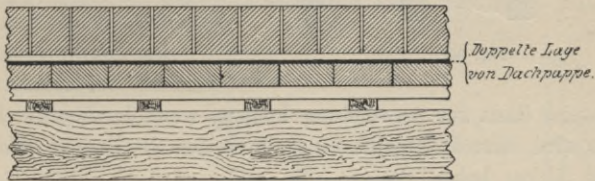


Fig. 64.

Das *Holzpfaster* besteht aus einzelnen, 16 bis 20 cm hohen, parallel-epipedischen Klötzen, welche mit dem Hirnholz nach oben dicht nebeneinander in regelmäßigen Reihen versetzt werden. Der tragende Bohlenbelag wird dann zur Wasserabführung mit offenen Fugen angeordnet. Besser ist jedoch, das Holzpfaster wasserdicht herzustellen (Fig. 64). Dann wird auch der Bohlenbelag ohne Fugen verlegt und mit einer doppelten Schicht Asphalt-

pappe abgedeckt. Hierauf wird eine Lage heißen Asphaltes oder mit Teer getränkter Sägespäne gestrichen, in welche die in heißen Teer getauchten

oder durch Asphalt-

pappenstreifen voneinander getrennten Klötze verlegt werden. Das Gewicht des Holzpfasters beträgt für das qm Brückenbahn

$(10d + [10 \text{ bis } 11]d_1)$  kg, wenn  $d$  die Stärke des Bohlenbelages und  $d_1$  die des eigentlichen Pfasters in cm bedeutet.

Die *Beschotterung* (Fig. 65 a b c) wird man nur dann anwenden, wenn es sich um die Überleitung eines chaussierten Weges handelt, dessen Decke durch die Brücke nicht unterbrochen werden soll. Der tragende Belag wird mit dichten Fugen und doppelter Abdeckung aus Asphalt-

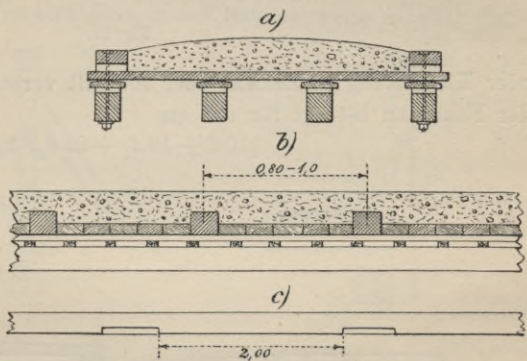


Fig. 65.

welches in die 15 bis 20 cm starke Schotterschicht eingreift. Seitlich wird die Schotterschicht durch Saumschwellen begrenzt, welche alle 2 m auf der Unterseite auszuklinken sind, um das durchsickernde Tagwasser abfließen zu lassen. Das Gewicht der Fahrbahn beträgt für das qm

$$(10d + 19d_1) \text{ kg,}$$

wenn  $d$  die Stärke des tragenden Holzbelages und  $d_1$  die des Schotters in cm bedeutet.

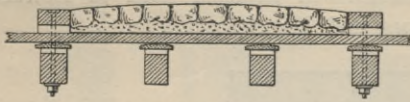


Fig. 66.

Das *Steinpflaster* (Fig. 66),

welches bei Holzbrücken nur

ausnahmsweise dann zur Anwendung kommt, wenn der überzuleitende Weg gepflastert wird, ohne daß gleichzeitig ein Neubau der Brücke erfolgt, besteht aus 16 bis 20 cm hohen Steinen, die auf eine 6 bis 8 cm starke Sand-

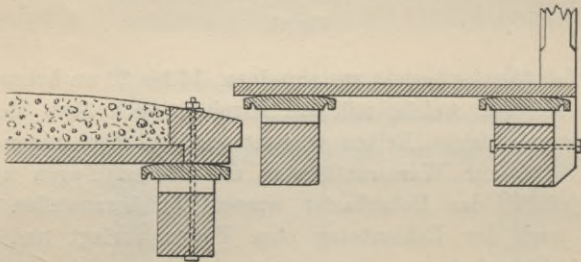


Fig. 67.

oder Kiesbettung in Zement oder Asphalt versetzt werden. Das Gewicht der Fahrbahn beträgt für das qm

$$(10d + 19d_1 + 25d_2) \text{ kg,}$$

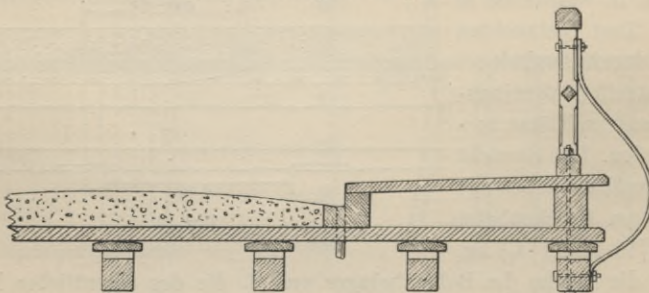


Fig. 68.

wenn  $d$  die Belagstärke,  $d_1$  die Stärke der Bettung und  $d_2$  die Höhe der Pflastersteine angibt.

Um den *Fußgängerverkehr* auf der Brücke in der einfachsten Weise von dem *Fahrverkehr* zu trennen, nagelt man bei einfachem Bohlenbelag

einen Streifbalken zu jeder Seite der Fahrbreite auf, während man bei doppeltem Bohlenbelag den oberen Belag nur in der Breite der eigentlichen Fahrbahn durchführt (Fig. 61—63).

Bei starkem Verkehr ordnet man die Fufssteige erhöht an.

Trennt man die Fufssteige vollständig von der Fahrbahn, wie in Fig. 67, so erreicht man den Vorteil, daß das Tagwasser an allen Stellen von der Brückenbahn unbehindert abfließen kann. Bewirkt man die Er-

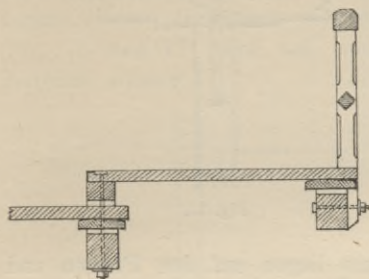


Fig. 69.

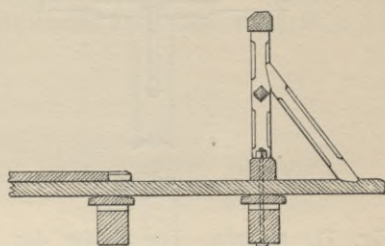


Fig. 70.

höhung durch Abgrenzung der Fahrbahn mit einer Saumschwelle, so kann diese Schwelle als Rinne dienen (Fig. 68) und muß dann ein Längsgefälle von mindestens 1:400 erhalten. Für gewöhnlich ordnet man alle 1,5 bis 2 m Ausschnitte für den Wasserabfluß in der Saumschwelle an (Fig. 69).

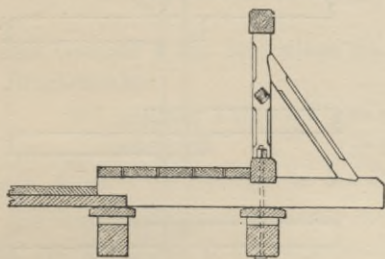


Fig. 71.

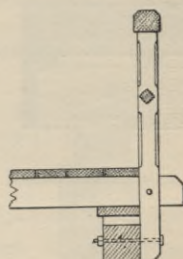


Fig. 72.

Die Bohlen der Fufssteige können rechtwinklig oder parallel zur Längsachse der Brücke verlegt werden und erfordern je nachdem eine verschiedene Anordnung der Tragkonstruktion und auch des Geländers (Fig. 67—72). Die erhöhte Kante des Fufssteiges gegen die Fahrbahn ist zweckmäßig durch aufgeschraubte Winkeleisen gegen den Angriff der Räder zu schützen.

Das *Geländer* besteht aus *Pfosten*, dem *Holm* (der Handleiste) und dem *Riegel*.

Die Oberkante des Holmes legt man 0,9—1,0 m über den Fufssteig.

Die Befestigung der 1,5 bis 2,0 m voneinander entfernten Pfosten erfolgt am zweckmäßigsten mittelst Schraubenbolzen an den Tragbalken (Fig. 67, 69, 72). Sind die Pfosten in besondere Schwellen eingezapft, so werden an jedem 2. bis 4. Pfosten seitliche Streben erforderlich, die sich mit ihrem Fußende entweder gegen einzelne weiter herausgezogene Bohlen des Unterbelages (Fig. 70) oder gegen besondere Querschwellen

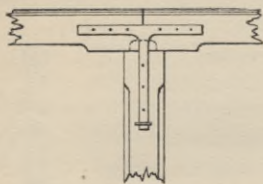


Fig. 73.

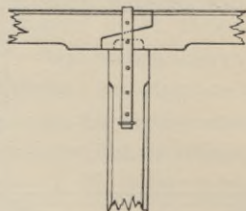


Fig. 74.

(Fig. 71) stützen. Die Stöße des Holmes liegen auf den Pfosten und werden nach Fig. 73 und 74 als stumpfer Stoß oder als Blatt ausgebildet.

Die *Tragkonstruktion* wird am einfachsten aus einer Anzahl von Mitte zu Mitte 0,8 bis 1,0 m entfernt liegender Balken gebildet. Bei breiteren Brücken, auf denen sich 2 Wagen begegnen können, legt man

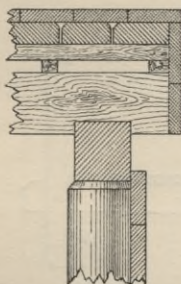


Fig. 75.

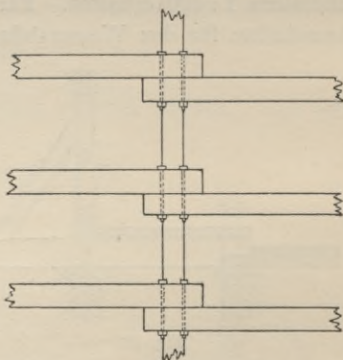


Fig. 76.

zur leichteren Ausführung späterer Reparaturen in der Mitte 2 Balken dicht nebeneinander.

Der Abschluß der Tragkonstruktion wird bei hölzernem Unterbau durch vor die Balkenköpfe genagelte Bohlen (Fig. 75) und bei massiven Landpfeilern durch Höherführung des hinteren Teiles der Mauer hergestellt (Fig. 57 u. 58, S. 61).

Als Auflager für die Balken dienen bei hölzernem Unterbau die Jochholme, auf denen die einzelnen Balken 2 cm tief eingekämmt werden;



bei massivem Unterbau ruhen die Tragbalken auf *Mauerlatten* (Schwellen), zu deren Unterstützung unter jedem Tragbalken besondere *Auflagersteine* angebracht sind. Die Balkenköpfe läßt man bis 0,3 m über die Holme oder Latten hervorstehen. Man pflegt mit einem Tragbalken meist nur eine Brückenöffnung zu überdecken. Sind mehrere Öffnungen vorhanden, so legt man bei massiven Pfeilern den Stofs der Tragbalken am besten nach Fig. 54 S. 60 in die Mitte zwischen zwei Mauerlatten; bei hölzernen Jochen müssen die Balken entweder nebeneinander gelegt und verschraubt (Fig. 76 und 77) oder auf einem Sattelholz über dem Holm (Fig. 78) gestofsen werden.

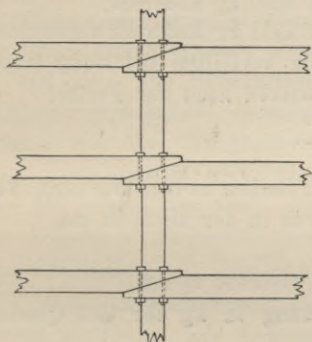


Fig. 77.

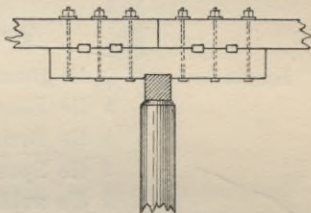


Fig. 78.

Das Gewicht  $g$  der Balkenlage ist in Kilogrammen für das Quadratmeter Brückenbahn

bei leichtem Fuhrwerk  $g = (7,2 \text{ bis } 9,4) \text{ l kg}$  und

„ schwerem „  $g = (11,6 \text{ bis } 13,4) \text{ l kg}$

zu setzen, worin  $l$  die Spannweite der Brücke in Metern bedeutet.

Die Tragkonstruktion hat aufer der *dauernden* Last (d. h. dem Eigengewicht von Fahrbahn und Tragkonstruktion) auch die Belastung durch den Verkehr, die sogenannte *Nutzlast* zu tragen.

Für die *Nutzlast* wird bei *Strafsenbrücken* im allgemeinen eine *gleichmäfsig verteilte* Last von 400 kg für das Quadratmeter Brückenbahn angenommen. Bei kleineren Spannweiten ist jedoch für *schwerere* Wagen die Beanspruchung durch die *einzelnen Raddrücke* erheblich gefährlicher.

Damit aber auch für diese Fälle die nachstehend gegebene Berechnungsart der Tragkonstruktion anwendbar bleibt, sind in der folgenden Tabelle die gefährlichsten Belastungsweisen in gleichmäfsig verteilte Lasten für das Quadratmeter Brückenbahn und für die einzelnen Spannweiten umgerechnet.

Spannweite . . .	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	m
Leichte Wagen . .	450	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	} kg für das Quadrat- meter Brücken- bahn.
Mittelschwere Wagen . . .	750	625	575	525	475	450	425	400	400	400	400	400	
Schwere Wagen .	1500	1250	1100	1000	900	825	775	725	650	650	625	625	

*Anmerkung:* Die Belastungen sind unter der Annahme ermittelt, daß die Tragbalken von Mitte zu Mitte 1,0 m entfernt liegen, und daß ein Tragbalken im ungünstigsten Falle  $\frac{3}{4}$  eines Raddruckes aufzunehmen hat.

Für leichte Wagen ist 3,00 m Radstand und 750 kg Raddruck,

„ mittelschwere Wagen 3,00 m Radstand und 1250 kg Raddruck,

„ schwere Wagen ist 3,50 m Radstand und 2500 kg Raddruck angenommen.

Unter der Annahme einer gleichmäßig verteilten Belastung erfolgt die Ermittlung der Dimensionen der Tragbalken nach der Formel

$$Q = \frac{8}{6} \cdot k \cdot \frac{bh^2}{l}$$

Hierin bedeutet  $Q$  die gesamte von dem Balken zu tragende Last in kg,

$h$  die Höhe des Balkens in der Mitte in cm,

$b$  die Breite „ „ „ „ „ „ „ „

$l$  die Spannweite des Balkens in cm,

$k$  die zulässige Spannung in kg für das Quadratcentimeter.

(Für Eichen- und Buchenholz ist  $k = 80$  kg, für Kiefern- und Tannenholz  $k = 60$  kg.)<sup>1)</sup>

Da nun zweckmäßig der Querschnitt eines Balkens so gewählt wird, daß  $b = 0,71 h$  ist, so wird für Kiefernholz

$$h = 0,26 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot l}$$

*Beispiel.* Eine hölzerne Brücke von 6 m Spannweite besitzt eine Fahrbahnbreite von 4 m. Die 5 Tragbalken aus Kiefernholz liegen von Mitte zu Mitte 1 m entfernt. Die Fahrbahn besteht aus doppeltem Bohlenbelag von zusammen 15 cm Stärke; als Verkehrslast kommt nur leichtes Fuhrwerk vor, da die Brücke im Zuge eines Landweges liegt. Welche Dimensionen müssen die Tragbalken erhalten?

#### I. Dauernde Last:

##### 1. Gewicht des doppelten Bohlenbelages von zusammen

15 cm Stärke,  $4 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 15 = \dots \dots \dots$  3600 kg

##### 2. Gewicht der Balkenlage etc., $4 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 6 = \dots \dots \dots$ 1150 „

II. Nutzlast,  $4 \cdot 6 \cdot 400 = \dots \dots \dots$  9600 „

zusammen 14350 kg

oder rund 15000 „

<sup>1)</sup> Bei vorübergehenden Bauten kann  $k$  für Eichen- und Buchenholz zu 90 kg und für Kiefern- und Tannenholz zu 70 kg angenommen werden.

Jeder der drei mittleren Balken hat hiervon den vierten Teil (die beiden Seitenbalken tragen nur je die Hälfte), also 3750 kg zu tragen.

$$\text{Demnach ist } h = 0,26 \cdot \sqrt[3]{3750 \cdot 600} = 34 \text{ cm}$$

$$\text{und } b = 0,71 \cdot 0,34 = 24 \text{ cm.}$$

Die beiden äußeren Tragbalken erhalten, obwohl sie nur die Hälfte der Last aufzunehmen haben, gewöhnlich doch dieselbe Stärke wie die inneren. Werden die Spannweiten größer, sodafs einfache Tragbalken nicht mehr genügen, so läßt sich zunächst durch Anwendung von Sattelhölzern, welche mit den Tragbalken zu verdübeln oder zu verzahnen sind, eine Verkürzung der freien Länge erzielen (Fig. 78 und 79). Die Sattelhölzer erhalten gewöhnlich dieselbe Stärke wie die Tragbalken. Wie bereits erwähnt, verwendet man die Sattelhölzer auch, um bei hölzernen Zwischenjochen dem Tragbalken ein sicheres Auflager zu verschaffen.

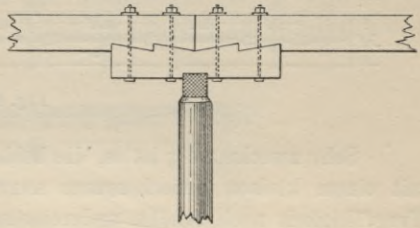


Fig. 79.

Genügen auch Sattelhölzer nicht mehr, so kommen verzahnte oder verdübelte Träger zur Anwendung. Die Tragfähigkeit zweier ohne feste Verbindung übereinander liegender Balken ist gleich der Summe der Tragfähigkeiten der einzelnen Balken, also proportional der Summe der Balkenhöhen. Sind die Balken aber fest miteinander verbunden, sodafs nament-

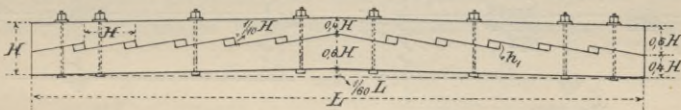


Fig. 80.

lich ein Gleiten der Balken in der Längsrichtung bei der Durchbiegung unmöglich ist, so wirken die beiden Balken wie ein einziger Balken und die Tragkraft ist proportional dem Quadrat der Gesamthöhe. Die feste Verbindung der beiden Balken wird durch Verzahnung oder Verdübelung erreicht.

Die Zähne eines verzahnten Trägers (Fig. 80) müssen von der Balkenmitte ab verschiedene Richtung erhalten. Ist  $H$  die ermittelte Höhe des Trägers, so muß jeder Balken  $\frac{6}{10}H$  hoch sein; die Zahnhöhe  $h_1$  beträgt  $\frac{1}{10}H$  und die Zahnlänge  $l_1 = \frac{8}{10}H$  bis  $H$ .

Um überall einen festen Anschluß zu erzielen, werden zwischen die Zähne Keile aus hartem Holz oder 8 mm dickem Eisenblech getrieben.

Zweckmäßig erhält der Träger eine Überhöhung der Mitte von etwa  $\frac{1}{60}$  der Länge.

Die Dübel eines verdübelten Trägers (Fig. 81) bestehen aus hartem Holz, am besten Eichenholz, und werden sowohl normal (Fig. 82) als auch schräg (Fig. 83) zur Längsrichtung des Balkens angeordnet. In letzterem Falle erhalten sie, wie die Zähne des verzahnten Trägers, auf den beiden Balkenhälften entgegengesetzte Richtung. Die Dübel sind stets als einfache oder doppelte Keile ausgebildet, sodass durch Nachtreiben derselben ein genauer Schlufs erzielt werden kann.

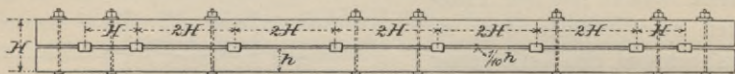


Fig. 81.

Sehr zweckmäßig ist es, die beiden Balken nicht unmittelbar, sondern mit einem kleinen Zwischenraum anzuordnen, da hierdurch einerseits die Tragfähigkeit noch erhöht, andererseits durch den Luftzutritt die Haltbarkeit des Balkens verlängert wird. Die Dübelentfernung, welche an den Enden gleich der Trägerhöhe  $H$  ist, kann zur Balkenmitte hin auf  $2H$  wachsen.

Man nimmt für die Breite der Dübel  $\frac{1}{2}h$ , die Höhe  $\frac{3}{10}h$  und den Spielraum zwischen den beiden Balken  $\frac{1}{10}h$ , wenn  $h$  die Höhe der einzelnen Balken bedeutet.

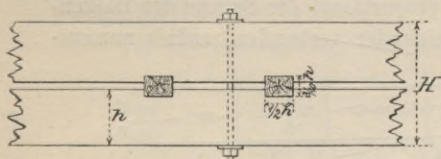


Fig. 82.

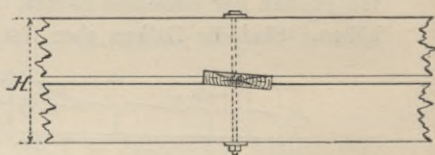


Fig. 83.

Die Bolzendicke wird beim verzahnten wie beim verdübelten Träger zu  $\frac{1}{10}$  der Trägerbreite gewählt. Die Berechnung der verzahnten und verdübelten Träger erfolgt genau wie die der einfachen Balken; nur ist zu beachten, daß das Verhältnis der Breite  $b$  zur Gesamthöhe  $H$  nicht mehr wie früher  $0,71:1$  ist.

Beträgt bei dem verzahnten Träger die Höhe der einzelnen Balken  $h$ , so wird die gesamte Trägerhöhe, da die Zahnhöhe  $= \frac{1}{10}H$  ist,  $H = 1,8h$ , und da  $b = 0,71h$ ,

$$H = 0,316 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot l}.$$

Bei dem verdübelten Träger ist  $H = 2,1h$ , mithin, da wieder  $b = 0,71h$ ,

$$H = 0,333 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot l}.$$

Beide Formeln gelten für Kiefern- bzw. Tannenholz. Das Eigengewicht eines verzahnten Trägers beträgt (11 bis 13)  $l$  kg für das laufende Meter Träger, das eines verdübelten Trägers (9 bis 11)  $l$  kg, wenn  $l$  die Spannweite in Metern bedeutet.

Werden sämtliche Tragbalken einer Brücke als verzahnte oder verdübelte Träger ausgebildet, so werden dieselben gewöhnlich von Mitte zu Mitte in Entfernungen von 1,0 bis 1,3 m verlegt.

### § 28.

**Sprengwerksbrücken.** Bei den Sprengwerksbrücken wird ein Teil der Last durch schräg unter der Fahrbahn angebrachte Streben auf die Widerlager übertragen.

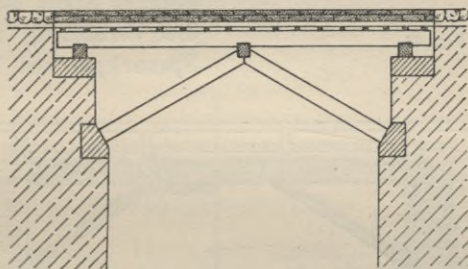


Fig. 84.

Bei dem einfachen Sprengwerk (Fig. 84) sind die Streben unmittelbar gegeneinander gespreizt; bei dem doppelten ist zwischen den beiden Streben ein horizontales Holz, der sogenannte Spannriegel (Fig. 85 a),

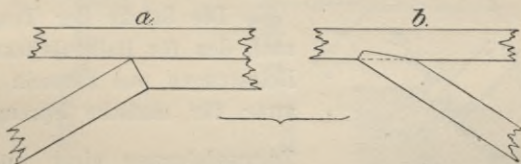


Fig. 85.

eingefügt. Als Spannriegel kann auch der mittlere Teil des Tragbalkens selbst dienen (Fig. 85 b).

Das Sprengwerk ermöglicht, jeden einzelnen Tragbalken durch Streben zu unterstützen (Fig. 86). Ist dies nicht erforderlich, so werden sogenannte Unterzüge angeordnet, auf denen die Tragbalken ruhen. Die Unterzüge sind bei dem einfachen Sprengwerk nach Fig. 84 von den beiden Streben gestützt, bei dem doppelten Sprengwerk kommen sie zwischen Spannriegel und Strebe zu liegen (Fig. 87). Tragbalken und

Spannriegel sind stets durch Dübel und Schrauben fest miteinander zu verbinden. Der Neigungswinkel der Streben gegen den Horizont ist zweckmäÙig nicht unter  $30^{\circ}$  zu wählen, und da die Fußpunkte der Streben völlig wasserfrei, also über Hochwasser liegen müssen, so bedingt jede Sprengwerksbrücke eine bedeutende Höhe der Fahrbahn über dem zu überbrückenden Wasserlauf.

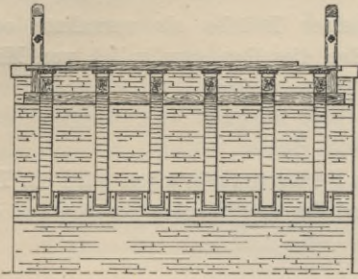


Fig. 86.

Um den Fuß der Streben gegen Verschiebung und Fäulnis zu schützen, empfiehlt es sich, denselben nach Fig. 88 in einen gußeisernen Schuh einzulassen. Auch die Verbindung zwischen Strebe, Spannriegel und Tragbalken wird

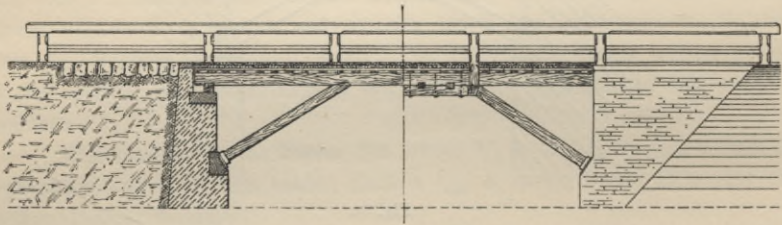


Fig. 87.

öfters durch derartige eiserne Schuhe (Fig. 89) zweckmäÙig hergestellt.

Die Stärke der Tragbalken wird nach den für Balkenbrücken gegebenen Belastungen und Formeln ermittelt und zwar für einfache Sprengwerke unter Zugrundelegung einer Spannweite  $\frac{l}{2}$  (Fig. 90), für doppelte Sprengwerke unter Zugrundelegung der Spannweite  $a$  (Fig. 91).

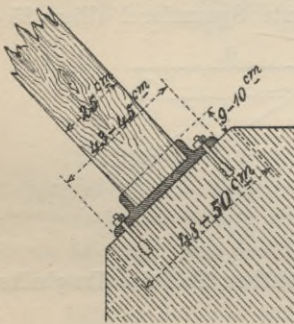


Fig. 88.

Zur Ermittlung der Abmessungen der Streben nehme man aufser dem Eigengewicht von Fahrbahn und Tragbalken eine gleichmäÙige Belastung der ganzen Brücke von 400 kg für das Quadratmeter Brückenbahn an und ermittle nach der Anzahl der Sprengwerke die auf jedes einzelne entfallende Gesamtlast. Ist dieselbe  $Q$ , so haben bei dem einfachen Spreng-

werk beide Streben zusammen  $\frac{5}{8} Q$ , bei dem doppelten Sprengwerk, wenn  $b = a$  ist (Fig. 91), beide Streben zusammen  $\frac{22}{30} Q$  auf die Widerlager zu übertragen.

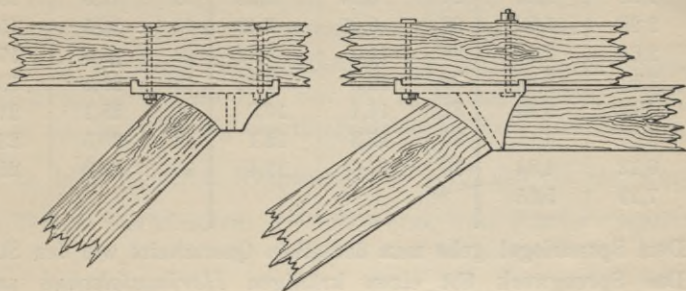


Fig. 89.

Die Inanspruchnahme jeder Strebe in der Richtung ihrer Längsachse ist dann für das einfache Sprengwerk  $P = \frac{5}{16} \cdot \frac{Q}{\sin \alpha}$  und für das doppelte Sprengwerk  $P = \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\sin \alpha}$ . Die Querschnittfläche der Strebe ergibt alsdann die Formel:  $F = \frac{P \cdot n}{k}$  qcm.

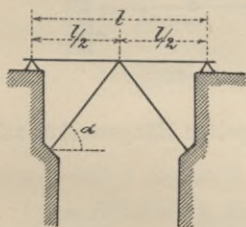


Fig. 90.

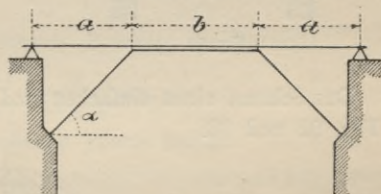








Fig. 91.

Hierin ist  $P$  in kg einzusetzen;  $k$  ist wieder die zulässige Inanspruchnahme, bei Buchen- und Eichenholz 80 kg, bei Kiefern- und Tannenholz 60 kg für das Quadratcentimeter;  $n$  ein Koeffizient, der von dem Verhältnis  $\frac{l}{h}$ , der Länge der Strebe  $l$  zu ihrer kleinsten Querschnittsdimension  $h$ , abhängt und aus folgender Tabelle zu entnehmen ist:

$\frac{l}{h}$			$\frac{l}{h}$			$\frac{l}{h}$		
5	1,32	1,24	24	8,34	6,53	38	19,5	14,9
10	2,28	1,96	26	9,65	7,49	40	21,5	15,4
12	2,84	2,38	28	11,0	8,52	42	23,6	17,9
14	3,51	2,88	30	12,5	9,64	44	25,8	19,6
16	4,28	3,46	32	14,1	10,8	46	28,1	21,3
18	5,15	4,11	34	15,8	12,1	48	30,5	23,1
20	6,12	4,84	36	17,6	13,4	50	33,0	25,0
22	7,19	5,65						

Dem Spannriegel gebe man denselben Querschnitt wie den Streben.

Das Sprengwerk übt einen kräftigen *Horizontalschub* auf die Widerlager aus, sodafs bei seiner Verwendung von hölzernen Uferjochen abzuraten ist.

### § 29.

**Hängewerksbrücken.** Gestattet die Höhenlage der Fahrbahn über dem zu überbrückenden Zuge die Anwendung eines Sprengwerkes nicht, so gelangt das Hängewerk zur Ausführung.

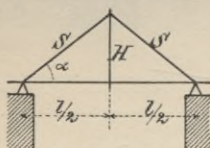


Fig. 92.

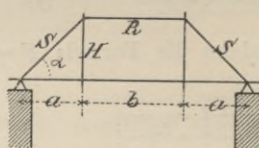


Fig. 93.

Das Schema eines einfachen und eines doppelten Hängewerkes zeigen die Fig. 92 und 93.

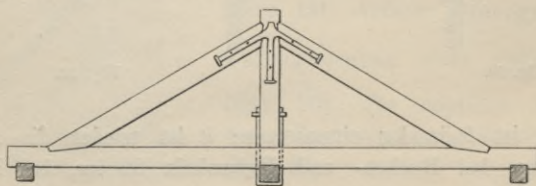


Fig. 94.

Der Tragbalken wird an einer oder zwei Hängesäulen *H* aufgehängt, welche ihrerseits durch die Streben *S* gehalten werden. Der Neigungswinkel  $\alpha$  der Streben gegen den Horizont ist zweckmäfsig nicht unter  $25^\circ$  zu wählen.



Eine Hängewerksbrücke hat im allgemeinen nur 2 Hängewerke, in denen die Tragbalken auf Unterzügen ruhen, welche an den Hängesäulen mit eisernen Hängeschienen befestigt sind (Fig. 94). Jedes Hängewerk trägt dann die Hälfte der Brückenlast und der Nutzlast. Im übrigen erfolgt die Berechnung der einzelnen Teile genau so, wie bei dem einfachen und doppelten Sprengwerk. Nur sind hier noch die Abmessungen der Hängesäulen  $H$  und des Spannriegels  $R$  zu ermitteln.

Ist  $Q$  die halbe Gesamtbelastung der Brücke durch Eigengewicht und gleichmäßig verteilte Last von 400 kg für das Quadratmeter Brückenbahn, so ist die Belastung der Hängesäulen bei dem einfachen Hängewerk  $P = \frac{5}{8} Q$ , beim doppelten Hängewerk  $P = \frac{11}{30} Q$ , und der Querschnitt derselben für alle Bauholzarten:  $F = 0,01 P$  qcm, wenn  $P$  in kg eingesetzt wird.

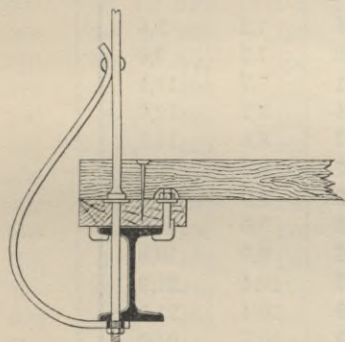


Fig. 95.



Fig. 96.

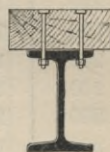


Fig. 97.

Die Abmessungen des Spannriegels  $R$  ergibt die Formel:

$$F = \frac{n}{k} \cdot \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\tan \alpha} \text{ qcm,}$$

worin  $n$  und  $k$  die im § 28 angegebenen Werte haben.

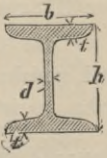
Das Hängewerk übt *keinen Horizontalschub* aus und kann demnach auch bei hölzernen Endjochen Verwendung finden.

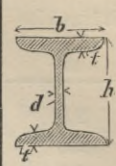
### § 30.

**Ersatz der Holzbalken durch eiserne Träger.** Bei Brücken mit massivem Unterbau empfiehlt es sich oft, statt der hölzernen Tragbalken eiserne  $\text{I}$  Träger zu verwenden.

Die Konstruktion der Fahrbahn ändert sich hierdurch nicht, nur treten an Stelle der Luftklötzchen und Traufbretter Längsbohlen, welche auf dem Eisen durch Schrauben etc. befestigt werden. Auf diese Bohlen wird der Brückenbelag aufgenagelt (Fig. 95, 96 und 97).

Unter der Annahme, daß die Breite eines kiefernen oder tannenen Balkens rund 0,71 der Höhe beträgt, sind in der folgenden Tabelle diejenigen Normal-I-Eisen zusammengestellt, welche gleiche Tragfähigkeit mit den Holzbalken verschiedener Höhe besitzen.

Für einen Holz- balken mit der Höhe $h$  mm	ist zu wählen ein Normal-I-Träger mit der					mit dem Gewicht für das Meter Träger  kg	
	No.	Höhe $h$  mm	Breite $b$  mm	Steges $d$  mm	Flan- sches $t$  mm		
150	11	110	54	4,8	7,2	9,6	
160	11	110	54	4,8	7,2	9,6	
170	12	120	58	5,1	7,7	11,1	
180	13	130	62	5,4	8,1	12,6	
190	14	140	66	5,7	8,6	14,3	
200	14	140	66	5,7	8,6	14,3	
210	15	150	70	6,0	9,0	16,0	
220	16	160	74	6,3	9,5	17,9	
230	17	170	78	6,6	9,9	19,8	
240	18	180	82	6,9	10,4	21,9	
250	18	180	82	6,9	10,4	21,9	
260	19	190	86	7,2	10,8	24,0	
270	20	200	90	7,5	11,3	26,2	
280	21	210	94	7,8	11,7	28,5	
290	22	220	98	8,1	12,2	31,0	
300	22	220	98	8,1	12,2	31,0	
310	23	230	102	8,4	12,6	33,5	
320	24	240	106	8,7	13,1	36,2	
330	26	260	113	9,4	14,1	41,9	
340	26	260	113	9,4	14,1	41,9	
350	26	260	113	9,4	14,1	41,9	
360	28	280	119	10,1	15,2	47,9	
370	28	280	119	10,1	15,2	47,9	
380	30	300	125	10,8	16,2	54,1	
390	30	300	125	10,8	16,2	54,1	
400	30	300	125	10,8	16,2	54,1	
410	32	320	131	11,5	17,3	61,0	
420	32	320	131	11,5	17,3	61,0	
430	34	340	137	12,2	18,3	68,0	
440	34	340	137	12,2	18,3	68,0	

Für einen Holz- balken mit der Höhe $h$  mm	ist zu wählen ein Normal-I-Träger mit der						
	No.	Höhe $h$  mm	Breite $b$  mm	Dicke des		mit dem Gewicht für das Meter Träger  kg	
				Steges $d$  mm	Flan- sches $t$  mm		
450	34	340	137	12,2	18,3	68,0	
460	36	360	143	13,0	19,5	76,1	
470	36	360	143	13,0	19,5	76,1	
480	38	380	149	13,7	20,5	83,9	
490	38	380	149	13,7	20,5	83,9	
500	38	380	149	13,7	20,5	83,9	
510	40	400	155	14,4	21,6	92,3	
520	40	400	155	14,4	21,6	92,3	
530	42 <sup>1/2</sup>	425	163	15,3	23,0	103,7	
540	42 <sup>1/2</sup>	425	163	15,3	23,0	103,7	
550	42 <sup>1/2</sup>	425	163	15,3	23,0	103,7	
560	45	450	170	16,2	24,3	115,2	
570	45	450	170	16,2	24,3	115,2	
580	45	450	170	16,2	24,3	115,2	
590	47 <sup>1/2</sup>	475	178	17,1	25,6	127,6	
600	47 <sup>1/2</sup>	475	178	17,1	25,6	127,6	
610	47 <sup>1/2</sup>	475	178	17,1	25,6	127,6	
620	50	500	185	18,0	27,0	180,2	
630	50	500	185	18,0	27,0	180,2	
640	50	500	185	18,0	27,0	180,2	

Die Normallänge der I-Träger beträgt 10 m.

Hölzerne Tragbalken werden ohne größere Preiserhöhung nur etwa bis 350 mm Höhe zu beschaffen sein; ergibt die Rechnung größere Höhen, so sind nach vorstehender Tabelle I-Eisen zu wählen, falls man nicht verzahnte oder verdübelte Träger anwenden will. An Stelle der Mauerlatten und Schwellen dienen bearbeitete Werksteine zum Auflager der eisernen Träger. Für Landwege, welche nur mit leichtem Fuhrwerk befahren werden, deren Nutzlast mithin im ungünstigsten Falle 450 kg auf 1 Quadratmeter beträgt, würden bei den verschiedenen Stützweiten (ungefähr lichte Weite + 0,5 m) die in nachstehender Tabelle angegebenen eisernen Träger erforderlich sein, wenn die letzteren in 1 m Entfernung voneinander angeordnet werden.

Stützweite m	Profil No.	Stützweite m	Profil No.	Stützweite m	Profil No.
2,0	10	5,0	20	8,0	28
2,5	12	5,5	22	8,5	30
3,0	14	6,0	23	9,0	32
3,5	15	6,5	24	9,5	32
4,0	17	7,0	26	10,0	34
4,5	19	7,5	28		

Statt des Bohlenbelages wendet man häufig auch eine massive Herstellung an, besonders wenn es sich um die Überführung eines chaussierten oder gepflasterten Weges handelt, indem man zwischen den einzelnen Trägern Kappen aus Ziegelsteinen wölbt (Fig. 98). Durch Zugstangen,

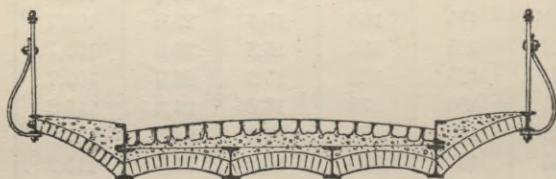


Fig. 98.

welche am zweckmäßigsten durch die ganze Brücke von Aufsenträger zu Aufsenträger reichen, werden die letzteren gegen seitliche Ausbiegung durch den Horizontalschub der Gewölbekappen gesichert. Der Raum über dem Gewölbe bis zur Oberkante der Träger ist mit Beton auszufüllen.

Diese Konstruktion erfordert freilich wegen ihres bedeutenden Eigengewichtes unverhältnismäßig starke Längsträger; vorteilhafter ist daher

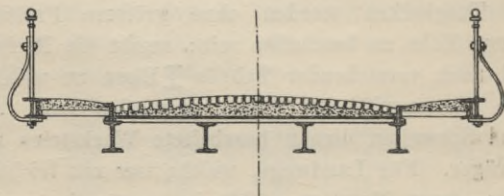


Fig. 99.

die Verwendung der sog. Zorrès- oder Belageisen, von denen jetzt 5 verschiedene Abmessungen im Handel vorkommen. Die Fahrbahn wird mit denselben nach Art der mit Bohlenbelag hergestellt. — Über den aus

I Eisen bestehenden Längsträgern (Fig. 99 und 100) liegen die Zorrèisen (Fig. 101) mit so geringen Abständen, daß der darüber ruhende Stein- schlag die einzelnen Fugen zu decken vermag.

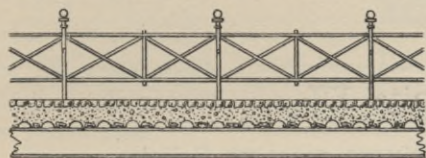


Fig. 100.

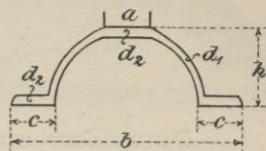


Fig. 101.

Die käuflichen Belageisen haben folgende Abmessungen und Gewichte:

Profil No.	Höhe $h$ mm	Breite			Dicke		Gewicht für das laufende Meter kg
		$b$ mm	$a$ mm	$c$ mm	$d$ mm	$d_2$ mm	
5	50	120	33	21	3	5	5,3
6	60	140	38	24	3,5	6	7,3
$7\frac{1}{2}$	75	170	45,5	28,5	4	7	10,3
9	90	200	53	33	4,5	8	13,8
11	110	240	63	39	5	9	18,6

## Kapitel VII.

### Durchlässe und kleinere massive Brücken.

#### § 31.

**Allgemeines.** Bei den hier zu behandelnden Bauwerken macht die richtige Bestimmung der durchzuführenden Wassermengen oft Schwierigkeiten, da es sich vielfach nicht um die Überbrückung eines bestimmten Wasserlaufes handelt, sondern um die unschädliche Weiterführung von Wassermengen aus größeren und kleineren Niederschlagsgebieten, deren Vorflut durch Weganlagen etc. gehindert oder verändert worden ist. Diese Wassermengen treten häufig sehr unregelmäßig auf.

Der Bach oder Fluß, welcher die Wasser aufnimmt, ist meist viel geringeren Unregelmäßigkeiten in der Wasserabführung unterworfen, da die in ihm zum Abfluß gelangenden Mengen bereits ein Durchschnittsresultat des Abflusses der einzelnen Teilgebiete sind.

Namentlich im Gebirgs- und Hügellande können bei heftigen Regengüssen und zur Zeit der Schneeschmelze plötzlich ganz bedeutende Wassermengen in sonst vielleicht trockenen Mulden zum Abfluß gelangen. Sekundliche Abflussmengen von *2 cbm und erheblich mehr* für das Quadratkilometer Niederschlagsgebiet sind keineswegs selten. Bestimmte Regeln lassen sich für diese Abflussmengen nicht aufstellen.

In gegebenem Falle sind vorhandene Bauwerke, welche unter ähnlichen Verhältnissen erfahrungsgemäß genügen, zu vergleichen und, wenn möglich, direkte Messungen der Abflussmengen anzustellen; vor allem sind aber die Niederschlagsmessungen der nächstgelegenen meteorologischen Station zu berücksichtigen. Wird das Wasser dem Bauwerk durch einen Graben zugeführt, der auch die größten Mengen im geschlossenen Profile faßt, so läßt sich die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser vor dem Bauwerk anlangt, ermitteln und die Bestimmung der erforderlichen Lichtweiten kann nach der im § 22 angegebenen Methode erfolgen.

Fließt das Wasser wild ab, so sammelt und staut es sich vor dem Durchlaß und kann die zum Durchfließen des Bauwerkes erforderliche Geschwindigkeit auch nur durch einen Aufstau vor demselben erhalten. Dasselbe tritt ein, wenn dem Bauwerk das Wasser durch Seitengräben zugeführt wird.

In diesen Fällen ist die Geschwindigkeit des ankommenden Wassers gleich Null, sodaß (Fig. 102)

$$Q = v \cdot F,$$

$$v = k \cdot \sqrt{2g \cdot h_1},$$

$$Q = k \cdot F \cdot \sqrt{2g \cdot h_1}$$

und für einen rechteckigen Querschnitt des Durchlasses

$$Q = k \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h_1}.$$

Der Koeffizient  $k$  ist gleich 0,6 zu setzen.

Die Bauwerkslänge hängt von der Breite ( $b$ ) des überzuleitenden Weges und von der Höhe ( $h$ ) der Dammkrone über der Oberkante des Bauwerkes ab (Fig. 103).

Ist  $m$  das Böschungsverhältnis des Dammes, so ist die Länge des eigentlichen Bauwerkes zwischen den Stirnen (Fig. 103)

$$l = b + 2m \cdot h.$$

Eine Verkürzung des Bauwerkes wird sich demnach durch eine steilere Böschungsanlage oder durch eine Höherführung der Stirnmauern erreichen lassen. Am kürzesten wird das Bauwerk, wenn die Böschungen durch Stirnmauern vollständig ersetzt werden (Fig. 104).

Da diese Anordnung aber außer Stirnmauern oder Böschungssicherungen auch größere Flügel bedingt, so wird erst durch einen vergleichenden Kostenanschlag festzustellen sein, welche Art der Konstruktion für die Ausführung in jedem besonderen Fall zu wählen ist.

## § 32.

**Röhrendurchlässe und Plattendurchlässe.** Für die Röhrendurchlässe kommen glasierte Tonrohre, Zementrohre und Eisenrohre zur Verwendung.

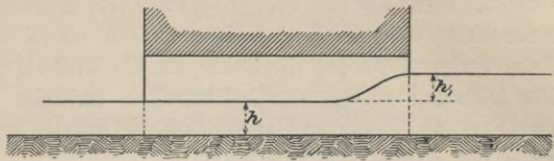


Fig. 102.

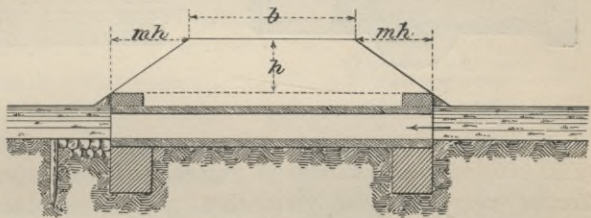


Fig. 103.

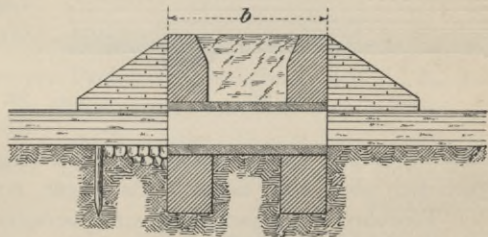


Fig. 104.

Glasierte Tonrohre sind bis zu einem Durchmesser von 0,5 m im Handel zu haben. Zur Verbindung miteinander erhalten die bei kleineren Durchmessern 1,0 m, bei größeren 0,75 m langen Rohrstücke an dem einen Ende eine *Muffe*, an dem andern eingebrannte *Schraubengänge*. Beim Verlegen werden die Rohre um die Muffenlänge ineinander geschoben. Die Dichtung erfolgt durch Eintreiben (mittelst hölzernen Meißels) von zwei Strähnen geteerter Hanfstrickes und durch Umpacken der Verbindungsstelle mit reinem Ton (Fig. 105).

Die Dichtung mit Zement oder Mörtel ist zu verwerfen, da bei geringen, kaum zu vermeidenden Bewegungen des Dammkörpers die starre Verbindung das Abspringen der Muffen herbeiführen würde.

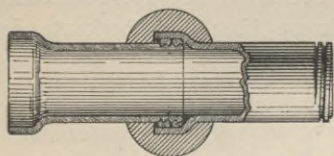


Fig. 105.

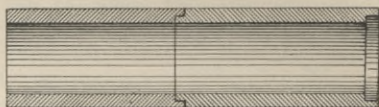


Fig. 106.

Zementrohre werden entweder mit einem kurzen Falz versehen (Fig. 106) oder einfach stumpf gegeneinander gestoßen und die Fugen mit Zement vergossen oder verstrichen. Die Verwendung von Zementrohren verlangt einen unbedingt festen, nicht beweglichen Untergrund. Zweck-

mässig ist eine Abdeckung der Fugen mit Dachpappe, zu deren Schutz dann häufig noch eine Lage reinen Sandes aufgebracht wird.

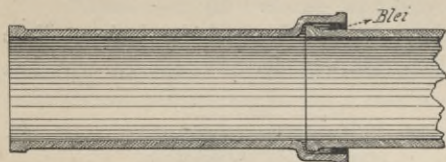


Fig. 107.

Runde Zementrohre werden bis zu einem Durchmesser von 0,8 m gefertigt. Größeren

Dimensionen gibt man ein sogenannt „eiförmiges“ Profil; derartige Rohre eignen sich aber, eben dieser Form wegen, weniger für Durchlässe.

Tonrohre wie Zementrohre sind besonders sorgfältig zu hinterfüllen. Sollen Beschädigungen der Rohre vermieden werden, so muß die Wegkronen mindestens 0,5 m über Rohroberkante liegen.

Gufseiserne Rohre werden bis zu einem Durchmesser von 1,2 m angefertigt. Diese Rohre sind an einem Ende mit einer Muffe und am anderen mit einem verstärkten Rande versehen (Fig. 107). Abmessungen und Gewicht der im Handel vorhandenen gufseisernen Rohre betr. vergl. die tabellarische Zusammenstellung in Kapitel XII, Seite 201 (Ländliche Wasserleitungen).

Die Dichtung erfolgt durch einen Teerstrick, auf welchen ein ungeteilter Strick so aufgetrieben wird, daß die halbe Muffentiefe aus-



gefüllt ist. Der übrige Raum wird mit Blei vergossen, welches nach dem Erstarren fest verstemmt werden muß. Als Schutz gegen Rost erhalten die Rohre einen Anstrich von heißem Teer oder Asphalt.

Die Stirnen der Röhrendurchlässe können bei kleineren Rohrweiten, besonders wenn das Wasser die Oberkante des Rohres nicht erreichen kann, aus Kopfrasen oder Trockenmauerwerk hergestellt werden. An der Ausflußöffnung ist durch Pflaster oder Steinpackung für eine genügende Sicherung der Sohle Sorge zu tragen.

Bei größeren Rohrweiten müssen Stirnmauern und Flügel sorgfältig nach den für Plattendurchlässe angegebenen Regeln und Beispielen ausgeführt werden.

*Plattendurchlässe* werden von 0,5 bis 1,5 m Höhe und von 0,25 bis 1,0 m Weite im Lichten ausgeführt, sofern die Möglichkeit vorliegt, Steinplatten von geeigneter Länge und Tragfähigkeit in der Nähe, und ohne große Kosten, zu beschaffen.

Die Seitenwände der Plattendurchlässe bestehen aus Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk, meist mit rechteckigem Querschnitt, und werden zweckmäßig bis zur Oberkante der Deckplatten hochgeführt, um letztere gegen Verschiebung zu sichern. Eine Abdeckung von Platte und Seitenwänden mit einer 2—3 cm starken Zementschicht erhöht die Dauer des Bauwerkes wesentlich (Fig. 108).

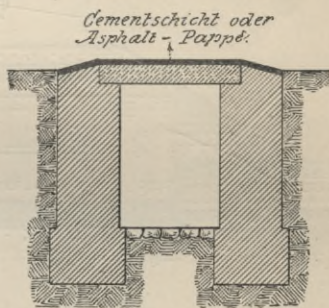


Fig. 108.

Überschreitet die erforderliche lichte Weite die Länge der vorhandenen Deckplatten, so nimmt man 0,1 bis 0,2 m ausladende Kragsteine oder bei Ziegelmauerwerk auch treppenartige Auskragungen zu Hilfe (Fig. 109 *a* und *b*, sowie 109 *c* und *d*). Sollte auch dies nicht genügen, so ordnet man gekuppelte, sogenannte Doppeldurchlässe an, deren Platten erforderlichen Falles wiederum auf Auskragungen ruhen können (Fig. 110 und 111). Die Fundamente werden je nach dem Untergrunde entweder gemauert oder aus Beton hergestellt. Bei wenig tragfähigem Untergrunde und bei allen Lichtweiten etwa bis 0,6 m empfiehlt es sich, ein durchgehendes Fundament auszuführen (Fig. 112). Bei größeren Lichtweiten und gutem Baugrund wird jede Seitenwand getrennt fundiert (Fig. 109, 110 und 111), aber auch dann pflegt man zur Vermeidung einer Unterspülung der Sohle und der Wangen an beiden Stirnen und bei größeren Längen des Bauwerkes alle 4—5 m die Fundamente der Seitenwände durch 0,5—0,6 m starke *Herdmauern* zu verbinden (Fig. 109 *e* und *f*).

Selbstverständlich ist die Art der Fundierung im übrigen von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig und dieser entsprechend nach den in § 46 des Wasserbaues, S. 130 gegebenen Gesichtspunkten zu wählen.

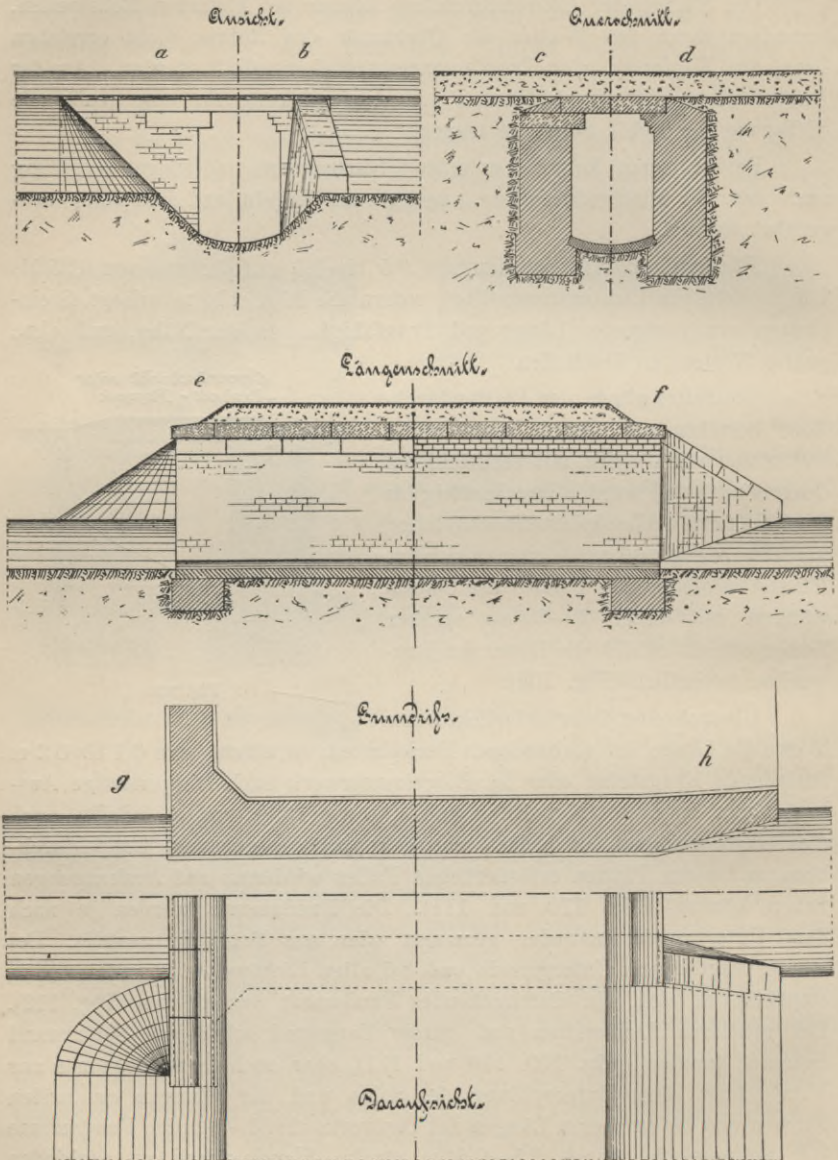


Fig. 109.

Bei getrennten Fundamenten der Seitenwände wird die Sohle entweder gepflastert oder, wenn sie starken Angriffen durch Gerölle etc. ausgesetzt ist, als umgekehrtes Gewölbe ausgebildet.

Das Längsgefälle ist in vielen Fällen durch das Gefälle des durchzuführenden Grabens gegeben. Hat man es in der Hand, so pflegt man dasselbe nicht unter  $1\frac{0}{10}$  zu wählen. Die Ausbildung der Häupter (Stirnmauern und Flügel) steht mit dem Längsgefälle in engem Zusammenhange. Liegt der Plattendurchlaß in ebenem Gelände, wo die Seitengräben auf der Ober- und Unterseite des Damms annähernd dieselbe Sohlenhöhe besitzen, oder soll ein Graben mit määßigem Längsgefälle durchgeführt werden, so erhalten

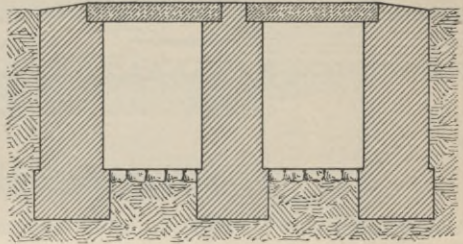


Fig. 110.

Einlauf und Auslauf zwei gleiche Häupter, entweder mit Parallelflügeln (Fig. 109 a, e, g) oder mit Schrägflügeln (Fig. 109 b, f, h). Schneidet der Durchlaß den Damm nicht rechtwinklig, so werden die Flügel der ein-

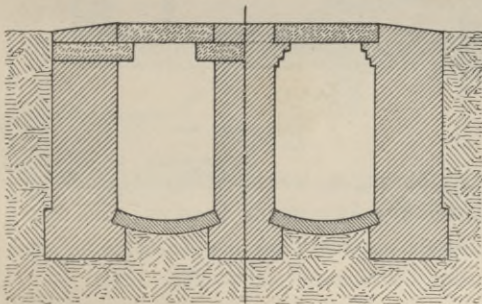


Fig. 111.

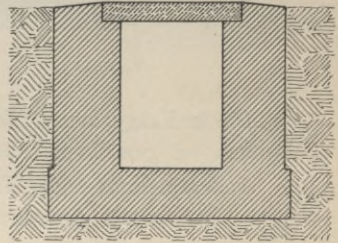


Fig. 112.

zelen Häupter unsymmetrisch, ähnlich wie die Flügelmauern der massiven Landpfeiler schiefer Brücken.

Liegt der Damm dagegen halb im Einschnitt und halb im Auftrag, so kann nur für den Auslauf die gewöhnliche Konstruktion beibehalten, dagegen muß für den Einlauf eine besondere, abweichende Ausbildung vorgesehen werden. In diesem Falle sind die Seitengräben durch Quermauern abzuschließen, welche entweder die direkte Fortsetzung der Durchlaßmauern bilden oder in größerer Entfernung als die Lichtweite des Durchlasses ausgeführt werden, um zur Erweiterung des Einlaufes und zur

Bildung eines Fallkessels zu dienen, in welchem sich Gerölle und Schlamm absetzen kann (Fig. 113, 114 und 115). Ist der Höhenunterschied zwischen Oberhaupt und Unterhaupt bedeutender, so werden besondere bauliche

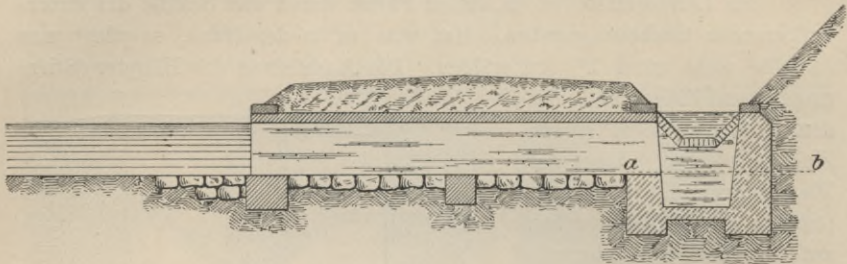


Fig. 113.

Anordnungen des Durchlasses selbst erforderlich, da die Abdeckplatten in stärkeren Steigungen nicht verlegt werden können, der eigentliche Durchlaufskörper ihnen also annähernd horizontale Auflagerflächen bieten muß.

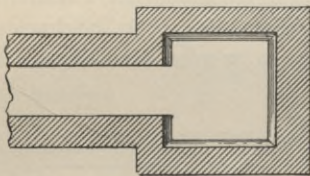


Fig. 114.

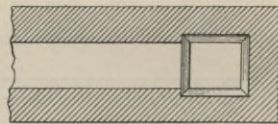


Fig. 115.

Die in Frage kommenden Ausführungen, welche übrigens gegebenenfalls auch bei gewölbten Durchlässen zur Anwendung kommen, sind dann:

1. Herstellung eines Fallkessels bis zur Tiefe der Ausmündung und horizontale Anordnung des Durchlasses selbst (Fig. 116).
2. Anlage eines gewöhnlichen Durchlasses in Höhe des bergseitigen Einlaufes und Anlage einer gemauerten Kaskade an der talseitigen Böschung (Fig. 117).
3. Herstellung eines stufenförmigen Durchlasses nach Fig. 118.

Folgende Formeln ergeben, gutes Material vorausgesetzt, die Abmessungen der einzelnen Teile eines Plattendurchlasses:

Bezeichnet  $l$  die freitragende Länge der Platten,

$d$  die Dicke der Platten, so ist

$d = 0,10 + 0,20 l$ , wenn die Überschüttungshöhe weniger als 1,5 m beträgt,

$d = 0,12 + 0,24 l$ , wenn die Überschüttungshöhe mehr als 1,5 m beträgt.

Bezeichnet  $b$  die erforderliche Auflagerbreite der Platten, so muß sein

$$b = 0,25 l \text{ bis } 0,30 l.$$

Demnach beträgt die Gesamtlänge  $L$  einer Platte:

$$L = l + 2b = 1,5 \text{ bis } 1,6 l.$$

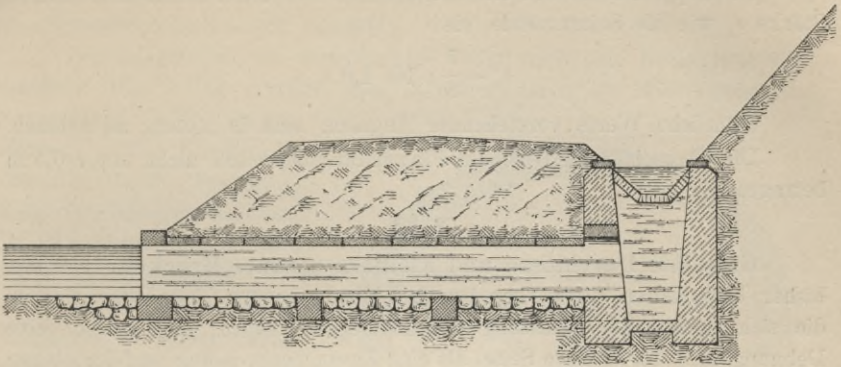


Fig. 116.

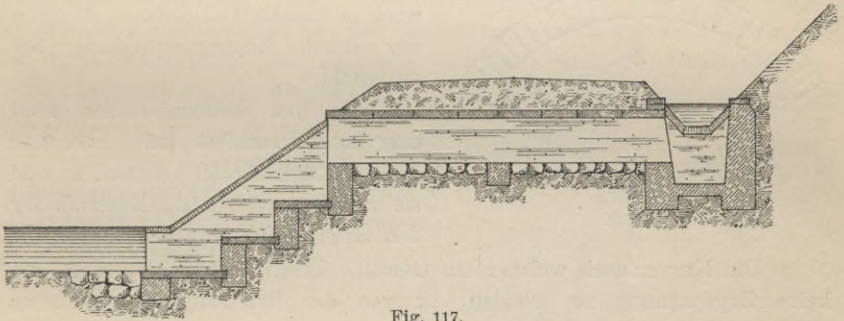


Fig. 117.

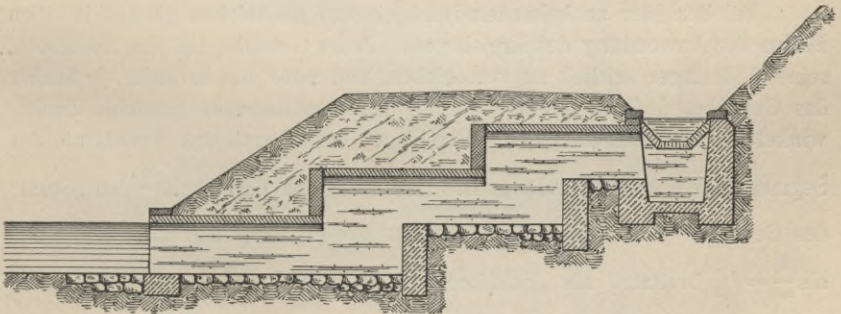


Fig. 118.

Die Stärke  $s$  der Seitenwände hängt von der lichten Höhe  $h$  des Durchlasses ab. Es ist zu wählen  $s = 0,3 h$  bis  $0,4 h$ .

Die einzelnen Absätze der Fundamente werden bei Bruchsteinmauerwerk 0,15 m breit, bei Ziegelmauerwerk  $\frac{1}{2}$  Stein stark angelegt.

Bei Doppeldurchlässen erhalten die Zwischenpfeiler annähernd dieselbe Stärke  $s_1$  wie die Seitenwände, also

$$s_1 = \frac{7}{8} s \text{ bis } 1,0 s.$$

Sämtliche Werte vorstehender Angaben sind in Metern zu nehmen.

Die Überschüttungshöhe der Plattendurchlässe soll nicht unter 0,5 m betragen.

### § 33.

**Gewölbte Durchlässe und kleinere massive Brücken.** Bei den bisher behandelten Bauwerken bestehen die tragenden Teile aus Trägern, die sich infolge der Belastung durchzubiegen streben, also sowohl eine Dehnung (auf der unteren Seite) als eine Zusammenpressung (auf der oberen Seite) zu erleiden haben.

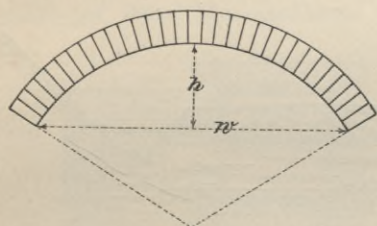


Fig. 119.

Ein richtig konstruiertes Gewölbe wird in keinem Teil gedehnt, sondern nur durch Zusammenpressung beansprucht.

Da nun Steinmaterialien wohl eine hohe Druckfestigkeit, aber nur geringe Zugfestigkeit besitzen, so sind sie als das geeignetste Material für den Gewölbebau gegeben.

Die Kurve, nach welcher ein Gewölbe konstruiert werden muß, um keine Zugspannung zu erleiden, ist von der Belastung des Gewölbes abhängig.

Bei den hier zu behandelnden kleineren Bauwerken genügt in allen Fällen die Anwendung des Kreisbogens. Jedes Gewölbe hat das Bestreben, seine Widerlager seitlich zu verschieben, und zwar um so mehr, je flacher das Gewölbe, d. h. je kleiner der zu den Gewölbebogen gehörige Zentriwinkel ist; ein Maß für diese „Flachheit“ bietet auch das Verhältnis der

Segmenthöhe  $h$  zur Sehnenlänge  $w$ . Man nennt das Verhältnis  $\frac{h}{w}$  den „Stich“ des Gewölbes (Fig. 119) und bezeichnet Bogen, die einen kleineren Stich als  $\frac{h}{w} = \frac{1}{2}$  besitzen, als „Stichbogen“. In der Regel beträgt der Stich  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$ , unter  $\frac{1}{6}$  soll überhaupt nicht gegangen werden.

Im übrigen bestimmt die Wahl des Stiches die Konstruktionshöhe des Bauwerks. Ist genügend Raum vorhanden, so kann auch der Stich größer genommen werden. Der Halbkreisbogen (mit dem Stich  $\frac{1}{2}$ ), welcher

den geringsten Seitenschub veranlaßt, erfordert die größte Konstruktionshöhe und ist bei kleineren Spannweiten ohne Anwendung von Formsteinen oder bearbeiteten Werksteinen schwierig zu wölben, sodafs seine Anwendung im allgemeinen sich selten empfiehlt.

Die Lagerfugen der Gewölbsteine sollen nach dem Kreismittelpunkt gerichtet sein. Man erreicht dies entweder durch die Anwendung von Formsteinen oder Werksteinen, welche für den bestimmten Radius hergestellt sind, oder dadurch, daß man die Mörtelfugen unten etwas enger als oben macht.

Bricht ein Gewölbe zusammen, so finden vorher Lockerungen in der Nähe bestimmter Stellen, der sogenannten Bruchfugen, statt. Diese Stellen liegen für Bogen mit einem Zentriwinkel zwischen  $120$  und  $180^\circ$  an der unter  $30^\circ$  gegen die Horizontale geneigten Lagerfuge. Bei flacheren Gewölben sind die Endlagerfugen (Kämpferfugen) die Bruchfugen (Fig. 120 und 121).

Um den Lockerungen in diesen Bruchfugen entgegenzuwirken, belastet man das Gewölbe durch die sogenannte *Hintermauerung* (Fig. 122).

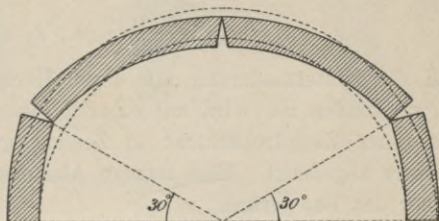


Fig. 120.

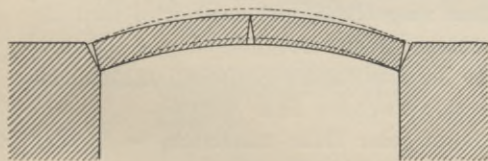


Fig. 121.

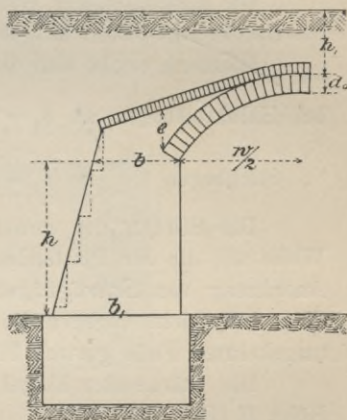


Fig. 122.

Die Hintermauerung erhält mindestens die Höhe

$$e = 0,15 + 0,03 w \quad (e \text{ und } w \text{ in Metern})$$

über dem Punkte, in welchem die Bruchfuge die obere Gewölbelinie schneidet. Von diesem Punkt aus bestimmt eine Tangente an die obere Gewölbbehälte den weiteren Verlauf der Hintermauerung.

Die Gewölbstärke  $d_0$  ist für Spannweiten bis zu 1,50 m bei Ziegelgewölbe 0,25 (einen Stein) stark, bei Bruchsteingewölbe 0,40 m stark zu wählen.

Für gröfsere Spannweiten und Bogen bis  $\frac{1}{3}$  Stich ist zu wählen:

$$\left. \begin{array}{l} \text{bei festem Backstein } d_0 = 0,24 + \frac{w}{16} \\ \text{„ Haustein } d_0 = 0,24 + \frac{w}{32} \end{array} \right\} (d_0 \text{ und } w \text{ in Metern}).$$

Ist über dem Gewölbe noch eine Dammschüttung von gröfserer Höhe  $h_1$  vorhanden, so wird die dann erforderliche Gewölbestärke

$$d_1 = d_0 \left( 1 + \frac{h_1}{24} \right); (d_1, d_0 \text{ und } h_1 \text{ in Metern})$$

und die Hintermauerung, zu deren Herstellung Mörtel mit Zementzusatz zu verwenden ist, wird mit einer 2 bis 3 cm starken Zementschicht oder mit einer Ziegelrollschicht in Zement gegen die Wirkungen des Tagwassers abgedeckt. Eine fernere Abdeckung mit Asphaltpappe erhöht die Dauer des Bauwerkes.

Die Widerlager erhalten in Kämpferhöhe:

$$\left. \begin{array}{l} \text{bei Halbkreisgewölben die Stärke } b = \frac{w}{4} + 0,25 \\ \text{„ Stichbogen „ „ } b = \frac{w}{4} + 0,10 \end{array} \right\} (w \text{ und } b \text{ in Metern}).$$

Die Rückseiten der Widerlager werden abgetreppt oder abgeschrägt, bei Halbkreisgewölben mit der Neigung  $1:1/4$ , bei Stichbogen  $1:1/3$ .

Hiernach ergibt sich die untere Stärke der Widerlager:

$$\left. \begin{array}{l} \text{bei Halbkreisbogen zu } b_1 = b + \frac{h}{4} = 0,25 + \frac{w+h}{4} \\ \text{„ Stichbogen zu } b_1 = b + \frac{h}{3} = 0,10 + \frac{w}{4} + \frac{h}{3} \end{array} \right\} (b, b_1, w \text{ und } h \text{ in Metern}).$$

Die Stirnen der gewölbten Bauwerke werden ganz in derselben Weise wie die der Plattendurchlässe ausgebildet, und zwar wird man die Anordnung von *Schrägflügeln* wählen, wenn die Höhe  $h$  des Damms (Fig. 103) klein, dagegen die Höhe des Durchlasses groß ist, während im umgekehrten Falle *gerade* Flügel zu verwenden sind.

Die Stärke der Flügel muß in jeder Höhe mindestens  $= \frac{1}{3}$  der Höhe  $H$  (Fig. 123) sein.

Die schrägen Flügel sind der Durchlaßstirn so anzufügen, daß ihre vordere Kante stets das Gewölbe frei läßt, und da sie in der vorderen Ansichtfläche meist eine Böschung von  $0,10 H$  erhalten, so ergibt sich hieraus das Maß  $e$ , um welches der Flügel gegen das Widerlager zurücktreten muß, sofern  $h$ , die Kämpferhöhe, bei Halbkreisbogen kleiner als  $10 d$ , bei Stichbogen kleiner als  $10 d \cdot \sin \varphi$  ist, unter  $\varphi$  den Zentriwinkel des halben Bogens verstanden.

Im Grundriß öffnen sich die Flügel mit einer Neigung von  $1:3$  bis  $1:4$  gegen die Durchlaßsachse. Die Länge  $u$  der Flügel bestimmt sich



aus der Höhe der Flügelenen ( $z$ ), welche zweckmäfsig so gewählt wird, dafs die Grabenböschung durch den Punkt  $\alpha$  (Fig. 123) geht. Handelt es sich hierbei

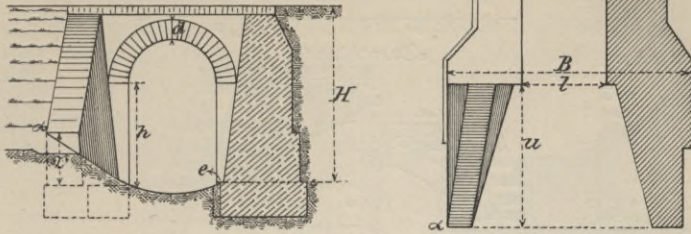


Fig. 123.

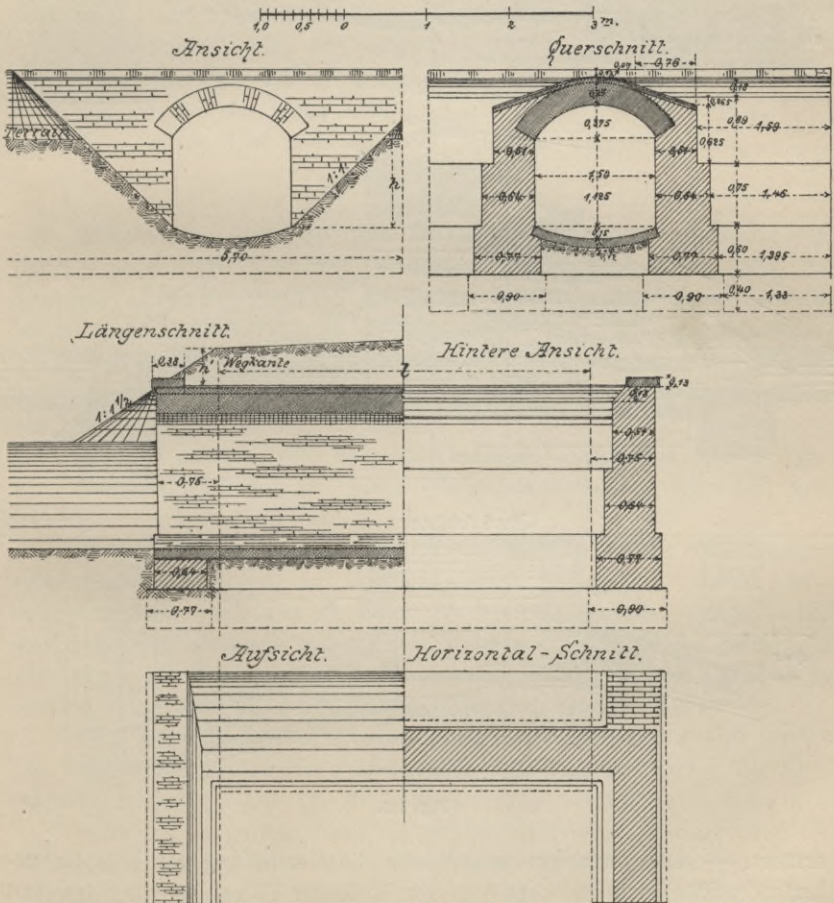


Fig. 124.

um die Weiterführung eines fest begrenzten Grabenzuges, so ist darauf zu achten, daß die Sohle desselben innerhalb der Flügel keine Erweiterung

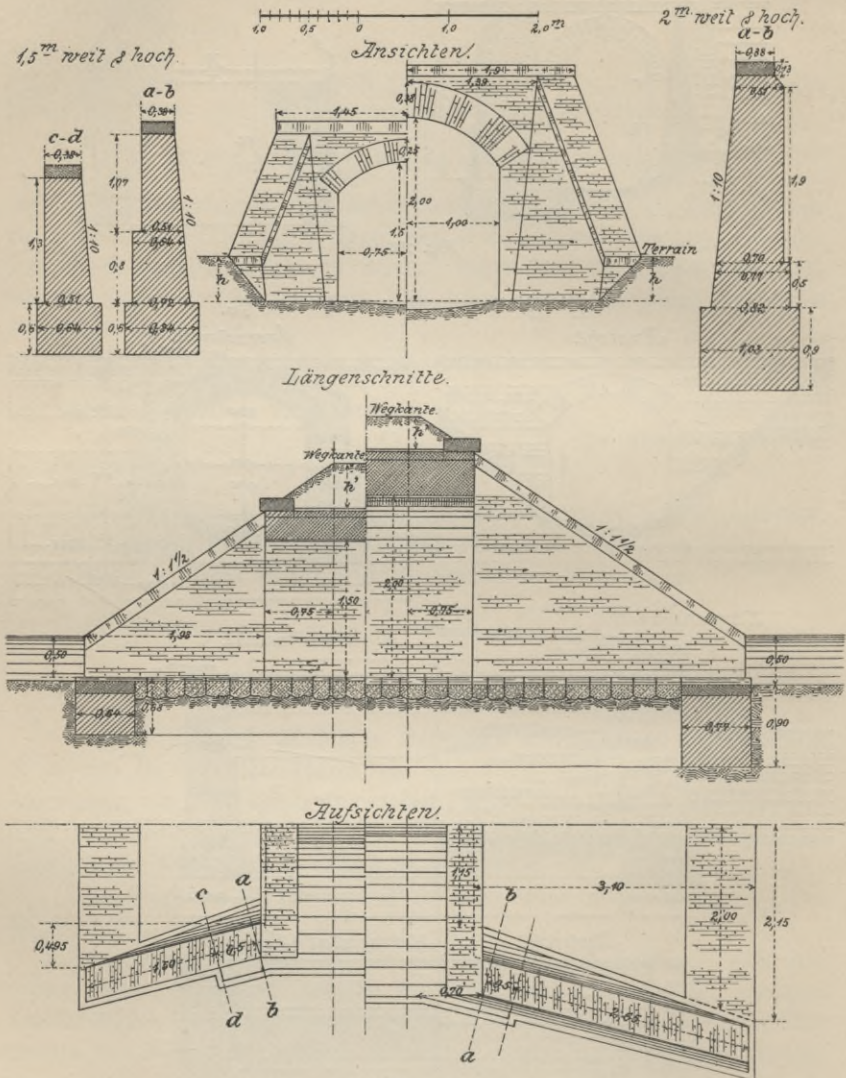


Fig. 125.

erfährt. — Dies erfordert meistens die Herstellung von 4 spitz zulaufenden Böschungsdreiecken von dem Ende der Flügel bis zur Stirnwand aus Steinpackung.

Bei  $1\frac{1}{2}$  facher Böschung des Dammes berechnet sich daher die Länge des Flügels aus  $u = 1,5 \cdot (H-z)$ .

Über Abdeckung und Ausbildung der Flügel gilt das im § 26 über die massiven Landpfeiler der Brücken Gesagte. Zweckmäfsig ist es, besonders wenn die Deckplatten der Stirnwände im Scheitel nicht hart auf dem Gewölbe aufliegen, die Abdeckung des Gewölbes nach Fig. 126 schräg an der Hinterseite der Stirnwand hochzuziehen.

Fig. 124 zeigt die Konstruktion eines gewölbten Durchlasses von 1,5 m lichter Höhe und 1,5 m lichter Weite mit Parallelfügeln; Fig. 125 zeigt einen Durchlaß von 1,5 m lichter Höhe und Weite, wie einen solchen von 2,0 m lichter Höhe und Weite mit schrägen Flügeln.

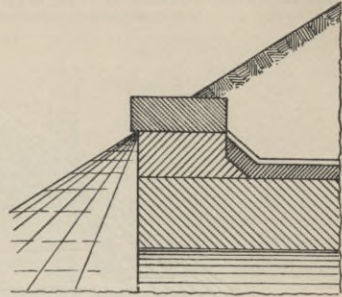


Fig. 126.

### § 34.

**Deichsiele.** Deichsiele oder Deichschleusen sind Durchlässe in den Deichen unwallter Fluß- oder Küstenniederungen und dienen dazu, bei niedrigen Aufsenwasserständen die Vorflut der Niederung zu ermöglichen, bei hohen Aufsenwasserständen die Niederung vor den Fluten zu schützen.

Stellenweise haben die Siele auch den Zweck, die düngende Winterflut in die Niederung einzulassen, dann aber während der Vegetationsperiode das Hochwasser wieder fern zu halten.

Hieraus geht hervor, daß die Deichsiele abweichend von den gewöhnlichen Durchlässen mit einer Verschlussvorrichtung versehen sein müssen.

Bei den Abmessungen der Siele ist die Zeit, welche für die Entwässerung der Niederung zur Verfügung steht, zu beachten. Da bei Flußniederungen die Siele nur zu Zeiten des Flußhochwassers, also im Jahre doch immerhin höchstens nur mehrere Wochen geschlossen sind, so ist hier Zeit genug für die Entwässerung vorhanden, falls nicht der Ackerbau in der Niederung eine besondere schnelle Trockenlegung verlangt.

Für die eingedeichten Ländereien an der Nordseeküste muß infolge von Flut und Ebbe innerhalb 24 Stunden Schließen und Öffnen der Siele zweimal wechseln. Die für die Entwässerung verfügbare tägliche Zeit wird dann um so geringer sein, je weniger sich die Niederung über den Ebbespiegel erhebt, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß für die Bewegung des Wassers im Auftief, je nach der Länge desselben, immerhin ein Gefälle von 0,2 bis 0,4 m verloren geht.

Ein Sieel besteht ebenso wie jeder Durchlaß aus dem eigentlichen Sieel (Durchlaß) und den beiden Vorsieeln (Hauptern) und wird bei den hier zu behandelnden kleineren Bauwerken bis auf die Änderungen, welche durch die meistens selbsttätige Verschlussvorrichtung bedingt sind, auch genau wie ein Durchlaß ausgeführt.

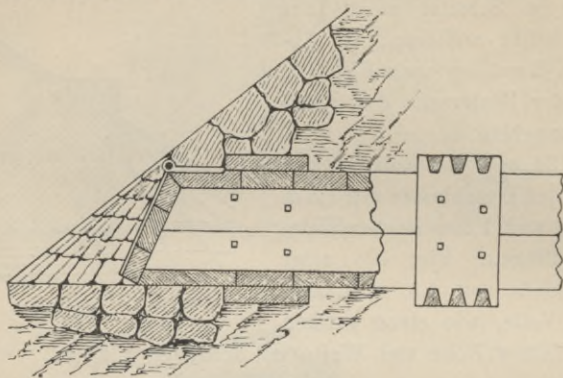


Fig. 127.

Kleinere Siele (Pumpensiele) von 0,20 qm bis 0,50 qm Querschnittsfläche werden öfters auch als einfache, ab und zu durch verzargte Rahmen zusammengehaltene Holzkästen konstruiert (Fig. 127).

Bei ihnen sowohl wie bei den kleineren Röhrensieeln (Fig. 128) können, wenn der Deichkörper aus gutem, undurchlässigem Material besteht,

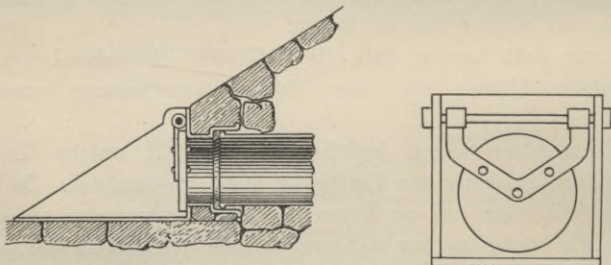


Fig. 128.

ebenso wie bei kleineren Röhrendurchlässen, die Vorsiele durch Trockenmauerwerk oder Pflasterung ersetzt werden.

Die Fig. 127 und 128 zeigen gleichzeitig den Klappenverschluss, der sich durch den Wasserdruck nach außen öffnet.

Wachsen die Sieldimensionen, so wird man den Sieelkörper wölben und anstatt der Klappe, welche dem ausströmenden Wasser einen erheblichen Widerstand entgegensetzt, eine hölzerne Flügeltür zum Verschluss an-

wenden (Fig. 129). Eine Stütze in der Flügelwand des Aufsenvorsieles verhindert das vollständige Aufschlagen der Flügeltür, sodafs dieselbe von dem Strom des in die Niederung eindringenden Wassers erfasst und zugeworfen werden kann.

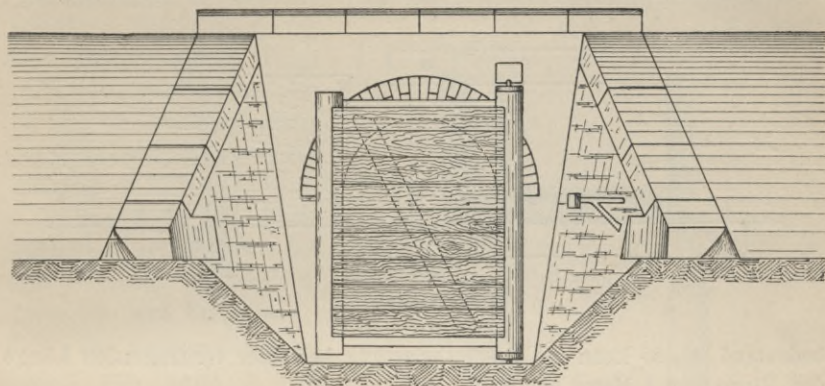


Fig. 129.

Größere Siele nehmen mehr oder weniger den Charakter von Schiffschleusen an und werden ähnlich wie diese zur Ausführung gebracht.

### § 35.

**Überleitung und Dücker.** *Überleitungen* (Aquadukte) sind Brücken, bei denen an Stelle der Fahrbahn *Gerinne* zur Überführung hochgelegener Wasserläufe über Geländesenken oder andere Wasserläufe treten.

Ihr Charakter als Brücke unterwirft sie den im § 22 angegebenen Bestimmungen über die erforderlichen lichten Mafse zur ungehinderten Durchführung des unteren Wasserlaufes.

Von der Menge des überzuleitenden Wassers hängt der Querschnitt des Gerinnes ab, und da man im allgemeinen das letztere in dem Längsgefälle des Wasserlaufes anlegen wird, so muß der wasserführende Querschnitt des Gerinnes mindestens gleich dem des Wasserlaufes sein. Überleitungen werden sowohl *massiv*, wie in *Eisen* und *Holz* hergestellt. Bei Ent- und Bewässerungsanlagen kommt die letzte Herstellungsweise fast ausschließlich zur Anwendung.

Man unterscheidet bei der Überleitung: das *Gerinne*, die *Tragkonstruktion* und die *Joche*.

Erfordert das Gerinne nur einen kleinen Querschnitt, bis etwa 0,40 m Höhe und 0,50 m Breite, so wird das Gerinne zugleich als Tragkonstruktion benutzt. Man bildet hierzu durch eichene Bohlen, welche durch Holzschrauben und Rahmen zusammengehalten werden, eine Rinne, zu deren

Schutz und Dichtung häufig eine 1 bis 1½ mm starke Einlage von Eisenblech (Fig. 130) vorgesehen wird. Die Belastung der Rinne besteht ausser dem Eigengewicht in dem Gewichte des Wassers. Da das Gewicht des Eichenholzes aber ungefähr ebensoviel wie dasjenige des Wassers (1000 kg für das Kubikmeter) beträgt und das Gewicht der Blechfütterung un-

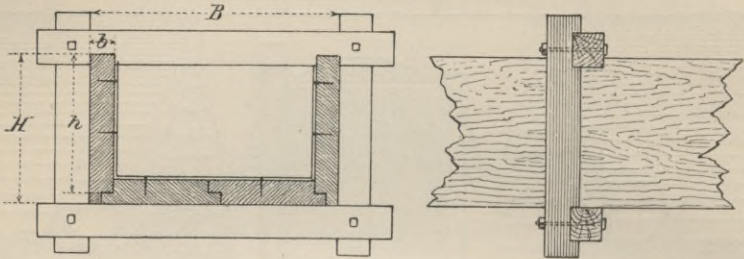


Fig. 130.

bedeutend ist, so kann die Gesamtbelastung bei einer freitragenden Länge der Rinne von  $l$  Meter zu

$$Q = l \cdot B \cdot H \cdot 1000 \text{ kg}$$

angenommen werden.

Als tragend sind an der Rinne nur die beiden Seitenbohlen mit der Höhe  $h$  anzusehen (Fig. 130), und zwar hat jede dieser Bohlen die Last  $q = \frac{Q}{2}$  zu tragen.

Die Abmessungen der Bohlen ergibt dann die Formel:

$$\frac{bh^2}{6} = \frac{ql}{8 \cdot 80} \text{ oder } bh^2 = \frac{1}{106,7} \cdot ql.$$

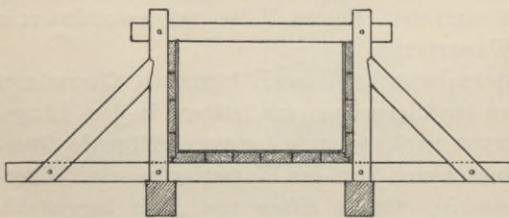


Fig. 131.

Die wirkliche Höhe  $H$  der Bohlen ist um die halbe Stärke der Bodenbohle grösser als  $h$ .

Die Breite  $b$  wird zweckmässig zu  $\frac{1}{10} H$  bis  $\frac{1}{6} H$ , jedenfalls aber nicht unter 4 cm zu wählen sein.

Die Rahmen werden aus 10 cm starken Kreuzhölzern hergestellt. Die Art ihrer Überschneidung und Befestigung zeigen die Fig. 130 bis 132.

Die Entfernung der Rahmen voneinander beträgt an den beiden Enden 0,50 m und kann nach der Mitte hin bis auf 1,50 m wachsen.

Erfordert das Gerinne eine grössere Höhe als 40 bis 50 cm, müssen also die Seitenwände aus zwei oder mehreren Bohlen hergestellt werden,

so ist es nicht mehr möglich, die Seitenwände zum Tragen zu verwenden; die Rinne dient vielmehr nur als Gerinne und muß auf Tragbalken gesetzt werden. Jeder zweite bis dritte der hier in der gleichen Entfernung von 1 m stehenden Rahmen wird dann durch Streben verspreizt (Fig. 131 u. 132). Die Rahmenhölzer werden 10—15 cm, die Rinnenbohlen 4—6 cm stark gewählt. Die Ermittlung der Dimensionen der Tragbalken erfolgt genau nach der für die Tragbalken hölzerner Brücken gegebenen Anweisung.

Die Joche der Überleitungen zerfallen, wie bei den hölzernen Brücken, in Zwischen- und Endjoche.

Die Zwischenjoche bestehen aus (meist 2) eingerammten Pfählen, welche durch einen Holm miteinander

verbunden sind. Auf diesen Holm sind die Tragbalken aufgekämmt. Ist die Rinne zugleich Tragkonstruktion, so legt man nach Fig. 133 a zunächst unter 2 benachbarte Rahmenhölzer 2 Unterzüge und kämmt diese

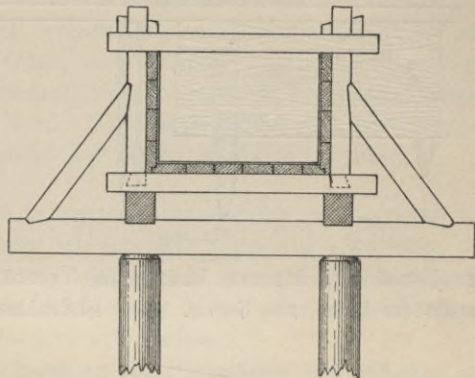


Fig. 132.

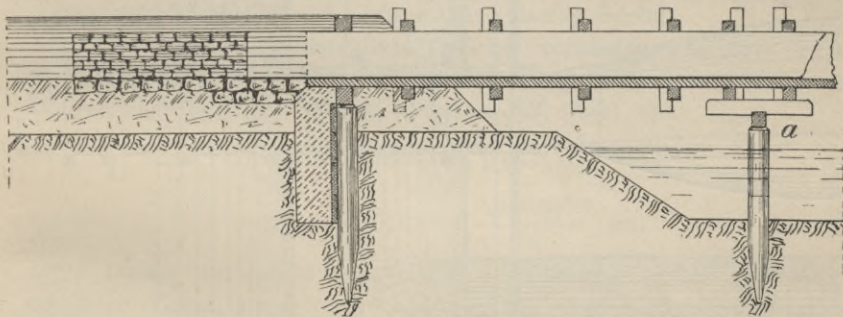


Fig. 133.

auf den Jochholm auf. Eine Verstrebung der Rahmen über dem Joch ist zweckmäßig. Die Endjoche haben nicht nur als Auflager zu dienen, sondern auch den Anschluß der Überleitung an den Wasserlauf zu vermitteln und letzteren von einem Durchbruch nach dem tiefer gelegenen Wasserlauf abzuhalten, also Wasserverlust und Zerstörungen zu verhüten.

Das Endjoch besteht ebenso wie bei den hölzernen Brücken aus einer Stirnwand und den beiden Flügeln.

In den überaus meisten Fällen wird es sich bei den kleineren Überleitungen um die Überführung eines Bewässerungsgrabens über einen Entwässerungsgraben oder kleinen Wasserlauf handeln. Es empfiehlt sich dann die in Fig. 133 bis 135 dargestellte Anordnung des Endjoches und des Anschlusses der Rinne an den Zuleiter.

Der auf den beiden tragenden Jochpfählen liegende Holm wird verlängert und durch

zwei weitere, kürzere Rammpfähle gestützt. Die Rinne kommt direkt auf den Holm zu liegen. Der Endrahmen wird durch den Jochholm,

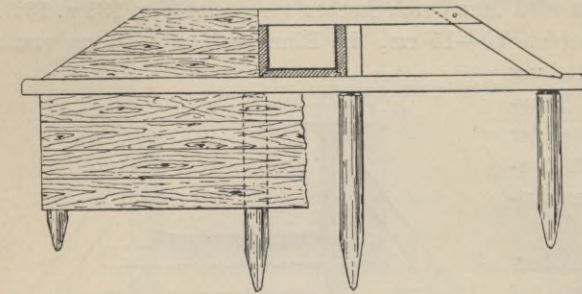


Fig. 134.

zwei weitere, kürzere Rammpfähle gestützt. Die Rinne kommt direkt auf den Holm zu liegen. Der Endrahmen wird durch den Jochholm,

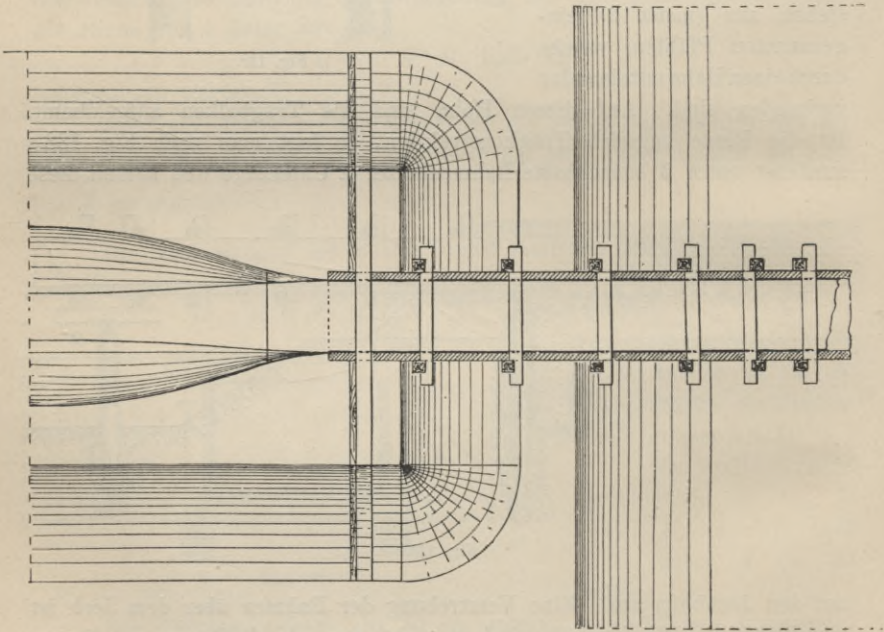


Fig. 135.

zwei kurze in den Jochholm eingezapfte Stiele und einen zweiten über die Rinne gelegten und auf den Stielen eingezapften Holm gebildet. Oberer und unterer Holm werden durch in der Böschungfläche liegende, schräge Holme verbunden, die ganze Rückwand wird sodann mit Bohlen



verkleidet. Bei durchlässigem Boden muß diese Bohlenbekleidung bis auf die Sohle des unteren Wasserlaufes hinabreichen, sonst genügt ein Eingreifen von etwa 0,50 m in den gewachsenen Boden. Zweckmäßig ist es, hinter die Bohlenwand eine Tonlage schichtenweise einzubringen und abzustampfen. Ist eine Blecheinlage vorgesehen, so läßt man dieselbe  $\frac{1}{2}$  m über die Rinne hinausragen und untergießt sie mit Zement, der sich mit Eisen sehr gut verbindet. Natürlich muß zu diesem Zweck die Zuleitersohle ausgepflastert werden, was übrigens wegen des Überganges von dem trapezförmigen Querschnitt des Zuleiters in den rechtwinkligen der Rinne ohnehin notwendig wird. Das Eisenblech ist zum Schutz gegen Rost mit einem doppelten Anstrich auf beiden Seiten zu versehen.

Liegt der Wasserspiegel in zwei sich kreuzenden Wasserzügen annähernd in derselben Höhe, oder ist der Höhenunterschied zwischen der Sohle des einen und dem höchsten Wasserstande des anderen Wasserlaufes zur Anlage einer Unter- bzw. Überleitung nicht mehr ausreichend, so wird die Herstellung eines *Dückers* erforderlich.

Die Dücker haben den Charakter von Durchlässen und bestehen aus dem röhrenartigen eigentlichen Durchlaufkörper und zwei als Fallkessel mit Schlammfängen ausgebildeten Häuptern.

Die Bewegung des Wassers kann in ihnen nur durch den Höhenunterschied des Wasserspiegels am Einlauf und Auslauf erfolgen.

Außerdem darf bei der Querschnittsermittlung die in Rohrleitungen verbrauchte Druckhöhe nicht außer acht gelassen werden.

Den Gesamthöhenunterschied, welcher vorhanden sein muß, wenn durch einen Dücker von der Länge  $l$  und der Weite  $d$  eine bestimmte Wassermenge  $Q$  in der Sekunde abfließen soll, findet man:

$$h = \left( 1,505 + \lambda \frac{l}{d} \right) 0,083 \frac{Q^2}{d^4},$$

$$\text{worin } \lambda = 0,01989 + \frac{0,0005078}{d} \text{ ist.}$$

Jeder Dücker verbraucht demgemäß ein bestimmtes Gefälle des untergeleiteten Wasserlaufes, was bei Aufstellung eines Meliorationsprojektes wohl zu beachten ist.

Von vornherein erscheint es selbstverständlich, stets den tiefer gelegenen Wasserlauf unter dem höher liegenden hindurch zu führen. Dennoch wird sich gerade das Umgekehrte, die Unterleitung des letzteren, oft empfehlen, zunächst lediglich mit Rücksicht auf die Kosten, wenn die Abmessungen des höher liegenden Wasserzuges wesentlich kleiner als die des tiefer liegenden sind, dann aber in Fällen, in denen man, wie besonders bei allen der Überflutung durch Hochwasser ausgesetzten Be- und Entwässerungsanlagen, zwar die Wassermenge des hochliegenden Zuleiters

genau kennt oder wenigstens genau regulieren kann, während die von dem tiefer liegenden Entwässerungsgraben oder Bach geführten Mengen nur annähernd bekannt sind und durch unvorhergesehene, aufsergewöhnliche Ereignisse über das angenommene Maß beträchtlich wachsen können.

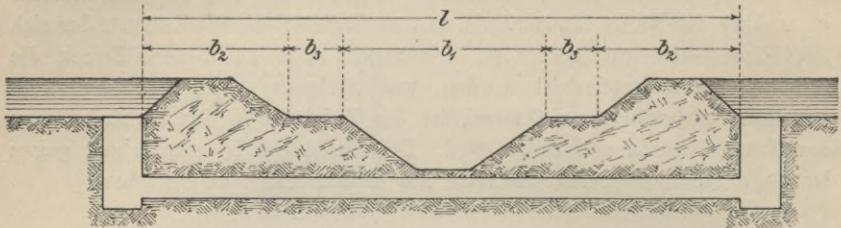


Fig. 136.

Handelt es sich um die Kreuzung von zwei Entwässerungsgräben, so wird man denjenigen unterleiten, dessen Wasserabführung den geringsten Unregelmäßigkeiten unterworfen ist.



Fig. 137.

Die Länge einer Unterleitung richtet sich in erster Linie nach der oberen Breite  $b_1$  des Wasserlaufes, unter welchem sie liegt (Fig. 136), ferner nach dem für die beiden Kopfböschungen des höher gelegenen

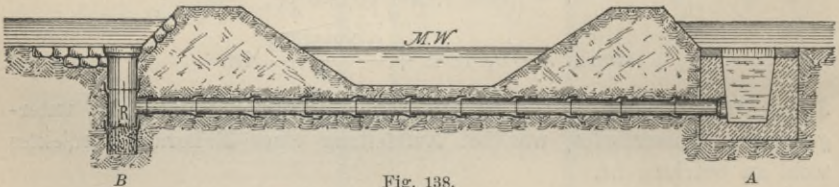


Fig. 138.

Grabens erforderlichen Raum  $b_2$  und nach dem Spielraum  $b_3$ , den man für die Vorflut des Wasserlaufes bei aufsergewöhnlichen Niederschlägen vorsehen muß.

Man wähle letzteren *nicht zu klein*, besonders da sich hierdurch, wenigstens bei den kleineren Bauwerken, die Kosten nur unbedeutend erhöhen.

Zur Herstellung der Dücker verwendet man *Muffenrohre* (aus Eisen oder Ton) und *röhrenartige Gewölbe*. Handelt es sich um die Unter-

leitung eines Zuleiters mit sehr reinem Wasser, möglichst ohne Sinkstoffe, so kann der Dücker zweckmäÙig aus eisernen Muffenrohren, ohne besonderen Fallkessel, angelegt werden (Fig. 137).

Bei kleineren Meliorationen empfiehlt sich die in Fig. 138 dargestellte Anordnung aus glasierten Tonrohren mit gemauertem (A) oder aus Rohren hergestelltem Abfallschachte (B).

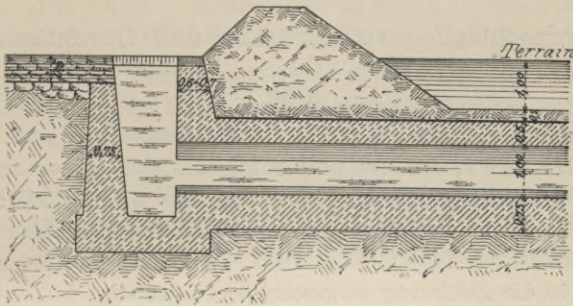


Fig. 139.

Das Rohrstück *B* mit Stutzenansatz ist in den gerade erforderlichen Abmessungen meist nicht vorrätig, wird aber auf Verlangen ohne großen Preisaufschlag von den Fabriken angefertigt.

Das unterste Rohr des Fallkessels wird 40—50 cm hoch mit Beton ausgefüllt.

Die Zuleitersohlen am Einlauf und Auslauf sind ebenso wie die inneren Kopfböschungen durch Pflasterungen zu befestigen. Eine große Widerstandsfähigkeit erreicht man, wenn das Pflaster in einer 10 cm hohen Schicht Sand, dem auf

10 Teile 1 Teil Zement trocken beigemischt ist, verlegt wird. Die Bodenfeuchtigkeit, der man durch vorsichtiges Begießen des fertigen Pflasters nachhilft, bringt dann das Gemisch zum Abbinden.

Gewölbte Dücker sind stets größere kostspielige Bauwerke nach der in Fig. 139 und 140 zur Darstellung gekommenen Anordnung.

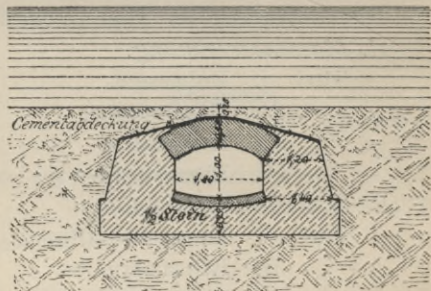


Fig. 140.

## Kapitel VIII.

### Veranschlagung von Brücken und Durchlässen.

#### § 36.

**Allgemeines.** Als Einleitung ist dem Anschlage eine kurze Erläuterung über Zweck, Art und Berechnung des Bauwerkes voranzustellen.

Zu dem Anschlage selbst gehören zunächst 3 Hauptteile:

**A. Die Massenberechnung.** Sie umfaßt die Ermittlung der Massen nach dem kubischen Inhalt, oder nach Fläche, Metern oder Stückzahl gemäß den in die Zeichnung eingeschriebenen Massen.

**B. Die Materialienberechnung.** Diese enthält den Nachweis der einzelnen Materialien auf Grund der Massenberechnung.

**C. Die Kostenberechnung.**

Jeder dieser Teile zerfällt in eine Anzahl Titel, welche wiederum in Unterabteilungen, Positionen, zerfallen.

Die Aufführung der Titel geschieht in folgender Weise:

**A. Massenberechnung.**

- Titel I. Erdmassen.
- „ II. Mauermassen.
- „ III. Holzmassen.
- „ IV. Eisenmassen.

**B. Materialienberechnung.**

- Titel I. Mauermaterialien.
- „ II. Holzmaterialien.
- „ III. Eisenmaterialien.

**C. Kostenberechnung.**

- Titel I. Erdarbeiten.
- „ II. Maurerarbeiten.
- „ III. Mauermaterialien.
- „ IV. Zimmerarbeiten.
- „ V. Zimmermaterialien.
- „ VI. Schlosser- und Schmiedearbeiten einschl. Materialien.
- „ VII. Anstreicherarbeiten einschl. Materialien.
- „ VIII. Insgemein (hierunter fallen bei kleineren Bauwerken auch die sonst unter besonderem Titel nachzuweisenden Kosten für Grund- und Nutzungsschädigungen).

Als Beispiel wird der Kostenanschlag einer hölzernen Brücke und der eines massiven gewölbten Durchlasses gegeben.

**§ 37.**

**Kostenanschlag**

zur Erbauung einer hölzernen Balkenbrücke in Station 3,5 des Feldweges von Kleinberg nach Krittern.

Hierzu 1 Blatt Zeichnung. (Siehe Tafel III nach Seite 106.)

*Erläuterung.* Die aus Kiefernholz herzustellende Brücke überschreitet einen Graben von 2,0 m Sohlenbreite, 1½ facher Böschungsanlage und 1,0 m Tiefe. Die Konstruktionsunterkante liegt 3,5 m über der Grabensohle. Die Spannweite der Brücke beträgt 5,0 m, die Brückenbahnbreite zwischen den Geländern 4,0 m. Die Gesamtstärke des Bohlenbelages beträgt 16 cm.

Die 5 Tragbalken liegen von Mitte zu Mitte 1,0 m voneinander entfernt. Die geraden Flügelwände sind rechtwinklig zu den Stirnwänden angeordnet.

I. Eigengewicht der Brücke.

1. Das Gewicht des doppelten Bohlenbelages beträgt  
 $4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 16 = \dots \dots \dots 3200 \text{ kg}$
2. Das Gewicht der Tragkonstruktion beträgt  
 $4 \cdot 5 \cdot 9,4 \cdot 5 = \dots \dots \dots 940 \text{ „}$

II. Nutzlast.

$4 \cdot 5 \cdot 400 = \dots \dots \dots 8000 \text{ „}$

Zusammen . . 12140 kg  
 oder rund . . 12200 „

Hiervon entfallen bei 5 Balken auf jeden der mittleren Tragbalken  $\frac{1}{4} \cdot 12200 = \dots \dots \dots 3050 \text{ kg}$

Demnach ergibt sich die Tragbalkenhöhe

$$h = 0,26 \sqrt[3]{3050 \cdot 500} = \text{rund } 30 \text{ cm}$$

und die Breite  $b = 0,71 h = \text{rund } 22 \text{ cm}$ .

Die übrigen Maße sind aus Zeichnung und Anschlag ersichtlich.

**A. Massenberechnung.**

Tit. I. *Erdmassen.*

$2 \cdot 4,5 \cdot 3,6 \cdot 3,0 = 97,2 \text{ cbm}$  Boden zur Hinterfüllung der Widerlager.

Tit. II. *Mauermassen.*

Fehlen.

Tit. III. *Holzberechnung.*

Pos.	Gegenstand der Berechnung	Kieferne Bohlen cm				Rundholz 25 cm Durchm.	Kantholz cm					Lat- ten 4/8
		10	8	6	5		22/30	20/20	15/15	10/15	10/10	
	A. Unterbau, Joch- und Flügelwände.											
1	2 · 5 = 10 Jochpfähle zu je 4,50 m . . . . .					45,0						
2	Zu den Flügelwänden 4 · 4 = 16 Pfähle, 4 (3,7 + 3,0 + 2,0 + 1,1)					39,2						
3	2 Holme der beiden Stirn- wände zu je 5,80 m . . .								11,6			
4	4 Holme der Flügelwände zu je 4,60 m . . . . .								18,4			
5	Hinterkleidung der beiden Stirnwände $2 \cdot \left( \frac{4,10 + 4,70}{2} \right) \cdot 2,70$		23,76									
6	4 Eckhölzer zum An- schluss der Flügelwände an die Stirnwände zu je 2,70 m . . . . .									10,8		
7	Hinterkleidung d. Flügel- wände 4 (3,10 · 1,0 + 2,10 · 1,10 + 1,40 · 1,10 + 0,65 · 1,3) . . . . .		31,20									
	B. Unterbau.											
8	5 Brückenbalken zu 5,70 m					28,5						
9	Luftklötzchen auf 5 Brük- kenbalken in Entfernun- gen von 0,35 m, also $\frac{5 \cdot 5,70}{0,35} = 82$ Stück zu je 0,22 m . . . . .											18,0
	Seitenbetrag . . .	—	54,96	—	—	84,2	28,5	30,0	—	10,8	—	18,0

Pos.	Gegenstand der Berechnung	Kieferne Bohlen cm				Rundholz 25 cm Durchm.	Kantholz cm					Lat- ten 4/8
		10	8	6	5		22/30	20/20	15/15	10/15	10/10	
	Übertrag . . .	—	54,96	—	—	84,2	28,5	30,0	—	10,8	—	18,0
10	5 Deckbohlen, je 5,70 m lang, 0,40 m breit . .				11,40							
11	2 Stirnbohlen, für Hinter- kleidung der Balken- köpfe, je 4,10 · 0,50 . .				4,10							
12	Unterer Brückenbelag, durchschnittliche Boh- lenbreite 25 cm, mithin auf 5,70 m $\frac{5,70}{25} = 22$ Zwischenräume zu 0,01, 5,70 · 4,30 — 22 · 0,01 · 4,30 macht . . . . .	23,56										
13	Oberer Bohlenbelag, 5,70 · 2,20 + 8 · 0,15 · 0,25 macht . . . . .			12,84								
14	8 Geländerstiele zu 1,40 m 8 „ zu 1,70 m							11,2 13,6				
15	4 Geländerstreb. je 1,40 m								5,6			
16	Geländerholm, 2 · 15,00 ·							30,0				
17	Geländerriegel 6 zu 1,66 + 8 zu 2,15 ·										27,2	
	Zusammen . . .	23,56	54,96	12,84	15,50	84,2	28,5	30,0	54,8	16,4	27,2	18,0
	Hierzu rund 4% Ver- schnitt und zur Abrun- dung . . . . .	1,44	2,04	0,66	0,50	3,8	1,5	1,5	2,2	0,6	1,8	2,0
	Im ganzen . . .	25,0	57,0	13,5	16,0	88,0	30,0	31,5	57,0	17,0	29,0	20,0

Tit. IV. Eisenmassen.

Fehlen.

**B. Materialienberechnung.**Tit. I. *Mauermaterialien.*

Fehlen.

Tit. II. *Holzmaterialien.*

Pos.	Anzahl	Gegenstand	Rundholz cbm	Kantholz	
				zu 22/30 und 20/20 cm cbm	die übrigen cbm
1	88	lfd. m Rundholz zu A III. Pos. 1 von 2,25 cm Dmr.	4,31		
2	30	lfd. m Brückenbalken, 22/30 cm stark zu A III. Pos. 8		1,98	
3	31,5	lfd. m 20/20 cm starkes Kantholz zu den Holmen A III. Pos. 3 und 4 . . .		1,26	
4	57	lfd. m 15/15 cm starkes Kantholz zum Geländer A III. Pos. 14 und 16 . .			1,28
5	17	lfd. m 10/15 cm starkes Kantholz zu den Geländer- streben und den Eck- pfosten A III. Pos. 6 und 15 . . . . .			0,26
6	29	lfd. m 10/10 cm starkes Kantholz zu den Geländer- riegeln . . . . .			0,29
		Zusammen . . . . .	4,31	3,24	1,83

Tit. III. *Eisenmaterialien.*

Fehlen.



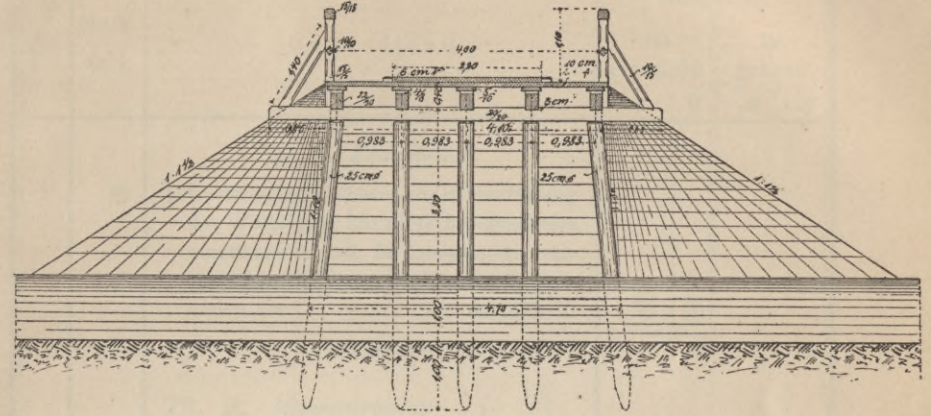
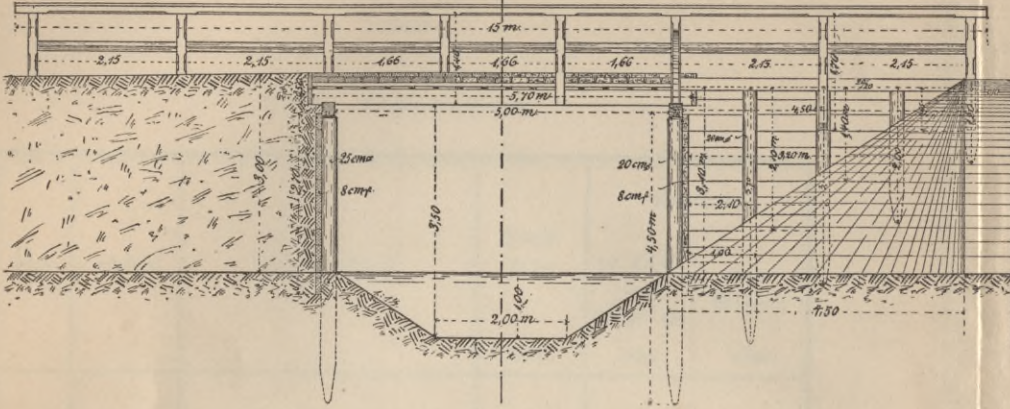


# Entwurf zu einer Wegebücke.

Schnitt A - B.

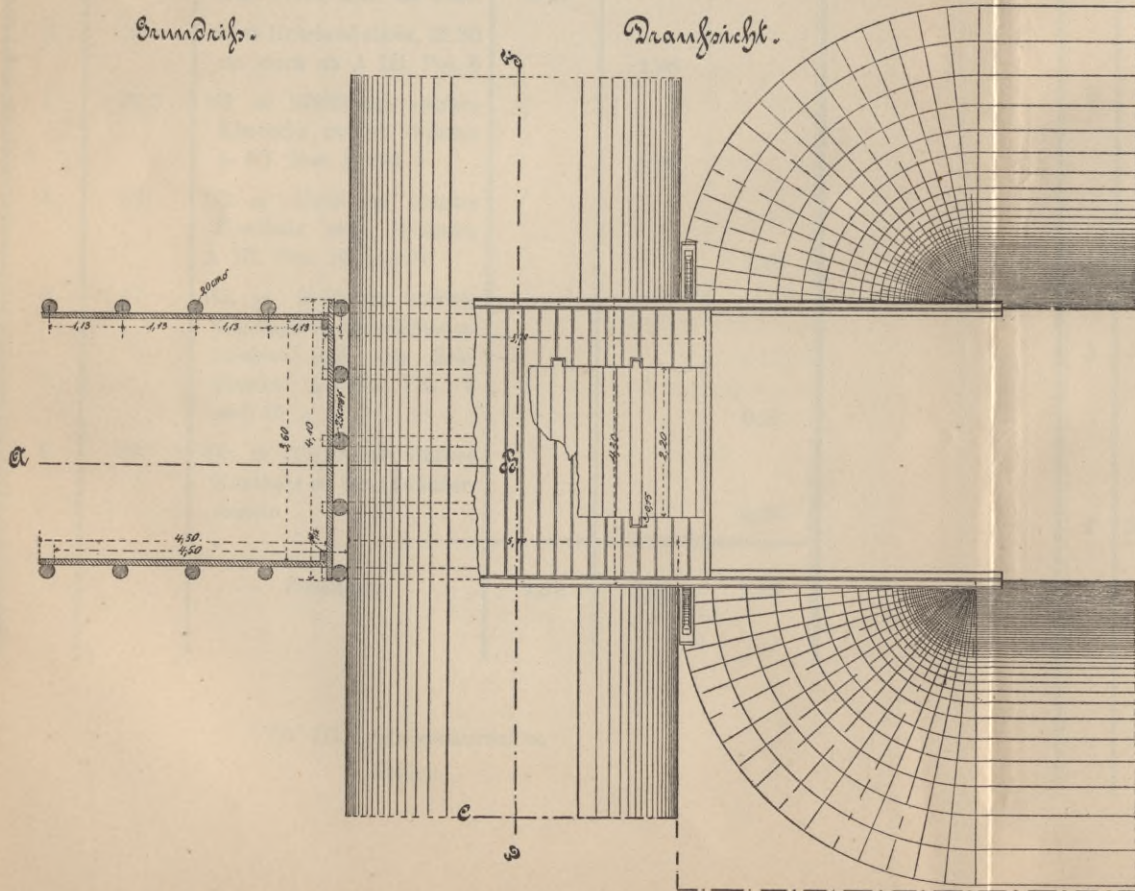
Schnitt C - D.

Schnitt E - F.

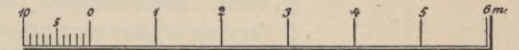


Grundriss.

Draufsicht.



Maassstab



Zum Bericht vom heutigen Tage.

Datum .....

Unterschrift



## C. Kostenberechnung.

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag				
			im einzelnen		im ganzen		
			M	℥	M	℥	
		<i>Tit. I. Erdarbeiten.</i>					
1	98	ebm lehmigen Sandboden zur Hinterfüllung der Widerlager anzuliefern, lagenweise einzukarren und festzustampfen, einschliesslich Stellung der Karren, Karren-dielen etc. . . . . zu 0,75 M.	73	50			
		Zusammen Tit. I. . .			73	50	
		Tit. II. <i>Maurerarbeiten</i> } Tit. III. <i>Mauermaterialien</i> } fehlen.					
		<i>Tit. IV. Zimmerarbeiten.</i>					
2	26	Pfähle der Stirn- und Flügelwände zuzurichten, von der Rinde zu befreien, am Wipfelende anzuspitzen, am Stammende mit geradem Kopf zu versehen, unter die Ramme zu bringen und nach Zeichnung und dem Projekte gemäss einzurammen, einschliesslich Anlieferung der event. notwendigen eisernen Schuhe und Ringe . . . zu 10 M.	260	—			
3	30	lfd. m Holme der Stirn- und Flügelwände zuzurichten und auf die Zapfen der Pfähle der Zeichnung gemäss dicht schliessend zu verlegen, einschliesslich Anschneiden und Herstellen der Pfahlzapfen und der Zapfenlöcher zu 1,20 M.	36	—			
4	54,96	qm Bohlenverkleidung der Stirn- und Flügelwände aus 8 cm starken kiefernen Bohlen zuzurichten, dicht schliessend anzubringen und mit eisernen Nägeln zu befestigen, einschliesslich Zurichten und Anbringen der beiden Eckhölzer zur Verbindung der Flügelwände mit der Stirnwand . . . . . zu 1,0 M.	54	—			
		Seitenbetrag . . .	350	96	73	50	

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			<i>M</i>	<i>ſ</i>	<i>M</i>	<i>ſ</i>
		Übertrag . .	350	96	73	50
5	28,50	lfd. m Brückenbalken zuzurichten, aufzubringen, wagrecht zu verlegen und auf die Jochholme aufzukämmen zu 0,50 M.	14	25		
6	28,50	lfd. m Deckbohlen (Traufbretter) zuzurichten, mit Wassernase zu versehen, die Luftklötzchen zu schneiden, ordnungsmäßig aufzubringen und mit eisernen Nägeln zu befestigen zu 0,30 M.	8	55		
7	8,20	lfd. m Stirnbohlen zur Hinterkleidung der Balkenköpfe zuzurichten, zu säumen und anzubringen . . . zu 0,30 M.	2	46		
8	24,50	5,7 · 4,3 oder qm unteren Bohlenbelag aus durchschnittlich 0,25 m breiten, 10 cm starken Bohlen herzurichten, nach Vorschrift mit 1 cm Zwischenraum zu verlegen und zu befestigen . . . zu 1,00 M.	24	50		
9	12,84	qm oberen Bohlenbelag aus 6 cm starken Bohlen nach Vorschrift zuzurichten, zu verlegen und zu befestigen zu 0,80 M.	10	27		
10	87,60	11,2 + 13,6 + 5,6 + 30,0 + 27,2 oder lfd. m Verbandhölzer des Geländers und zwar: Stiele, Holme, Riegel, Streben zuzurichten, aufzustellen, abzufasen, mit dem Unterbau durch Bolzen zu verbinden, einschließlic Herstellung der erforderlichen Verzapfungen etc. . . . zu 1,0 M.	87	60		
11	—	Für Vorhalten der Ramme und Geräte, sowie Transport derselben von und nach der Baustelle rund 5 0/0 der vorberechneten Arbeitskosten . . . .	24	41		
		Zusammen Tit. IV. . .			523	—
		Seitenbetrag . .			596	50

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			<i>M</i>	<i>℥</i>	<i>M</i>	<i>℥</i>
		Übertrag . .			596	50
		Tit. V. <i>Zimmermaterialien.</i>				
12	4,31	cbm Kiefern-Rundholz (Pos. 1 der Materialienberechnung) zu den Jochpfählen und den Pfählen der Flügelwände von 25 cm mittlerem Durchmesser (exklusive Rinde) in den vorgeschriebenen Längen zur Baustelle zu liefern . zu 40,0 M.	172	40		
13	3,24	cbm beschlagenes (geschnittenes) kiefernes Bauholz in den vorgeschriebenen Längen und Stärken vollkantig frei zur Baustelle anzuliefern . . . zu 50,0 M.	162	—		
14	1,83	cbm weniger starkes Kiefernbaumholz in den vorgeschriebenen Stärken und Längen frei zur Baustelle anzuliefern zu 45,0 M.	82	35		
15	16,00	qm 5 cm starke kieferne Bohlen in Breiten von 0,20 bis 0,30 m, möglichst astfrei, in den verschiedenen Längen frei Baustelle anzuliefern . . . zu 4,50 M.	73	—		
16	13,50	qm 6 cm starke kieferne Bohlen, wie vor zu 5,00 M.	67	50		
17	57,00	qm 8 cm starke kieferne Bohlen, wie vor zu 5,50 M.	313	50		
18	25,00	qm 10 cm starke kieferne Bohlen, wie vor zu 6,00 M.	150	—		
		Zusammen Tit. V. . .			1020	75
		Tit. VI. <i>Schlosser- und Schmiedearbeiten.</i>				
		54,96 + 24,5 + 12,84 = 92,3 qm Bohlenbelag und Bohlenverkleidung, je 7 Stück = 644 Stück				
		28,5 + 8,20 = 36,7 lfd. m Traufbrett u. Stirnbohle, je 4 Stück . . . . . = 147 Stück				
		Zusammen 791 Stück				
19	840	Stück (inklusive 5% Verlust) 15 cm lange schmiedeeiserne Nägel zu liefern, das Schock zu 3 M. . . . .	42	—		
		Seitenbetrag . .	42	—	1617	25

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			<i>M</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>S</i>
		Übertrag . . .	42	—	1617	25
20	32	2 · 16 oder Stück eiserne Bolzen mit Kopf und Schraubenmutter zur Befestigung der Geländerstiele an den Balken, 1 cm stark, 30 cm zwischen Kopf und Mutter, frei zur Baustelle zu liefern, zum Nachweis . . . . .	20	—		
21	—	Für vielleicht erforderliche Klammern, Bügel etc. zur Befestigung und Ver- bindung der Holmstöße und dergl., zum besonderen Nachweis . . . . .	10	—		
		Zusammen Tit. VI. . .			72	—
		Tit. VII. <i>Anstreicherarbeiten.</i>				
22	31,40	2 · 15,7 oder lfd. m Brückengeländer mit weißer Öl- farbe dreimal deckend zu streichen, die Abfasungen mit schwarzen Strichen zu versehen, einschließlic aller Mate- rialien, das lfd. m . . . zu 1,00 M.	31	40		
		Zusammen Tit. VII. . .			31	40
		Tit. VIII. <i>Insgemein.</i>				
23	—	Für Anstrich der Balken, Luftklötzchen, Traufbretter und des ganzen Bohlen- belages mit Karbolineum, zum be- sonderen Nachweis . . . . .	50	—		
24	—	Für Befestigung der Fahrbahn zwischen den Flügelwänden mit Kies oder Schlacken, zum Nachweis . . . . .	100	—		
25	—	Für Bauaufsicht, Wächter und Boten- lohn, Baubude, Rendanturgebühren, Aufräumen der Baustelle und für alle unvorhergesehenen Arbeiten 10 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> der Titel I bis VII, sowie zur Abrundung	179	35		
		Zusammen Tit. VIII. . .			329	35
		Gesamtkosten . . .			2050	—

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			<i>M</i>	<i>Pf</i>	<i>M</i>	<i>Pf</i>
<i>Zusammenstellung (Wiederholung).</i>						
	Tit.	I. Erdarbeiten . . . . .			73	50
	„	II. Maurerarbeiten . . . . .			—	—
	„	III. Mauermaterialien . . . . .			—	—
	„	IV. Zimmerarbeiten . . . . .			523	—
	„	V. Zimmermaterialien . . . . .			1020	75
	„	VI. Schmiede- u. Schlosserarbeiten			72	—
	„	VII. Anstreicherarbeiten . . . . .			31	40
	„	VIII. Insgemein . . . . .			329	35
		Gesamtkosten . . . . .			2050	—

Datum.

Unterschrift:

## § 38.

**Kostenanschlag**

eines massiven Durchlasses von 2,00 m Lichtweite in Station 7,15 der Landstrafse von Hirschpark nach Kietz.

Hierzu 1 Blatt Zeichnung. (Siehe Tafel IV nach Seite 114.)

*Erläuterung.* Die Landstrafse, welche von Station 6,75 bis Station 7,43 mittels eines durchschnittlich 2,00 m hohen Dammes ein stark mooriges Wiesental durchquert, mufs in Station 7,15 über den Wiesenbach fortgeführt werden. Zur Überbrückung ist die Herstellung eines Durchlasses von 2,00 m Lichtweite erforderlich, da bei einer Wassertiefe von 0,50 m ein freier Querschnitt von 1,00 qm vorhanden sein mufs, um während der Vegetationsperiode jederzeit genügende Vorflut zu gewähren. —

An der Überbrückungsstelle steht das Grundwasser nur 0,30 bis 0,40 m unter Gelände, während der tragfähige Baugrund sich erst 2,00 m unter Grund-



wasser findet. — Die Fundierung soll daher zwischen Spundwänden auf Beton erfolgen.

Abmessungen und Konstruktion der einzelnen Teile sind aus der Zeichnung zu ersehen.

### A. Massenberechnung.

Pos.	Gegenstand	Boden	Beton	Feldstein- mauerwerk	Ziegel- mauerwerk	Pflaster	Abdeck- platten	Spundwände
		cbm	cbm	cbm	cbm	qm	cbm	qm
	<i>Tit. I. Erdmassen.</i>							
	Da der Damm noch nicht hergestellt ist, so kommt nur der Aushub der Fundamente in Betracht.							
1	a) Durchlafs 2 (6,50 · 1,25 · 2,40) . . . . .	39,20						
	b) Flügel 4 (3,10 · 1,25 · 2,40) . . . . .	37,20						
	Zusammen . . . . .	76,40						
	<i>Tit. II. Mauermassen.</i>							
2	Beton:							
	a) Durchlafs 2 (6,50 · 1,25 · 1,00) . . . . .		16,25					
	b) Flügel 4 (3,10 · 1,25 · 1,00) . . . . .		15,50					
3	Grundmauerwerk aus Feldsteinen:							
	a) Durchlafs 2 (6,50 · 1,05 · 0,90) . . . . .			12,29				
	b) Flügel 4 $\left(0,65 \cdot \frac{1,03 \cdot 0,90 + 0,95 \cdot 0,90}{2}\right)$			2,32				
	+ 4 $\left(2,45 \cdot \frac{0,90 \cdot 0,90 + 0,77 \cdot 0,90}{2}\right)$			7,36				
4	Aufgehendes Mauerwerk aus Ziegelsteinen:							
	a) Durchlafs 2 · 6,50 $\left(1,45 \cdot \frac{0,90 + 0,77}{2} + \right.$							
	$\left. + 0,20 \cdot \frac{0,77 + 0,45}{2} + \frac{0,45 \cdot 0,50}{2}\right)$ . . . . .				18,79			
	b) Brüstungsmauer 2 $\left(2 \cdot \frac{1,77 \cdot 0,83}{2} \cdot 0,51\right)$				1,50			
	Seitenbetrag . . . . .	—	31,75	21,97	20,29	—	—	—

Pos.	Gegenstand	Boden	Beton	Feldstein- mauerwerk	Ziegel- mauerwerk	Pflaster	Abdeck- platten	Spundwände
		cbm	cbm	cbm	cbm	qm	cbm	qm
	Übertrag . .	—	31,75	21,97	20,29	—	—	—
c) Flügel:								
	Querschn. <i>ab</i> ) $\frac{0,77 + 0,51}{2} \cdot 2,35 +$							
	$+ \frac{0,51 + 0,38}{2} \cdot 0,12 . . . = 1,5574$ qm							
	Querschn. <i>cd</i> ) $\frac{0,70 + 0,51}{2} \cdot 1,70 +$							
	$+ \frac{0,51 + 0,38}{2} \cdot 0,12 . . . = 1,0819$ „							
	2,6393 qm							
	demnach mittlerer Querschnitt $\frac{2,6393}{2} =$							
	$= \text{rd. } 1,32$ qm; $(1,32 \cdot 0,65) \cdot 4 . . . . .$				3,43			
	Querschnitt <i>cd</i> wie vor. . . = 1,0819 qm							
	Querschnitt am unteren Ende							
	des Flügels $0,26 \cdot \frac{0,55 + 0,51}{2} +$							
	$+ 0,12 \cdot \frac{0,51 + 0,38}{2} . . . = 0,1912$ „							
	1,2731 qm							
	demnach mittlerer Querschnitt $\frac{1,2731}{2} =$							
	$= \text{rd. } 0,637$ ; $(0,637 \cdot 2,35) \cdot 4 . . . . .$				5,99			
5) Pflaster:								
	a) Durchlafs $6,50 \cdot 2,00 . . . . .$					13,00		
	b) Innerhalb der Flügel $\left(\frac{2,0 + 3,8}{2} \cdot 3,00\right) 2 . . . . .$					17,40		
6) Abdeckplatten:								
	Brüstungsmauer $2 (3,80 \cdot 0,45 \cdot 0,12) . . . . .$						0,41	
	Flügel $4 (1,60 + 1,10) \cdot 0,38 \cdot 0,12 . . . . .$						0,49	
	Werksteine $8 (0,40 \cdot 0,38 \cdot 0,12 +$							
	$+ \frac{0,35 \cdot 0,25}{2} \cdot 0,38 \cdot 0,12) . . . . .$						0,18	
7) Gewölbemauerwerk $6,5 \cdot 2,8 \cdot 0,38 . . . . .$					6,92			
	Zusammen . .	—	31,75	21,97	36,63	30,40	1,08	—
	Tit. III. Holzmassen.							
8) Spundwände $4 (2,50 + 0,75 + 3,40 + 1,00 +$								
$+ 3,70 + 2,50) \cdot 2,65 . . . . .$								146,81

**B. Materialienberechnung.**Tit. I. *Mauermaterialien.*

Pos.	Gegenstand	Klein-	Feld-	Ziegel	Granit-	Sand	Zement
		schlag	steine		steine		
		cbm	cbm	1000	cbm	cbm	cbm
1	31,75 cbm Beton der Fundamente						
	a) Kleinschlag 31,75 · 0,92 . . . . .	29,21					
	b) Sand 31,75 · 0,46 . . . . .					14,61	
	c) Zement 31,75 · 0,15 . . . . .						4,76
2	21,97 cbm Feldsteinmauerwerk der Fundamente						
	a) Feldsteine 21,97 · 1,25 . . . . .		27,46				
	b) Sand 21,97 · 0,33 . . . . .					7,25	
	c) Zement 21,97 · 0,11 . . . . .						2,42
3	36,63 cbm aufgehendes und Gewölbemauerwerk						
	a) Ziegel 36,63 · 0,40 . . . . .			14,65			
	b) Sand 36,63 · 0,28 . . . . .					9,42	
	c) Zement 36,63 · 0,09 . . . . .						3,03
4	30,40 qm Pflaster von 0,3 m Höhe						
	Feldsteine (30,4 · 0,3) · 1,25 . . . . .		11,40				
5	1,08 cbm Granitsteine zu Abdeckplatten und Werksteinen				1,08		
	Sand 1,08 · 0,28 . . . . .					0,30	
	Zement 1,08 · 0,09 . . . . .						0,10
	Zusammen . . . . .	29,21	38,86	14,65	1,08	31,58	10,31
	Hierzu an Bruch und Verlust 2 bis 3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> . . . . .	0,79	0,64	0,35	—	1,42	0,29
	Zusammen . . . . .	30,00	39,50	15,00	1,08	33,00	10,60
							= 85 Tonnen.

Tit. II. *Holzmaterialien.*

Das zu den Spundwänden erforderliche Holz ist bei der Veranschlagung der Zimmerarbeiten berücksichtigt.

Tit. III. *Eisenmaterialien.*

Fehlen.







## C. Kostenberechnung.

Pos.	Sätze	Gegenstand	Geldbetrag				
			im einzelnen		im ganzen		
			M	℥	M	℥	
		<i>Tit. I. Erdarbeiten.</i>					
1	76,40	cbm Boden für die Fundamente zwischen den Spundwänden auszuheben und nach Fertigstellung des Bauwerks zur Hinterfüllung des Mauerwerks zu verwenden, mit Rücksicht auf Wasserhaltung das Kubikmeter . . . . . zu 1,00 M.	76	40			
		Zusammen Tit. I. . . .			76	40	
		<i>Tit. II. Maurerarbeiten.</i>					
2	31,75	cbm Beton der Fundamente in der Mischung, wie zur Materialienberechnung angegeben, vorschriftsmäßig herzustellen . . . . . zu 6,00 M.	190	50			
3	21,97	cbm Feldsteinmauerwerk der Fundamente unter etwaiger Wasserhaltung vorschriftsmäßig herzustellen zu 6,00 M.	131	82			
4	29,71	cbm aufgehendes Ziegelmauerwerk unter Verwendung besonders ausgesuchter, hartgebrannter Klinker zu den Ansichtsflächen vorschriftsmäßig herzustellen . . . . . zu 5,50 M.	163	40			
5	30,40	qm Pflaster in einer Höhe von 30 cm aus Feldsteinen herzustellen zu 2,00 M.	60	80			
6	1,08	cbm Abdeckplatten und Werksteine zu verlegen . . . . . zu 16,00 M.	17	28			
7	6,92	cbm Gewölbemauerwerk aus Ziegeln vorschriftsmäßig herzustellen, einschliesslich Lieferung des Lehrgerüsts und aller Arbeiten zu 8,00 M.	55	36			
		Zusammen Tit. II. . . .			619	16	
		<i>Tit. III. Mauermaterialien.</i>					
8	30,00	cbm Kleinschlag zur Herstellung des Betons der Fundamente zur Baustelle zu liefern . . . . . zu 7,50 M.	225	—			
9	39,50	cbm Feldsteine zur Herstellung des Grundmauerwerks zu liefern . . . zu 4,50 M.	177	75			
		Seitenbetrag . . . . .	402	75	695	56	

Pos.	Sätze	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			M	℥	M	℥
		Übertrag . . .	402	75	695	56
10	15	Tausend Ziegel zur Herstellung des auf- gehenden Mauerwerks . . zu 30 M.	450	—		
11	1,08	cbm Granitsteine als Abdeckplatten von 12 cm Stärke, fertig bearbeitet zur Baustelle zu liefern . . zu 70,00 M.	75	60		
12	33	cbm Sand zur Herstellung des Mauer- werks zu liefern . . . zu 1,00 M.	33	—		
13	85	Tonnen Zement desgl. wie vor zu 5,00 M.	425	—		
		Zusammen Tit. III. . .			1386	35
		Tit. IV. <i>Zimmerarbeiten.</i>				
14	146,81	qm Spundwände von 10 cm Stärke zur Umschließung der Fundamente auf eine Tiefe von 2,65 m vorschriftsmäßig einzurammen, einschließlic Lieferung des Holzes und Vorhalten sämtlicher Rammgeräte . . . zu 12,00 M.	1761	72		
		Zusammen Tit. IV. . .			1761	72
		Tit. V. <i>Holzmaterialien.</i>				
		Das zu den Spundwänden erforderliche Holz ist bei der Veranschlagung der Zimmerarbeiten berücksichtigt.				
		Tit. VI. <i>Schlosser- und Schmiedearbeit, einschließlic Material.</i>				
		Fehlen.				
		Tit. VII. <i>Insgemein.</i>				
15		Für Bauaufsicht, Wächter und Boten- lohn, Baubude, Rendanturgebühren, so- wie für alle gegenwärtig nicht über- sehbaren Arbeiten und Ausgaben werden unter Abrundung der Bausumme zur späteren besonderen Berechnung vor- gesehen 10% der Tit. I bis VI . .	356	37		
		Zusammen Tit. VII. . .			356	37
		Gesamtkosten . .			4200	—



Pos.	Sätze	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			<i>M</i>	<i>Pf</i>	<i>M</i>	<i>Pf</i>
		<b>Zusammenstellung.</b>				
	Tit.	I. Erdarbeiten . . . . .			76	40
	"	II. Maurerarbeiten . . . . .			619	16
	"	III. Mauermaterialien . . . . .			1386	35
	"	IV. Zimmerarbeiten . . . . .			1761	72
	"	V. Zimmermaterialien . . . . .			—	—
	"	VI. Schlosser- und Schmiedearbeit, einschließlich Material . . . . .			—	—
	"	VII. Insgemein . . . . .			356	37
		Gesamtkosten wie vor . . . . .			4200	—

Datum:

Unterschrift:

## D. Wasserbau.

### Kapitel IX.

#### Grundbau.

#### § 39.

**Allgemeines.** Für die Fundierung, den Grundbau eines Bauwerkes ist in erster Linie die Beschaffenheit des Grund und Bodens ausschlaggebend. Dementsprechend hat der Projektaufstellung, spätestens aber dem Baue selbst, eine sorgfältige Bodenuntersuchung vorauszugehen. Besonders wichtig ist dies bei Wasserbauten — Brücken, Wehren, Schleusen u. a. m. —, deren Herstellung meist auf Stellen erfolgen muß, wo der Untergrund aus mehr oder weniger festen, durch die Einwirkung des Wassers übereinander gelagerten Schichten besteht.

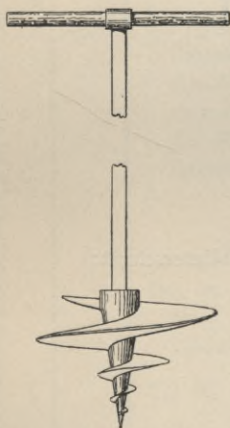


Fig. 141.

Bei Bauten untergeordneter Bedeutung wird oft ein Aufgraben der Baustelle oder die Untersuchung mittelst der *Sondierstange* genügen; obwohl letztere nur über die Stärke der auf dem festen Grunde gelagerten, lockeren, nicht tragfähigen Schichten und über die Gleichmäßigkeit der durchstochenen Schichten genaueren Aufschluß geben kann. An dem Widerstande, welcher beim Eindrücken der Sondierstange zu überwinden ist, und durch das beim Aufstossen der Stange entstehende Geräusch läßt sich erkennen, ob Sand und Kies oder Lehm und Ton durchstochen werden. Der *Erdbohrer* (Fig. 141) wird gewöhnlich bis 1,50 m lang hergestellt und gestattet bis zu dieser Tiefe eine recht genaue Bodenuntersuchung, solange kein Wasser in das Bohrloch eindringt.

Bei allen wichtigeren Bauwerken werden die Untersuchungen durch Bohrungen auf größere Tiefen auszuführen sein. Hierbei genügt es nicht allein, die Bodenarten selbst, ihre Mächtigkeit (Dicke der Schicht) und Tragfähigkeit festzustellen, sondern es muß auch die Art der Lagerung

ermittelt werden, da an und für sich tragfähige Schichten infolge der Lagerung zu Rutschungen neigen können. Letzteres ist vornehmlich dann zu befürchten, wenn eine durchlässige Schicht sich über einer geneigten, undurchlässigen befindet. Das eindringende Wasser erzeugt dann auf der Oberfläche der undurchlässigen Schicht eine Gleitfläche, auf welcher die auflagernden Massen infolge der Gewichtsvermehrung durch das Bauwerk leicht in Bewegung geraten können. In losen Bodenarten werden die Bohrungen mittelst Bohrer ausgeführt, die durch Drehen unter gleichzeitig von oben ausgeübtem Druck in den Boden eindringen und Proben der angebohrten Erdschichten beim Aufziehen zu Tage fördern. (Löffelbohrer, Zylinderbohrer, Ventilbohrer u. a. m.) Besitzt der Boden eine so geringe Standfestigkeit, daß das Einstürzen des Bohrloches zu befürchten ist, so werden Futterrohre hinuntergetrieben, welche natürlich nach Beendigung der Bohrung wieder herausgezogen werden, um wiederholt Verwendung zu finden.

Bei festeren Bodenarten und Fels kommen sog. Meißelbohrer (Kronenbohrer, Sternbohrer) zur Anwendung, die lediglich durch Stofs wirken. Hierbei muß das durch den Bohrer zertrümmerte Material (der Bohrschlamm) mittelst besonderer Vorkehrungen (u. a. Bohrlöffel) aus dem Bohrloch herausgeschafft werden.

Kommt eine Fundierung auf Rammpfählen in Frage, so empfiehlt sich zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Bodens das Schlagen einzelner Probepfähle.

Für den Bau teilt man die Bodenarten hauptsächlich in drei Klassen ein; es gelten:

gewachsener Fels, Kies, Sand, trockener Lehm und Ton in genügend starken Schichten (3 bis 4 m) als guter Baugrund;

feuchter Lehm und Ton, und Sand mit Lehm und Ton gemischt als mittlerer, und

Mutterboden (Humus), Torf, Moor und jeder aufgeschüttete Boden als schlechter Baugrund.

Bei Fundierungen auf Sand und Kies muß das Auspumpen der *Baugrube* unterbleiben, da sonst eine starke Auflockerung des Baugrundes eintreten würde. — Hiermit ist nicht zu verwechseln die *Senkung des Grundwasserstandes* durch Pumpen, die jetzt vielfach bei größeren Bauausführungen mit Erfolg zur Anwendung kommt.

Trockener Ton und Lehm ist gegen Durchweichen zu schützen, da diese Bodenarten im nassen Zustande erheblich geringere Tragfähigkeit besitzen.

Unabhängig von der Bodenart müssen die Fundamente mindestens bis 1,0 m unter den gewachsenen Boden geführt werden, um sie gegen die Einflüsse des Frostes zu schützen.

## § 40.

**Grundpfähle und Spundwände.** Alle zum Einrammen bestimmten Hölzer (Grundpfähle und Spundbohlen) müssen durchaus gerade und fehlerlos gewachsen sein, um der starken Beanspruchung, der sie durch die Schläge des Rammjärens ausgesetzt sind, widerstehen zu können.

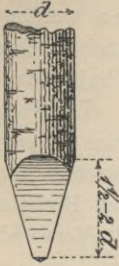


Fig. 142.

Die *Grundpfähle* werden zunächst von der Borke befreit und dann mit Spitze und Kopf versehen. Die Spitze (am Wipfelende des Pfahles) erhält die Form einer vierseitigen, abgestumpften Pyramide, deren Höhe das 1 bis  $1\frac{1}{2}$ fache des Pfahldurchmessers beträgt (Fig. 142). Bei steinigem Boden wird die Pfahlspitze mit einem eisernen Schuh armiert, um einerseits ein Aufspalten und Zersplittern des Pfahles zu verhindern und um andererseits das Eindringen des Pfahles zu erleichtern. Die Schuhe werden entweder ganz aus Schmiedeeisen, oder aus einer gufseisernen Spitze mit Backen aus Schmiedeeisen hergestellt (Fig. 143).

Der Kopf des Pfahles (Fig. 144) wird durch einen glatten, genau senkrecht zur Längsrichtung des Pfahles gerichteten Schnitt am Stammende hergestellt. Zur Vermeidung des Aufsplitters unter den Schlägen des Rammjärens wird die Kante des Kopfes gebrochen und bei Verwendung schwerer Rammn der Kopf noch durch einen schmiedeeisernen Ring geschützt. Der Ring wird schwach konisch (Neigung 1 : 20) hergestellt und durch die ersten Schläge des Rammjärens fest aufgetrieben. Ist der Ring zu weit, so gleitet er während des Rammens unter die Kopffläche; dann wird bei schwerem Rammjäre das über den Ring hinausragende Kopfende gestaucht und zertrümmert und bildet das sogenannte *Polster* oder den *Bart*, der ganz erheblich die

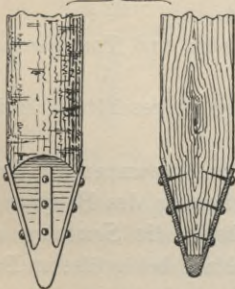


Fig. 143.

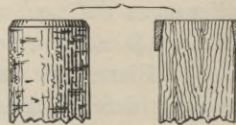


Fig. 144.

Schlagwirkung des Järens beeinträchtigt. Ist ein *Polster* entstanden, so muß ein neuer Kopf angeschnitten werden. Erfolgt das Rammn im Akkord, so sind die Arbeiter leicht geneigt, zu oft einen neuen Kopf anzuschneiden, oder zu lange Kopfenden abzuschneiden. Es empfiehlt sich, jeden Pfahl in der Nähe der beiden Enden mit eingebraunten Zeichen

zu versehen, um nach Bedarf die Pfahlänge kontrollieren zu können. Bis zu 3,0 m Länge erhalten die Grundpfähle eine mittlere Stärke von 25 cm; für jedes weitere Meter Länge soll die Stärke 1 bis 2 cm gröfser gewählt werden.

Sollte es sich beim Einrammen ergeben, dafs einzelne Pfähle nicht lang genug gewählt sind, so müssen sie durch Aufpfropfen verlängert werden. Am besten geschieht dies unter Verwendung eines eisernen Schuhs, der sowohl das Kopfende des Pfahles, wie das Fußende des Pfropfholzes umfaßt (Fig. 145). Bei der Verwendung eines Dornes (Fig. 146) ist zweckmäfsig eine Blechplatte einzu-legen, da sonst die Fasern ineinander getrieben werden.

*Spundwände* bestehen aus einzelnen 25 bis 30 cm breiten Bohlen, deren Stärke je nach der Länge verschieden gewählt wird und die durch Spundung zu einer zusammenhängenden, möglichen dicht schließenden Wand untereinander verbunden sind.

Am gebräuchlichsten ist die quadratische Spundung (Fig. 147), bei welcher Feder und Nut einen quadratischen Querschnitt von  $\frac{1}{3}$  der Bohlenstärke als Seitenlänge erhalten. Beträgt die Bohlenstärke 10 cm und darunter, so wird die Spundung besser nach Fig. 148 hergestellt, da hierbei sowohl die Feder, wie die Backen der Nut haltbarer werden. Bei ganz schwachen Spundwänden, wie sie zur Herstellung kleiner Stauschleusen und Einlaßschleusen genügen, ersetzt man vorteilhaft die Spundung durch



Fig. 145.



Fig. 146.

Fig. 147.

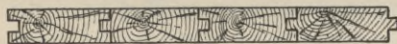


Fig. 148.



Fig. 149 a.

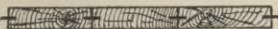


Fig. 149 b.

Flacheisen oder Bändeisen nach Fig. 149 a oder läßt die Spundung ganz fort und schlägt die Bohlen nach Fig. 149 b. Die Anwendung eiserner Federn bietet den Vorteil einer bedeutenden Ersparnis an Material und Arbeit, da einerseits sämtliche Bohlen um die Stärke der Spundung breiter nutzbar sind und andererseits der zur Aufnahme der Eisenerfeder mittelst einer stark verschränkten Säge (am besten Kreissäge) hergestellte Schlitz bedeutend weniger Zeit erfordert, als die Herstellung von Feder und Nut. Die Befestigung der eisernen Feder erfolgt mittelst Holzschrauben. Natürlich muß das Eisen hierzu entsprechend durchlocht sein.

Bis zu Längen von 3,0 bis 3,5 m genügen Bohlen von 10 cm Stärke. Für jedes weitere Meter ist, je nach der Bodenart, der Stärke 1 bis 2 cm hinzuzufügen.

Die Spundbohlen erhalten am Fußende eine symmetrische Schneide, deren Länge gleich der 2 bis 3fachen Bohlenstärke gewählt wird (Fig. 150). Um ein dichtes Anschließen der einzelnen Bohlen beim Rammen zu erreichen, wird vielfach die eine Seite des Fußes abgeschrägt (Fig. 151). Eine derartige Anordnung wird bei steinigem Boden ihren Zweck verfehlen und durch Steine, welche sich in die Lücken zwischen den Bohlen einklemmen, gerade ein Auseinandertreiben der einzelnen Bohlen hervorrufen. Dieser Übelstand ist zu vermeiden, wenn man der Schneide selbst eine geringe Neigung gibt (Fig. 152).

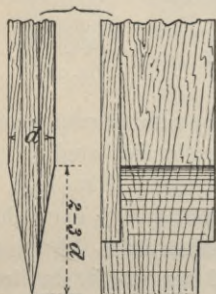


Fig. 150.



Fig. 151.

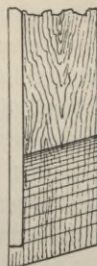


Fig. 152.



Fig. 153.

An den Stellen, wo sich die Richtung der Spundwand ändert, sind besondere Bundpfähle einzuschalten (Fig. 153), deren Stärke annähernd doppelt so groß wie die der Spundbohlen zu wählen ist.

#### § 41.

**Das Eintreiben der Grundpfähle und Spundwände erfolgt mittelst Rammen.** Abgesehen von der für kleinere Arbeiten ausreichenden Handramme unterscheidet man Zugrammen, Kunstrammen und Dampfammen. Jede dieser Rammen besteht aus dem Rammgerüst und der Rammstube (Schwellwerk), deren Grundriß entweder viereckig oder dreieckig sein kann.

Die einzelnen Teile des Rammgerüsts (Fig. 154), die zur Führung des Rammbären *a* dienenden Läuferhütten *b* und die Streben *c* sind in die Schwellen *d* der Rammstube eingezapft und durch eiserne Bügel und Klammern mit diesen kräftig, aber jederzeit leicht löslich, verbunden.

Bei der Zug- und Kunstramme hängt der aus Eichenholz oder Eisen gefertigte Rammbär an dem Rammtau, welches über die Rammscheibe *e* geführt wird. Über der Rammscheibe befindet sich der mit 2 Rollen

versehene Triezkopf *f*, welcher dazu dient, die einzurammenden Pfähle aufzurichten und aufzustellen.

Bei der Zugramme ist in etwa 5,0 m Höhe über der Rammstube mittelst einer Schlinge und eines Knebels an dem Rammtau das Kranztau *g* mit den Zugleinen *h* angebracht, an deren Enden die Knebel für die Arbeiter befestigt sind.

Die erforderliche Anzahl der Arbeiter hängt von der Schwere des Bären ab; man rechnet gewöhnlich 3 Arbeiter auf je 50 kg des 300 bis 600 kg betragenden Bärgewichtes.

Die Hubhöhe, welche die Arbeiter zu leisten vermögen, beträgt 1,20 bis 1,50 m. Es werden gewöhnlich 25 bis 30 Schläge hintereinander gegeben

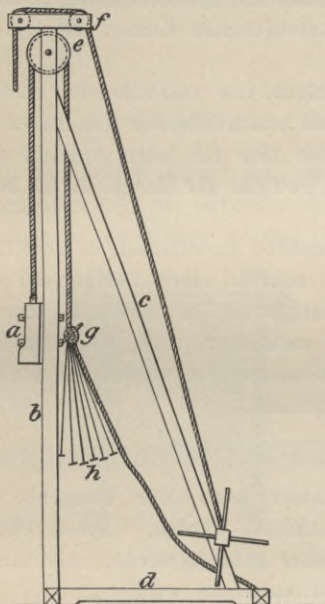


Fig. 154.

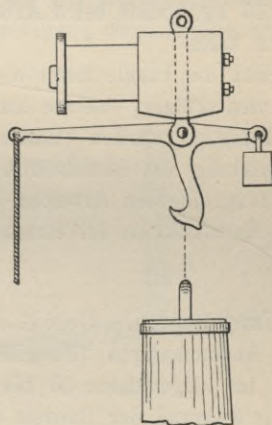


Fig. 155.

(eine sog. Hitze). Werden die Knebel so tief herabgezogen, dass sie auf die Rammstube aufschlagen (Trommelhitze), so lässt sich eine Hubhöhe von 1,75 m erzielen.

Die Kunstramme zeigt im wesentlichen dieselben Anordnungen, wie die Zugramme, nur wird der Bär mittelst einer Winde bis zu einer beliebigen Höhe gehoben und dann ausgelöst. Die einzelnen Schläge werden durch die grössere Fallhöhe erheblich wirksamer, sodass man die Kunstramme vorteilhaft dann zur Anwendung bringen wird, wenn die Pfähle die oberen Bodenschichten durchdrungen haben und unter den Schlägen der Zugramme nur noch schwer tiefer eindringen (ziehen) wollen. Die Auslösungsvorrichtung des Bären (Fig. 155) befindet sich an einem zwischen den Läufer- ruten geführten Fallblock. Wird der längere Hebelarm durch eine

Zugleine oder einen in die Läuferrote vorgestreckten Bolzen herabgedrückt, so wird der Bär ausgelöst und fällt herab. Der Fallblock mit dem Haken sinkt dann durch seine eigene Schwere ebenfalls herab (wenn die Winde ausgelöst ist) und hakt beim Aufstoßen auf den Rammbaren selbsttätig wieder ein.

Von den Dampfrahmen sind vornehmlich die Sisson- und Whitesche und die Nasmythesche im Gebrauch. Bei der ersteren wird der Bär durch eine Kette ohne Ende gehoben und ähnlich wie bei der Kunstramme in bestimmter Höhe ausgelöst. Bei der letzteren ruht der Dampfzylinder auf dem Pfahl und der auf- und abwärtsgehende Kolben erzeugt die einzelnen Schläge.

Als Handramme kann jeder Holzklötz von ausreichender Schwere Verwendung finden; derselbe muß nur mit entsprechenden Handhaben für die Arbeiter versehen sein. Man rechnet hier für jeden Arbeiter etwa 12 bis 15 kg, sodafs bei 4 Arbeitern das Gewicht der Ramme 50 bis 60 kg betragen kann.

Sind die Pfähle tiefer als die Rammstube zu rammen, so verwendet man Aufsatzhölzer, welche zweckmäfsig mittelst eines Dornes auf dem Pfahl befestigt werden (Rammknecht, Jungfer). Da hierdurch aber die Schlagwirkung des Rammbaren erheblich vermindert wird, so nimmt man bei umfangreicheren Arbeiten dieser Art besser von vornherein auf eine andere Konstruktion der Ramme selbst Bedacht.

## § 42.

**Fangdämme.** Gegen offenes Wasser kann eine Baugrube nur durch Abdämmungen (Fangdämme) geschützt werden. Diese Dämme müssen im allgemeinen 30 bis 50 cm höher geführt werden, als voraussichtlich während der Bauzeit das Wasser ansteigen wird.

Die Konstruktion der Fangdämme hängt von der Beschaffenheit des Untergrundes, von der Wassertiefe und von dem zur Verfügung stehenden Material ab.

Bei geringer Wassertiefe und besonders in stillem Wasser genügt oft schon ein sog. einseitiger oder einfacher Fangdamm (Fig. 156). Die 1,25 bis 1,50 m voneinander entfernt gerammten Stützpfähle werden durch einen Holm verbunden, gegen den sich die entweder senkrecht oder geneigt gestellten Stülpwände oder auch leichte Spundbohlen stützen. Bei gröfserer Wassertiefe und strömendem Wasser gelangen sog. Kastenfangdämme (Fig. 157) zur Anwendung. Bis zu einer Höhe von 2,5 m macht man diese Fangdämme ebenso breit wie hoch. Steigt die Höhe darüber hinaus, so ist es üblich, die Breite  $b = \frac{h}{2} + 1,25$  m zu nehmen, wenn  $h$  die Höhe in Metern angibt. Die Kastenfangdämme bestehen aus 2 Reihen in der



Längsrichtung 1,25 bis 1,50 m voneinander entfernt eingerammter Pfähle, welche verholmt und durch Querzangen miteinander verbunden sind.

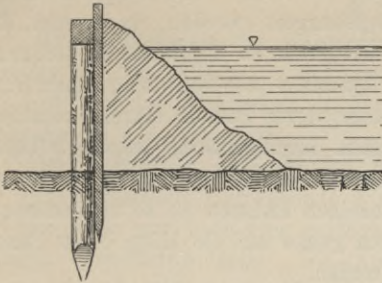


Fig. 156.

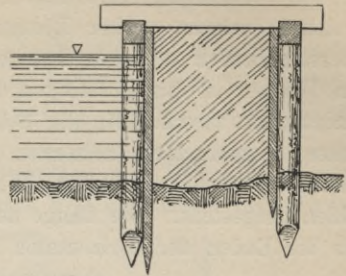


Fig. 157.

Statt der Holme ordnet man mit Vorteil an der Außenseite der Pfähle Längshölzer an, die entweder durch Doppelzangen oder eiserne Zuganker miteinander verbunden werden (Fig. 158).

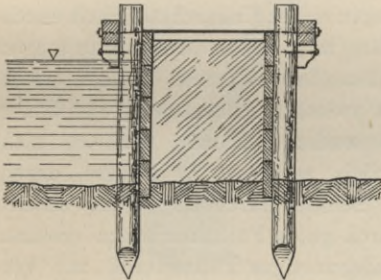


Fig. 158.

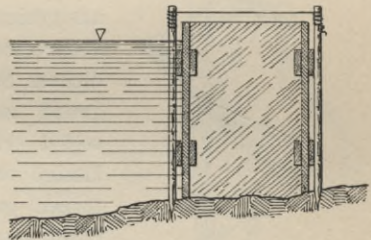


Fig. 159.

Besteht der Untergrund aus festem Gestein, so verwendet man an Stelle der Pfähle Eisenstangen von 5 bis 6 cm Durchmesser, die mit gestählten Spitzen versehen sind und in ausreichender Weise mit Draht an Stelle der Zangen und Anker untereinander verbunden werden (Fig. 159).

Die beiderseitigen Holz- wände der Kastenfangdämme werden entweder durch schwächere Spundwände (Fig. 157) oder aus horizontal auf der hohen

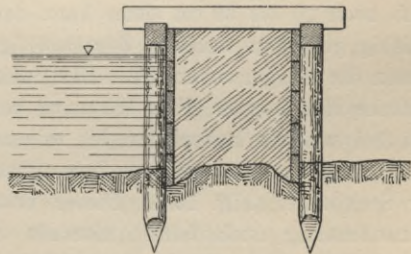


Fig. 160.

Kante hinter den Pfählen hinabgeschobenen Brettern (Fig. 160) hergestellt. Bei letzterer Konstruktionsweise ist es vorteilhaft, die Bretter vorher durch

aufgenagelte Leisten zu Tafeln zu verbinden. Die Anwendung von Spundwänden bietet den Vorteil eines dichten Anschlusses an den Boden. Um bei der Verwendung horizontaler Bretter ebenfalls einen Bodenschluß zu erreichen, müssen vorher Rinnen ausgebaggert werden, in welche die untersten Bohlen zu liegen kommen. Bei größerer Tiefe und in strömendem Wasser ist das Einbringen der Holztafeln sehr schwierig; man verwendet dann zweckmäßig sog. Stülpwände, deren Bretter einzeln zwischen vorher eingebrachten hölzernen Rahmen herabgelassen werden. Diese Rahmen werden in einfachster Weise aus 4 horizontalen und 2 vertikalen Bohlen hergestellt. Die Länge der einzelnen Rahmen ist so zu bemessen, daß die Enden der horizontalen Bohlen genau auf die Mitte eines Fangdampfahles treffen.



Fig. 161.

Zum Ausfüllen der Fangdämme verwendet man am besten feuchten, sandigen Lehm, Gartenerde (Mutterboden) oder lehmigen Sand. Der Boden soll, wenn möglich, lagenweise eingebracht und festgestampft werden. Fetter Ton, welcher an und für sich wegen seiner Undurchlässigkeit durchaus geeignet wäre, läßt sich meistens zu schwer verarbeiten. Besondere Sorgfalt ist auf guten, dichten Schluß zwischen Füllmaterial und Untergrund zu verwenden. Hierzu wird es nicht selten erforderlich, zunächst die lockere, durchlässige oberste Schicht durch Baggerung zu entfernen und durch gutes Füllmaterial zu ersetzen. Steht nur minderwertiges Füllmaterial zur Verfügung, so ist auf guten Schluß der Holzwände größerer Wert zu legen.

### § 43.

**Das Ausbaggern der Baugrube.** Bis zum Grundwasserspiegel und auch noch 20 bis 30 cm tiefer kann der Boden mittelst Spatens gelöst und beliebig gefördert werden. Zur Beseitigung der tiefer liegenden Schichten dienen die Baggerwerkzeuge. Der Sackbagger (Fig. 161 u. 286) und der einfache Handbagger (Fig. 162) sind bei Arbeiten von geringem Umfange und bei weichen Bodenarten bis zu einer Tiefe von 2,0 m unter Wasser mit Vorteil zu verwenden. Zum Ausbaggern enger Senkbrunnen dient der Sackbohrer (Fig. 163). Dieser besteht aus einer zugeschärften oder schraubenartig auslaufenden eisernen Spitze an hölzerner Stange. Die eiserne Spitze ist mit einem geschärften Eisenring versehen, an welchem der Baggersack befestigt ist. Durch Drehen des Bohrers füllt sich der Sack. Bei allen größeren Baugruben, wo es sich um die Bewältigung größerer Erdmassen handelt, müssen Eimerbagger mit senkrechter oder

geneigter Baggerleiter für Hand- oder für Dampfbetrieb zur Anwendung kommen.

§ 44.

**Trockenlegung der Baugrube.** Die Menge des auszuschöpfenden Wassers ist nicht allein von der Gröfse der Baugrube, sondern vornehmlich auch von der Dichtigkeit des Bodens und der umschliessenden Wände abhängig.

Bei sorgfältig ausgeführten Spundwänden und Fangdämmen und bei undurchlässigem Untergrunde wird nach dem einmaligen Leerpumpen der Baugrube nur noch eine geringe Wasserhaltung erforderlich sein. Die Anlage der Schöpfstelle (des Pumpensumpfes), welche natürlich an der tiefsten Stelle liegen muß, geschieht zweckmäfsig aufserhalb der eigentlichen Baustelle, indem man an der für die Aufstellung

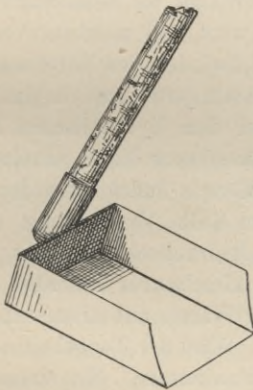
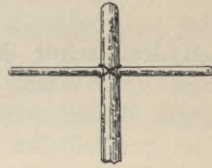


Fig. 162.



Fig. 163.

der Pumpen geeigneten Stelle durch Erweiterung oder Ausbuchtung der Baugrube einen besonderen Pumpensumpf herstellt.

Das Leerpumpen der Baugrube ist stets mit grosser Vorsicht vorzunehmen, da infolge des zunehmenden Wasserdruckes leicht Quellenbildungen oder Auflockerungen des Untergrundes eintreten können. Besonders bei durchlässigem Boden ist ein plötzlicher Wassereinbruch zu befürchten, der meist die vollständige Zerstörung der Baugrube zur Folge hat. Sobald sich gröfsere Quellen bemerkbar machen, stellt man das Pumpen ein, läfst die Baugrube volllaufen und versucht dann die quelligen Stellen abzudichten. Bei Ton und Lehm oder anderen an sich undurchlässigen Bodenarten gelingt es oft durch eingerammte Pfähle oder durch

aufgeschüttete Sandsäcke und Lehmschlag die Dichtung zu erreichen. Bei Kies und Sand sind derartige Versuche in der Regel vergeblich. Es bleibt dann nichts übrig, als zur Betonfundierung zu schreiten.

Das Auspumpen geschieht bei kleineren Baugruben von 0,8 bis 1,0 m Tiefe mittelst gewöhnlicher Eimer oder mittelst der Wurfschaufel. Bei größeren Ausführungen wendet man Wasserschnecken, Paternosterwerke und Baupumpen an, während bei umfangreicheren Arbeiten wohl ausschließlich mit Dampf betriebene Kreisel- und Zentrifugalpumpen Verwendung finden (siehe Kulturtechnik).

### § 45.

**Hydraulischer Mörtel, Zement, Beton.** Bei allen Bauausführungen unter Wasser und in allen Fällen, wo es sich um die Herstellung von gegen Wasser undurchlässigem Mauerwerk handelt, verwendet man, statt des gewöhnlichen, hydraulischen Mörtel. Während der aus einem Gemenge von Kalk (Kalkhydrat), Sand und Wasser bestehende Luftmörtel dadurch erhärtet, daß der Kalk aus der Luft die Kohlensäure aufnimmt und allmählich zu kohlensaurem Kalk wird, bei welchem Vorgange der beigemengte Sand nur dazu dient, ein Schwinden der Mörtelmasse zu verhindern und die mit Kohlensäure geschwängerte Luft in das Innere des Mörtels eindringen zu lassen, findet bei dem hydraulischen Mörtel eine chemische Verbindung der einzelnen Mörtelbestandteile miteinander statt.

Zur Bereitung des hydraulischen Mörtels finden entweder die natürlichen oder die künstlichen hydraulischen Kalke Verwendung. Die Fähigkeit, unter Wasser zu erhärten, also „hydraulisch“ zu sein, beruht bei diesen Kalken auf ihrem Gehalt an Ton (kieselsaurer Tonerde). Sobald ein Kalk 24<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Ton enthält, vermag er unter Wasser mit einem entsprechenden Sandzusatz abzubinden und zu erhärten. Wird der Tongehalt noch größer, so erstarrt der Kalk auch ohne jeden Sandzusatz. Mit einem Tongehalt von 60<sup>0</sup>/<sub>0</sub> hören die Kalke auf, hydraulische im eigentlichen Sinne zu sein, und nehmen den Charakter eines Zuschlagmaterials (Zement) an, d. h. sie verleihen, gewöhnlichem Kalke zugemengt, diesem hydraulische Eigenschaften.

Auch in der Natur finden sich derartige Mineralien vor, welche, gelöschtem Kalk zugesetzt, hydraulischen Mörtel erzeugen. Zu ihnen gehört in erster Linie der Trafs, der pulverisierte Tuffstein der Eifel.

Er gibt in dem Raumverhältnis von

1 Teil Kalk und 2 Teilen Trafs

den reinen Trafsmörtel. Bei minder wichtigen Bauten wird der sogen. verlängerte Trafsmörtel verwendet; derselbe besteht aus folgenden Raumteilen:

1 Teil Kalk, 1 Teil Trafs, 1 Teil Sand oder

2 Teilen Kalk, 1 Teil Trafs, 3 Teilen Sand.

Die künstlichen Zemente bestehen aus etwa 30 bis 32% Tonerdesilikat und 60% Kalk; sie werden entweder auf dem nassen oder auf dem trockenen Wege hergestellt.

Sämtliche Zemente vertragen einen mehr oder minder großen Sandzusatz. Im allgemeinen wächst die zum Erhärten notwendige Zeit und vermindern sich Festigkeit, Bindekraft und Wasserundurchlässigkeit mit wachsendem Sandzusatz. Hierbei ist jedoch die für das Abbinden des Mörtels verfügbare Zeit von wesentlicher Bedeutung, da selbst Mischungen von 1 Teil Zement mit 8 bis 10 Teilen Sand allmählich, freilich oft erst nach Monaten, genügend fest und widerstandsfähig werden.

Der als Zusatz zu verwendende Sand muß durchaus rein, frei von fremden Bestandteilen und möglichst scharfkantig sein. Am besten ist reiner Quarzsand.

Von dem gewöhnlichen Mischungsverhältnis für reinen Zementmörtel gilt in Raumteilen:

1 Teil Zement und 3 Teile Sand geben 3 Teile Mörtel;  
verlängerter Zementmörtel besteht aus folgenden Raumteilen:

1 Teil Zement, 6 Teilen Sand und 3 Teilen Kalk.

Bei der Materialienberechnung ist stets darauf zu achten, daß die Mörtelmasse nur etwa 75% der Gesamtmasse der einzelnen Materialien ausmacht.

Die Mischung des Mörtels findet, je nach dem Umfange des Baues, mit der Hand oder in durch Maschinenkraft getriebenen Trommeln statt.

*Beton* ist ein Gemisch aus hydraulischem Mörtel und Steinschlag. Die Wahl des Steinmaterials wird meistens durch die örtlichen Verhältnisse beeinflusst werden. Am besten sind die Brocken hartgebrannter Ziegelsteine, Granit und Grauwacke. Die Steinbrocken sollen rau und scharfkantig sein und keinen größeren Durchmesser als 4 bis 5 cm besitzen. Vor der Verwendung muß der Steinschlag stets durch Waschung von dem anhaftenden Staube gesäubert werden. Die zur Mischung verwendete Menge des hydraulischen Mörtels soll so groß sein, daß alle Brocken von dem Mörtel vollständig umhüllt sind. Dies wird erreicht, wenn 2 Raumteilen Steinschlag 1 Teil Mörtel beigemischt wird. Es ergeben 6 Raumteile Mörtel und 12 Raumteile Steinschlag 13 Raumteile Beton, sodaß besteht:

1 cbm Beton aus 0,92 cbm Steinschlag und 0,46 cbm Mörtel.

Kleinere Betonmassen werden mit der Hand zubereitet, indem auf einem gedichteten und gehörig befeuchteten Dielenboden höchstens 0,5 cbm Steinschlag auf einmal mit der erforderlichen Mörtelmenge 3 bis 4 mal mittelst Spaten und Rechen durchgearbeitet werden.

Bei größeren Bauausführungen wird der Beton in Fallwerken oder in um die Längsachse rotierenden Trommeln gemischt.

### § 46.

**Die verschiedenen Fundierungsarten.** Die Wahl der Fundierungsart hängt von der Beschaffenheit des Untergrundes ab. Hauptsächlich ausschlaggebend ist neben der Tiefe, in welcher eine tragfähige Bodenschicht ansteht, die Höhe des Grundwassers, sowohl zur Zeit der Bauausführung, wie späterhin. Für alle Fundamente, welche nicht dauernd von Wasser bedeckt sind, ist die Verwendung von Holz ausgeschlossen. Sämtliche Holzteile sollen noch mindestens 0,30 m unter dem niedrigsten Wasserspiegel liegen. — Zur Gründung von Bauwerken wendet man folgende Methoden an:

**1. Die direkte Aufmauerung.** Ist der Boden von ausreichender Tragfähigkeit, d. h. hat man sich davon überzeugt, daß die Last des zu errichtenden Bauwerkes von dem Boden sicher getragen werden kann, so sind weitere Fundierungen überhaupt nicht notwendig; nur wird man die Fundamente, um sie gegen das Auffrieren zu schützen, 1,0 bis 1,5 m tief unter Grund führen. Fundamentmauern werden, auch wenn sie dem Wasser nicht ausgesetzt sind, zweckmäÙsig in hydraulischem Mörtel hergestellt, da Luftmörtel an solchen Stellen nur sehr langsam oder überhaupt ungenügend erhärtet. Gegen Grundwasser wird die Baugrube durch Spundwände oder Fangdämme abgeschlossen. Felsen wird meistens treppenartig in horizontalen Stufen abgearbeitet; einzelne Spalten und Klüfte sind sorgfältig mit Beton auszufüllen.

**2. Komprimierung des Bodens.** Das einfachste Mittel, um zu weichen Boden tragfähig zu machen, besteht im Aufbringen einer Steinpackung. Es werden nicht zu große Steine dicht aneinander aufgebracht und mit der Handramme eingetrieben. Genügt dies noch nicht, so wird eine zweite, auch dritte Lage aufgebracht, bis die genügende Festigkeit erreicht ist. Ein weiteres, mit gutem Erfolge angewendetes Mittel besteht darin, daß man in den Boden Pfähle einrammt, dieselben wieder herauszieht und in das Pfahlloch Kies oder Sand einschlämmt.

**3. Verbreiterung der Fundamente.** Durch entsprechende Verbreiterung der Fundamente kann die gedrückte Fläche derartig vergrößert werden, daß der Druck auf die Flächeneinheit soweit herabgemindert wird, daß für die vorliegende Bodenart die zulässige Belastung nicht überschritten ist. Bei Bodenarten, welche seitlich ausweichen, wie weicher Lehm und Ton, ist diese Art der Fundierung nicht anwendbar.

Die Verbreiterung der Fundamente kann auf folgende Weise erfolgen:

a) Verbreiterung durch den *liegenden Rost* (Schwellrost). Hierzu ist es erforderlich, daß das Schwellwerk dauernd unter Wasser liegt. Auf 1 m von Mitte zu Mitte entfernten Querschwellen *a* (Fig. 164), welche als Zangen dienen, werden die Haupt- oder Längsschwellen *b* (0,20 bis

0,30 m stark) in Abständen von 1,0 bis 1,5 m aufgekämmt. Über die Längsschwellen werden 5 bis 8 cm starke Bohlen genagelt, auf welchen das Mauerwerk aufgeführt wird. Der Raum von Unterkante Querschwelle bis Oberkante Längsschwelle wird mit Schutt, Lehmschlag oder Beton

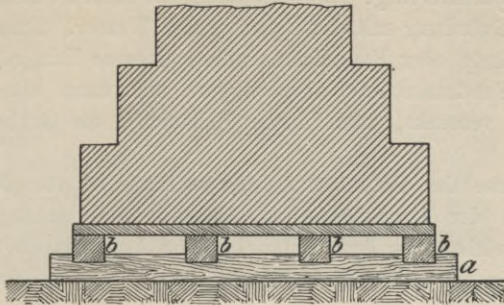


Fig. 164.

ausgefüllt. Stöße der Längsschwellen werden über den Querschwellen angeordnet. An den Ecken werden zweckmäfsig die Zangen des einen Teils zu Längsschwellen des anderen (Fig. 165). Ist infolge stärkeren Zudrangs von Grundwasser die Baugrube durch eine Spundwand ab-

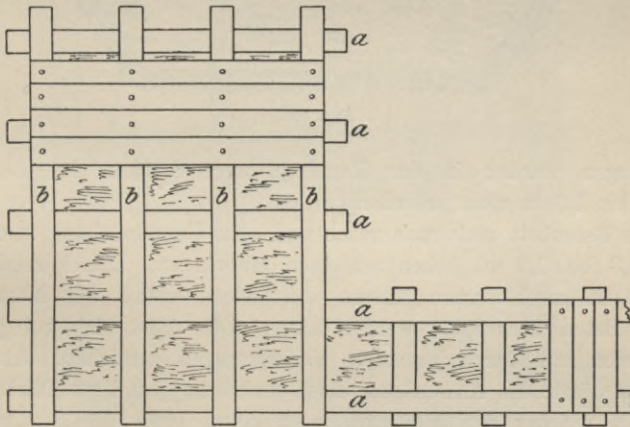


Fig. 165.

geschlossen worden, so darf diese mit keinem Teile des Schwellrostes in Verbindung stehen.

b) Verbreiterung des Fundamentes durch *Sandschüttung*. Gegen den Schwellrost hat diese Methode den Vorzug, daß die Fundamente nicht bis unter den niedrigsten Wasserstand geführt zu werden brauchen.

Der möglichst scharfkantige Sand wird (Fig. 166) 1,0 bis 2,0 m stark in einzelnen 0,30 m hohen Schichten eingebracht, festgestampft und abgewalzt oder besser eingeschlämmt. Die Sandschüttung darf dann nicht angewendet werden, wenn auftreibendes Wasser eintreten kann.

**4. Betonfundierung.** Kann die Baugrube nicht trockengelegt werden, so erfolgt die Gründung mittelst Betons unter Wasser. Zunächst wird die durch Spundwände oder Fangdämme abgeschlossene Baugrube bis auf die erforderliche Fundamenttiefe ausgebaggert und dann eine Betonschicht unter Wasser versenkt, nach deren Erhärtung die Grube leerpumpt werden kann.

Die Stärke des Betonbettes, welche natürlich von der Größe der Baugrube und der Druckhöhe des Außenwassers abhängig ist, muß unbedingt ausreichen, um dem Auftriebe beim Leerpumpen Widerstand zu leisten. Für die bei landwirtschaftlichen Wasserbauwerken vorkommenden

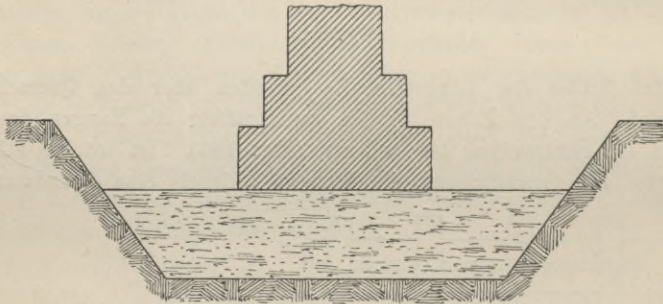


Fig. 166.

Fundierungen werden in der Regel größere Stärken des Betonbettes als 0,75 bis 1,0 m nicht erforderlich sein.

Das Betonbett muß man rasch und ohne Unterbrechung in einzelnen gleich (0,3 bis 1,0 m) hohen Schichten einbringen. Das Versenken soll möglichst in geschlossenen Massen stattfinden, sodaß der Mörtel nicht aus dem Beton ausgespült werden kann. Dies läßt sich bei größeren Wassertiefen nur durch besondere Vorkehrungen erreichen. Am zweckmäßigsten dürfte die Anwendung eines senkrecht gestellten Trichters sein (Fig. 167), welcher den hineingekarrten Beton ohne jede Berührung mit dem Wasser bis auf die Sohle hinabgleiten läßt. Beim Beginne der Arbeit muß der Trichter in einer Ecke der Baugrube zunächst bis zur Wasserspiegelhöhe vorsichtig mittelst Eimer oder kleiner Senkgefäße mit Beton angefüllt werden. Im weiteren Verlaufe der Arbeit ist zu sorgen, daß die Betonoberfläche im Trichter nie unter den Wasserspiegel sinkt.

Bei größeren Wassertiefen wird das Betonbett mittelst Senkkasten, die mit Bodenklappen versehen sind, hergestellt (Fig. 168, S. 134). Die



Klappen werden durch einen Haken geschlossen, der durch eine Zugleine ausgelöst wird, sowie der Kasten den Boden erreicht hat.

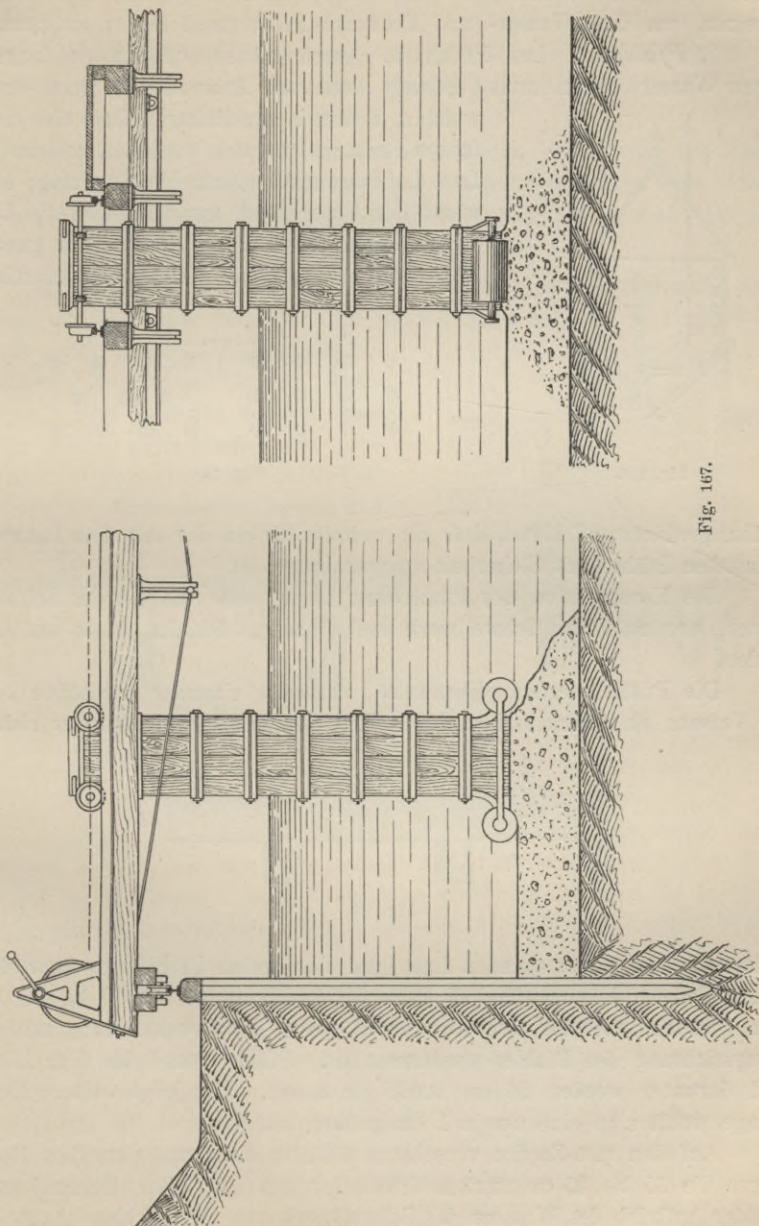


Fig. 167.

Das Auspumpen der Baugrube darf erst nach vollständiger Erhärtung des Betons (nach 8 bis 14 Tagen) vorgenommen werden. Besitzt die Baugrube eine gröfsere Tiefe, so sind die Spundwände gegeneinander abzuspreizen, um dem Wasser- und Erddruck Widerstand leisten zu können.

**5. Pfahlrost.** Der Pfahlrost, dessen gesamtes Holzwerk dauernd unter Wasser liegen muß, gelangt dann zur Anwendung, wenn unter weichem Boden in erreichbarer Tiefe eine tragfähige Bodenschicht sich vorfindet, welche die Last des Bauwerkes aufzunehmen vermag; oder wenn der Untergrund zwar an sich die Last nicht tragen kann, aber den in ihrer ganzen Länge in ihm stehenden Pfählen einen derartigen

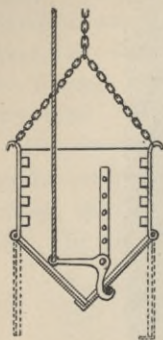


Fig. 168.

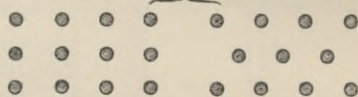


Fig. 169.

Reibungswiderstand bietet, das ein weiteres Sinken der mit dem Bauwerk belasteten Pfähle mit Sicherheit ausgeschlossen ist.

Die Konstruktion des Pfahlrostes ist dieselbe wie die des Schwellrostes, nur ruht das Schwellwerk auf einzelnen Pfählen, statt auf dem Boden.

Die Pfähle werden reihenweise, entweder einander gegenüber oder im Versatz eingerammt (Fig. 169). Ihre Entfernung voneinander richtet

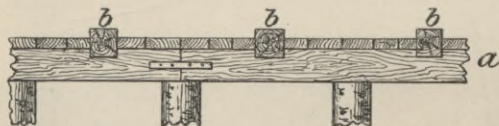


Fig. 170.

sich nach der zu tragenden Last und der freien Pfahllänge über dem festen Boden. Für gewöhnlich kann der Pfahl mit 40 bis 50 kg für das qcm Querschnittsfläche belastet werden, wenn die Druckrichtung mit der Längsrichtung des Pfahles zusammenfällt. Pfähle von 5 bis 6 m Länge und darunter werden 26 cm stark genommen. Für jedes weitere Meter Länge wählt man eine um je 1 cm gröfsere Stärke.

Auf den mit Zapfen versehenen Pfählen einer und derselben Reihe liegen die 25 bis 35 cm starken Grundswellen (Fig. 170). Bei Schleusen, wo der Auftrieb des Wassers das Schwellwerk von den Pfählen abzuheben

bestrebt ist, wird die Verbindung zwischen Grundschwelle und Pfahl mittelst des Grundzapfens hergestellt (Fig. 171).

Senkrecht zu den Grundswellen *a* liegen in Abständen von 1 bis 2 Pfahlreihen voneinander die Zangen *b*, entweder bündig mit der Oberfläche des Bohlenbelages, oder besser über dieselbe hinausragend. Zwischen den Zangen wird der 7 bis 10 cm starke Bohlenbelag auf die Grundswellen aufgenagelt.

Sehr zweckmässig ist in vielen Fällen eine Verbindung von Pfahlrost und Betonfundierung, bei der das Schwellwerk durch eine Betonschüttung ersetzt wird, in welche die Pfähle etwa 0,50 m tief eingreifen (Fig. 172).

**6. Gründung auf Senkbrunnen.** Bei der Brunnenfundierung wird, ebenso wie bei dem Pfahlrost, die Bauwerkslast auf eine in erreichbarer Tiefe unter lockeren Bodenarten befindliche, tragfähige Schicht übertragen. Dies geschieht dadurch, daß innen hohle, zylindrische oder prismatische Körper (Brunnen) durch Entfernung der Erdmassen im Innern und

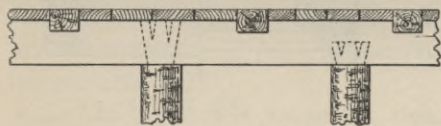


Fig. 171.

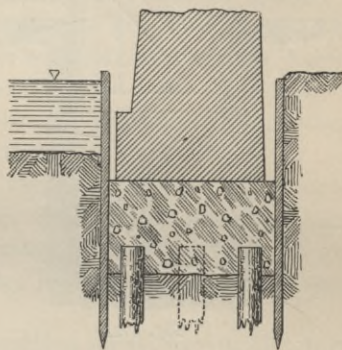


Fig. 172.

durch entsprechende Beschwerung so tief versenkt werden, bis die tragfähige Schicht erreicht ist.

Solange die Trockenhaltung des inneren Brunnenraumes durch Pumpen u. s. w. möglich ist, geschieht die Erdförderung am besten durch Spaten im Trockenem. Wächst der Wasserzudrang, so wird bei kleineren Brunnen fast ausnahmslos der Boden durch Sackbagger unter Wasser gefördert.

Der Mantel eines Senkbrunnens kann aus Holz, Stein oder Eisen bestehen.

Die hölzernen Senkbrunnen oder Senkpfleiler (Fig. 173) werden bis zu einer Breite von 2 m aus 3 bis 4 cm starken, vertikalen Bohlen und gewöhnlich mit rechteckigem Querschnitt hergestellt. Auf den Innenseiten sind die Bohlen durch horizontale Leisten und Streben verbunden, denen man vorläufig und nach Bedarf noch Spreizen hinzufügt. Hat der Brunnen die tragfähige Schicht erreicht, so wird die Sohle durch eine Betonschicht

wasserdicht abgeschlossen, das Wasser ausgepumpt und das Mauerwerk im Trockenem aufgemauert.

Bei den Senkbrunnen aus Stein ist der Brunnenmantel späterhin ein Teil des tragenden Mauerwerkes und muß daher aus gutem Material in hydraulischem Mörtel hergestellt werden. Die Basis eines Steinbrunnens bildet der sogenannte Brunnenkranz, der für geringere Dimensionen aus mehreren Bohlenlagen oder aus Bohlenlagen in Verbindung mit stärkeren Hölzern hergestellt wird (Fig. 174 *a* u. *b*). ZweckmäÙsig erhalten die hölzernen Kränze eiserne Schneiden aus Winkeleisen oder hochkant herum-

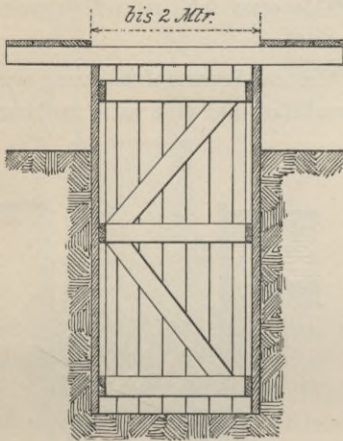


Fig. 173.

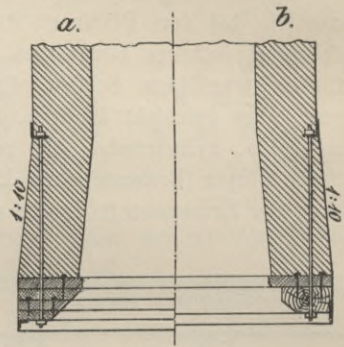


Fig. 174.

gelegtem Flacheisen. Der untere Teil des Mantels wird gewöhnlich etwa auf 2 bis 3 m Höhe in einer Neigung von 1:10 verjüngt, damit der Brunnen leichter einsinken kann.

Die Verbindung der einzelnen Brunnen untereinander wird durch Überwölben, Überkragen, Platten oder eiserne Träger hergestellt.

Außer den hier behandelten Fundierungsmethoden kommt bei großen Bauausführungen, wenn sich der feste Baugrund erst in bedeutenderer Tiefe vorfindet und Auswaschungen der Fundamente durch fließendes Wasser zu befürchten sind, die pneumatische Fundierung in Frage.

## Kapitel X.

### Ausbau der Wasserläufe.

#### § 47.

**Allgemeines.** Bei den im Landeskulturinteresse auszuführenden Regulierungen der Wasserläufe, einschliesslich des Uferbaues, handelt es sich darum, einerseits die in den Gräben, Bächen etc. zum Abfluß kommenden Wassermengen unschädlich abzuführen, also sowohl den eigentlichen Wasserlauf wie auch das anschließende Gelände gegen jede Zerstörung zu schützen, andererseits den Stand des Wassers während der Vegetationsperiode auf der für die Vegetation passenden Höhe zu halten.

Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, ist in erster Linie, mag es sich um die Anlage neuer Gräben oder um den Ausbau vorhandener Wasserläufe handeln, die genaue Kenntnis der zu den verschiedenen Zeiten von den einzelnen Gräben, Bächen etc. geführten Wassermengen erforderlich.

Am besten und sichersten sind dieselben durch direkte Messungen zu bestimmen. Da sich jedoch, besonders bei den hier hauptsächlich in Betracht kommenden kleineren Wasserzügen, nicht immer hierzu die Gelegenheit bietet und vornehmlich nur ausnahmsweise die gefahrvollen höheren und höchsten Flutwellen wegen ihrer Seltenheit und auch ihres schnellen Verlaufes direkt zu messen sind, so können die in den verschiedenen Jahreszeiten abfließenden, d. h. die für die Regulierungen maßgebenden Wassermassen (Niedrig-, Mittel- und Hochwasser) in den meisten Fällen nur durch Rechnung gefunden werden.

Liegen Wasserstandsbeobachtungen oder auch nur einzelne Wasserstandsmarken vor, so lassen sich aus dem Längsgefälle mittelst der Ganguillet-Kutter'schen oder einer anderen Formel die Wassermassen bestimmen (vergl. Teil I, Hydrodynamik C., S. 408 ff.); fehlen aber auch derartige Unterlagen, so ist man darauf angewiesen, aus der Größe des Niederschlagsgebietes die abzuführende Wassermenge zu ermitteln.

Dafs die von 1 qkm abfließende Wassermenge je nach der Größe des Niederschlagsgebietes und der Gestaltung desselben eine verschiedene ist, wurde bereits sowohl in der Hydrodynamik (Teil I, S. 430) wie auch beim

Brückenbau (S. 50) hervorgehoben. Die daselbst angegebenen Zahlen sind natürlich nur als Mittelwerte anzusehen und werden in jedem einzelnen Falle durch eingehendere Erwägungen und Ermittlungen, besonders auch über die Höhe der Niederschläge und über die Abflussverhältnisse benachbarter, gleiche Verhältnisse aufweisender Gebiete zu prüfen sein.

Von ganz besonderer Bedeutung ist ferner für den richtigen Ausbau der Wasserzüge die mehr oder weniger große Verschiedenheit in der Wasserführung, d. h. die Verschiedenheit zwischen der einerseits bei Niedrigwasser, andererseits bei Hochwasser von demselben Wasserlauf geführten Wassermenge.

Gerade bei den hier in erster Linie in Betracht kommenden kleineren Wasserläufen ist dieser Unterschied oft ein recht bedeutender (vergl. Teil I, S. 430) und die Regulierung infolgedessen ganz besonders schwierig und kostspielig.

Den verschiedenen Wassermengen entsprechen die verschiedenen Wasserstände, unter denen von Wichtigkeit sind:

**1. Niedrig-Wasser** zur Bestimmung der zweckmäßigsten Sohlenbreite, da auch bei den geringsten Wassermengen die Sohle in ihrer ganzen Breite gleichmäßig überströmt werden muß, um die Ausbildung von Unregelmäßigkeiten in der Sohle, die die Veranlassung zu Uferabbrüchen und dergleichen werden können, zu vermeiden.

**2. Mittel-Wasser** für die Höhe des Wasserstandes im Hinblick auf die Vegetation.

**3. Sommerhochwasser**, sofern es sich um die Regulierung eines Wasserlaufes in einem Wiesental handelt, da die Abmessungen des Wasserlaufes so zu wählen sind, daß die Sommerhochwasser bordvoll, d. h. ohne auszuufern, zum Abfluß gelangen.

**4. Die hohen und höchsten Wasserstände**, wenn der Wasserlauf im hochwasserfreien Gebiet liegt, natürlich zur Bestimmung der Profiltiefen und Tiefe; im Überschwemmungsgebiet aber für die richtige Bemessung der Brücken, der Deiche und anderer fester Anlagen.

Die den Wasserzügen zu gebenden Abmessungen sind mit Hilfe der Ganguillet-Kutter'schen Formel zu bestimmen (vergl. I. Teil, Hydrodynamik S. 411 ff.). Dabei ist auf Strecken mit starkem Gefälle von vornherein darauf Bedacht zu nehmen, durch flache Böschungen, d. h. Vergrößerung des benetzten Umfanges, die Geschwindigkeit möglichst herabzumindern. Denn bei gleichbleibendem Querschnitt wird  $R$  der Kutter'schen Formel durch Vergrößerung des benetzten Umfanges verringert und dementsprechend auch die Geschwindigkeit bei gegebenem Gefälle.

Das Gefälle ist hierbei zunächst dem Terraingefälle anzupassen, doch muß alsdann genau festgestellt werden, ob die diesem Gefälle entsprechende Geschwindigkeit mit der Widerstandsfähigkeit der Bodenart, in welche das Gewässer eingebettet wird, auch im Einklang steht. Man hat dies besonders bei stark sich schlängelnden Wasserläufen im Hügel- und Gebirgslande zu beachten, bei denen oft, lediglich schon zum Uferschutz, die Herstellung eines neuen Bettes durch Ausführung von Durchstichen, welche die starken Krümmungen beseitigen, nahe liegt. Doch darf nicht übersehen werden, daß jeder Durchstich das Gefälle des Wasserlaufes und somit seine Geschwindigkeit vermehrt, wodurch der Angriff auf Bett und Ufer vergrößert wird. In solchen Fällen muß man sich also davon überzeugen, daß die neuen Geschwindigkeiten nicht die zulässigen Werte für die vorliegende Bodenart übersteigen. Meist werden einige Flußstellen, welche ein stärkeres, konzentriertes Gefälle aufweisen, hierüber den nötigen Aufschluß geben. Fehlen solche Stellen, so bieten die im Brückenbau für die einzelnen Bodenarten angegebenen Maximalgeschwindigkeiten einen Anhalt. (S. S. 48).

Läßt die Flusstalgestaltung die Anlage eines genügend schwachen Sohlengefälles nicht zu, so muß durch Einschaltung von einzelnen Abfällen oder Kaskaden ein Teil des Gesamtgefälles an einzelnen besonders zu befestigenden Punkten konzentriert und dadurch das Gefälle *zwischen* den Kaskaden auf das zulässige Maß herabgesetzt werden.

In manchen Fällen wird das Bestreben, eine bestimmte Uferlinie herzustellen, wie sie vielleicht im wirtschaftlichen Interesse oder im Zusammenlegungsverfahren zur Abrundung der Grundstücke wünschenswert erscheint, unter Berücksichtigung der Höhe der Herstellungskosten und namentlich der Unterhaltungskosten als unzweckmäßig zu verwerfen sein. Es wird überhaupt stets darauf zu achten sein, daß die aufzuwendenden Kosten mit den erstrebten Erfolgen im Einklang stehen und daß besonders für den Uferschutz einzelner Grundstücke nicht etwa unverhältnismäßige Kosten erwachsen. Ausgenommen sind natürlich Arbeiten, die im allgemeinen Interesse erforderlich werden, deren Wert also nicht in dem Schutz des direkt anschließenden Geländes allein, sondern zugleich darin liegt, weiter abwärts belegene Strecken vor Versandungen und Verwüstungen zu schützen. Hierzu zählt in erster Linie die Verbauung der Rinnale und Wildbäche, dann aber auch in den weiter abwärts belegenen Strecken alle auf die unschädliche Ablagerung mitgeführter Sinkstoffe und die Vermeidung neuer Uferbrüche hinzielenden Bestrebungen.

## § 48.

**Der Umfang und die Art des Ausbaues** wird je nach dem zu erstrebenden Ziel verschieden sein.

Handelt es sich um die Korrektur eines Wasserzuges in vollkommen hochwasserfreiem Lande, d. h. sollen auch die höchsten Wasserstände ohne Ausuferung abgeführt werden, so sind lediglich die Breiten und Tiefen des Wasserlaufes dem Gefälle und den abfließenden Wassermassen entsprechend unter Berücksichtigung der Bodenart des durchschnittlichen Geländes zu wählen. Zu erwägen bliebe nur, besonders wenn die Differenz zwischen dem gewöhnlichen Wasser und dem Hochwasser bedeutend ist, ob sich nicht statt eines einfachen Querschnittes (Fig. 175) die Anlage eines Doppelprofils (Fig. 176) empfiehlt. Dasselbe bietet den Vorteil, daß

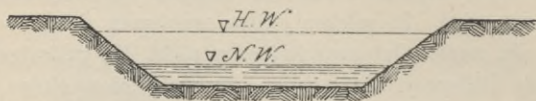


Fig. 175.

bei geringerer Wasserführung größere Wassertiefen bleiben und somit die kleineren Wassermassen schneller und geschlossener zum Abfluß kommen. Außerdem wird nicht das ganze nur für die seltenen aufsergewöhnlichen Hochwasser notwendige Profil der Landwirtschaft entzogen, indem die Vorländer als Wiesen und Weiden nutzbar bleiben.

Zu dem Zweck ist die Höhenlage des Vorlandes und die Abmessung des tieferen Profiteiles so zu wählen, daß in dem letzteren die für die Wiesenkultur erforderliche Höhe des Wasserstandes gewahrt wird.

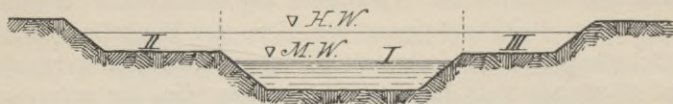


Fig. 176.

Zur Berechnung der in einem Doppelprofil abfließenden Wassermenge wird dasselbe in drei Teile zerlegt:

- den Stromschlauch I,
- das linksseitige Flutprofil II,
- das rechtsseitige Flutprofil III,

und für jeden derselben gesondert nach der Ganguillet-Kutter'schen Formel die von ihm geführte Wassermasse bestimmt.

Die Summe I + II + III ist alsdann die Gesamtwassermenge.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn der auszubauende Wasserzug ein Wiesental durchschneidet, welches nach wie vor bei den höheren Wasserständen überflutet werden darf, daß mithin nur die Ausuferung ganz bestimmter Wassermengen verhindert werden soll.



Der Wasserlauf selbst braucht alsdann nur solche Abmessungen zu erhalten, daß er diese Wassermengen bordvoll abzuführen vermag. In den meisten Fällen wird es sich um den Schutz des Geländes während der Vegetationsperiode handeln, also um die unschädliche sichere Abführung der Sommerfluten. Ob hierbei die absolut höchsten Sommerwasserstände mit zu berücksichtigen sind oder ob man sich auf die Kehrung der gewöhnlichen Sommerfluten beschränken kann, wird in jedem einzelnen Falle eingehend zu erwägen und auf Grund einer Rentabilitätsberechnung zu entscheiden sein.

Die Sicherung gegen die außergewöhnlichen Fluten erfordert meistens gleich bedeutende Mehrkosten, die nur selten mit den dadurch zu erwartenden Mehrerträgen im Einklang stehen.

Auch für eine derartige Korrektur auf Sommerhochwasser wird zweckmäßig eine doppelprofilartige Ausbildung des Flußschlauches gewählt. Das Niedrig- und Mittelwasser (Fig. 177) ist wiederum für den mittleren,



Fig. 177.

meist mit steileren, besonders befestigten Ufern anzulegenden Profilteil bestimmend, während der flach geböschte obere Teil des Querschnitts nur für die Abführung des Hochwassers in Betracht kommt.

Die höheren die Ufer überströmenden Fluten erfordern bei dem Ausbau eines Wasserlaufes auf freier Strecke nur dann Berücksichtigung, wenn entweder durch mitgeführte Sinkstoffe ausgedehnte Versandungen oder Verkiesungen zu erwarten sind, oder starke über das Gelände fortgehende Strömungen Ausspülungen befürchten lassen. In beiden Fällen muß man versuchen, durch Leitdämme das Wasser so zu leiten und zu führen, daß einerseits die Sinkstoffe entweder unschädlich weitergeführt oder zur Auflandung alter Rinnsale ausgenützt werden, andererseits der Flutstrom in dem eigentlichen Flußschlauch zusammengehalten wird.

Sehr vorteilhaft sind in dieser Hinsicht hochwasserfreie, das ganze Tal durchschneidende Querdämme in Verbindung mit streckenweisen, ebenfalls hochwasserfreien Leitwerken. Das Wasser kann frei über das ganze Tal austreten, wird also keinen höheren Stand als bisher annehmen, dagegen ist die Ausbildung von Strömungen nur zwischen den Leitwerken in dem Flußschlauch selbst möglich.

Wie bereits erwähnt, muß bei Wasserläufen mit starkem Gefälle, also in allen Gebirgs-Bächen und -Flüssen, in erster Linie auf eine

möglichst flache Anlage der Böschungen Bedacht genommen werden. Für Gräben oder Bäche bis zu 4 m Sohlenbreite ist ein Böschungsverhältnis von 1:3, besser noch 1:4, wenn es die Umstände irgend gestatten, zu wählen.

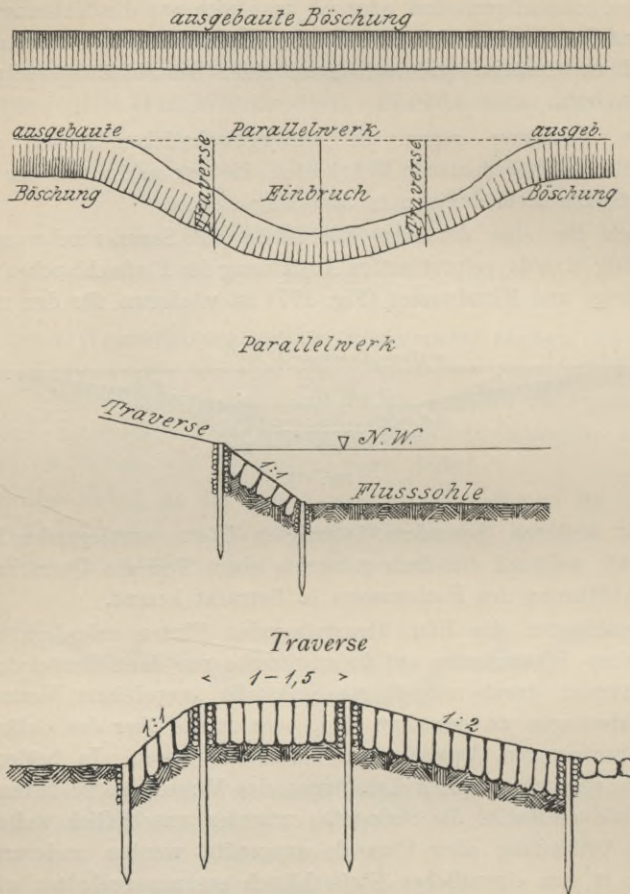


Fig. 178.

Bei größeren Bächen von 4 bis 10 m Sohlenbreite würde eine Böschungsanlage von 1:5 bis 1:6, bei Sohlenbreiten von 10 bis 15 m eine solche von 1:8 und bei Sohlenbreiten von über 15 m das Verhältnis 1:10 sich empfehlen. Für die Abführung des Niedrigwassers, oft auch für alle Wasserstände bis Mittelwasser wird alsdann aber stets die Mitte des Profils mit steileren, mehr oder weniger stark befestigten Ufern vertieft.

Zu berücksichtigen bleibt, daß die Kosten für Erd- und Böschungsarbeiten bei flachen Böschungen groß werden und hierdurch eine Grenze bei der Wahl des Böschungsverhältnisses gesteckt ist.

Äußerst wichtig für jede Regulierung ist, daß durchweg eine Normalisierung der Querprofile stattfindet. Die Arbeiten dürfen nicht auf den Ausbau, die Erweiterung der zu engen Strecken beschränkt werden, sondern es sind auch alle Profilerweiterungen zu beseitigen und die zu niedrigen Ufer, über welche das Hochwasser zu frühzeitig austreten würde, zu erhöhen. Denn jede derartige Unregelmäßigkeit veranlaßt eine Verringerung des Gefälles und damit schädliche Ablagerungen, die wieder die Veranlassung zu weiteren Unregelmäßigkeiten und Zerstörungen geben.

Wenn das Erdmaterial zum vollständigen Ausbau der Böschungen in solchen Fällen nicht vorhanden ist, oder die Kosten zu hoch werden, so muß die Regulierung entweder durch Buhnen (Seite 153 unten) erfolgen, oder der Fuß der Böschung ist durch ein niedriges Parallelwerk und die zukünftige Böschung durch Traversen zu bilden, welche wie die Buhnen in der Neigung der Böschung ansteigen und in das gewachsene Land einzubauen sind.

Das Parallelwerk ist kräftig zu bauen, selbst wenn es sich nur um verhältnismäßig kleinere Anlagen handelt, wie beispielsweise in Fig. 178. Das *Parallelwerk* besteht in diesem Falle aus zwei Reihen Flechtzäunen mit Steinpackung oder aus Packwerk mit grüner Weidenspreutlage (Seite 148 und 146). Die *Traversen* sind ähnlich zu konstruieren. Am sichersten, aber auch teuersten werden Abpflasterungen, billiger sind wieder Packwerk mit Weidenspreutlage; am Fuße der zweifachen Böschung ist ein Sturzbett aus großen Steinen oder Weidenfaschinen vorzusehen.

Gewöhnlich liegen an dem gegenüberliegenden Ufer bei derartigen Uferbrüchen eine Kies- bzw. Sandbank oder andere Ablagerungen; dieselben werden zweckmäßig in die Felder zwischen den Traversen verkarrt und die Felder dann mit Weiden bepflanzt.

## § 49.

**Befestigung der Ufer.** Von großer Wichtigkeit ist es natürlich, daß die bei der Regulierung eines Wasserlaufes zur Ausführung gekommenen Arbeiten dauernd erhalten, vornehmlich die der Wasserführung entsprechend gewählten Profile gegen Zerstörung gesichert werden, um von vornherein neue Unregelmäßigkeiten zu verhindern und neuen Verwilderungen nach Möglichkeit entgegenwirken zu können.

Die hierzu notwendigen Uferschutzbauten werden durch die Stärke des Wasserangriffs und durch die größere oder geringere Widerstandsfähigkeit der Bodenart, in welche das Gewässer eingeschnitten ist, bestimmt.

Als Material für die Uferbefestigung werden Rasen, Holz und Steine verwendet, je nach den örtlichen Verhältnissen und der Art und Stärke

des Angriffes, der naturgemäfs verschieden ist, wenn das Ufer an einem stehenden Gewässer liegt, wenn Eisgang zu erwarten ist und wenn die zu schützende Uferfläche dauernd oder nur zeitweise unter Wasser oder stets über Wasser liegt.

### § 50.

**Befestigungen über dem gewöhnlichen Wasserstande.** *Uferflächen*, welche dem Wasserangriff überhaupt nicht ausgesetzt sind, haben den Charakter von Böschungen und sind daher genau wie diese zu behandeln. Sie erhalten eine der Bodenart entsprechende Anlage — bei Felsarten  $1:1\frac{1}{4}$  bis  $1:1\frac{3}{4}$ , bei gebundenen Bodenarten  $1:1$  bis  $1:1\frac{1}{2}$ , bei Sandboden  $1:1\frac{1}{2}$  bis  $1:3$  — und sind gegen die atmosphärischen Angriffe durch eine möglichst dichte Grasnarbe zu schützen (siehe Erdbau § 10).

Auf Uferflächen, welche über dem gewöhnlichen Wasserstande (Mittelwasser) liegen und nur zeitweilig überflutet werden, gedeiht bei geeignetem Boden eine schützende Rasendecke sehr gut und bildet im Verein mit flachen Böschungen einen durchaus empfehlenswerten Uferschutz. Die Neigung der Böschung hat sich nach der Stärke des Angriffes, der durch Wellenschlag und Strömung erzeugt werden kann, zu richten. Der Wellenschlag wird wesentlich von der Wassertiefe beeinflusst. Hierauf ist besonders bei der Anlage von Sommerdeichen zu achten. Solange sich diese nicht mehr als 0,75 m übers Gelände erheben, die Wassertiefe vor ihnen also nicht mehr als etwa 0,50 m beträgt, genügen selbst bei starkem Wellenschlage Böschungsneigungen von  $1:3$  bis  $1:4$ . Wächst die Deichhöhe, so ist überall da, wo ein stärkerer Angriff zu befürchten steht, eine 4 bis 6fache Anlage zu wählen. Die derartig zu verstärkenden Deichstellen sind unter Berücksichtigung der Wind- und Gelände- verhältnisse zu ermitteln, wobei wohl zu beachten ist, dafs bei Winterhochwasser die Sommerverwallungen sowohl von der Stromseite, wie von der Polderseite her dem Angriff durch Wellenschlag ausgesetzt sein können. Gleiche Erwägungen greifen betreffs der Überströmung der Sommerdeiche platz, da diese sowohl von der Stromseite nach der Polderseite hin, als auch, am unteren Teile des Polders, vom Polder nach dem Strom hin stattfinden kann.

Böschungsneigungen von  $1:10$  und darüber werden bei guter Grasnarbe selbst an reifenden Gewässern mit erheblichem Eisgang einen ausreichenden Schutz gewähren.

Die Herstellung der Grasnarbe ist im Erdbau behandelt. Ist der Eintritt von Hochwasser zu befürchten, ehe die einzelnen Rasenstücke fest angewachsen sind, so muß der Rasen gegen Wegspülen gesichert werden. Es geschieht dies durch eine dünne, parallel zur Flußrichtung ausgebreitete Reisigdecke, die durch Latten oder dünnere Rundhölzer, welche quer zur

Reisigrichtung verlegt und an eingeschlagenen Pfählen befestigt sind, niedergehalten wird. Statt der Latten kann auch Eisendraht Verwendung finden, der an den Pfählen befestigt wird. Ist der Rasen fest angewachsen, so werden die Pfähle herausgezogen und die Reisigdecke entfernt.

Können die flachen Böschungen aus Mangel an Raum oder wegen Schwierigkeiten des Grunderwerbes nicht zur Ausführung kommen, so muß die Uferfläche stärker befestigt werden.

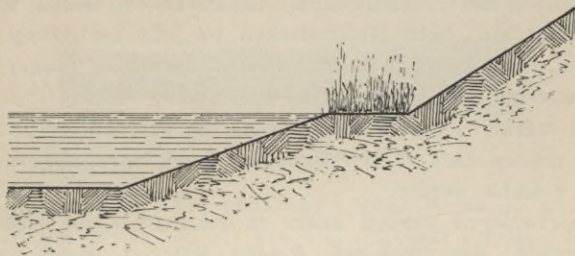


Fig. 179.

Die Art der Befestigung richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und vornehmlich nach der Häufigkeit der verschiedenen Wasserstände.

Ist der unter Wasser liegende Teil des Ufers nicht befestigt, so ist zunächst fast stets eine Befestigung in Höhe des gewöhnlichen Wasserstands erforderlich; sie geschieht in langsam fließenden Gewässern zweckmäßig durch Schilfpflanzungen auf einer Berme (Fig. 179) oder

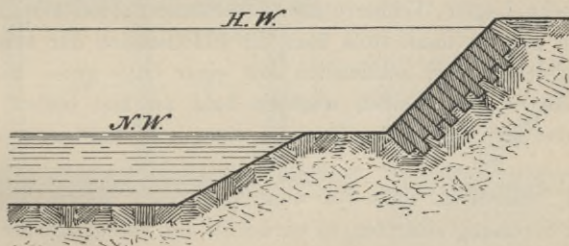


Fig. 180.

durch Kopfrasen (Fig. 180). Letzterer wird in wagrechten Reihen, dichtschliessend im Verbinde, mit der vorderen Fläche die Neigung der Böschung innehaltend, verlegt, hinterfüllt und festgestampft. Mit Kopfrasen pflegt man bei steileren Böschungen auch die ganze Uferfläche bis zum Hochwasserspiegel abzudecken. Bei schneller fließenden Gewässern ist fast immer eine stärkere Befestigung des unter Mittelwasser liegenden Ufers erforderlich, die dann bis zum Niedrigwasser oder Mittelwasser reicht und so den Fuß der oberen Böschung schützt.

Eine Anpflanzung von Weiden zwischen Mittelwasser- und Hochwasserlinie bildet einen vorzüglichen Schutz gegen Strömung und Wellenschlag. Nur ist hierbei darauf zu dringen, daß die Weiden im Spätherbst vor dem Frost *geschnitten* werden, da sonst die an den Weidenruten festfrierenden Eisschollen die Böschungen aufreißen und zerstören. Die Weidenpflanzung wird am besten im Frühjahr aus 30 bis 50 cm langen, 1,0 bis 1,5 cm dicken Stecklingen, von denen 6 bis 9 Stück auf das Quadratmeter Böschungsfäche kommen, ausgeführt. In trockenem Boden wachsen die Stecklinge nicht an. Beim Hineinstecken ist jede Verletzung der Rinde zu vermeiden. Bei kiesigem Boden müssen daher die Löcher mit einem Eisen vorgestochen werden.

Gegen stärkere Angriffe, oder wenn die Ufer besonders steil abgebösch sind, müssen stärkere Befestigungen, durch *Spreutlagen* oder durch *Rauhwehr*, gewählt werden.

Die *Spreutlagen* werden, sofern es sich nur um eine vorübergehende Deckung handelt, aus trockenem (totem) Material, sonst aus frischen (lebendigen) Weidenruten hergestellt. Am besten verwendet man 3- bis 4 jährige Weidenruten von 2,0 bis 2,5 m Länge. Dieselben werden mit ihren Stammenden dicht aneinander rechtwinklig zur Böschungskante mit den Wipfelenden nach oben verlegt, und zwar so, daß die Stammenden in vorher ausgehobene Rillen von 15 bis 20 cm Tiefe zu liegen kommen. In den Rillen, sowie parallel zu denselben in je 0,60 m Abstand, werden die Ruten durch Würste aus Weidenholz, die mit 1,0 m langen Pfählen im Ufer befestigt werden, niedergehalten. Bei breiteren Böschungen sind zwei oder mehr Lagen Weidenruten zu verwenden; die Wipfelenden der tieferen Lage greifen dann stets über die Stammenden der höheren. Die ganze Strauchdecke wird schließlic mit einer Lage guten Mutterbodens lose überschüttet. Die Weiden wachsen bald an und bilden mit ihrem dichten Wurzelwerk und ihren Zweigen einen sehr haltbaren, elastischen Uferschutz.

Ist zu befürchten, daß vor dem Anwachsen höhere Wasserstände mit stärkerer Strömung eintreten, so wird statt der Spreutlage die Rauhwehr angewendet.

Bei der *Rauhwehr* werden die Weiden in der Richtung der Böschungskante mit den Wipfelenden stromabwärts verlegt, und zwar lagenweise, sodafs die in Abständen von etwa 1,0 m aufgenagelten Würste stets von den Wipfelenden der nächsten Lage bedeckt werden.

Das zur Herstellung der Spreutlage und der Rauhwehr erforderliche Material, wie auch dasjenige der später behandelten Deckwerke, Buhnen, u. s. w., wird gewöhnlich in Form von Faschinen angeliefert.

*Faschinen* (Fig. 181) sind 2,5 bis 3,0 m lange, in der Mitte 23 cm, an den Stammenden 25 bis 30 cm starke, zweimal durch Bindeweiden

oder Draht fest umschnürte Reisigbündel von etwa 0,1 cbm Inhalt. Es können hierzu Zweige und junge Stämmchen sämtlicher Laub- und Nadelhölzer verwendet werden, sofern sie frisch und biegsam sind. Altes und trockenes Holz ist weniger oder gar nicht brauchbar. Das Reisig soll in der Faszine eine dichte, geschlossene Masse bilden und muß daher möglichst gleich lang, wenig ästig und an den Stammenden höchstens 4 cm stark sein.

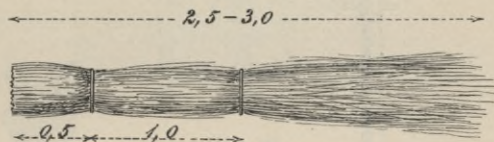


Fig. 181.

Die *Würste* (Fig. 182 und 183) werden 10 bis 15 cm stark in beliebigen Längen (20 bis 30 m) aus den einzelnen Zweigen der Faszinen und zwar am besten aus Weidenruten hergestellt. Man benützt hierzu die sogenannte Wurstbank, eine Reihe von je zwei sich gabelförmig kreuzenden Pfählen (Böcken), auf welcher die Reiser in der erforderlichen Stärke derartig ausgebreitet werden, daß die einzelnen Ruten sich mit ihren Wipfeln und Stammenden überschichten und die Wurst hierdurch durchweg eine gleiche Stärke erhält. In Entfernungen von 0,20 m wird die Wurst alsdann mit Bindeweiden oder Draht fest umschnürt.

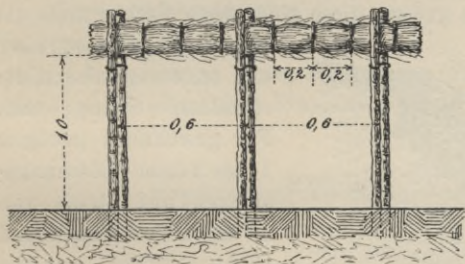


Fig. 182.

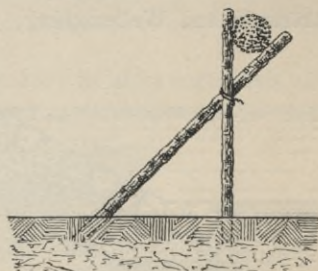


Fig. 183.

Zur Befestigung der Würste bedient man sich vielfach der Hakenpfähle (Fig. 184) oder auch glatter Pfähle mit durchgestecktem Querholz (Fig. 185). Vorteilhafter sind jedoch einfache, 4 bis 6 cm starke Spickpfähle, welche abwechselnd von beiden Seiten schräg eingeschlagen werden (Fig. 186).

Die beste, aber auch teuerste Befestigung steiler Uferflächen ist ein kräftiges, in Kies oder scharfen Sand verlegtes und gut ausgezwicktes Pflaster.

§ 51.

**Befestigungen unter dem gewöhnlichen Wasserstande.** Unter Wasser fallen naturgemäß alle Befestigungsarten, welche auf einer Vegetation beruhen, mit alleiniger Ausnahme der Schilf- und Rohrpfanzungen aus, und es müssen an ihre Stelle Konstruktionen treten, welche einerseits dem mechanischen Angriffe des Wassers Widerstand leisten und anderer-



Fig. 184.



Fig. 185.

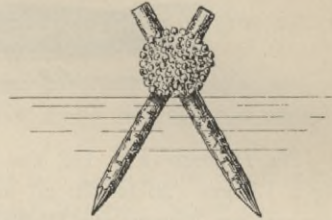


Fig. 186.

seits dem Verrotten und Verfallen im Wasser möglichst wenig ausgesetzt sind.

Am besten und von der größten Dauer ist in allen Fällen die *Steinpackung*.

Die Abböschung der Steinpackung richtet sich nach der Stärke von Strömung und Wellenschlag; je größer diese sind, desto flacher muß die

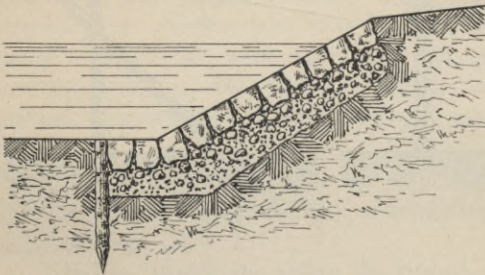


Fig. 187.

Böschung und desto größer und schwerer müssen die einzelnen Steine sein. Für gewöhnlich genügen 1- bis 2fache Böschungsanlagen und Steine von 20 bis 30 cm Länge und Dicke. Bei starkem Wellenschlag und Strömungen, wie sie in Gebirgsflüssen vorkommen, werden 3- bis 4fache

Anlagen und Steine von erheblich größeren Dimensionen erforderlich. Von der Niedrigwasserlinie an aufwärts wird dann eine der im vorigen Paragraphen genannten Befestigungsarten der Uferböschung folgen.

Da aber infolge von nie ausbleibenden Bewegungen der Flußsohle die Steinschüttung, wie auch alle später behandelten Befestigungen des unter Wasser liegenden Böschungsteiles sich in steter Bewegung befinden



so muß in der Niedrigwasser- oder Mittelwasserlinie eine Befestigung geschaffen werden, auf welche sich die über Wasser befindliche Böschung

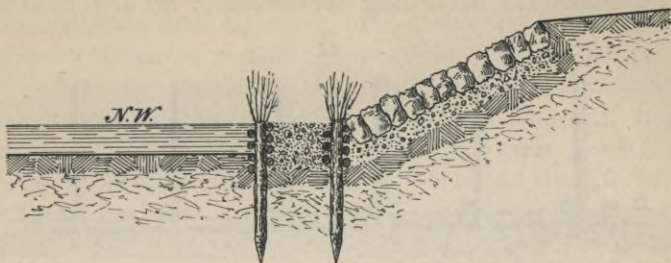


Fig. 188.

sicher stützen kann. Diese Befestigung kann durch eine Spundwand, eine Pfahlreihe (Fig. 187), Flechtzaun (Fig. 188) oder durch besonders große und schwere, in das Flußbett eingreifende Steine erreicht werden, je nachdem der Wasserstand und die Beschaffenheit des Flußbettes die eine oder die andere Konstruktionsart ermöglicht oder erfordert.

Eine Sicherung der Böschung unter Wasser durch in der Längsrichtung verlegte Faschinen (Fig. 189) ist nicht vorteilhaft und besonders bei schmalen Wasserläufen durchaus zu vermeiden, da bei einer

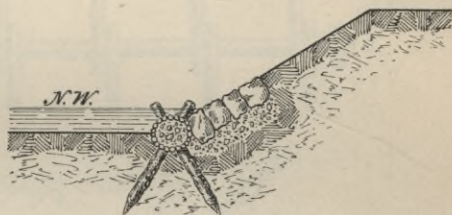


Fig. 189.

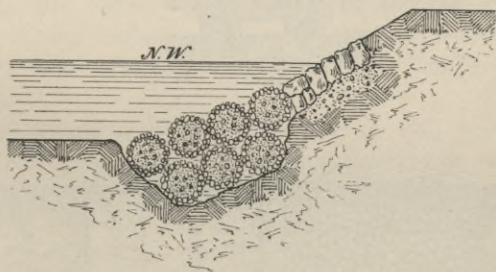


Fig. 190.

Lockerung die Längsfaschine sich quer zur Stromrichtung stellt und nun, statt Schutz zu gewähren, erst recht Veranlassung zu weiteren Zerstörungen gibt.

Bei größeren Wassertiefen gewähren *Senkfascinen* einen guten Uferschutz (Fig. 190).

Die *Senkfaschinen* werden je nach Bedarf 0,5 bis 1,0 m stark und 4 bis 5 m lang auf einer sog. Bank möglichst dicht an der Verwendungsstelle angefertigt. Zur Herstellung der Bank (Fig. 191 *a*, *b*, *c*, *d*) werden

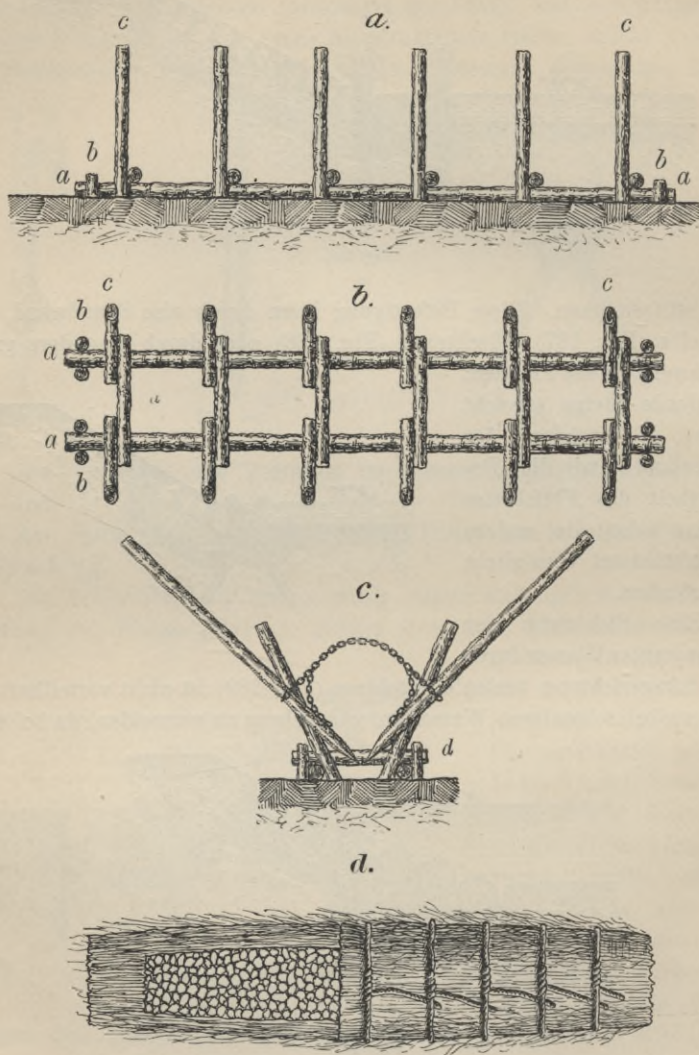


Fig. 191.

zunächst zwei Längshölzer *a* aus Kreuzholz oder schwächerem Rundholz parallel zum Ufer auf dem Boden verlegt und durch kleine Pfähchen *b* in ihrer Lage festgehalten; dann werden die schrägen Pfähle *c* eingeschlagen

und neben ihnen die Riegel *d* verlegt. Je nach der Größe der herzustellen Senkfaschine werden nun 4 bis 8 Stück gewöhnliche Faschinen und zwar je die Hälfte, mit den Stammenden nach einem Ende, also mit sämtlichen Wipfeln nach der Mitte, in die Bank gelegt und nach Durchschneiden der Bänder so verteilt und ausgebreitet, daß Riegel und Schrägpfähle bis zu einer bestimmten Höhe mit einer gleichmäßigen, 10 cm starken Buschschicht bedeckt sind. Die Enden des einen trogartigen Körper bildenden Strauchwerkes werden durch kurze Reiserstücke geschlossen. In den Hohlraum werden dann 0,5 bis 0,7 cbm Kies oder Steine eingefüllt und gleichmäßig ausgebreitet. Über diesem Füllmaterial werden 4 weitere Faschinen in gleicher Weise wie die ersteren aufgebracht und dann die Bänder fest um die Senkfaschine gelegt. Zu diesem Zweck wird die Senkfaschine an jeder Bindestelle mittelst einer Würgekette und zweier Pfähle stark zusammengepreßt. Zunächst muß das mittelste Band umgelegt werden, sodann wird an beiden Enden begonnen und nach der Mitte hin gleichmäßig fortgeschritten.

*Flechtzäune* werden nicht nur als Hilfskonstruktion, sondern auch als selbständiges Uferschutzmittel ausgeführt. Zweckmäßig werden sie aber nur unter Niedrigwasser

verwendet, da alle Teile, welche sich nicht dauernd unter Wasser befinden, sehr schnell faulen, wenn nicht frisches Weidenholz verwendet wird, welches über Wasser Wurzel faßt und dann einen vorzüglichen Schutz bietet.

Zur Herstellung eines Flechtzaunes (Fig. 192) werden, je nach der Stärke der Flechtruten, in 0,30 bis 0,75 m Entfernung voneinander Pfähle von 6 bis 10 cm Stärke, am besten in der Schnittlinie von Sohle und Böschungsfäche und möglichst in der Neigung der letzteren, in den Boden getrieben und mit frischen, möglichst langen und biegsamen Ruten von 1 bis 3 cm Stärke ausgeflochten, indem man die einzelnen Flechtreiser wechselweise über die Pfähle bringt und mit Bootshaken oder Holzgabeln fest herunterdrückt. Unter Wasser verwendet man am besten junges Durchforstungsholz (Kiefern, Buchen, Eichen), über Wasser, wie erwähnt, Weiden. Die Pfähle sollen stets ebenso tief in den Boden reichen, wie sie über der Sohle frei stehen. Läßt sich dies, besonders bei höheren

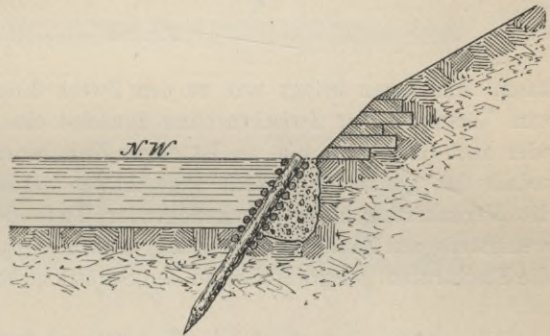


Fig. 192.

Flechtzäunen, nicht erreichen, so werden in Entfernungen von 2 bis 3 m einzelne Pfähle verankert, indem man sie mittelst Bindedrahts an besonderen, in festem Boden stehenden Ankerpfählen befestigt. Der Zwischenraum zwischen Flechtzaun und gewachsenem Boden ist sorgfältig zu hinterfüllen, und zwar derartig, daß ein Auswaschen des Füllmaterials nicht stattfinden

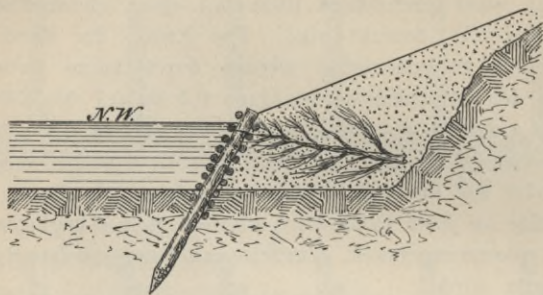


Fig. 193.

kann. Am besten bringt man zu dem Zweck dicht hinter dem Flechtwerk zum Verstopfen der Zwischenräume zunächst eine Lage Moos, Heidekraut oder auch Grasstücke ein. — Ist dieser Zwischenraum von größerer Breite, sodaß das ganze Ufer frisch angeschüttet werden muß, so wendet man die Verankerung auch bei genügender Tiefe der Pfähle an oder läßt wenigstens den Zaun durch einzelne, senkrecht zur Flußrichtung zwischen die Flechtruten gelegte Reiser in den Schüttungsboden einbinden (Fig. 193).

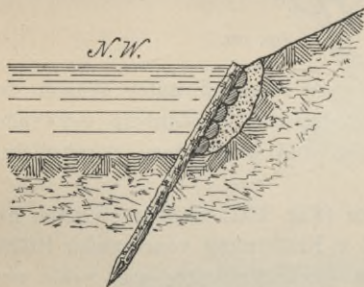


Fig. 194.

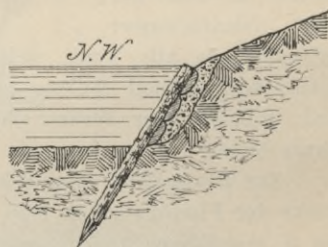


Fig. 195.

Stehen zum Flechten geeignete Ruten nicht zur Verfügung, so sind mit gleich gutem Erfolge auch gesplattene Stangen oder Schwarten zu verwenden (Fig. 194 und 195).

Das *Packwerk* (Fig. 196) dient zum Schutz stark abbrüchiger Ufer, vornehmlich bei größerer Wassertiefe. Es besteht aus einzelnen horizontalen oder im Verhältnis von 1:2 bis 1:3 in der Längsrichtung geneigten,

0,6 bis 1,0 m starken Lagen von Faschinen, die durch übergenagelte Würste zusammengehalten und durch eine Lage von Kies oder Geröll

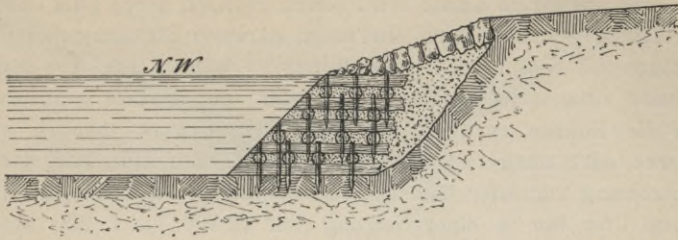


Fig. 196.

beschwert zum Sinken gebracht werden. Die Breiten- und Längenabmessungen der einzelnen Lagen sind naturgemäß von der Wassertiefe, der

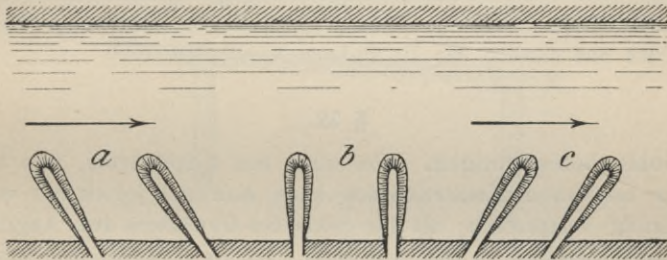


Fig. 197.

oberen Packwerksbreite und der Böschung des Packwerkes abhängig und müssen durch genaue Aufmessungen ermittelt werden.

Soll oder darf mit der Uferbefestigung gleichzeitig eine Einschränkung der Breite des Wasserlaufes stattfinden, so kommt die Anlage von *Buhnen* oder von *Parallelwerken* in Frage. Ihrer Richtung zum Wasserlauf entsprechend unterscheidet man inklinante (Fig. 197 a), normale (Fig. 197 b) und deklinante (Fig. 197 c) Buhnen; zum Schutze der Ufer kommen wohl ausnahmslos nur inklinante Buhnen zur Anwendung. Die Herstellung der Buhnen ist je nach der Stärke der Strömung eine verschiedene. In langsam fließenden Gewässern des Flachlandes mit geringen

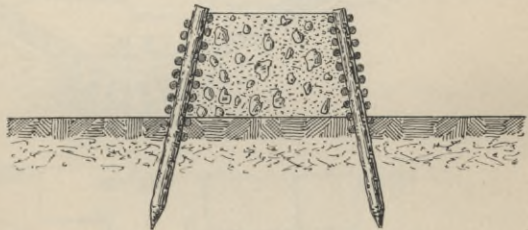


Fig. 198.

Hochwassergeschwindigkeiten genügen oft schon einfache Flechtzäune. Das der Strömung zugewendete Ende, der Kopf der Buhne, wird dann zweckmäßig aus einem Kranz von Pfählen gebildet, deren Fuß durch eine Steinschüttung gesichert wird. Bei etwas stärkerer Strömung sind doppelte Flechtzäune mit Kies oder Steinausfüllung zu wählen (Fig. 198 zeigt den Querschnitt einer solchen Buhne), und für die stärkste Beanspruchung werden die Buhnen entweder aus Faschinenpackwerk, ähnlich wie die Deckwerke, oder massiv aus Steinen hergestellt. Zur Ablenkung der Hochwasserströmung vom Ufer läßt man die Oberfläche (die Krone) der Buhnen nach dem Ufer hin in einer Neigung von 1:300 bis 1:200 ansteigen. Jede Buhne muß in das Ufer hineingebaut und mit diesem sicher verbunden werden, um ein Lostrennen vom Ufer durch Umspülung des Bühnenfußes zu verhüten.

*Parallelwerke* sind parallel zum Stromstrich in den Wasserlauf eingebaute Leitwerke, welche mit ihrem stromauf gekehrten Ende an das Ufer anschließen. Auch sie werden, je nach der Stärke der Strömung, verschieden und ähnlich wie die Buhnen konstruiert.

## § 52.

**Sohlenbefestigungen.** Von allen den aufgeführten, zum Schutze der Ufer bestimmten Konstruktionen kann man sich jedoch nur so lange einen Erfolg versprechen, als die Sohle des Gewässers dem Angriffe der Strömung Widerstand zu leisten vermag. Ist die Bodenart des Bettes dem Angriffe der Strömung nicht gewachsen, so vertieft sich die Sohle fortgesetzt; der Fuß der Uferböschung wird ausgewaschen und dadurch auch die solideste und schwerste Uferbefestigung gefährdet oder zerstört.

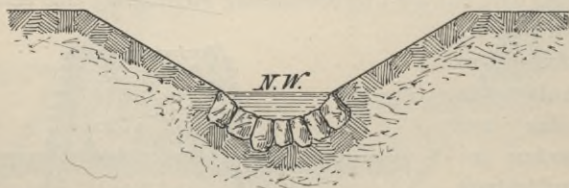


Fig. 199.

Zur Sicherung der Ufer ist, wie bei der Regulierung überhaupt, deshalb darauf zu achten, daß die von dem Gefälle abhängige Stromgeschwindigkeit die für die Bodenart des Bettes zulässige Maximalgeschwindigkeit nicht überschreitet, und daß gegebenenfalls durch Einschaltung einzelner *Abfälle* oder *Kaskaden* dementsprechend auf eine Verminderung des Gefälles der einzelnen Strecken Bedacht genommen werden muß.

In kleineren Gebirgsbächen mit sehr steilem Sohlengefälle wird auch dies manchmal nicht gut ausführbar sein, da Abfall nahe an Abfall zu

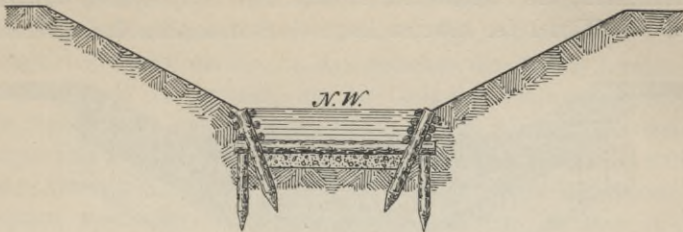


Fig. 200.

stehen kommen müßte. Es wird dann, namentlich bei geringerer Sohlenbreite, vorteilhafter und zweckmäßiger sein, die Bachsohle selbst zu be-

< Entfernung wechselnd >  
bis 30 M.

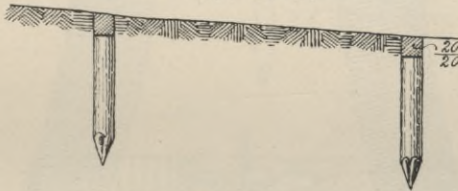


Fig. 201.

festigen. Am besten und vollkommensten, aber auch recht kostspielig, ist bei *sehr* starkem Gefälle die Herstellung einer gepflasterten Mulde

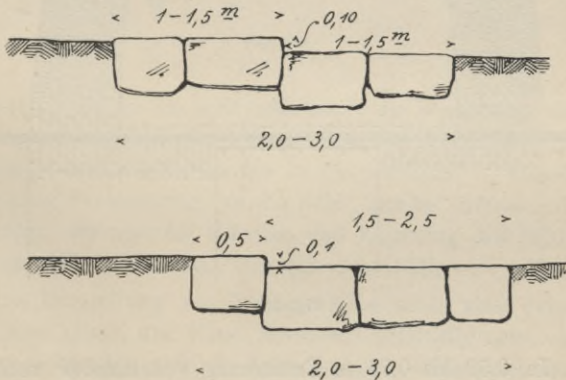


Fig. 202.

(Fig. 199), wie sie auch zum Ausbau der letzten Rinnsale der Wildbäche zur Ausführung kommt.

Ähnlich gut wirkend, aber nicht so dauerhaft, ist der Schutz mittelst Faschinen. Man bedeckt zu dem Zwecke die Sohle 10 bis 20 cm hoch mit Faschinenreisern, die Stammenden stromauf, die Wipfelenden stromab, so daß stets die Wipfel der höheren Lage die Stammenden der tieferen Lage

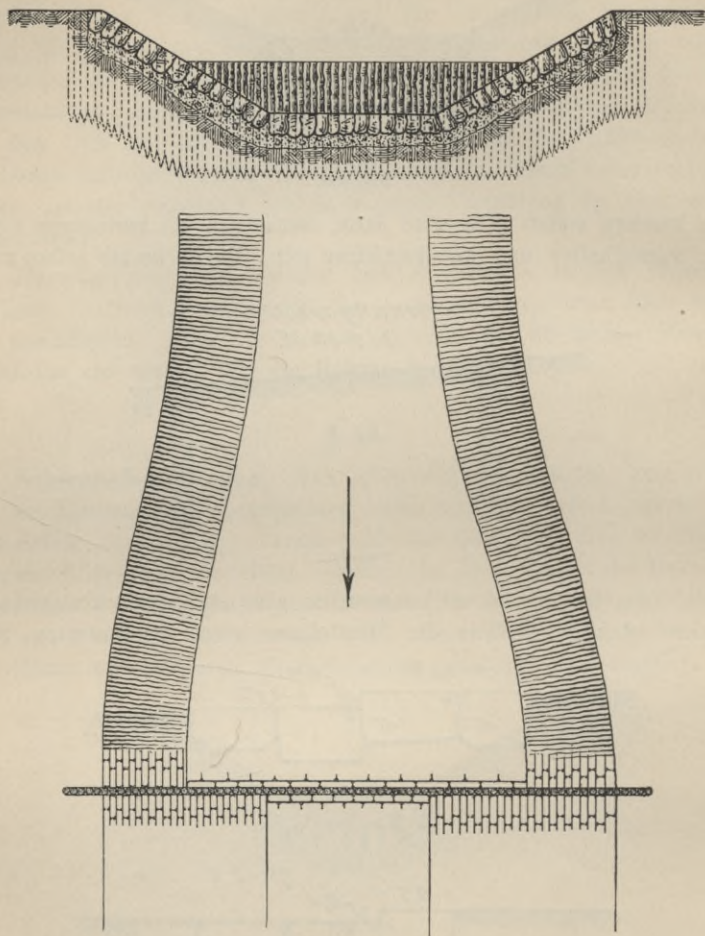


Fig. 203.

überdecken. In 0,50 bis 0,75 m Entfernung voneinander werden alsdann stärkere Ruten oder schwächere Rundhölzer normal zur Bachrichtung darüber gelegt und durch wechselseitig schräg eingeschlagene Pfähle festgenagelt. Die Faschinendecke sowie die Querhölzer müssen bis unter die Uferbefestigungen reichen (Fig. 200). Das von dem Wasser mitgeführte



feinere Geröll — kleinere Steine, Kies und grober Sand — wird von den Querhölzern zurückgehalten und füllt die Zwischenräume des Buschwerkes aus, sodafs dadurch bald eine geschlossene, feste Decke gebildet wird. Besteht das Bachbett aus Lette oder fettem Ton, so mufs vor dieser Befestigungsart gewarnt werden, da das zwischen dem Reisig durchsickernde Wasser nach wie vor genügt, um die lösbaren Adern auszuschlänmen, und die Sinkstoffe in einem solchen Bache viel zu fein sind, als dafs sie die Zwischenräume des Buschwerkes ausfüllen könnten. Direkt zu vermeiden ist diese Art der Sohlenbefestigung in Bächen, welche im Sommer ganz austrocknen, sonst aber *viel* Geröll und Sand führen, da dann die Reiser zerscheuert werden.

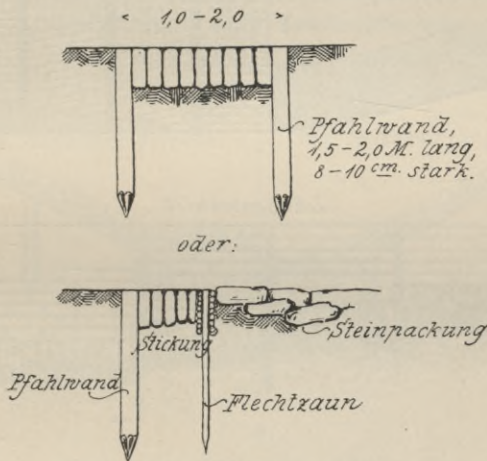


Fig. 204.

Werden die Bäche zu breit und damit die Kosten der vollständigen Sohlendeckung zu hoch, so ist eine streifenweise Befestigung der Sohle — die *Herstellung von Sohlenschwellen* — zu erwägen. — Dieselben finden dort zweckmäfsig Verwendung, wo die Sohle nur bei gröfserem Hochwasser Bewegung zeigt, wo also die Schwere und Lagerung des Sohlenmaterials dem Wasserangriffe beinahe das Gleichgewicht hält.

Mit der Herstellung von Sohlenschwellen mufs man daher auch in leichterem Boden (Sand und Kies) besonders vorsichtig sein, da sich hier unterhalb der Schwellen vielfach Auskolkungen bilden, die dann weitere Befestigungen — Steinschüttungen, Steinpackungen, Faschinen — verlangen.

Bei schwachem Gefälle genügen oft schon *einfache Grundhölzer*, die auf eingerammten Pfählen befestigt sind (Fig. 201). — Solider und kräftiger sind die Ausführungen aus grofsen Steinen (Fig. 202). Auch

einfache Pfahlreihen verzängt und nicht verzängt kommen vielfach vor, entsprechend der in Fig. 203 dargestellten Kaskade.

Verstärkt werden diese Schwellen durch Steinpackungen oder Steinstickungen, die überdies durch eine zweite Pfahlreihe oder durch einen Flechtzaun zu begrenzen sind (Fig. 204), um sie gegen Unterspülungen zu

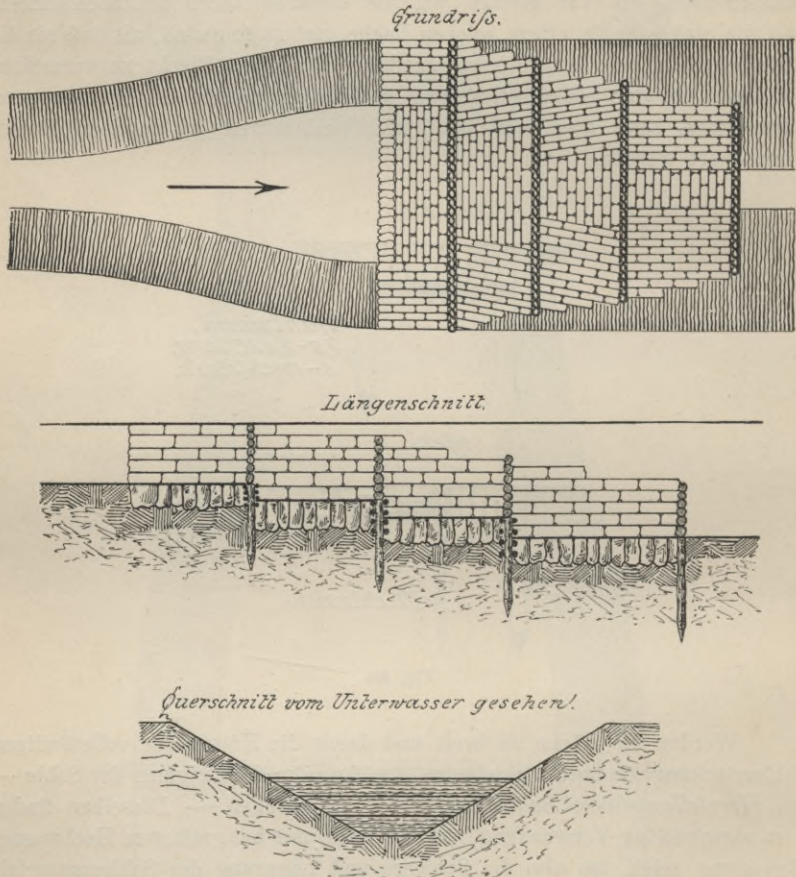


Fig. 205.

schützen. Hierdurch werden dieselben jedoch ebenso teuer wie *Kaskaden* und man wendet daher besser sogleich diese an.

Bei der Herstellung von Abfällen und Kaskaden macht die Gestaltung der Uferböschungen einige Schwierigkeiten. Am besten führt man die Böschungen an den Übersturzkanten der Stufen als ebene Flächen parallel zum Stromstrich vorbei. Es läßt sich dies nur erreichen, indem man

die Sohle oberhalb der Kaskade so verbreitert, daß die obere Profilbreite daselbst ebensogroß wird, wie diejenige unterhalb der Stufe (Fig. 203 und 205).

Bis zu 0,50 m Höhe können die Abfälle oder einzelnen Stufen einer Kaskade aus Flechtzaun hergestellt werden. Eine derartige Ausführung



Fig. 206.

ist aber nicht besonders dauerhaft und verlangt eine sehr sorgfältige Unterhaltung, wenn sie nicht bald zerstört werden soll. Der Fuß des Bauwerkes muß durch eine Steinschüttung oder Faschinenpackung in ausreichender

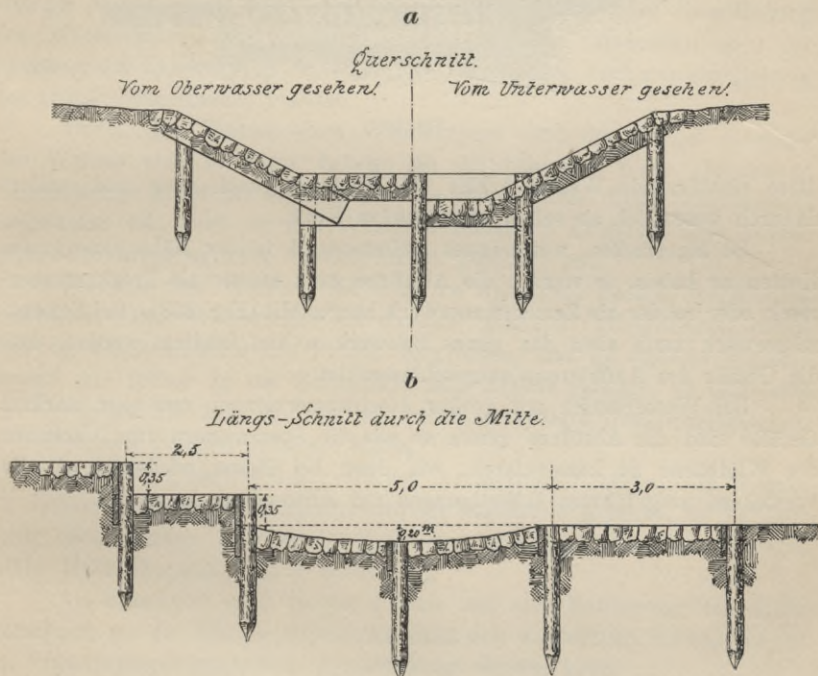


Fig. 207.

Länge gesichert werden. Diese Länge richtet sich in erster Linie nach der Höhe der Stufe, dann aber nach der Wassertiefe bei Hochwasser, da die Länge, auf welche ein verstärkter Angriff der Sohle unterhalb des Bauwerkes stattfindet, auch von der Höhe des Wasserspiegels über der Stufe abhängt. Besser werden die Stufen aus dicht nebeneinander, auf

$\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  ihrer Länge eingeschlagenen Pfählen gebildet. Diese Pfahlreihe wird durch 2 an den oberen Enden angeschraubte Bohlen in der Richtung gehalten und greift beiderseits in die Ufer ein, mit den Pfahlköpfen zweckmäÙig in der Böschungslinie liegend (Fig. 203). Dichter als mit Rundholz lassen sich die Stufen aus *halben* Rundhölzern herstellen, die mit ihren flachen Seiten versetzt gegeneinander anzuordnen sind (Fig. 206).

Eine empfehlenswerte Konstruktion für Bäche mit starkem Gefälle ist in den Figuren 207 *a, b* dargestellt. Die Kaskade enthält zwei Stufen von je 0,35 m Höhe. Das Sturzbett ist als Mulde ausgebildet. Das in

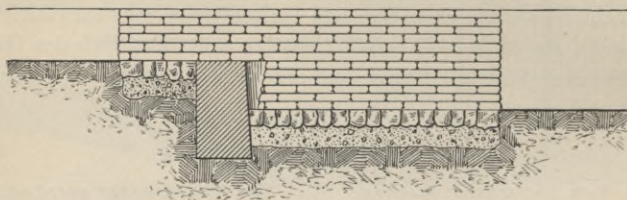


Fig. 208.

diese einstürzende Wasser erhält eine Richtung nach oben und verliert dadurch wesentlich an seiner zerstörenden Kraft.

Ist lagerhaftes, wetterfestes Steinmaterial in der Nähe ohne große Kosten zu haben, so werden die Abstürze ganz massiv als Trockenmauerwerk, oder solider als Zementmauerwerk hergestellt (Fig. 208). Bei Zementmauerwerk muß aber das ganze Bauwerk so tief fundiert werden, daß die Gefahr des Auffrierens ausgeschlossen ist.

Bei Wasserläufen mit großen Hochwassermengen und sehr starkem Gefälle sind die Abstürze genau so wie die Sperrmauern zum Verbauen der Wildbäche zu konstruieren, wie denn bei diesen wiederum all die vorstehend aufgeführten Befestigungen zur Anwendung kommen.

## Kapitel XI. Stauanlagen.

### § 53.

**Zweck und Wirkung eines Staues.** Jede Stau- oder Wehranlage bildet eine künstlich hergestellte Einengung des Durchflußprofils, durch welche ein Aufstau des Wassers oberhalb der Anlage auf eine bestimmte Weite erzielt wird. Im Landeskulturinteresse wird diese Hebung des Wasserspiegels zur direkten Überstauung von Ländereien oder zur Speisung der Zuleiter von Bewässerungsanlagen oder auch nur zur Hebung des Grundwasserstandes benutzt.

Durch den Einbau eines Wehrkörpers wird der Spiegel oberhalb des Wehres sich so lange heben, bis die über das Wehr abfließende Wassermenge gleich der zufließenden ist. Sobald dieser Beharrungszustand eingetreten ist, wird an den Wasserverhältnissen unterhalb des Wehres gegen den ursprünglichen Zustand nichts geändert sein.

Oberhalb des Wehres sind dagegen wesentlich andere Verhältnisse geschaffen. Der Wasserstand ist dauernd gehoben; infolgedessen haben sich die Flächeninhalte der Profile vergrößert, und da dieselbe Wassermenge wie früher in der Zeiteinheit zum Abfluß gelangt, so muß sich das Spiegelgefälle und die von ihm bedingte mittlere Geschwindigkeit in den einzelnen Profilen geändert haben.

Die Kurve, nach welcher sich der Wasserspiegel oberhalb des Wehres im Beharrungszustande einstellt, wird die Staukurve genannt; sie verläuft nach oben konkav und asymptotisch zum ursprünglichen Wasserspiegel (siehe Hydrodynamik, Teil I, Seite 416).

Als Stauweite wird in der Praxis nur eine Entfernung bis dahin gerechnet, wo die Hebung durch den Stau den natürlichen Schwankungen im Wasserspiegel gegenüber vernachlässigt werden kann.

Unter Zugrundelegung der für die ungleichförmige Bewegung des Wassers geltenden Formel ist nach Rühlmann die Stauweite

$$L = \frac{t}{J} \left[ f\left(\frac{Z}{t}\right) - f\left(\frac{z}{t}\right) \right],$$

worin  $f$  ein Funktionszeichen bedeutet, ferner:

$Z$  die Höhe des gestauten Wasserspiegels über dem ursprünglichen am untern Ende der Strecke  $L$  in Metern,

$z$  denselben Wert für das obere Ende,  
 $J$  das ursprüngliche relative Gefälle des ungestauten Wasserspiegels  
 oder der Sohle,  
 $t$  die Tiefe des ungestauten Wasserlaufs in Metern.

Wird nun angenommen, daß den natürlichen Schwankungen gegenüber ein Stau von  $\frac{z}{t} = 0,01$  vernachlässigt werden darf, so ist die *Stauweite*

$$L = \frac{t}{J} \left[ f\left(\frac{Z}{t}\right) - f(0,01) \right],$$

worin die Werte für  $f\left(\frac{Z}{t}\right)$  aus nachstehender Tabelle zu entnehmen sind.

$\frac{Z}{t}$	$f\left(\frac{Z}{t}\right)$	$\frac{Z}{t}$	$f\left(\frac{Z}{t}\right)$	$\frac{Z}{t}$	$f\left(\frac{Z}{t}\right)$
0,01	0,0067	0,4	1,5119	1,6	2,9401
0,02	0,2444	0,5	1,6611	1,7	3,0458
0,03	0,3863	0,6	1,7980	1,8	3,1508
0,04	0,4889	0,7	1,9266	1,9	3,2553
0,05	0,5701	0,8	2,0495	2,0	3,3595
0,06	0,6376	0,9	2,1683	2,5	3,8754
0,07	0,6958	1,0	2,2841	3,0	4,3844
0,08	0,7482	1,1	2,3971	4,0	5,3958
0,09	0,7933	1,2	2,5084	5,0	6,4019
0,10	0,8353	1,3	2,6179	6,0	7,4056
0,20	1,1361	1,4	2,7264	8,0	9,4097
0,30	1,3428	1,5	2,8337	10,0	11,4117

Bei nicht zu starkem Gefälle kann meistens die Stauweite  $S$  gleich der doppelten hydrostatischen Stauweite angenommen werden (Fig. 209):

$$S = 2l = \frac{2h}{\tan \alpha}.$$

Die Stauweite beträgt demnach das Doppelte der Stauhöhe, dividiert durch das relative Gefälle des ungestauten Wasserspiegels. Die Stauweite hängt nämlich erheblich von dem ursprünglichen Gefälle des Wasserlaufes ab und wird bei schwachem Gefälle größer sein, wie bei starkem.

Die Wirkung einer Stauanlage ist ferner eine sehr verschiedene, je nachdem der Aufstau dauernd oder vorübergehend, d. h. je nachdem ein festes oder ein bewegliches Wehr vorhanden ist.

Ein Übelstand der *festen* Wehre beruht in der dauernden Einschränkung des Flußprofils für sämtliche Wasserstände, sodafs auch

das Hochwasser noch erhöht wird, falls nicht gleich bei der Anlage auf eine Verbreiterung des Hochwasserprofils sowohl in der Wehranlage selbst wie auf der oberhalb anschließenden Flußstrecke Bedacht genommen ist. Ein fernerer Übelstand wird durch die Ansammlung der Sinkstoffe vor dem Wehrrücken hervorgerufen. Die hierdurch entstehende Erhöhung der Sohle muß eine weitere Hebung des Spiegels zur Folge haben. Obwohl diese Wirkung, besonders wenn der Wasserlauf nur feinere Sinkstoffe mit sich führt, durch die bei Hochwasser vermehrte Sohlengeschwindigkeit

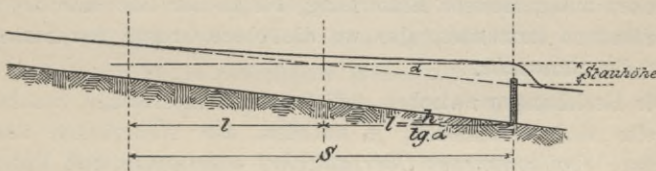


Fig. 209.

teilweise wieder beseitigt wird, so empfiehlt es sich doch, bei der Untersuchung der von dem Wehre zu erwartenden Einflüsse stets von der Annahme auszugehen, daß die Sohle oberhalb des Wehres bis zu einer durch die Wehrkrone gezogenen Horizontalen gehoben wird. Durch Grundablässe im Wehre, welche bei Hochwasser geöffnet werden, wird sowohl der Hochwasserspiegel gesenkt, als auch das Bett oberhalb des Wehres geräumt.

Die *beweglichen* Wehre sind sowohl in der Anlage, wie in der Unterhaltung und Bedienung erheblich kostspieliger. Besonders die

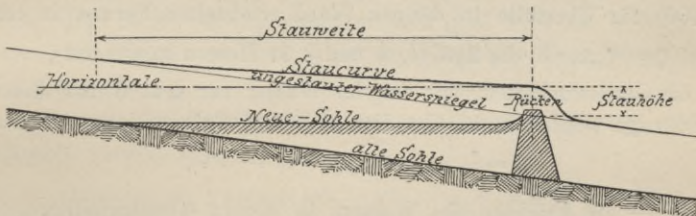


Fig. 210.

Schwierigkeit der rechtzeitigen Bedienung bei Hochwasser schließt oft ihre Verwendung im Gebirgs- und Hügellande, wo starke Hochwasser unvorhergesehen eintreten können, von vornherein aus.

## § 54.

**Anordnung und Konstruktion der Wehre.** Bei jeder Stauanlage (Fig. 210) unterscheidet man ganz allgemein folgendes: Der oberste Teil des eigentlichen *Wehrkörpers* ist der *Rücken* oder die *Krone*. Eine ober-

halb der Rückenwand anschließende Fläche wird der *Vorboden*, eine unterhalb belegene der *Hinter- oder Abfallboden* genannt. Die durch die Seitenwände, die *Wangen*, begrenzte *Länge* des Rückens ist die *Breite des Wehres*. Oberhalb des Wehres liegt das *Oberwasser*, unterhalb das *Unterwasser*; die Höhendifferenz beider ist die *Stauhöhe*; dieselbe ist jedoch mit Rücksicht auf die Senkung des Wassers über dem Wehrrücken und auf die Wellenbewegung im Unterwasser stets zwischen zwei Punkten zu messen, die mehrere Meter vom Rücken entfernt liegen. Die horizontal vom Rücken aus gemessene Entfernung, bis zu der eine meßbare Hebung des Oberwassers stattfindet, also wo die obere Grenze des *Stauspiegels* liegt, ist die *Stauweite*.

Die Beziehungen zwischen abfließender Wassermenge, Stauhöhe und Wehrbreite sind verschieden, je nachdem der Wehrrücken *über* dem Unterwasser (*vollkommenes Überfallwehr*) oder *unter* dem Unterwasser (*unvollkommenes Überfallwehr, Grundwehr*) liegt.

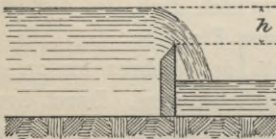


Fig. 211.

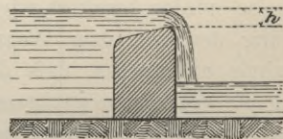


Fig. 212.

Bei einem vollkommenen Überfallwehr (Fig. 211) bestimmt sich die sekundlich abfließende Wassermenge  $Q$  nach der in der Hydrodynamik (Teil I, Seite 400) für Überfälle in dünner Wand ermittelten Formel in cbm zu

$$Q = \frac{2}{3} \mu_1 \cdot b \cdot h \sqrt{2gh} \quad (b, h \text{ und } g \text{ in Metern genommen}),$$

sofern die Geschwindigkeit, mit der das Wasser vor dem Wehre ankommt, vernachlässigt werden kann. Ist dies nicht der Fall, so lautet die Formel

$$Q = \frac{2}{3} \mu_1 b \sqrt{2g} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}],$$

wenn  $k = \frac{v^2}{2g}$  die Fallhöhe des Wassers in Metern (Geschwindigkeitshöhe)

angibt, welche notwendig ist, um die Geschwindigkeit  $v$  des vor dem Wehre ankommenden Wassers zu erzeugen. Der Koeffizient  $\mu_1$  ist von der Gestaltung des Wehrrückens abhängig. Für Wehre mit ansteigender Krone und abgerundeter Kante (Fig. 212) ist durchschnittlich  $\mu_1 = 0,83$  und  $\frac{2}{3} \mu_1 = 0,55$ . Wenn der Wehrrücken sehr breit und horizontal angelegt ist, so findet über ihm eine wesentliche Senkung des Wasserspiegels statt (Fig. 213).

Es ist dann der Koeffizient  $\frac{2}{3} \mu_1 = 0,53$  und für  $h$  der Wert  $e = \frac{2}{3} (h+k)$  zu setzen.



Eine der drei Größen  $Q$ ,  $b$  und  $h$  der vorstehenden Gleichungen wird in jedem Falle bekannt sein; die beiden anderen werden durch probeweises Einsetzen verschiedener Werte für eine Unbekannte ermittelt. Hierbei ist darauf zu achten, daß  $h$  nicht größer als die gesamte Stauhöhe wird, da dann kein vollkommenes Überfallwehr, sondern ein Grundwehr vorliegen würde, für welches sich die Formeln ändern.

Bei einem Grundwehr (Fig. 214) hat man sich die Durchflußöffnung in 2 Teile zerlegt zu denken, von denen der obere als vollkommener Überfall, der untere als Ausflußöffnung unter Wasser mit der konstanten Druckhöhe  $h$  betrachtet wird (siehe Hydrodynamik, Teil I, S. 397).

Die in der Sekunde abfließende Wassermenge ergibt sich alsdann zu

$$Q = \frac{2}{3}\mu_1 b \cdot h \sqrt{2gh} + \mu_2 b \cdot a \sqrt{2gh},$$

wenn  $h$  die Stauhöhe und  $a$  die Tiefe der Wehrkrone unter dem Unterwasser in Metern angeben und die Geschwindigkeit des vor dem Wehre ankommenden Wassers vernachlässigt werden kann.

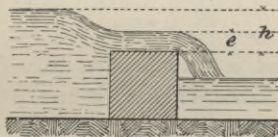


Fig. 213.

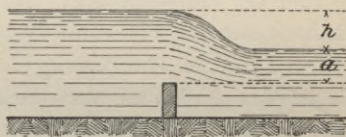


Fig. 214.

Der Koeffizient  $\frac{2}{3}\mu_1$  kann wiederum zu 0,55 genommen werden, während der Wert für  $\mu_2$  zwischen 0,62 und 0,83 zu wählen ist, je nachdem die Wehrkrone hoch über der Flußsohle liegt oder sich derselben nähert.

Kann die Geschwindigkeit  $v$  des ankommenden Wassers nicht vernachlässigt werden, so ist

$$Q = \frac{2}{3}\mu_1 b \sqrt{2g} [(h+k)^{3/2} - k^{3/2}] + \mu_2 b \cdot a \sqrt{2g} \sqrt{h+k},$$

wenn wiederum  $k = \frac{v^2}{2g}$ .

Auch bei den Schützwehren, wo der Ausfluß unterhalb des Oberwasserspiegels aus einer allseitig umschlossenen Öffnung stattfindet, ändert sich die Ausflußmenge je nach der Höhenlage der Ausflußöffnung zum Unterwasser.

Liegt die Unterkante der Schützöffnung über dem Unterwasser (Fig. 215), so ist

$$Q = \frac{2}{3}\mu b \sqrt{2g} [(h_1+k)^{3/2} - (h_0+k)^{3/2}];$$

liegt die Schützöffnung mit der Unterkante unter, mit der Oberkante über Unterwasser (Fig. 216), so ist

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [(h_1 + k)^{3/2} - (h_0 + k)^{3/2}] + \mu \cdot b \cdot a \sqrt{2g} \sqrt{h_1 + k};$$

liegt die ganze Schützöffnung unter Unterwasser (Fig. 217), so ist

$$Q = \mu b a \sqrt{2g} \sqrt{h + k}.$$

In diesen drei Formeln bedeutet  $b$  die Breite der (rechteckigen) Schützöffnung und wiederum  $k = \frac{v^2}{2g}$ . Bei Schützöffnungen, deren Unter-

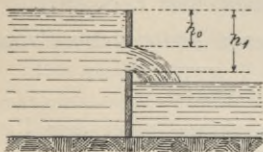


Fig. 215.

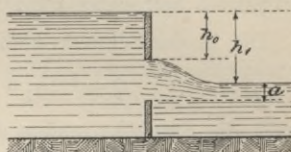


Fig. 216.

kante über der Flußsohle liegt, ist  $\mu = 0,62$ , bei solchen, deren Unterkante gleich hoch mit der Flußsohle liegt, ist  $\mu = 0,65$  bis  $0,70$  zu setzen.

Die *bauliche Anordnung* der Wehre ist je nach Zweck, Höhe und Zeitdauer des Aufstaues verschieden. Die *festen Wehre* können, wie bereits erwähnt, entweder vollkommene Wehre oder Grundwehre sein, wobei jedoch zu beachten ist, daß bei höherem Unterwasserstande ein vollkommenes Wehr zu einem Grundwehr werden kann. Wird neben einem festen Wehr ein bewegliches angeordnet, dessen Schützunterkante annähernd in der Höhe der Sohle des Unterwassers liegt, so wird dasselbe gewöhnlich als Grundablaß oder Grundschleuse bezeichnet.

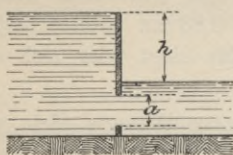


Fig. 217.

Die *beweglichen Wehre* werden nach der Art ihres Verschlusses unterschieden. Als Verschlussvorrichtungen kommen in Betracht:

Einzelne Bohlen oder Balken, Schütztafeln, einzelne vertikal stehende sog. Nadeln

und um — meist horizontale — Achsen drehbare Klappen.

Die drehbaren Klappen finden vornehmlich bei den sog. selbstwirkenden Wehren Anwendung, bei denen das Öffnen und Schließen teilweise oder ganz selbsttätig durch das Wasser erfolgt.

Die Anordnung eines beweglichen Wehres auf dem Rücken eines festen Wehres wird dann gerechtfertigt sein, wenn durch das feste Wehr der zu tief liegende Wasserspiegel (und damit der Grundwasserstand) bei allen Wasserständen gehoben, während durch das geöffnete, bewegliche Wehr dem Hochwasser ein genügend großes Durchflußprofil gewährt werden soll.

## § 55.

**Feste Wehre.** Die Konstruktion richtet sich nach dem zur Verfügung stehenden Material. Es muß gerade bei der Anlage von Wehrbauten zu Meliorationszwecken die ortsübliche Bauweise in erster Linie in Frage kommen und mit Rücksicht auf die Gewandtheit der Bewohner in der Herstellung und vornehmlich in der Unterhaltung einer bestimmten Art von Bauwerken im wirtschaftlichen Interesse oft eine Ausführung gewählt werden, die vielleicht an und für sich weniger zweckmäÙig und vorteilhaft ist.

Die Wehranlage selbst erfolgt am besten normal zur Richtung des Wasserlaufes, um eine Zerstörung der Ufer durch das überströmende Wasser zu verhindern. Aus demselben Grunde ist es vorteilhaft, eine stromauf gekrümmte Grundrißform zu wählen (Fig. 218) und den Wehrrücken in der Mitte etwas niedriger als an den Enden zu halten.

Im Unterwasser jedes Wehres machen sich starke Rückströmungen bemerkbar, durch welche Sohle und Ufer angegriffen und bei ungenügender

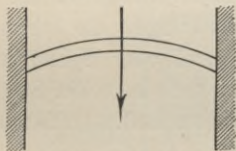


Fig. 218.

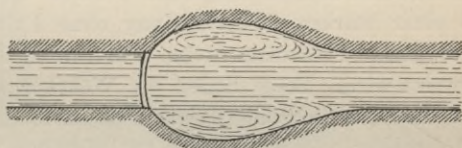


Fig. 219.

Befestigung zerstört werden. Der Abfallboden wie auch das anschließende Sturzbett sind daher besonders stark und letzteres auf eine ausreichende Länge zu befestigen.

Der Angriff auf die Ufer wird gemildert, wenn man unterhalb des Wehres von vornherein eine birnensörmige Erweiterung des Bettes, den sog. Sturzkolk, herstellt (Fig. 219).

Bei allen Wehren, mit Ausnahme der auf Felsboden fundierten oder der aus Faschinen und Steinen hergestellten Grundwehre, ist zur Vermeidung von Unterspülungen die Anwendung genügend tief reichender, dichter Bohlwände oder besser Spundwände erforderlich, deren Enden beiderseits noch etwas über die Uferböschung hinaus in das feste Land hineinreichen. Ebenso müssen die Enden des Wehrrückens in die stark zu befestigenden Ufer eingebaut werden, wenn der Wehrkörper nicht durch besondere Wangen, die am besten massiv hergestellt werden, begrenzt wird.

Nach dem Material unterscheidet man

- Faschinen-Wehre,
- hölzerne Wehre,
- massive Wehre.

1. *Faschinenwehre*. Die Faschinenwehre werden genau wie die Packwerksbauten aus einzelnen, durch übergenagelte Würste zusammengehaltenen Faschinen oder Buschlagen, die durch Gerölle oder schweren Kies beschwert sind, hergestellt. Das Wehr erhält einen dreieckigen Querschnitt (Fig. 220), der am einfachsten dadurch erzielt wird, daß man jede Lage stromauf stärker als stromab herstellt. Auf dem Wehrrücken wird durch Flechtzäune, welche sich in Entfernungen von etwa 1,0 m rechtwinklig schneiden,

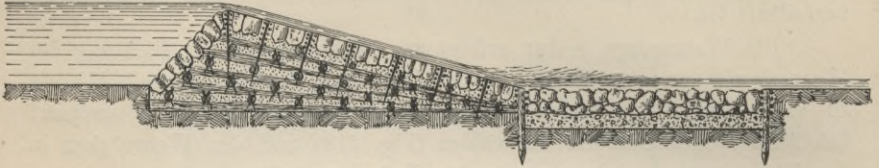


Fig. 220.

ein Netz geschaffen, dessen Felder mit einem Pflaster aus möglichst großen und schweren Steinen ausgefüllt werden. Das Sturzbett besteht am besten aus einer starken Steinschüttung ohne Faschinenunterlage, die stromab durch einen Flechtzaun, eine Pfahlwand, Bohlenwand oder Spundwand begrenzt wird. Beide Enden des Wehrkörpers sind stets in voller Stärke über die eigentliche Uferlinie hinaus in den gewachsenen Boden einzubauen und die Ufer selbst sorgfältig zu befestigen.



Fig. 221.

2. *Hölzerne Wehre*. In kleinen Wasserläufen und bei geringen Stauhöhen genügen oft schon Flechtzäune, Pfahlreihen und Bohlen- oder Spundwände nach Art der Abstürze, welche im Grunde genommen auch nichts anderes als Grundwehre sind. Das Sturzbett wird durch Steinschüttungen oder Senkfaschinen oder, wenn die überstürzende Wassermenge bedeutender ist, durch einen aus Schwellwerk und Bohlen hergestellten Abfallboden gesichert (Fig. 221 und 222). Für gröfsere Stauhöhen werden die Wehre aus mehreren parallelen Wänden zusammengesetzt, durch dazwischen geschlagene Pfahlreihen verstärkt und durch eine Ausfüllung mit Lehm oder Tonschlag gedichtet (Fig. 223).

Ist eine vollständige Dichtigkeit nicht erforderlich, so verwendet man auch Steinpackungen zur Ausfüllung (Fig. 224). Bei allen diesen Kon-

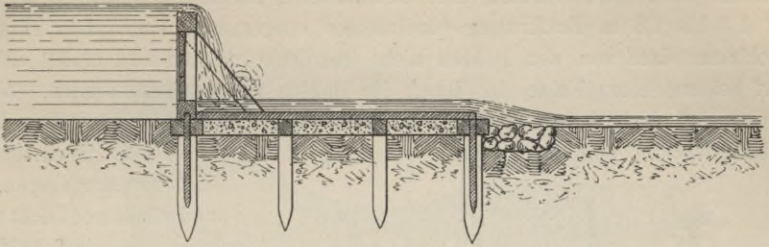


Fig. 222.

struktionen findet ein senkrechter Absturz des Wassers statt im Gegensatz zu den Wehren mit schrägen Abfallböden, bei denen das Wasser nur mit erhöhter Geschwindigkeit über den Wehrkörper fließt.

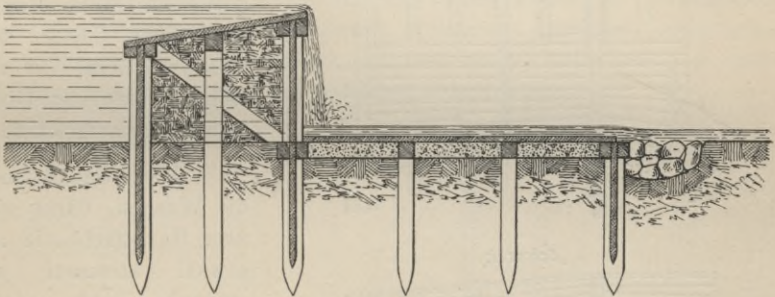


Fig. 223.

Ein Holzwehr mit geneigtem Abfallboden (Fig. 225) besteht aus drei parallelen Wänden, von denen die mittlere (die Hauptpundwand) den

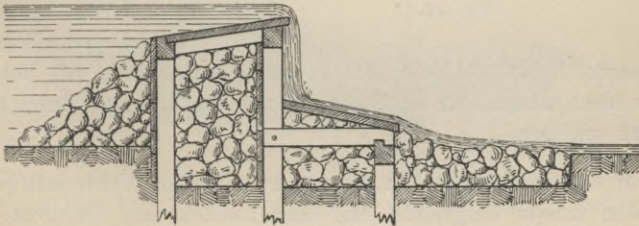


Fig. 224.

Hauptfachbaum *a*, die beiden äußeren die Nebenfachbäume *b* tragen. Zwischen diesen Wänden befinden sich zwei geneigte Böden, der Vorboden

und der Abschufsboden, welche aus 8 bis 10 cm starken Bohlen hergestellt sind, die in Abständen von 1,25 m durch den Fachbäumen parallele Grundbalken unterstützt werden. Die Grundbalken ruhen auf Pfählen, welche in 1,5 bis 1,8 m Entfernung voneinander eingerammt sind. Der Hauptfachbaum darf von den Bohlen nicht überdeckt werden und erhält daher auf beiden Seiten Falze, in denen die Bohlen festgenagelt werden. Vorboden und Abfallboden werden mit Lehm oder Tonschlag ausgefüllt. Der Abschufsboden soll mit seinem untersten Rande unter dem niedrigsten

Unterwasser liegen.

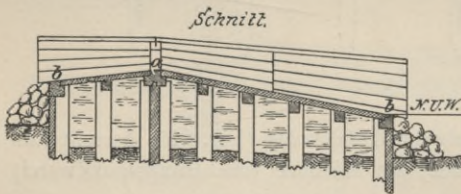
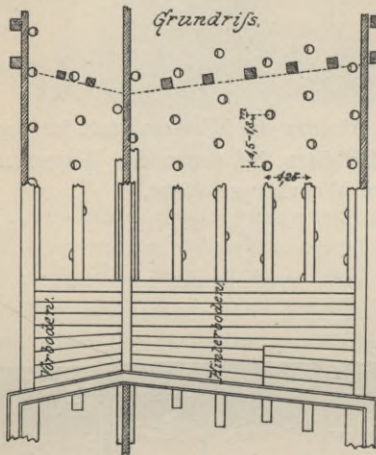


Fig. 225.

sind einfache Bohlwerke, die jedoch auf beiden Seiten mit Bohlen verkleidet werden müssen, um die Stiele gegen Beschädigungen durch treibende Körper zu schützen.

Sehr oft werden die Wangen dieser hölzernen Wehre mit geneigtem Abfallboden massiv hergestellt und dann meistens auf Pfahlrost fundiert, welcher stets horizontal und so tief liegt, daß er immer unter dem niedrigsten Unterwasser bleibt. Fachbäume und Spundwände gehen durch das Mauerwerk hindurch, während die Grundbalken stumpf gegen die Wangen gestossen werden.

Spundwände und Dichtung müssen in die beiderseitigen Ufer hineinreichen, um auch dort ein Durchquellen des Wassers zu verhindern. Hierbei läßt man den im Ufer stehenden Teil der Hauptspundwand höher und zwar möglichst bis zur Höhe des höchsten Oberwassers hinaufreichen.

Die Seitenwände, die Wangen, öffnen sich vom Hauptfachbaum aus sowohl stromauf wie stromab unter einem Winkel von 15 bis 20° und werden in der Richtung der Nebenfachbäume durch Flügel, die normal zum Ufer stehen, begrenzt. Die hölzernen Seitenwände

Die Bohlenverkleidung des Vor- und Abfallbodens kann auch durch Pflaster ersetzt werden. Die Grundbalken liegen dann bündig mit der Pflasteroberkante.

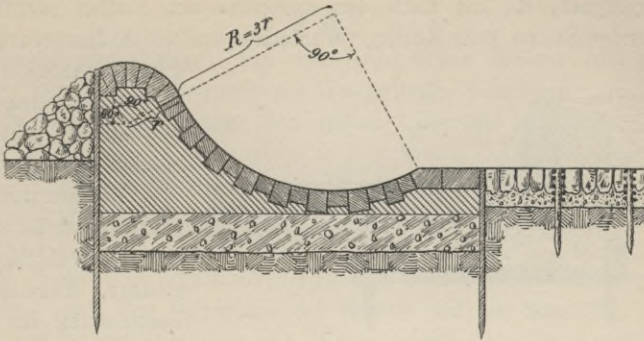


Fig. 226.

**3. Massive Wehre.** Auch hier sind Konstruktionen zu unterscheiden, welche das Wasser, wie die hölzernen Wehre mit geneigtem Abfallboden, mit zunehmender Geschwindigkeit abfließen lassen, und solche, bei denen das Wasser senkrecht auf den Abfallboden herabstürzt.

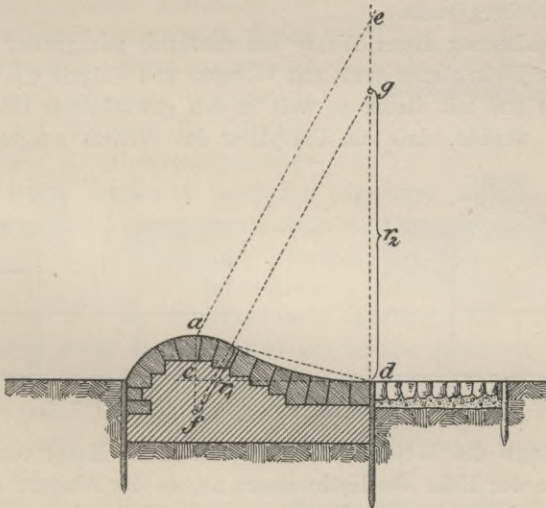


Fig. 227.

Für den ersteren Fall kann der Querschnitt des Wehrkörpers nach Fig. 226 hergestellt werden. Eine andere Gestaltung zeigt Fig. 227. Es ist hier  $cd = (2\frac{1}{2} \text{ bis } 4) \cdot ac$ ,  $r_1 = af$ , ein Radius, der gerade so groß zu wählen ist, daß die Steine der Krone noch eine feste und sichere Lagerung

erhalten; macht man nun  $\sphericalangle ead = \sphericalangle eda$  und  $fg \parallel ae$ , so sind  $r_1$  und  $r_2$  ( $dg$ ) die Radien für die Wehrkurve.

Beide Formen sind jedoch zur Ausführung für Meliorationsanlagen wenig geeignet, da die nach den verschiedenen Radien sorgfältig zu bearbeitenden Steine hohe Kosten verursachen und die Aufmauerung ein geschultes Arbeiterpersonal voraussetzt, wie es für gewöhnlich nicht vorhanden sein wird.

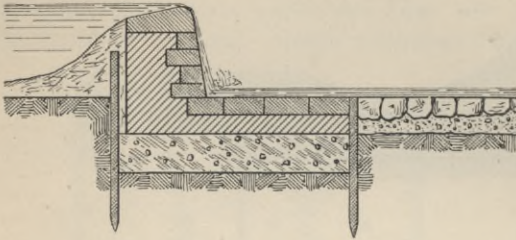


Fig. 228.

Billiger und leichter herzustellen ist ein Wehr mit senkrechtem Wasserabsturz. Bereits bei der Bestimmung der über ein Wehr fließenden Wassermenge ist darauf hinge-

wiesen, daß die Wehrkrone zweckmäÙig mit der Stromrichtung steigend und mit abgerundeter Kante herzustellen ist, um die Kontraktion des Wassers über dem Wehrrücken möglichst zu vermindern (Fig. 228). Die stromabwärts gerichtete Fläche des Wehrrückens wird meist in der Neigung 1 : 10 hergestellt.

Die Fundierung dieser Wehre hat natürlich mit großer Vorsicht zu erfolgen. Der Wehrkörper muß mit Wangen und Flügeln ein einheitliches Ganzes bilden und mit diesen so weit in den gewachsenen Boden der Ufer hineingeführt werden, daß ein Umspülen des Wehres ausgeschlossen ist.

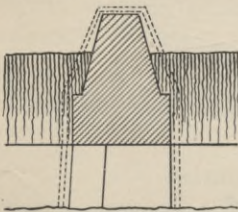


Fig. 229.

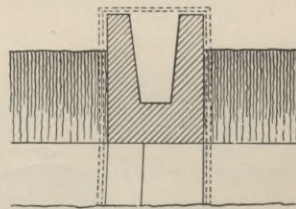


Fig. 230.

Die Länge des Wehres in der Flußrichtung hängt von der Wehrhöhe und von der Höhe des Hochwassers ab, da der Absturz der obersten Schichten des letzteren für die Länge des Abfallbodens, wie bei den Kaskaden, bestimmend ist.

Wenn möglich, sind Wangen und Flügel stets als eine einzige starke Mauer, gewissermaßen als Verlängerung des Wehrkörpers, herzustellen (Fig. 229). Eine derartige Anordnung ist nicht allein an sich wesentlich billiger, sondern bietet, vornehmlich bei kleineren Verhältnissen, auch eine



größere Sicherheit, wie etwa eine Grundriffsform nach Fig. 230. Flügel nach letzterer Form sind der Zerstörung durch Frost infolge Erstarrens der durchtränkten Hinterfüllungserde leicht ausgesetzt.

### § 56.

**Bewegliche Wehre.** Bei den beweglichen Wehren, die ebenfalls am besten normal zur Richtung des Wasserlaufes anzulegen sind, hat man zwei Teile zu unterscheiden: den festen Unterbau und die bewegliche Verschlussvorrichtung.

Die Unterbaue (Böden) werden im allgemeinen genau wie die festen Wehre zu konstruieren sein und in ebenderselben Weise gegen Unterspülung und Umspülung geschützt.

Die Wahl der Verschlussvorrichtung richtet sich sowohl nach der Wehrbreite, nach der Höhenlage des Bodens und der Stauhöhe, als nach der zum Öffnen und Schließen des Wehres verfügbaren Zeit und Arbeitskraft. Letztere Rücksicht wird bei breiteren Wehren meist die Zerlegung in eine Anzahl kleinerer Öffnungen durch Zwischenkonstruktionen verlangen.

Sind diese Zwischenkonstruktionen fest mit dem Unterbau verbunden, so führen sie die Namen *Griespfeiler*, *Gries säule*, *Griespfosten*. Wenn dagegen zur Abführung von Hochwasser, besonders in Verbindung mit Eisgang, die zeitweise Entfernung der Zwischenkonstruktionen

erforderlich ist, so werden sie beweglich angeordnet und *Losständer* oder *Setzpfosten* genannt. Die Beanspruchung einer derartigen Zwischenkonstruktion ist (Fig. 231) von ihrer Stützlänge  $AB = l$ , von dem horizontalen Abstand  $b$  von Mitte zu Mitte der beiderseitigen Schütztafeln (oder sonstigen Verschlussmittel) und von der Stauhöhe  $h$  abhängig. Da der Wasserdruck an jeder Stelle gleich dem senkrecht zur Fläche gerichteten Druck einer Wassersäule von der Höhe der Druckhöhe ist, so stellt sich die Belastung des Ständers (siehe Hydrostatik, Teil I, Seite 391) von der Sohle bis zum Unterwasserspiegel als Rechteck und von da bis zum Oberwasserspiegel als Dreieck dar.

Werden alle Abmessungen in Metern ausgedrückt, so ist der auf den Ständer wirkende Wasserdruck in Kilogrammen:

$$D = \frac{1000 \cdot b \cdot h^2}{2} + 1000 \cdot b \cdot a \cdot h = 500 bh (2a + h);$$

die Auflagerdrücke sind in Kilogrammen:

$$B = \frac{1000 b \cdot h}{6 l} (3a [a + h] + h^2) \text{ und } A = D - B.$$

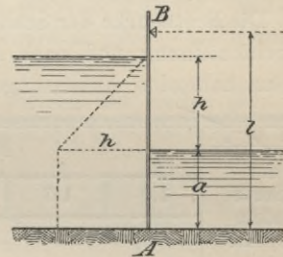


Fig. 231.

Die Berechnung der zum Aufziehen der Verschlussvorrichtungen erforderlichen Kraft ist in der Hydrostatik (Teil I, Seite 392) behandelt.

Menschenkraft, an einfachen Handgriffen (Fig. 232) direkt wirkend, genügt meistens nur bei ganz kleinen Abmessungen der Verschluss-  
(Schütze) und unbedeutender Stauhöhe.

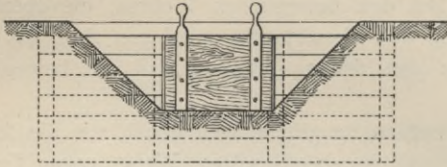


Fig. 232.

Die Schützen werden gewöhnlich aus einzelnen Brettern oder Bohlen hergestellt, die mit glatt gehobelten Kanten stumpf gegeneinander gestoßen und durch übergenagelte Leisten zusammengehalten werden. Nur bei größeren Ausführungen kommen Schütztafeln aus Eisen zur Anwendung.

Die Brettstärke der Schütztafeln richtet sich natürlich nach der Breite der Schützöffnung und nach der Höhe des Staues. Für Kiefernholz sind die einzuhaltenden Abmessungen aus folgender Tabelle zu entnehmen:

Holzstärke der Schütz- tafeln in cm:	Breite der Schütztafeln in m:						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Zulässige Stauhöhe in m:						
3	0,85	0,45	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
4	1,40	0,70	0,45	0,30	0,25	0,20	0,15
5	2,10	1,00	0,60	0,45	0,35	0,25	0,20
6	3,00	1,40	0,85	0,60	0,45	0,35	0,30
7,5	4,60	2,10	1,25	0,85	0,60	0,50	0,40
9	6,50	3,00	1,75	1,15	0,85	0,65	0,50
10	—	3,65	2,10	1,40	1,00	0,75	0,60
11	—	4,40	2,30	1,65	1,10	0,85	0,70
12	—	—	2,50	1,95	1,40	1,05	0,80

Bestehen die Schütztafeln aus Eichenholz, so kann die Brettstärke um  $\frac{1}{4}$  vermindert werden.

Die Höhe der Schütztafeln ist bei gegebener Breite so zu bemessen, daß die Bewegung leicht und sicher mit der zur Verfügung stehenden Kraft bewirkt werden kann.

Sehr praktisch und daher auch sehr verbreitet ist für kleinere Verhältnisse die in Fig. 233 dargestellte Aufzugsvorrichtung. Der zur Bewegung der Schütztafel dienende einarmige Hebel ist an dem einen Ende

scharnierartig befestigt. Sowohl das Aufziehen wie das Herabdrücken erfolgt durch den Druck des Hebels gegen einen Bolzen, der über bzw. unter den Hebel in die entsprechenden Löcher der Tafelstange gesteckt wird.

Auch in Eisen ist dies Prinzip vielfach zur Ausführung gekommen. Alsdann gibt man dem Hebel einen zweiten Arm (Fig. 234), sodafs mit

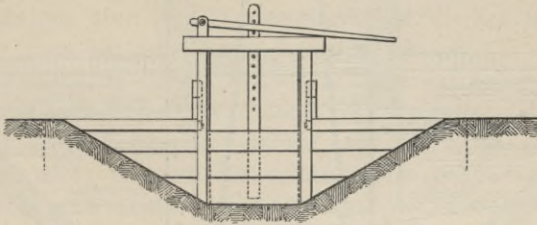


Fig. 233.

jeder Bewegung ein Arm des Hebels gegen einen bald rechts, bald links von dem Drehpunkt in ein Loch der gabelförmig gestalteten Zugstange gesteckten Dorn drückt und somit die Tafel hochhebt.

Bei größerem Wasserdruck werden Walzen mit Ketten (Fig. 235) verwendet. Die Walzen werden aus hartem Holz, 0,15 bis 0,25 m stark, angefertigt und in der Mitte mit Löchern zum Einsetzen der Hebel versehen. Diese Löcher müssen so angeordnet sein, daß das Einsetzen der Hebel bequem von dem Laufstege aus erfolgen kann, ohne daß das Herausziehen des Hebels aus dem vorhergehenden Loche unmöglich ist. Bei schwächeren Walzen wird sich dies nur durch Anordnung von zwei Lochreihen erreichen lassen. Wegen der hierdurch verursachten Schwächung wird die Walze dann gewöhnlich in der Mitte um 10 cm verstärkt. An einem Ende der Walze ist ein Sperrrad angebracht, welches ein selbsttätiges

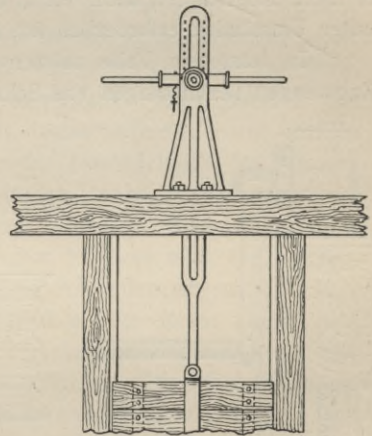


Fig. 234.

Rückdrehen der Walze während des Umsteckens der Hebel verhindert. Die Schütztäfel hängen an zwei Ketten, die durch Haken oder Schrauben an der Walze befestigt sind. Diese Befestigung muß unter Berücksichtigung des Aufwickelns der Ketten auf die Walze so geschehen, daß ein schräger Zug bei langer Kette erfolgt und daß die Ketten während des Aufwickelns allmählich in eine vertikale Richtung übergehen.

Ein Nachteil dieser Vorrichtung liegt darin, daß nur ein Zug, wie er zum Öffnen des Wehres erforderlich ist, ausgeübt werden kann, während

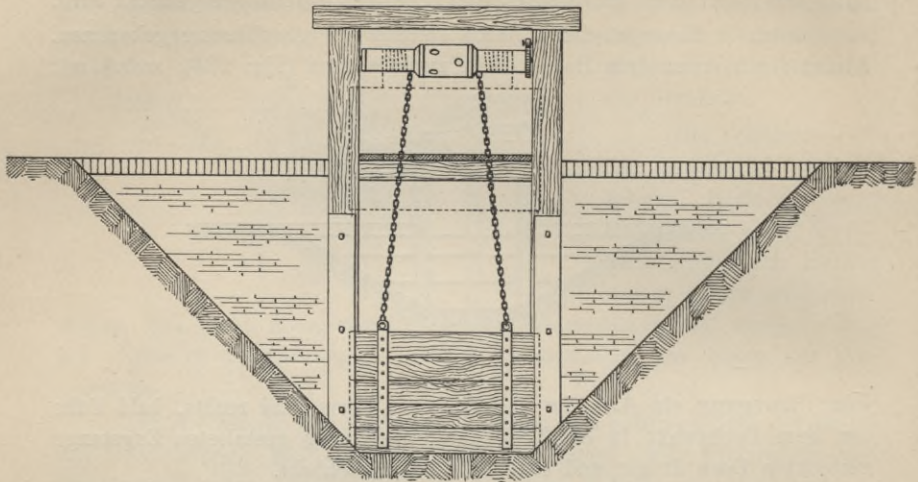


Fig. 235.

es nicht möglich ist, damit einen Druck, der zum Herablassen der Schützen unter Umständen erforderlich ist, auszuüben.

In letzterem Falle müssen stets Aufzugsvorrichtungen mit steifen Zugstangen (Zahnstangen und Schraubenspindeln) verwendet werden. Ihre

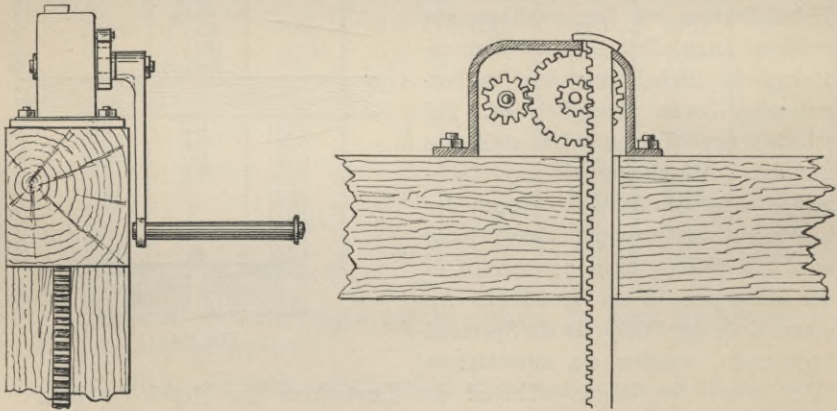


Fig. 236.

Bewegung erfolgt durch eine Zahnrad- oder Schneckenrad-Umsetzung (Fig. 236), die übrigens auch an Stelle der Hebel bei den Walzen zur Anwendung kommen kann.

Müssen bei größeren Stauhöhen zwei oder mehr Schützen übereinanderstehend angeordnet werden, so wird man nur an der obersten Schütztafel eine steife Zugstange anbringen. Die einzelnen Tafeln werden dann durch Ketten, oder besser Bügel, so miteinander verbunden (Fig. 244), daß die zweite Tafel angehoben wird, wenn die erste bereits das Wasser verlassen hat u. s. w. Diese Anordnung verlangt aber eine recht bedeutende Höhe des Laufsteges über dem Wasserspiegel, um die Schützen, wie es erforderlich ist, ganz aus dem Wasser heben zu können.

Bei der Anwendung einer Aufzugsvorrichtung mit Ketten und Walze oder Welle ist diesem Übelstande dadurch zu begegnen, daß man jede der Tafeln mit einem Kettenpaar versieht, das der Reihe nach an der Welle befestigt wird, nachdem die vorhergehende Schütztafel aus dem Wasser gehoben und seitlich abgelegt oder am Griesholm befestigt worden ist (Fig. 245).

Die zweckmäßige Konstruktion des *festen Unterbaues*, der in seinen einzelnen Teilen denselben Anforderungen wie ein festes Wehr zu entsprechen hat, sowie die Gesamtanordnung wird für die vorliegenden Verhältnisse am besten aus den nachfolgenden Beispielen zu entnehmen sein.

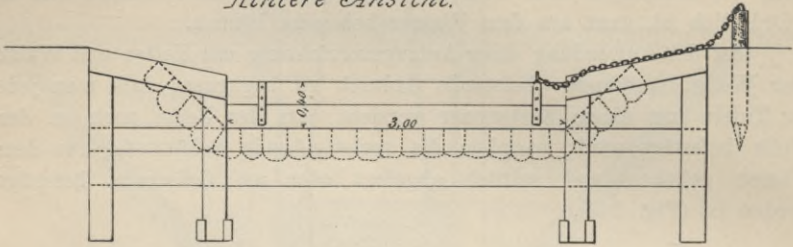
Bei kleineren Verhältnissen, wo es sich darum handelt, das ganze Wasser eines unbedeutenden Baches zeitweise bis zu einer bestimmten Höhe anzustauen und in oberhalb abgehende Bewässerungsgräben zu leiten, genügen die in den Figuren 237 und 238 dargestellten einfachen Stauvorrichtungen aus Holz. — Dieselben werden aus einem Rahmen von schwachen Kanthölzern (Kreuzholz) gebildet, dessen Seitenfelder und unteren Teile mit Brettern zu verkleiden sind, um das Durchdringen des Wassers neben und unter dem Bauwerk zu verhindern, während die eigentliche Stauvorrichtung aus einer oder mehreren hochkant stehenden Bohlen besteht. — Gegen den Druck des angestauten Wassers muß der Rahmen durch Streben, welche sich gegen horizontale Schwellen stützen, gesichert werden. — Das ganze Stauwerk wird auf dem Ufer fertig abgebunden und dann in der ausgehobenen Baugrube vorschriftsmäßig aufgestellt und mit für Wasser undurchlässigem Boden hinterfüllt. — Die Böschungen und Sohle unterhalb, in Wasserläufen mit starkem Gefälle auch oberhalb, sind durch rauhes Pflaster aus möglichst großen und schweren Steinen gegen Ausspülungen zu schützen.

Dieses Pflaster erhält zur größeren Sicherheit einen Abschluß durch einen Flechtzaun (Fig. 237, Seite 178) oder durch eine an Pfählen befestigte Bohle (Fig. 238, Seite 179).

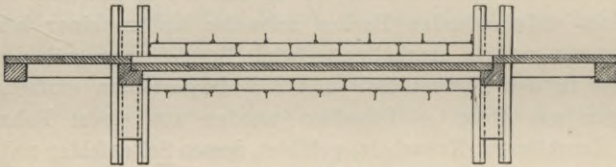
Die Staubohlen werden zweckmäßig mittelst Ketten an dem Rahmen befestigt, da sie das Wasser sonst beim Öffnen des Wehres leicht mit fortreißt.

Auch in etwas größeren Bächen kann diese Art der Herstellung noch gewählt werden, wenn der Boden aus standfestem, mehr oder weniger undurchlässigem Material besteht und das Wasser während der Bauausführung von der Baustelle ferngehalten werden kann, wie dies besonders bei der Neuherstellung von Einlaßschleusen fast ausnahmslos der Fall sein wird.

*Hintere Ansicht.*



*Grundriß.*



*Längenschnitt.*

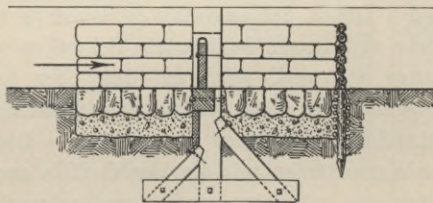


Fig. 237.

Sofern bei diesen die Schütztäfel selbst nicht bis zur Höhe des Hochwassers im Bache reichen, muß der obere Teil der Schützöffnung durch Bohlen abgeschlossen (Fig. 239, Seite 180) und die Streben zweckmäßig bis gegen den oberen Holm geführt werden.

In Fig. 240 (Seite 181) ist eine Stauvorrichtung nach diesem Prinzip mit zwei Durchflußöffnungen zu je 0,70 m Weite und 0,80 m Schützhöhe

dargestellt. — Die eigentliche Stauwand wird auch hier aus einem mit Bohlen verkleideten Rahmen gebildet, der wieder fertig zur Baustelle

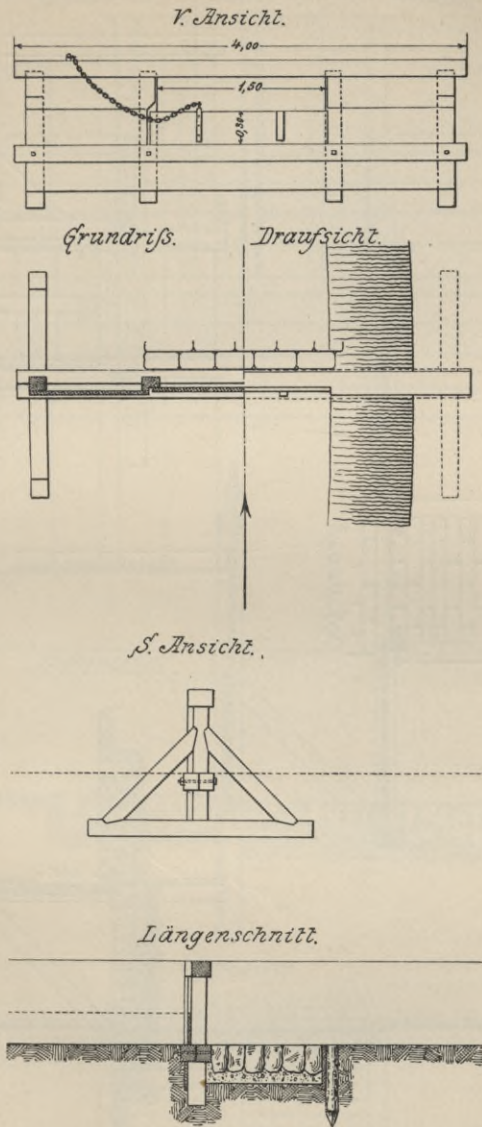


Fig. 238.

angeliefert werden kann. Die Absteifung erfolgt mittelst Streben gegen horizontal in der Längsrichtung des Baches liegende Schwellen, die auf

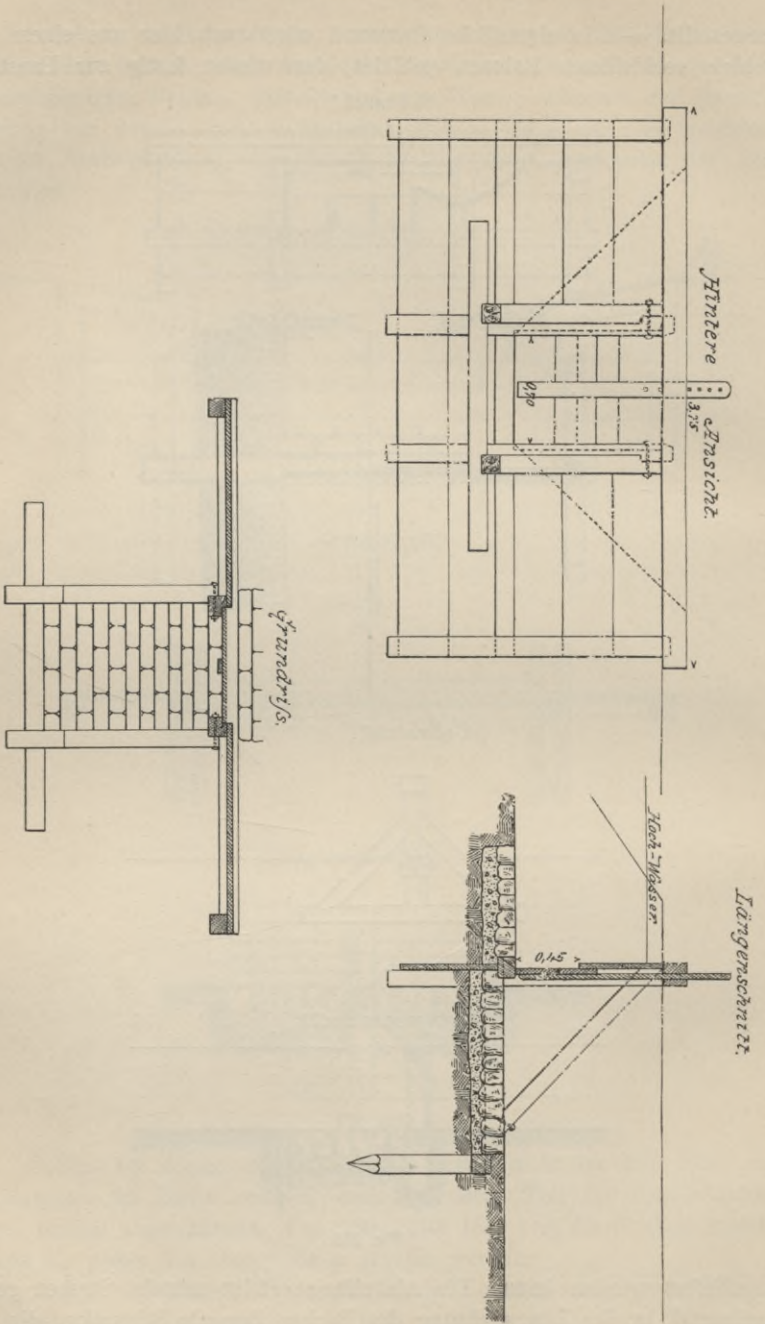


Fig. 289.



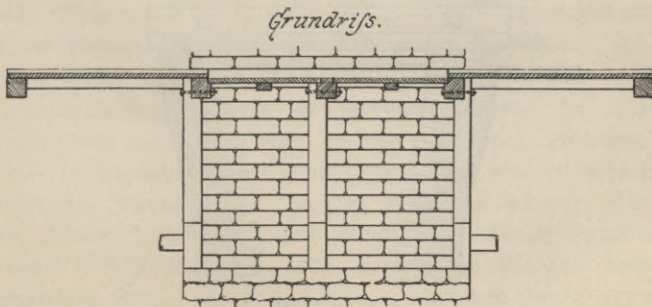
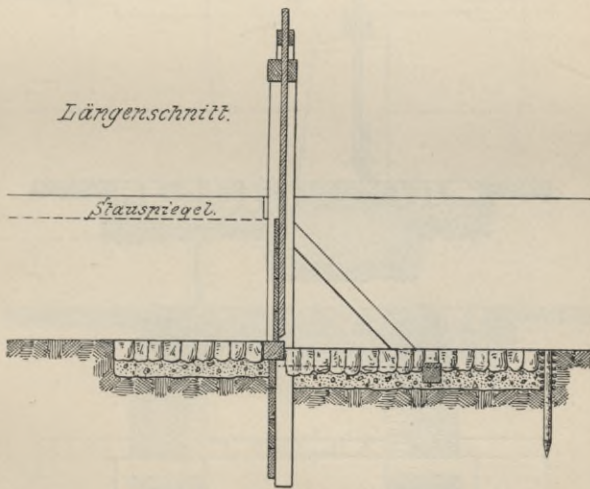
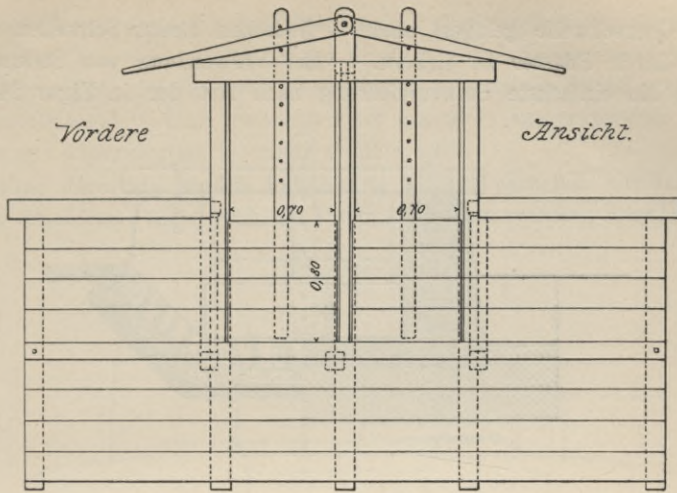


Fig. 240.

einer Querschwelle gelagert sind. — Zwischen diesen Schwellen ist die Sohle durch Pflaster zu sichern. — Bei Verwendung von Steinmaterial würde die einfachste Stauvorrichtung nach Art der in Figur 241 dar-

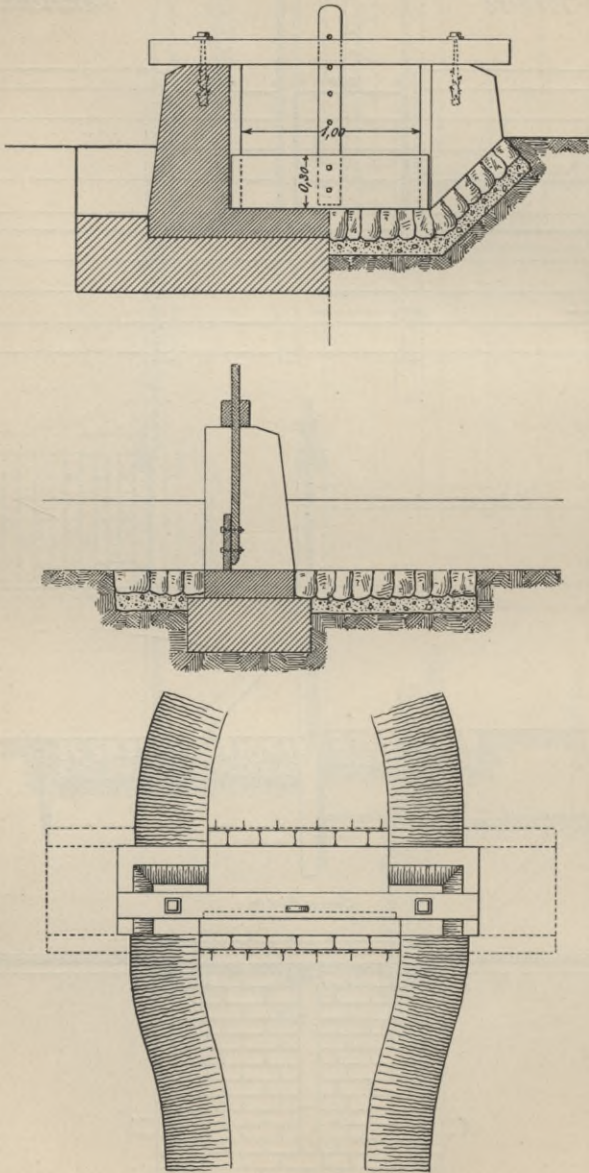


Fig. 241.

gestellten Konstruktion herzustellen sein. Der eigentliche Staukörper besteht hier aus einer genügend tief fundierten und entsprechend weit in die beiderseitigen Böschungen hineingeführten massiven Wand, während das abschließende Schütz zwischen zwei besonders ausgearbeiteten Steinpfosten mit übergelegtem Querholz geführt wird.

Eine derartige direkte Fundierung genügt natürlich nur für ganz geringe Stauhöhen; sonst muß die Fundierung stets zwischen Spundwänden

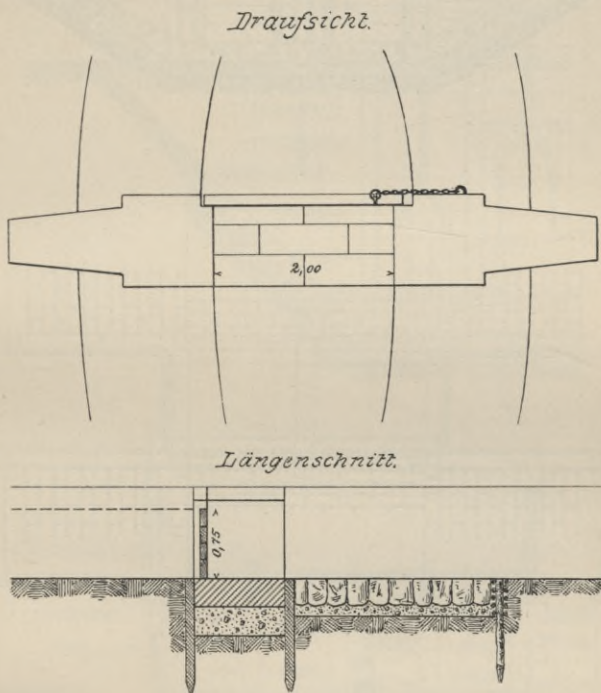


Fig. 242.

(Fig. 242) erfolgen, die allein einen genügenden Schutz gegen das Durchdringen des Wassers unter dem Bauwerk bieten können.

Spundwände treten auch bei den Holzkonstruktionen an die Stelle der Bohlenverkleidung, sobald bei geringer Stauhöhe der Boden stark wasserdurchlässig ist, oder wenn es sich um einen größeren Aufstau handelt. — In letzteren Fällen genügt dann auch eine einfache Bohlwand nicht mehr als Staukörper. — An den Fachbaum schließt sich alsdann der aus Bohlen hergestellte und durch eine zweite Spundwand abgeschlossene Abfallboden (Fig. 243) an und die Wangen bestehen aus bohlwerkartigen Stirn- und Flügelwänden, zwischen denen ein möglichst

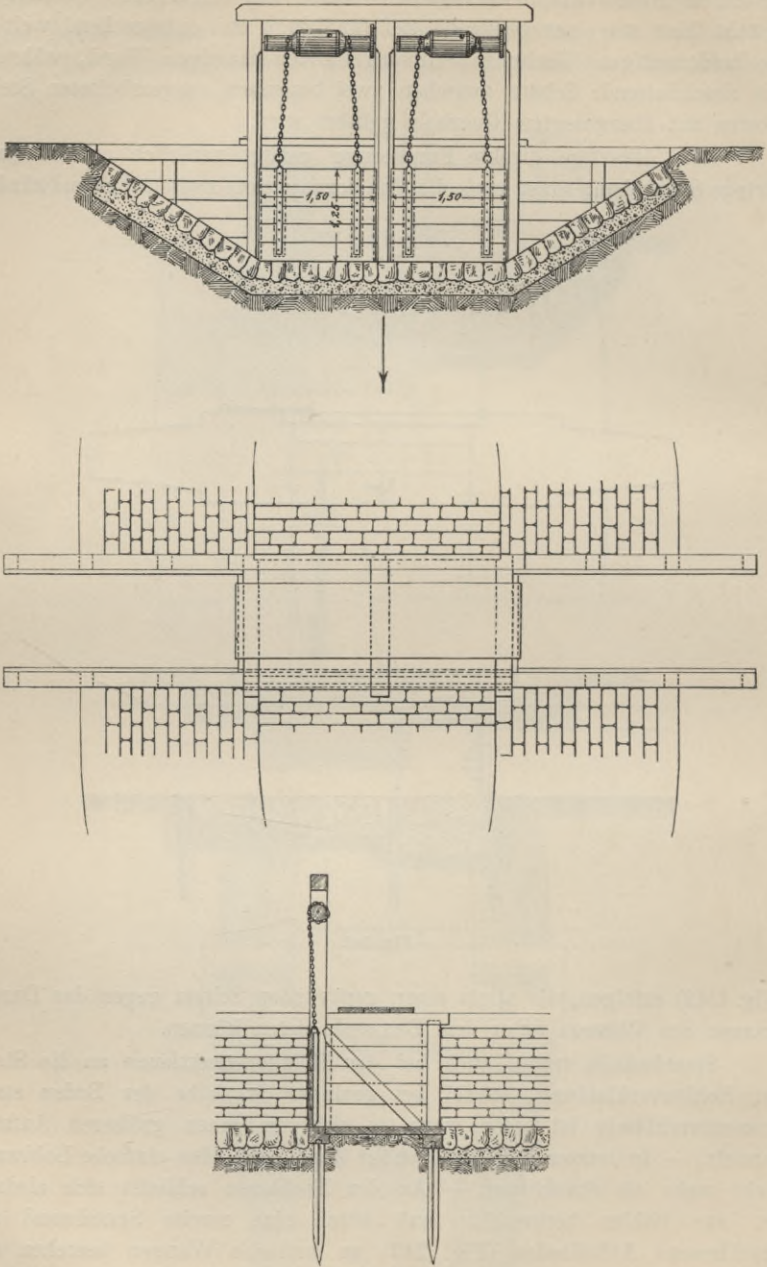


Fig. 243.

wasserundurchlässiges Füllmaterial (am besten Ton) lagenweise eingebracht wird.

Die ober- und unterhalb anschließenden Böschungen und Sohlstrecken sind natürlich durch Pflaster zu schützen.

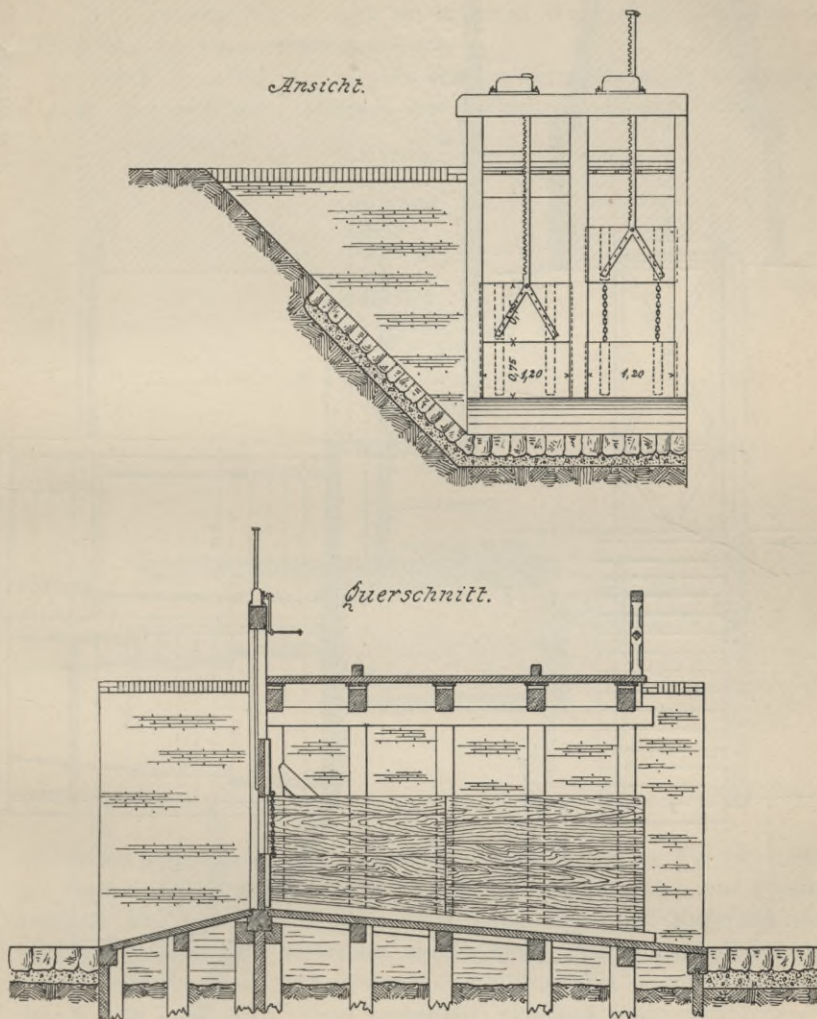


Fig. 244.

Bei größeren Ausführungen findet oft eine Kombination zwischen Massiv- und Holzbau statt, indem die Wangen massiv, der Grundbau und das Grieswerk aber, wie in Fig. 244, in Holz hergestellt werden. —

Schnitt a-b.

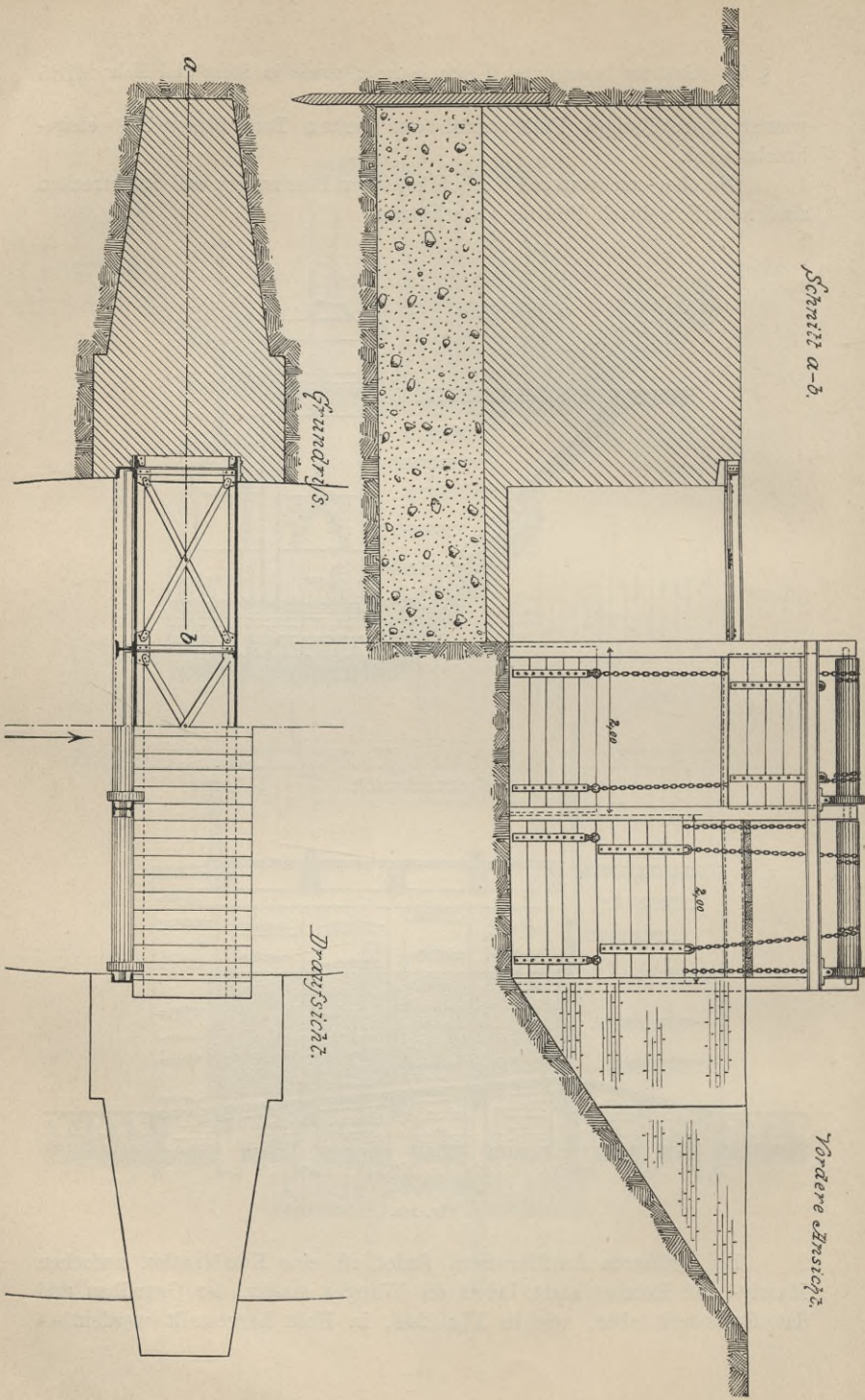


Fig. 245.

Die Hauptspundwand muß in solchen Fällen, wie dies schon auf Seite 170 bei der Besprechung der festen Wehrbauten hervorgehoben ist, durch die Wangen hindurch bis in den gewachsenen Boden der Böschungen geführt werden.

Sehr zweckmäÙig ist auch bei massiven Wangen und Unterbau die Herstellung des Grieswerkes aus Eisen.

Sowohl I- wie C-Eisen haben für die Verwendung als Griespfosten u. s. w. sehr geeignete Profile. — Ihre Verbindung mit dem Unterbau ge-

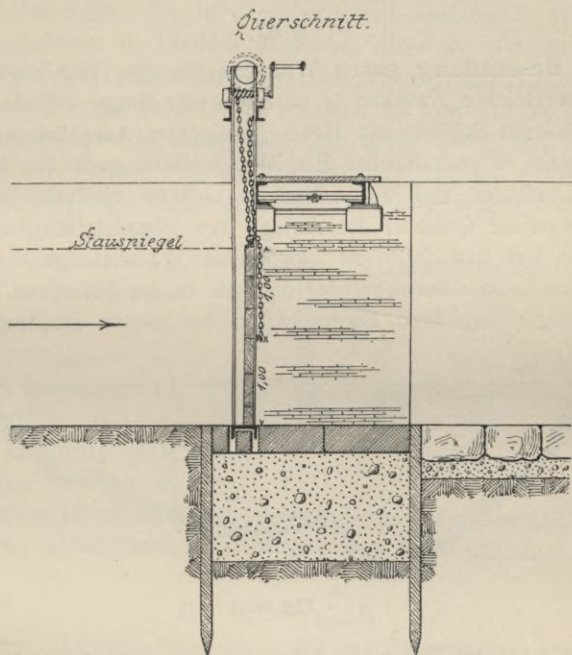


Fig. 246.

schieht am besten durch ein als Fachbaum dienendes C-Eisen (Fig. 245 u. 246), an dem einerseits die einzelnen Pfosten mittelst Schrauben und L-Eisen befestigt sind und welches andererseits durch Anker und Mauerschrauben mit dem Unterbau fest verbunden werden kann. Sehr vorteilhaft wird die obere Verbindung des Grieswerkes — der Griesholm — aus zwei unter den Wellen liegenden C-Eisen hergestellt; dieselben bieten nicht nur eine günstige Auflagerung der Schraubenradumsetzung, sondern gestatten auch, die einzelnen Schütztafeln durch Bolzen nach dem Herauswinden sicher aufzuhängen, sofern, wie in dem dargestellten Beispiel, die übereinander stehenden Schütztafeln einzeln durch dieselbe Welle gehoben werden müssen.

## Kapitel XII.

### Ländliche Wasserleitungen.

#### § 57.

**Die Beschaffung guten Wassers** für den häuslichen Verbrauch und zu gewerblichen Zwecken in ausreichender Menge erfordert nicht nur in den größeren Städten mit ihren gesteigerten Ansprüchen in sanitärer und allgemein wirtschaftlicher Hinsicht, sondern auch für kleinere Ortschaften, Dorflagen und selbst einzelne Gehöfte vielfach die Benutzung entfernt liegender Quellen, die Anlage von Wasserleitungen; — sei es, daß die an Ort und Stelle zu gewinnende Wassermenge den Bedarf an sich nicht zu decken vermag, oder daß die in der Nähe von Wohnstätten oft ungünstigen sanitären Eigenschaften der oberen Bodenschichten das

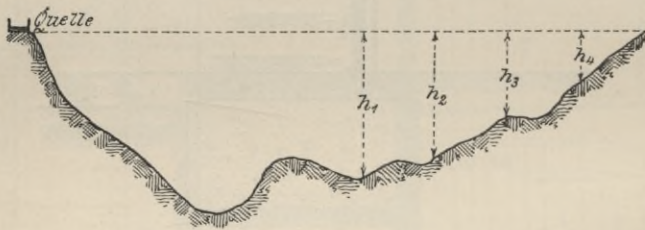


Fig. 247.

Grundwasser daselbst, wenigstens für den Gebrauch durch Menschen und Tiere, ungeeignet machen.

Erwägungen allgemein wirtschaftlicher Natur verlangen für derartige Anlagen von vornherein eine tunlichste Herabminderung des Anlagekapitals und die Vermeidung jeder nennenswerten Betriebskosten.

Für ländliche Wasserleitungen können daher allgemein nur billige Leitungen ohne künstliche Hebung des Wassers in Frage kommen, bei denen also der Druck des natürlichen Gefälles zur Wasserzuführung genügt.

Als Gefälle ist hierbei der zwischen dem Wasserspiegel der Quelle und der jeweiligen Entnahmestelle vorhandene Höhenunterschied  $h$  in Metern zu verstehen (siehe Fig. 247  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  . . .), wobei freilich der im Kapitel III der Hydraulik, Teil I, Seite 407 erwähnte Einfluß von Krümmungen in der Rohrleitung gegebenenfalls zu berücksichtigen sein würde.



Ob oder in welchem Umfange eine Quelle für den beabsichtigten Zweck nutzbar gemacht werden kann, hängt von der Beschaffenheit und der Menge ihres Wassers ab.

### § 58.

**Wassermenge.** Die von einer Quelle in einem bestimmten Zeitabschnitt gelieferte Wassermenge ist am sichersten durch direkte Messungen zu ermitteln. — Durch die Beobachtung der Zeit, welche notwendig ist, um durch die Quelle ein Gefäß von genau bestimmtem Inhalt zu füllen, ist man in der Lage, die in der Zeiteinheit abfließende Wassermenge sicher zu berechnen. — Freilich läßt sich diese an sich zuverlässigste Messungsart nur für verhältnismäßig kleine Wassermengen durchführen. — Sobald größere Mengen in Betracht kommen, ist man auf die Messung an Überfällen angewiesen. — Hierzu muß das Quellwasser zunächst in einen zweckmäßig aus Bohlen hergestellten Behälter geleitet werden, dessen Abmessungen derartige sind, daß das Wasser in ihm vollkommen zur Ruhe gelangt, also beim Abfluß über den in einer der Seitenwände anzubringenden Überfall ohne jede ankommende Geschwindigkeit ist.

Die *horizontal anzu-  
liegende* Überfallkante (Fig. 248) muß möglichst hoch über dem freien Wasserablauf

liegen, um unter allen Umständen einen vollkommenen Überfall zu sichern, die sekundlich abfließende Wassermenge berechnet sich dann nach der Formel

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh},$$

wobei für den Abflusskoeffizienten  $\mu$  die für Überfälle in dünner Wand auf Seite 401 von Teil I in der Hydrodynamik mitgeteilten Werte zu wählen sein würden. Dasselbst ist auch näher ausgeführt, daß auf den Abflusskoeffizienten nicht allein die Höhe und Breite der überfallenden Wasserschicht, sowie das Verhältnis dieser beiden Größen zu einander von Einfluß ist, sondern daß auch der wasserführende Querschnitt im Überfall im Vergleich zu dem des Sammelgefäßes oder der zuführenden Rinne von wesentlichem Einfluß werden kann, insofern dann eine mehr oder weniger vollkommene oder unvollständige Kontraktion eintreten und zu berücksichtigen sein wird. — (Vergl. Teil I, § 59 bis 64 der Hydrodynamik.)

Zu empfehlen ist für derartige Quellenuntersuchungen, dem *Überfall* die ganze *Breite*  $B$  der Zuführungsrinne bzw. des Gefäßes zu geben, also  $b = B$  zu machen.

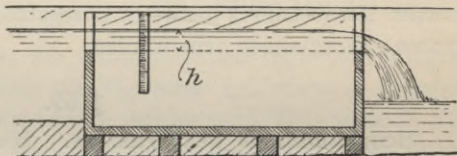


Fig. 248.

Für diesen Fall würde dann mit ausreichender Genauigkeit  $\frac{2}{3}\mu = 0,45$  zu nehmen sein.

Besondere Sorgfalt erfordert die zutreffende Ermittlung der Überfallhöhe  $h$ , die stets in ausreichender Entfernung von der Überfallkante (1,0 bis 2,0 m) erfolgen muß, um die Messung nicht mehr in der Senkungskurve vorzunehmen. (Fig. 248.)

Die Feststellungen über die Ergiebigkeit einer Quelle haben sich je nach dem Charakter derselben auf längere oder kürzere Zeit zu erstrecken. — Während man bei einer Quelle mit annähernd gleichbleibender Wasserführung sich auf wenige, nur zur eigenen Kontrolle wiederholte Messungen beschränken kann, sind bei Quellen mit wechselnder Ergiebigkeit oft Beobachtungen von längerer Zeit erforderlich, um brauchbare Unterlagen zur Beurteilung der in Frage kommenden Verhältnisse zu erhalten. — Denn es kann unter Umständen wohl darauf ankommen, nicht nur die von der Quelle zeitweise geführten Wassermengen selbst (besonders das absolute Niedrigwasser) zu bestimmen, sondern auch die durchschnittliche Zeitdauer der wechselnden Wasserführung, da durch Anlage eines entsprechend bemessenen Hochbehälters derartige Unregelmäßigkeiten innerhalb bestimmter Grenzen auszugleichen sein würden.

## § 59.

**Beschaffenheit des Wassers.** Die Anforderungen, welche man an die Beschaffenheit des Wassers stellt, sind je nach der Verwendung desselben recht verschieden; allgemein kann man annehmen, daß ein zum Trinken brauchbares Wasser auch für alle anderen wirtschaftlichen Bedürfnisse zu verwenden sein wird. — Jedoch ist in dieser Hinsicht bei ländlichen Wasserleitungen insofern Vorsicht geboten, als immerhin für die mit der Landwirtschaft verbundenen gewerblichen Betriebe Wasser unverwendbar sein kann durch Beimengungen, die selbst für dessen Gebrauch als Trinkwasser unschädlich sind. — Vornehmlich gilt dies von dem Eisengehalt (z. B. Färbung der Stärke) und dem Härtegrad des Wassers (z. B. Benützung zur Kesselspeisung).

Gutes Trinkwasser muß klar, farblos, geruchlos und wohlschmeckend sein und zwar nicht nur im frischen Zustande, sondern auch nach längerem — 24- bis 48stündigem — Stehen.

Aber selbst wenn Wasser diesen Bedingungen entspricht, wird oft erst durch weitere chemische und bakteriologische Untersuchungen festzustellen sein, ob das Wasser tatsächlich „gesund“ ist. Sofern daher Zweifel in dieser Hinsicht auftauchen, wird man rechtzeitig diesbezügliche Ermittlungen zu veranlassen haben. — Über die Grenzwerte, welche in chemischer Beziehung betreffs der Reinheit des Wassers zu verlangen sind, herrschen zur Zeit noch vielfach abweichende Ansichten. Unbedingt

mufs jedoch *jede Verunreinigung durch animalische Abfallstoffe und exkrementale Stoffe ausgeschlossen sein.*

Unzweifelhaft entspricht diesen Anforderungen das Quellwasser am weitgehendsten, freilich auch nur dann, wenn die Bodenschicht, aus der die Quelle stammt, genügende Sicherheit gegen Verunreinigungen bietet, und Fürsorge getroffen werden kann, dafs beim Zutagetreten der Quelle das Wasser aus den oberen Bodenschichten keine gesundheitsschädlichen Stoffe aufzunehmen vermag. Abgesehen von dem aus tiefer liegenden Schichten kommenden Grundwasser, kann im allgemeinen Wasser, welches durch eine feinporige, *gewachsene* Bodenschicht von mindestens 2 m Stärke gegangen ist, als brauchbar angenommen werden.

Der Geschmack des Wassers steht im engsten Zusammenhang mit der „*Härte*“ des Wassers. Als „*Härte*“ bezeichnet man den Gehalt des Wassers an gelösten Kalk- (CaO) und Magnesia- (MgO) Salzen und misst denselben nach „*Härtegraden*“.

In Deutschland entspricht

1 Härtegrad 1 Teil Kalk (CaO)	}	in 100 000 Teilen Wasser.
oder 0,7 Teile Magnesia (MgO)		

Demgegenüber gibt sowohl der französische wie englische Härtegrad den Gehalt an *kohlensaurem* Kalk (CaCO<sub>3</sub>) bzw. *kohlensaurer* Magnesia an, und zwar entspricht in Frankreich wiederum 1 Härtegrad 1 Teil kohlensaurer Kalk auf 100 000 Teile Wasser, während in England nur 70 000 Teile Wasser gerechnet werden; hiernach sind:

100 deutsche = 179 französische = 125 englische Härtegrade.

Wasser, welches wenig Kalk- und Magnesiumsalze enthält, *weiches* Wasser, ist weniger schmackhaft als *hartes*, wohingegen dieses wieder, wie bereits erwähnt, für die gewerbliche Nutzung weniger geeignet sein würde.

Im allgemeinen bezeichnet man ein Wasser unter 10 deutschen Härtegraden als „*weich*“ und solches mit über 20 Graden als „*hart*“.

Für die Benutzung als Trinkwasser ist auch eine möglichst gleichmäßige Temperatur des Quellwassers, und zwar von 9 bis 12° C., sehr erwünscht.

## § 60.

**Wasserbedarf.** Der Wasserverbrauch ist von dem Umfange der durch die Wasserleitung mit Wasser zu versorgenden Wohnstätten und Gewerbebetriebe abhängig. Während man sich bei Anlagen für ganze Ortschaften auf die Zugrundelegung durchschnittlicher Verbrauchsmengen unter eventueller Berücksichtigung aufsergewöhnlicher Inanspruchnahmen, wie beispielsweise zu Feuerlöschzwecken, beschränken kann, würde die für einzelne Gehöfte erforderliche Wassermenge nur an der Hand einer genauen Zusammenstellung des für die verschiedenen Wirtschaftszwecke bedingten Wasserverbrauches zu gewinnen sein.

Im allgemeinen ist als mittlerer jährlicher Wasserverbrauch für den *Tag* und *Kopf* der Bevölkerung anzunehmen:

1. Bei **Trinkwasserleitungen**:

für Trink-, Koch-, Wasch- und sonstiges Haushaltungswasser, je nach den örtlichen Verhältnissen . . . . . 20—45 l.

2. Bei **allgemeinen Wasserleitungen**, welche Trink- und Nutzzwecken dienen:

a) für Dorflagen und kleinere Landstädte . . . . . 50—60 l.

b) „ mittlere Städte . . . . . 100 „

Kommt die Wasserversorgung einzelner Gehöfte in Frage, so ist dagegen auf den Tag in Rechnung zu stellen:

1. für jede Person . . . . . 60 l.

2. „ ein Pferd oder ein Stück sonstiges Großvieh 50 „

3. „ ein Schwein . . . . . 15 „

4. „ ein Schaf . . . . . 10 „

Ferner als notwendig für andere wirtschaftliche Nutzungen, wie:

5. Reinigung eines Wagens . . . . . 200 l.

6. Gartenbesprengung an trockenen Tagen pro qm . 1,8 „

7. 1 Wannenbad . . . . . 350 „

8. 1 Hydrant zu Feuerlöschzwecken . . . . . 4—6 sl.

Für die **Aufstellung des Projektes** — vornehmlich für die zutreffende Dimensionierung der Rohrleitung, sowie die Größenbestimmung der Quellenfassung, bzw. eines eventuell anzulegenden Hochbehälters ist jedoch zu beachten, daß nicht nur in der warmen Jahreszeit mehr Wasser als in den kälteren Monaten verbraucht wird, sondern daß auch während eines Tages der Wasserverbrauch sich nicht gleichmäßig gestaltet, sondern mehr oder weniger erheblichen Schwankungen unterworfen ist. — Im allgemeinen kann man annehmen, daß der größte Tagesverbrauch auf das 1,5fache des Tagesdurchschnittes steigt, und da ferner der stündliche Verbrauch 6 bis 7% des Tagesverbrauches erreichen kann, so sind die Anordnungen so zu treffen, daß das 1,5fache dieser 6 bis 7% oder durchschnittlich *ein Zehntel des mittleren Tagesverbrauches stündlich* zugeführt werden kann.

Wenn diese größere Wassermenge jeder Zeit an der Quelle vorhanden ist und die letztere außerdem in nächster Nähe der Verbrauchsstelle sich befindet, so wird man lediglich die Zuleitung diesen Verhältnissen entsprechend zu bemessen haben. — Wenn jedoch die Entfernung der Entnahmestelle von dem Beginn des Verteilungsnetzes größer ist und besonders sobald die Wasserführung der Quelle zwar für den Bedarf im ganzen ausreicht,

die stündliche bezw. sekundliche Höchstmenge aber nicht zu liefern vermag, muß zwischen der Quelle und dem Gehöfte bezw. der Ortschaft ein „Hochbehälter“ eingeschaltet werden, dessen Abmessungen so zu wählen sind, daß während der Stunden des geringeren Verbrauches genügend Wasser angesammelt werden kann, um auch trotz der gleichbleibenden geringeren Zuleitung aus der Quelle eine dem stündlichen Höchstbetrage entsprechende Entnahme sicher zu stellen.

Bei den wesentlich höheren Kosten der weiteren Rohrleitungen ist der Hochbehälter stets in möglichster Nähe des Verteilungsnetzes anzuordnen, damit die nur für geringere sekundliche Wasserführung zu bemessende Zuleitung bis zum Hochbehälter tunlichst lang, das weitere, für den stündlichen Höchstbetrag einzurichtende Abflußrohr aber so kurz wie möglich wird. Mit Rücksicht hierauf kann gegebenenfalls selbst die Anlage des Hochbehälters *hinter* dem Verteilungsnetz, von der Quelle aus gerechnet, und eine demnach rückwärts gehende Anordnung der Abflüsse vorteilhaft sein.

Für kleine Einzelanlagen wird dagegen der erforderliche Ausgleich zwischen dem sekundlichen geringeren Dauerzufluß und dem zeitweisen stärkeren Verbrauch in einfachster Weise durch die Aufstellung von Brunnenrögen erreicht werden können.

*Beispiel:* Eine Ansiedelung von 500 Personen erfordert als Gesamtwassermenge einen mittleren Tagesbedarf von

$$500 \cdot 0,060 = \mathbf{30 \text{ cbm.}}$$

Da jedoch der Tagesverbrauch bis auf das 1,5 fache der Durchschnittsmenge steigen kann, so wird, um allen Ansprüchen auch in den ungünstigsten Fällen zu genügen, sofern es sich nur um den Ausgleich der täglichen, durch den Wirtschaftsbetrieb bedingten Schwankungen handelt, dem Hochbehälter die Größe eines höchsten Tagesbedarfes, mithin  $\mathbf{1,5 \cdot 30 = 45 \text{ cbm}}$  zu geben sein.

Kommt außerdem die Aufstellung von Hydranten zu Feuerlöschzwecken in Frage, so muß selbstverständlich auch deren Verbrauch für die Größenbemessung des Hochbehälters berücksichtigt werden.

Für einen größeren Brand auf dem Lande dürfte die ununterbrochene volle Nutzung eines Hydranten während 2 Stunden genügen. Für jeden Hydranten von 4 sl Leistungsfähigkeit müssen also im ganzen zur Verfügung stehen:  $2 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,004 = \mathbf{28,8 \text{ cbm}}$  Wasser.

Je nach den örtlichen Verhältnissen wird dann zu unterscheiden sein, ob die Anlage auch während eines Brandes dem vollen Wirtschaftsbetriebe genügen muß, oder bis zu welchem Grade eine Einschränkung desselben in dieser Zeit der aufsergewöhnlichen Inanspruchnahme stattfinden darf. Bei dem gewählten Beispiel kann vorausgesetzt werden, daß ein Behälter von  $\mathbf{45 \text{ cbm}}$  allen Anforderungen genügt. Die durch die Ausdehnung des

Ortes notwendige Aufstellung mehrerer Hydranten ist dabei insofern belanglos, als nicht deshalb auch das gleichzeitige Auskommen von zwei größeren Bränden vorausgesetzt zu werden braucht.

Durch den Hochbehälter werden die zwischen den schwankenden Konsummengen und den dem Gesamtverbrauch entsprechenden Mittelwerten vorhandenen Unterschiede ausgeglichen, sodaß sich für das gewählte Beispiel folgende Bedingungen ergeben:

1. Die zur Speisung der Wasserleitung benutzte Quelle genügt, wenn sie mindestens die aus dem Mittelwerte des Bedarfs berechnete Wassermenge liefert, also

$$\frac{500 \cdot 60}{86400} = \mathbf{0,347 \text{ sl.}}$$

2. Die Leitung von der Quelle bis zum Hochbehälter ist für eine Leistung von 0,347 sl zu bemessen.

3. Das Hauptrohr von dem Hochbehälter bis zum Anfang des Verteilungsnetzes muß dem *stündlichen Höchstbedarf* genügen, also

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{500 \cdot 60}{60 \cdot 60} = \mathbf{0,833 \text{ sl}}$$

zuführen.

Sollte verlangt werden, daß neben dem vollen Wirtschaftsbetriebe auch noch die Speisung der Hydranten zu Feuerlöschzwecken erfolgt, dann würden für die Bestimmung der Hauptleitung

$$\mathbf{4,0 + 0,833 = 4,833 \text{ sl}}$$

in Frage kommen.

Mit Rücksicht auf Wasserverschwendung, Undichtigkeiten in den Leitungen und sonstige Verluste ist für alle Dimensionierungen ein Zuschlag von 10—20 % zu empfehlen.

Die Höhenlage des Hochbehälters ist so zu wählen, daß einerseits von der Quelle aus die Zuführung der sekundlichen Mittelwassermenge gesichert ist, andererseits aber auch an den einzelnen Verbrauchsstellen jederzeit die genügende Wassermenge entnommen werden kann, und zwar muß hierbei für die Hydranten noch ein Überdruck vorgesehen werden, welcher der Dachhöhe der Häuser zu entsprechen hat. — Für kleinere Landstädte und Einzelgehöfte dürften in dieser Hinsicht gewöhnlich 10 m genügen und **20 m** als die äußerst notwendige Grenze anzusehen sein.

Für die Aufstellung eines Projektes kommen mithin nach Fig. 249 folgende Höhen in Frage:

1.  $h_1$  = Höhenunterschied zwischen dem *tieftsten Stand* in der Quellauffassung und dem *Höchststand* des Hochbehälters zur Überwindung des Druckhöhenverlustes in der Zuleitung;

2.  $h_2$  = Höhenunterschied zwischen dem *tieftsten* Wasserstand im Hochbehälter und der *höchstgelegenen* Verbrauchsstelle, und

3.  $H = (h_2' + h_3)$ , wenn  $h_2'$  die Tiefe der höchstgelegenen Hydranten unter dem Tiefstand des Wassers in dem Hochbehälter und  $h_3$  den für die Hydranten verlangten Überdruck bezeichnet.

Die Hochbehälter für kleinere Anlagen werden in den gewachsenen Boden gelegt und aus Stampfbeton, Bruchstein- bzw. Ziegelmauerwerk in hydraulischem Mörtel oder in einer sonst üblichen, wasserdicht auszuführenden Konstruktion hergestellt. Zweckmäßig wird der Behälter in zwei durch Schieber verbundene Kammern geteilt, um ohne Betriebsunterbrechung Reinigungen und Reparaturen vornehmen zu können.

Einlauf und Ablauf sind wie bei den in § 61 zu erörternden Quellenfassungen so anzuordnen, daß ein Stagnieren des Wassers in dem Hochbehälter ausgeschlossen ist. Dies wird erreicht, wenn der Einlauf noch über dem höchsten Wasserstand in den Behälter und der Ablauf wenig über dessen Sohle an einer vom Einlauf möglichst entfernten Stelle erfolgt.

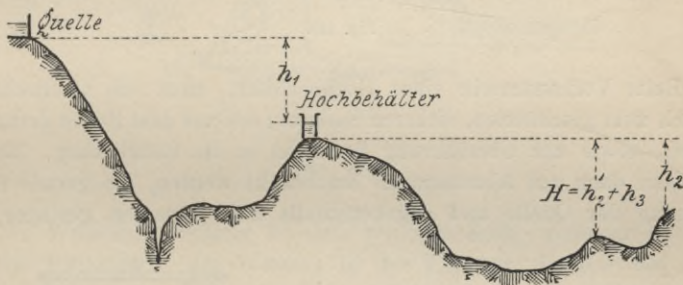


Fig. 249.

Außerdem muß durch entsprechend angeordnete Überläufe eine rechtzeitige Entlastung möglich sein und durch Luftöffnungen für eine genügende Luftzirkulation gesorgt werden.

Selbstverständlich sind die Hochbehälter zu überdecken, um Frost, Sonnenschein und Unreinigkeiten von dem Wasser fern zu halten. Gewölbe unmittelbar auf den Umfassungswänden, oder Kappen zwischen eisernen Schienen oder Trägern, mit einer mehr oder weniger starken Bodenschicht darüber, sind die üblichen Konstruktionen.

## § 61.

**Quellenfassung.** Nur selten wird die Quelle so geschlossen zu Tage treten, daß ihre Weiterleitung direkt erfolgen kann; vielmehr sind fast immer Vorkehrungen zu treffen, um das Wasser genügend zu fassen und der Leitung zuzuführen. Derartige Anlagen werden *Brunnenstuben*, *Quellenschächte*, *Brunnenkammern* genannt. Dieselben sind je nach dem Hervortreten der Quellen verschieden; senkrecht emporsteigende Quellen sind mittelst Brunnen (aus Bohlen oder Stein) abzufangen, während seit-

wärts aus Hängen kommende Wasseradern durch vorgelegte Sammelbehälter gefasst werden müssen. Hierbei sind stets die über bzw. vor der wasserführenden Schicht etwa gelagerten lockeren Bodenmassen zu beseitigen, um alle von dem Tagwasser aus den oberen Schichten gelösten und mitgerissenen Verunreinigungen fern zu halten.

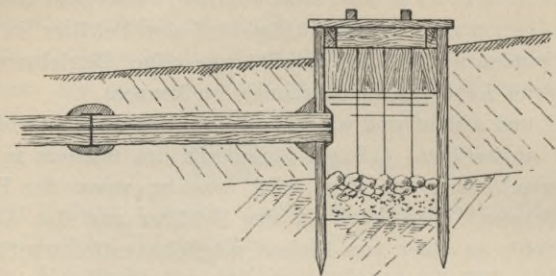


Fig. 250.

Beim Vorhandensein eines Hochbehälters dient die Quellenfassung lediglich zum geschützten, sicheren Sammeln des aus dem Boden dringenden Wassers, sowie zur Überführung desselben in die Rohrleitung. Die Anlage kann dann auf Abmessungen beschränkt werden, die gerade für die Umfassung der Quelle und gegebenenfalls zum Absetzen geringer, beim

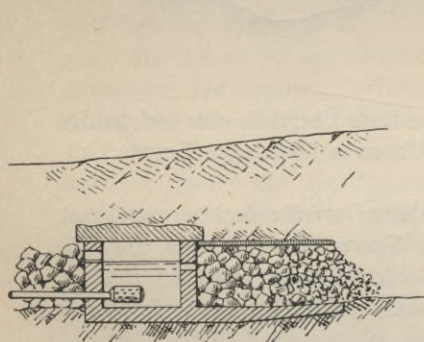


Fig. 251.

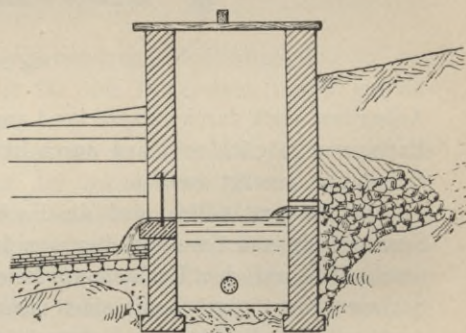


Fig. 252.

Ausströmen mitgeführter, mineralischer Beimengungen genügen. Wenn jedoch mit Rücksicht auf die geringe Entfernung der Quelle von der Verbrauchsstelle oder aus anderen Gründen die Anlage eines Hochbehälters nicht in Frage kommen kann, so hat die *Quellenfassung* — die Brunnenstube, Brunnenkammer — eine Größe zu erhalten, daß durch sie die Schwankungen in dem Wasserbedarf ausgeglichen werden.



Quellenfassungen einfachster Art zeigen die Fig. 250 bis 254, deren Anordnungen sinngemäß auch für größere Verhältnisse maßgebend sein würden.

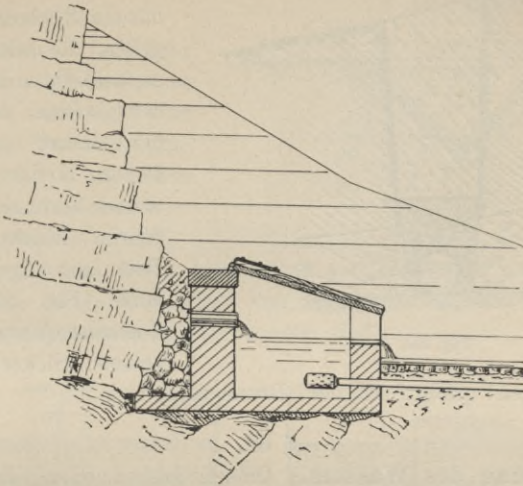


Fig. 253.

Die Wassereinströmung ist stets tunlichst hoch, wenn zu erreichen, über dem Höchststand des Wassers in der Kammer, dagegen das Mundstück des Entnahmerohres nur so weit über der Kammersohle anzuordnen, daß die zur Ablagerung kommenden Verunreinigungen — Schlamm, Sand — dasselbe nicht sobald erreichen. Sind derartige Sinkstoffe in stärkerem Maße zu erwarten, so würde sich die Anordnung einer Vorkammer, wie in Fig. 254 angegeben, empfehlen.

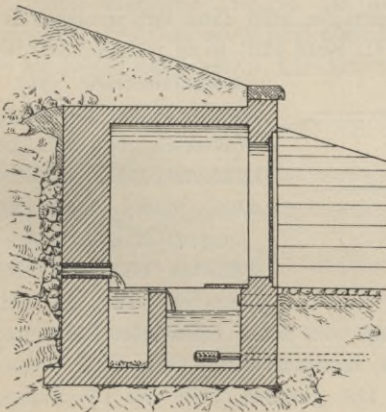


Fig. 254.

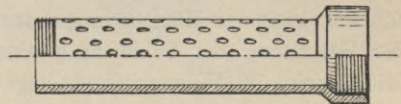


Fig. 255.

Tritt das Wasser nicht geschlossen in einer Quelle oder, wenn in einer solchen, doch in unzureichender Menge zu Tage, so muß das erforderliche

Wasser aus der wasserführenden Schicht durch *Sickerkanäle* oder durch *Drainstränge* entnommen werden. Hierzu finden am besten *gelochte Tonrohre* (Fig. 255) Verwendung. Dieselben werden mit einer Schotterschicht umgeben, die wiederum, wenn zu befürchten ist, daß durch den infolge des Verlegens der Rohre aufgelockerten Boden hindurch das Tagwasser Verunreinigungen zuführen könnte, mit einer Betonlage abgedeckt werden muß (Fig. 256). — Die Zusammenführung der einzelnen Sickerkanäle oder

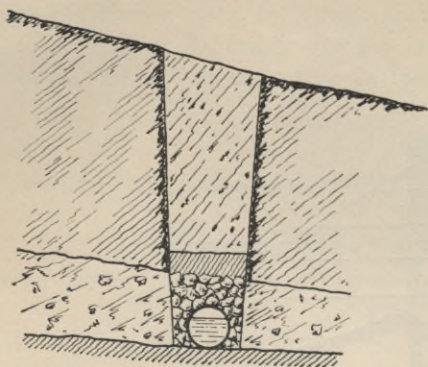


Fig. 256.

Sammelleitungen erfolgt in der Brunnenstube.

### § 62.

**Zuführung des Wassers.** Offene Gräben oder Gerinne können für die Zuleitung des Wassers von der Quellenfassung bis zum Hochbehälter und bei ganz einfachen Verhältnissen vielleicht selbst bis zur Verwendungsstelle selbstverständlich nur in Frage kommen, wenn zwischen den beiden Endpunkten *fortlaufend* genügendes Gefälle zur ausreichenden Wasserführung vorhanden ist.

Die Abmessungen derartiger Leitungen sind dann entsprechend den Ausführungen des § 76 der Hydraulik (I, Seite 412) so zu wählen, daß der

wasserführende Querschnitt  $F$  bei gegebener Wassermenge und bekanntem Gefälle ein Minimum wird. Statt des trapezförmigen Querschnittes empfiehlt sich, besonders für die Ab-

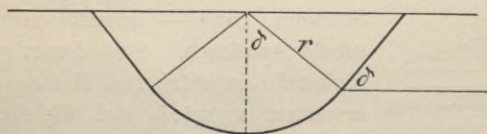


Fig. 257.

führung kleinerer Mengen in gemauerten oder sonst befestigten Leitungen, die Gestaltung der Sohle nach einem Kreisabschnitte (Fig. 257), dessen Mittelpunkt im Wasserspiegel liegt. Die geraden Teile der Böschungen schließen sich als Tangenten mit dem halben Zentriwinkel  $\delta$  an. Als-

$$F = r^2 (\delta + ctg \delta) \text{ und } U = 2r (\delta + ctg \delta),$$

also der *mittlere Radius* (I, S. 410)  $R = \frac{r}{2}$  ebenso groß wie bei einem Halbkreisprofil.

Die *obere* Breite der Leitung wird am kleinsten bei der Wahl eines *dreieckigen* Querprofils mit dem Neigungswinkel der Böschungen  $\delta = 45^\circ$ , wie es bequem und zweckmäÙsig aus *Brettern* oder *Bohlen* (Fig. 258) herzustellen ist.

Alle offenen Leitungen haben besonders bei heftigeren Niederschlägen unter mehr oder weniger starken Verunreinigungen zu leiden. Schon aus diesem Grunde verdienen in den meisten

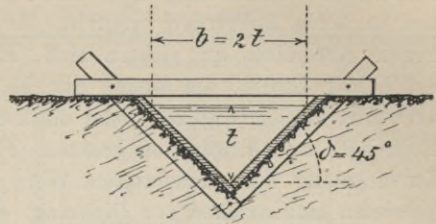


Fig. 258.

Fällen geschlossene *Rohr-*

*leitungen* den Vorzug, deren Anwendung von vornherein geboten ist, sobald wechselnde Höhenunterschiede von der Quelle bis zum Hochbehälter, bezw. zur Verbrauchsstelle zu überwinden sind.

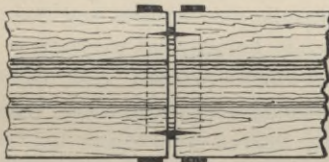


Fig. 259.

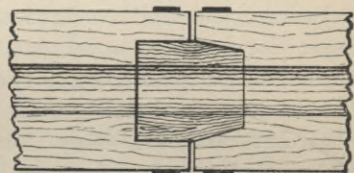


Fig. 260.

Bei kleineren Anlagen auf dem Lande, vornehmlich in holzreichen Gegenden, bestehen auch jetzt noch die Leitungen vielfach aus *Holzröhren*, die am besten aus Kiefern-, Lärchen- oder Tannenholz gefertigt werden. Die

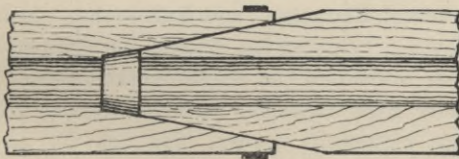


Fig. 261.

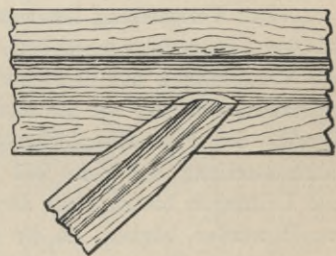


Fig. 262.

geringe Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Materials beschränken die Verwendung von Holzröhren, ganz abgesehen davon, daß mit ihnen Unebenheiten des Terrains und Richtungsänderungen nur schwierig und unter Beeinträchtigung der Wasserführung zu überwinden sind.

Im allgemeinen wird die Wandstärke der Holzrohre gleich ihrer lichten Weite gemacht. Die Verbindung untereinander geschieht am besten mittelst eines beiderseitig zugeschärften, schmiedeeisernen Ringes, der gleich tief in beide Rohrenden eingreift, die durch aufgezoogene eiserne Ringe gegen Aufspalten zu sichern sind (Fig. 259); Andererseits kann auch ein hohler Zapfen, am besten aus Eichenholz, von 20 bis 30 cm Länge verwandt werden (Fig. 260) oder ein konisches Ineinandergreifen der beiden Rohrenden zur Anwendung kommen (Fig. 261); alsdann dient eine dünne Umwicklung aus eingefettetem Werg oder aus geteerter Leinwand oder geteerter Hanfstricken zur Dichtung.

Die konische Einzapfung wird auch zur Abzweigung eines Nebenrohres von dem Hauptstrange benutzt (Fig. 262).

### § 63.

**Eiserne Druckrohrleitung.** Die Möglichkeit, Rohre von den verschiedensten Lichtweiten in bestimmten Abmessungen jederzeit im Handel zu bekommen, die damit verbundene Billigkeit, das schnelle und bequeme Verlegen der Leitung, wobei durch passende Formstücke wechselnde Gefälle und Richtungsänderungen leicht überwunden werden, sind Vorzüge, welche die jetzt ziemlich allgemeine Verwendung der *gufseisernen* Wasserleitungsrohre veranlaßt haben. Die Rohre, zumeist Muffenrohre von 3 bis 4 m Länge, innen und außen zum Schutz gegen Rosten asphaltiert, werden mit den Muffen gegen die Wasserlaufrichtung verlegt und mit Hanfstricken und Blei gedichtet (vergl. Kap. VII der Baukunde, Seite 82). Hierbei ist die Rohrleitung, ohne Rücksicht auf das wechselnde Gefälle des Terrains, durchschnittlich 1,50 m tief unter die Erdoberfläche zu bringen und an allen höchsten Punkten, also überall, wo Fallen auf Steigen folgt, ein *Luftventil*, an allen tiefsten Punkten *Spülausslässe* einzuschalten.

Zur Verwendung kommen sowohl Flanschen- wie Muffenrohre, doch ist, wie bereits hervorgehoben, die der letzteren bei weitem überwiegend. Die Abmessungen und Gewichte der *normalen* (im Handel vorkommenden) gufseisernen Rohre, wie sie nunmehr ganz allgemein nach den Normen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute hergestellt werden, sind aus der Zusammenstellung auf Seite 201 zu entnehmen. Diese Rohre werden für alle Leitungen bis zu einer Druckhöhe von 110 m (10 Atmosphären) verwandt werden können, da die den normalen Abmessungen entsprechenden Wandstärken für einen Betriebsdruck von 10 Atmosphären und einen Maximal-Probdruck von 20 Atmosphären gewählt sind.

Neben den normalen, geraden Rohren kommen bei den *Abzweigungen* der Nebenstränge, den *Änderungen des Querschnittes* und der *Richtung* die in den Fig. 263 bis 272 dargestellten und benannten *Formstücke* zur Verwendung, die in allen, den Abmessungen der normalen, geraden Rohre



entsprechenden Gröfsen hergestellt werden. Ihre Bezeichnung geschieht durch den betreffenden Buchstaben (*A*, *B*, *C*) unter Hinzufügen der Gröfse des Durchmessers (z. B. *J* 200); bei den *A*-, *B*- und *C*-Stücken wird der

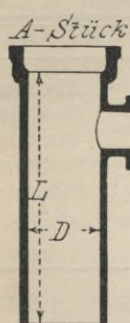


Fig. 263.

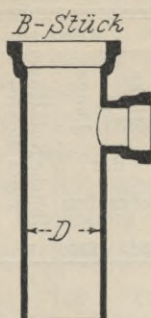


Fig. 264.

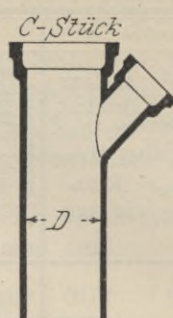


Fig. 265.



Fig. 266.

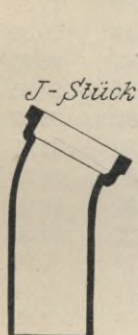


Fig. 267.

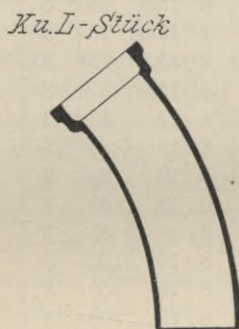


Fig. 268.

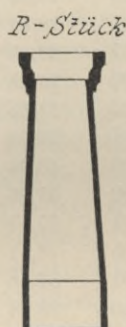


Fig. 269.

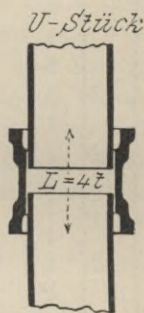


Fig. 270.

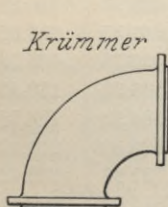


Fig. 271.

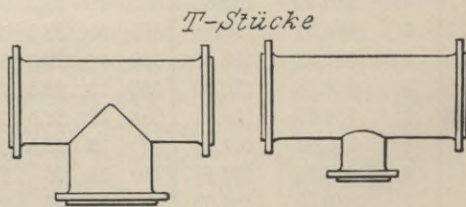


Fig. 272.

Durchmesser des Zweigrohres durch eine zweite als Nenner unter der Gröfse des Hauptrohres zugefügte Zahl angegeben, z. B.  $B. \frac{200}{80}$ .<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Nähere Angaben über Gewichte der Formstücke, sowie die Preise für sämtliche gusseisernen Normal-Rohre im Technischen Auskunftsbuch von Joly.

Die Bewegung des Wassers in Röhren und längeren Rohrleitungen, sowie die Dimensionierung der letzteren zur Lieferung bestimmter Wassermengen ist in Kap. V, B der Hydraulik, „Durchfluß durch Röhren“ (Teil I, S. 402) eingehend behandelt. Die wechselweise Abhängigkeit der für die Weite der Rohrleitungen maßgebenden Faktoren untereinander bedingt zur Durchführung der Berechnung stets zunächst die Annahme bestimmter Voraussetzungen, und die zweckmäßigsten Rohrweiten können nur auf Grund mehrfacher Vergleichsrechnungen gefunden werden. Bestimmte Grenzen sind hierbei durch die in den Rohrleitungen innezuhaltenden Geschwindigkeiten  $v$  gegeben, da man einerseits zur Vermeidung von heftigen Stößen  $v$  nicht über 1 m wachen läßt und andererseits stets größer als **0,25 m** wählt, um die Ablagerung von Sinkstoffen tunlichst zu verhindern.

Die Zuleitung von der Quelle bis zum Hochbehälter ist, wie bereits früher erwähnt, unter Zugrundelegung der aus dem mittleren Stundenverbrauch sich ergebenden sekundlichen Wassermenge zu berechnen, dagegen müssen alle übrigen Leitungen für das Stundenmaximum am Tage des größten Verbrauches bemessen werden. Inwiefern für einzelne Leitungstrecken ferner noch der Bedarf einer oder mehrerer Hydranten in Betracht kommt, hängt lediglich von den örtlichen Verhältnissen ab, ebenso wie die Entscheidung darüber, ob der Hydrantenbedarf oder der Verbrauch zu Wirtschaftszwecken für die Berechnung der Rohrweiten einer Leitungstrecke ausschlaggebend ist. Selbstverständlich muß stets die *größte sekundliche* Verbrauchsmenge zu Grunde gelegt werden.

Ist die Aufstellung mehrerer Hydranten in einem Straßenzuge erforderlich, so sind dieselben in Entfernungen von 80 bis 100 m anzuordnen. Je nachdem die Hydranten zu Feuerlöschzwecken oder zur Entnahme von Gebrauchswasser dienen, werden Straßenshydranten (Fig. 273 u. 274 [Anschlussstück]) mit anzuschraubendem Standrohr (Fig. 275) oder Überflurhydranten mit selbsttätigem Verschluss (Fig. 276 u. 277) zu wählen sein.

Die zur Bewegung des Wassers in den Rohrleitungen notwendige Druckhöhe ist in erster Linie von dem Reibungskoeffizienten  $\lambda$  abhängig, dem Widerstande, den das fließende Wasser an den Rohrwandungen findet, und je nach der Wahl des Koeffizienten (Weisbach, Darcy, Dupuit u. a.) werden bei den berechneten Werten geringe Abweichungen vorkommen.

Für ländliche Wasserleitungen ist am zweckmäßigsten der Dupuit'sche Reibungskoeffizient

$$\lambda = 0,03025$$

anzuwenden, da bei ihm alle aus Krümmungen, Abzweigungen, Querschnittsänderungen hervorgehenden Widerstände bereits Berücksichtigung gefunden haben und somit die hierfür sonst notwendigen Ermittlungen (vergl. § 69 der Hydrodynamik, Teil I, S. 407) fortfallen.

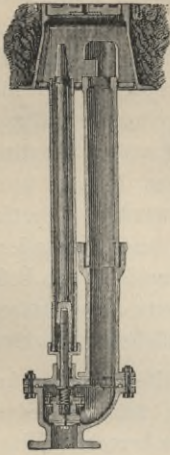


Fig. 273. Straßenshydrant.

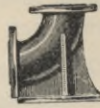


Fig. 274. Anschlußstück zum Straßenshydranten.



Fig. 275. Standrohr.

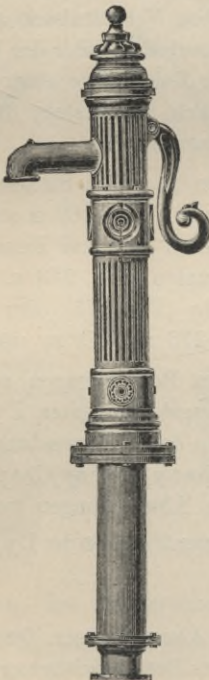


Fig. 276.

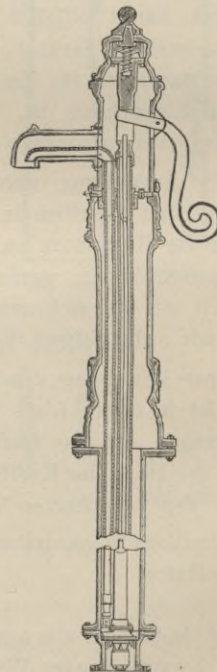


Fig. 277.

Überflurhydrant mit selbsttätigem Verschluss; Ansicht und Schnitt.



## Zusammenstellung der in Rohrleitungen geführten Wassermengen.

Durchmesser der Rohre mm	Geschwindigkeit des Wassers $v$ in Metern in der Sekunde									Durchmesser der Rohre mm
	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
Wassermengen in Litern in der Sekunde: $Q = \frac{\pi d^2}{4} v$ (cbm).										
40	0,314	0,377	0,503	0,628	0,754	0,880	1,005	1,131	1,257	40
50	0,491	0,589	0,785	0,982	1,178	1,374	1,571	1,767	1,963	50
60	0,707	0,848	1,131	1,414	1,696	1,979	2,262	2,545	2,827	60
70	0,962	1,154	1,539	1,924	2,309	2,694	3,079	3,464	3,848	70
80	1,257	1,508	2,011	2,513	3,016	3,519	4,021	4,524	5,027	80
90	1,565	1,879	2,505	3,131	3,757	4,383	5,009	5,636	6,262	90
100	1,963	2,356	3,142	3,927	4,712	5,498	6,283	7,069	7,854	100
125	3,068	3,681	4,909	6,136	7,363	8,590	9,817	11,045	12,272	125
150	4,418	5,301	7,069	8,836	10,603	12,370	14,137	15,904	17,672	150
175	6,013	7,216	9,621	12,026	14,432	16,837	19,242	21,647	24,053	175
200	7,854	9,425	12,566	15,708	18,850	21,991	25,133	28,274	31,416	200
225	9,940	11,928	15,904	19,880	23,856	27,833	31,809	35,785	39,761	225
250	12,272	14,726	19,635	24,544	29,452	34,361	39,270	44,179	49,087	250
275	14,849	17,819	23,758	29,698	35,637	41,576	47,516	53,456	59,396	275
300	17,671	21,206	28,274	35,343	42,411	49,480	56,549	63,617	70,686	300
325	20,739	24,887	33,183	41,479	49,774	58,070	66,366	74,662	82,957	325
350	24,053	28,863	38,485	48,106	57,727	67,348	76,969	86,590	96,211	350
375	27,612	33,134	44,179	55,223	66,268	77,313	88,358	99,402	110,447	375
400	31,416	37,699	50,266	62,832	75,398	87,965	100,53	113,10	125,66	400
425	35,465	42,559	56,745	70,931	85,118	99,304	113,49	127,68	141,86	425
450	39,761	47,713	63,617	79,522	95,426	111,33	127,23	143,14	159,04	450
475	44,301	53,161	70,882	88,602	106,32	124,04	141,76	159,48	177,20	475
500	49,088	58,905	78,540	98,175	117,81	137,44	157,08	176,71	196,35	500
550	59,395	71,275	95,033	118,79	142,55	166,31	190,07	213,82	237,58	550
600	70,686	84,823	113,10	141,37	169,65	197,92	226,19	254,47	282,74	600
650	82,958	99,549	132,73	165,91	199,10	232,28	265,46	298,65	331,83	650
700	96,211	115,45	153,94	192,42	230,91	269,39	307,88	346,36	384,84	700
750	110,45	132,53	176,71	220,89	265,07	309,25	353,43	397,61	441,79	750
800	125,66	150,80	201,06	251,33	301,59	351,86	402,12	452,39	502,66	800
900	159,04	190,85	254,47	318,09	381,70	445,32	508,94	572,56	636,17	900
1000	196,35	235,62	314,16	392,70	471,24	549,78	628,32	706,86	785,40	1000
1100	237,58	285,10	380,13	475,17	570,20	665,23	760,27	855,30	950,33	1100
1200	282,78	339,29	452,39	565,48	678,58	791,68	904,78	1017,9	1131,0	1200

## Zusammenstellung

des Druckhöhenverbrauches (Widerstandshöhen)  $h_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$ .

( $\lambda = 0,03025$  nach Dupuit einschliesslich Krümmung, Abzweigung etc.).

Durchmesser der Rohre mm	Geschwindigkeit des Wassers $v$ in Metern auf die Sekunde									Durchmesser der Rohre mm
	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
Für $l = 100$ m Rohrlänge in Metern										
40	0,2406	0,3465	0,6160	0,9625	1,3860	1,8865	2,4640	3,1185	3,8500	40
50	0,1926	0,2772	0,4928	0,7700	1,1088	1,5092	1,9712	2,4948	3,0800	50
60	0,1604	0,2309	0,4106	0,6425	0,9240	1,3577	1,6426	2,0789	2,5666	60
70	0,1375	0,1980	0,3520	0,5500	0,7920	1,0780	1,4080	1,7820	2,2000	70
80	0,1203	0,1732	0,3080	0,4812	0,6930	0,9432	1,2320	1,5592	1,9250	80
90	0,1069	0,1540	0,2738	0,4278	0,6160	0,8384	1,0951	1,3860	1,7111	90
100	0,0962	0,1386	0,2464	0,3850	0,5544	0,7546	0,9856	1,2474	1,5400	100
125	0,0772	0,1109	0,1971	0,3080	0,4435	0,6037	0,7885	0,9979	1,2320	125
150	0,0642	0,0924	0,1642	0,2566	0,3694	0,5031	0,6571	0,8315	1,0266	150
175	0,0550	0,0792	0,1408	0,2200	0,3168	0,4312	0,5632	0,7128	0,8800	175
200	0,0481	0,0693	0,1232	0,1925	0,2772	0,3773	0,4928	0,6237	0,7700	200
225	0,0428	0,0616	0,1095	0,1711	0,2464	0,3354	0,4380	0,5544	0,6844	225
250	0,0386	0,0555	0,0985	0,1540	0,2217	0,3018	0,3942	0,4989	0,6160	250
275	0,0350	0,0504	0,0896	0,1400	0,2016	0,2744	0,3584	0,4536	0,5600	275
300	0,0321	0,0462	0,0821	0,1283	0,1848	0,2515	0,3285	0,4157	0,5133	300
325	0,0296	0,0426	0,0758	0,1184	0,1706	0,2321	0,3032	0,3838	0,4738	325
350	0,0275	0,0396	0,0704	0,1100	0,1584	0,2156	0,2816	0,3564	0,4400	350
375	0,0257	0,0369	0,0657	0,1024	0,1478	0,2012	0,2628	0,3326	0,4106	375
400	0,0241	0,0346	0,0616	0,0962	0,1386	0,1886	0,2464	0,3118	0,3850	400
425	0,0226	0,0326	0,0580	0,0906	0,1305	0,1776	0,2320	0,2936	0,3625	425
450	0,0214	0,0308	0,0548	0,0856	0,1232	0,1677	0,2190	0,2772	0,3422	450
475	0,0203	0,0292	0,0519	0,0810	0,1167	0,1588	0,2075	0,2626	0,3242	475
500	0,0193	0,0277	0,0492	0,0770	0,1108	0,1509	0,1971	0,2495	0,3080	500
550	0,0175	0,0252	0,0448	0,0700	0,1008	0,1372	0,1792	0,2268	0,2800	550
600	0,0160	0,0231	0,0410	0,0642	0,0924	0,1257	0,1642	0,2078	0,2561	600
650	0,0148	0,0213	0,0379	0,0592	0,0853	0,1160	0,1516	0,1919	0,2369	650
700	0,0137	0,0198	0,0352	0,0550	0,0792	0,1078	0,1408	0,1782	0,2200	700
750	0,0128	0,0184	0,0328	0,0512	0,0739	0,1006	0,1314	0,1663	0,2053	750
800	0,0120	0,0173	0,0308	0,0481	0,0693	0,0943	0,1232	0,1559	0,1925	800
900	0,0107	0,0154	0,0274	0,0428	0,0616	0,0838	0,1095	0,1386	0,1711	900
1000	0,0096	0,0139	0,0246	0,0385	0,0554	0,0755	0,0986	0,1247	0,1540	1000
1100	0,0087	0,0126	0,0224	0,0350	0,0504	0,0686	0,0896	0,1134	0,1400	1100
1200	0,0080	0,0115	0,0205	0,0321	0,0462	0,0628	0,0821	0,1039	0,1280	1200

In den auf Seite 205 und 206 gegebenen Zusammenstellungen sind nun zur Erleichterung für die Bestimmung von Rohrweiten und Druckhöhen, für die sämtlichen normalen Rohrweiten, sowohl die bei den üblichen Geschwindigkeiten  $v = 0,25$  bis  $1,00$  m abfließenden Wassermengen, wie auch die Druckhöhen berechnet, welche für eine Rohrleitung von je 100 m Länge zur Erzeugung der angenommenen Geschwindigkeiten erforderlich sind.

### § 64.

*Beispiel.* Für das am Rande eines Höhenzuges unter Wassermangel leidende Dorf Beelitz ist die Anlage einer Wasserleitung geplant, an welche auch der getrennt liegende Gutshof Beelitzhof angeschlossen werden soll. Vergl. Übersichtsplan, Tafel V nach S. 212.

Gutes Quellwasser in genügender Menge findet sich in den zerklüfteten Kalkschichten, die jenseits einer Talmulde an dem Hange des dort ziemlich steil ansteigenden Gebirges zu Tage treten; freilich beträgt die direkte Entfernung von dort bis zur Mitte der Ortslage über 1,5 km, sodafs schon aus diesem Grunde die Anlage eines Hochbehälters in der Nähe des Dorfes vorzusehen gewesen sein würde, ganz abgesehen davon, dafs die Quellen die für außergewöhnliche Inanspruchnahme der Leitung erforderlichen Wassermengen nicht zu liefern vermögen. — Das unmittelbar hinter dem Dorfe ansteigende, im Gemeindebesitz befindliche Gelände ist als Baustelle für den Hochbehälter in Aussicht genommen; dasselbe ist dazu sowohl seines Untergrundes wegen, wie auch betreffs der Höhe durchaus geeignet, und zwar kann die Höhenlage des Behälters genau der erforderlichen grössten Druckhöhe entsprechend gewählt werden. — Von der Quelle bis zum Hochbehälter ist reichliches Gefälle vorhanden.

#### Wasserbedarf:

I. *Das Dorf* hat eine Einwohnerzahl von 500 Personen, somit ist im ganzen auf einen *mittleren* Tagesverbrauch zu rechnen von  $500 \cdot 0,060 \dots \dots \dots 30,0$  cbm.

#### II. *Der Gutshof:*

Für 30 Personen	à 0,060 = 1,8	cbm
„ 120 Pferde und Kühe	à 0,05 = 6,0	„
„ 20 Schweine	à 0,015 = 0,3	„
„ Gartensprengung etc.	2,0	„
	<u>zusammen:</u>	<u>10,1</u> „

Gesamtwassermenge: **40,1 cbm.**

Der *durchschnittliche* Gesamtbedarf ist also  $\frac{40100}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \mathbf{0,463}$  sl.

Diese Wassermenge liefert die Quelle nach den angestellten Ermittlungen selbst in den wasserärmsten Monaten und Jahren (die geringste beobachtete Wasserführung betrug 0,50 sl).

Um den weitgehendsten Ansprüchen im allgemeinen Wirtschaftsbetriebe zu entsprechen, ist der Inhalt des Hochbehälters dem größten Tagesverbrauch gleich zu machen, und da dieser das 1,5fache des mittleren Bedarfes betragen kann, so ergibt sich die hiernach erforderliche Gröfse des Hochbehälters zu  $1,5 \cdot 40,1 = 60 \text{ cbm}$ . Diese Gröfse genügt aber auch für aufsergewöhnlichen Wasserverbrauch zu Feuerlöschzwecken. Unter der immerhin reichlichen Annahme, dafs zu einem gröfseren Brande die ununterbrochene volle Nutzung eines Hydranten von 4 sl Leistungsfähigkeit während 2 Stunden, also eine Gesamtwassermenge von  $2 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,004 = 28,8 \text{ cbm}$  notwendig sein kann, würde der Inhalt des Hochbehälters genügen, um entweder 2 Hydranten gleichzeitig zu speisen oder neben der Benutzung eines Hydranten noch immer  $\frac{2}{3}$  des mittleren Tagesbedarfes für Wirtschaftszwecke zu liefern. Für die Berechnung der Rohrweiten und Druckhöhen sind die von den einzelnen Leitungsstrecken zuzuführenden Wassermengen zu bestimmen.

Die Wohnstätten sind derart verteilt, dafs bis zur letzten Teilung bei *B* (Taf. V) 200 Personen wohnen und die Leitung *B—C* noch den Bedarf von 300 Personen liefern mufs.

Jede Zweigleitung endigt in einen Hydranten. Besondere Berücksichtigung verlangt in dieser Hinsicht wegen seiner Höhenlage der Endpunkt des Stranges auf dem Hofe des am nördlichen Ende des Dorfes belegenen Vorwerkes. Da die Gröfse des Hochbehälters an und für sich es gestattet, soll nach dem Antrage des Gutsbesitzers die Hauptleitung von dem Hochbehälter bis zur Abzweigung der Gutsleitung so bemessen werden, dafs sowohl im Dorfe wie auf dem Gutshofe je ein Hydrant zu Feuerlöschzwecken gleichzeitig benutzt werden kann. Für die übrigen Hauptrohre ist dagegen als Höchstleistung neben der Zuführung der *stündlichen* Höchstbedarfsmenge noch die Speisung eines Hydranten und für die Zweigleitungen nur der Wasserbedarf der letzteren zu Grunde gelegt worden.

Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich für die einzelnen Strecken folgende Wassermengen:

1. Hauptrohr von dem Hochbehälter bis zur Abzweigung der Ableitung nach Beelitzhof bei *A*:  
Bedarf für 2 Hydranten  $2 \cdot 4,0 = \dots \dots \dots 8,0 \text{ sl}$ .
2. Leitung von der Gabelung bei *A* bis zu dem Hydranten auf dem Gutshof:  
Bedarf für 1 Hydranten  $\dots \dots \dots 4,0 \text{ „}$



Bezeichnung des Rohrstranges	Durch- messer	des Rohrstranges			Geschwin- digkeit $v$	Druck- höhen- verlust	Gesamtdruckhöhenverlust von der Sohle des Hochbehälters			Höhenlage	
		Länge $L$	Wasser- menge	mm			bis Punkt	ohne 2 Atmosph. Überdruck	mit Überdruck	des Punktes	über N. N.
von	bis	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hochbehälter	A	100	300	8,00	1,02	4,80	A	4,80	24,80	A	413,0
	Gutshof	80	650	4,00	0,80	8,01	Gutshof	12,81	32,81	Gutshof	411,3
A	B	80	360	4,83	1,00	6,93	B	11,73	31,73	B	421,0
B	C	80	300	4,50	0,90	4,68	C	16,41	36,41	C	421,6
B	Vorwerk	80	230	4,00	0,80	2,83	Vorwerk	14,61	34,61	Vorwerk	427,0
a	b	80	130	4,00	0,80	1,60	b	$\left. \begin{array}{l} 4,80 \\ 1,72 \\ 1,60 \end{array} \right\} 8,12$	28,12	b	417,0
c	d	80	250	4,00	0,80	3,07	d	$\left. \begin{array}{l} 4,80 \\ 1,72 \\ 0,98 \\ 3,07 \end{array} \right\} 10,47$	30,47	d	422,0
e	f	80	170	4,00	0,80	2,09	f	$\left. \begin{array}{l} 4,80 \\ 1,72 \\ 2,50 \end{array} \right\} 11,11$	31,11	f	418,0
								$\left. \begin{array}{l} 2,09 \\ 2,50 \end{array} \right\} 2,09$			

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v = 0,00125 \cdot v;$$

worin

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\lambda \cdot \frac{l}{d}}} = \frac{\sqrt{19,62 \cdot 10,5}}{\sqrt{0,03025 \cdot \frac{1220}{0,04}}} = 0,5 \text{ m,}$$

weshalb  $Q = 0,00125 \cdot 0,5 = 0,656 \text{ sl,}$

während die mittlere Zuflussmenge nur **0,463 sl** ausmacht.

Zur *Quellenfassung* sollen die oberen bereits verwitterten Lagen des Gesteins bis auf rund 2,00 m Tiefe beseitigt und zur besseren Aufnahme des Wassers ein Drainstrang aus gelochten Tonmuffenrohren von 5 m Länge in die wasserführende Schicht eingetrieben werden.

Zu Feuerlöschzwecken sind im Verteilungsnetz des Dorfes in je 100 m Entfernung Hydranten vorgesehen, sodafs im ganzen mit den bereits erwähnten am Ende jeder Zweigleitung 15 Stück angelegt werden, von denen drei mit permanent laufenden Brunnen verbunden werden sollen.

Die Hausanschlüsse sind je nach Bedarf auf Kosten der einzelnen Besitzer aus Bleirohren herzustellen. Die hierbei erforderlichen Sondertheile (Gröfsen etc.) können von jedem Installationsgeschäft bezogen werden.

## § 65.

Betreffs der **Veranschlagung** mag noch erwähnt werden, dafs dieselbe in gleicher Weise wie andere Bauanschläge (siehe Seite 102 ff.) nach Titeln und Positionen getrennt erfolgen mufs und sich im einzelnen auf folgende Arbeiten zu erstrecken hätte:

### A. *Quellenfassung:*

*Erdarbeiten* zur Beseitigung der oberen, verunreinigenden Bodenmassen.

*Verlegen von Drainrohren* oder Anlage von *Sickerschächten* zur Aufnahme des Quellwassers.

*Mauerwerk* der Quellenfassung (Brunnenkammer, Brunnenstube) aus Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk, bezw. auch Beton.  
— Materialienlieferung und Arbeitslohn.

Lieferung und Einbauen der erforderlichen Zu-, Ableitungs- und Überlaufvorrichtungen.

### B. *Hochbehälter:*

*Erdarbeiten* zum Herstellen von Baugruben und Überschütten nach Vollendung des Baues.

*Mauerarbeiten* (Ziegel-, Bruchsteinmauerwerk oder Beton) zur Herstellung der Fundamente, Umfassungswände und der Deckengewölbe. — Materialienlieferung und Arbeitslohn.

*Lieferung und Anbringen* der verschiedenen Einlauf-, Ab-  
leitungs- und Überlaufrohre, einschließlich aller Ventile,  
Verschlussvorrichtungen etc.

*Sonstige Nebenarbeiten.*

**C. Rohrleitung:**

*Lieferung* der verschiedenen Rohre und Formstücke nach *Gewicht*.

*Lieferung* der erforderlichen *Schieber, Hydranten, Luftventile,*  
*Standrohre, Schlüssel* etc.

*Anfuhr* der sämtlichen Metallsachen (Eisenbahnfracht, Land-  
transport).

*Verlegen der Rohre* und Einbauen der *Schieber, Hydranten* etc.

**D. Hausanschlüsse.**

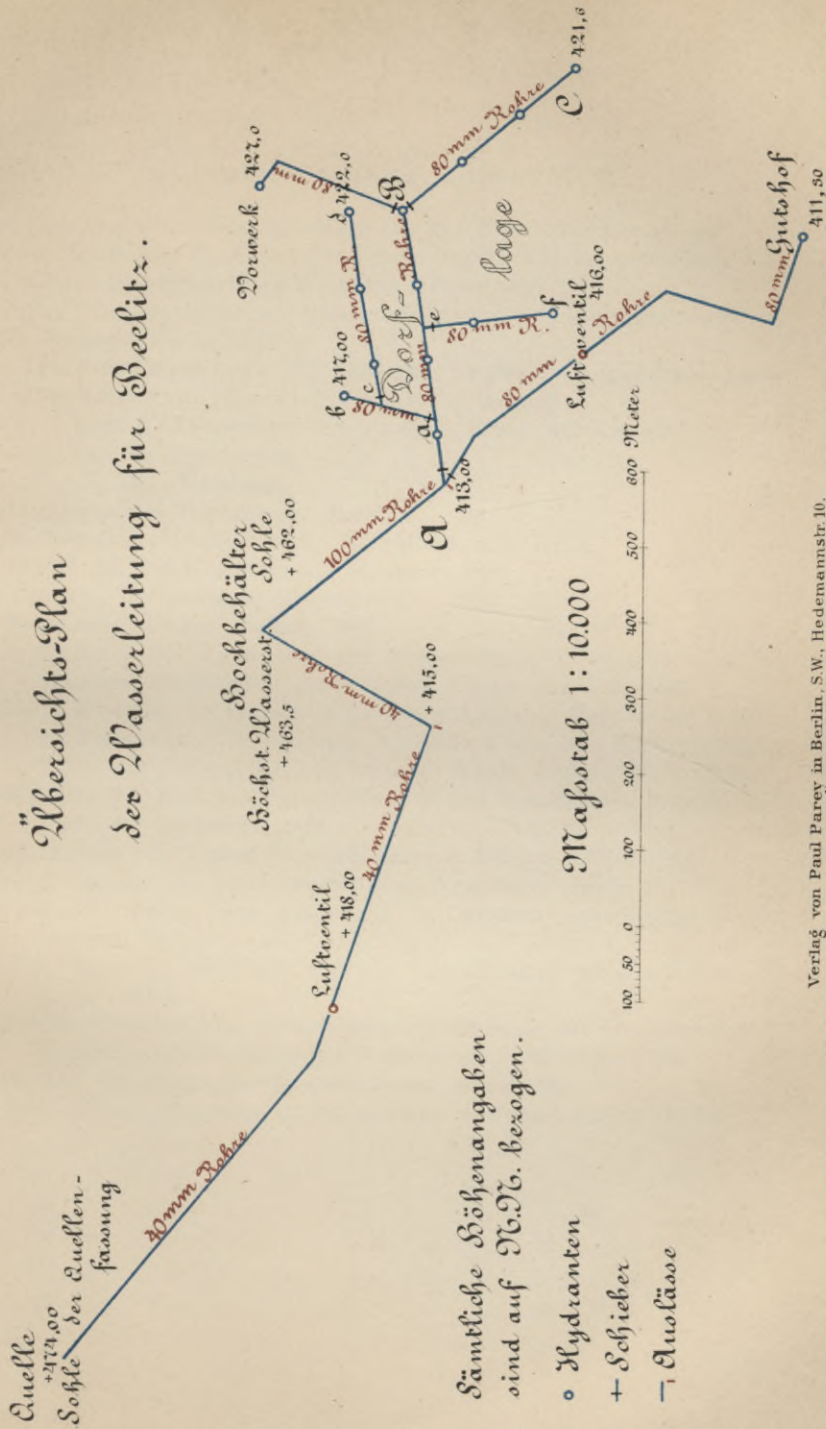
**E. Allgemeine Kosten:**

Vorarbeiten, Projektaufstellung, Bauleitung etc. je nach dem  
Umfang des Projektes 5—10% der Kosten *A* bis *D*.

---



# Übersichts-Plan der Wasserleitung für Beelitz.



Sämtliche Höhenangaben  
sind auf N.N. bezogen.

o Hydranten

+ Schieber

- Quatlüsse



## Literatur zum IV. Abschnitt.

- Bestimmung von Normalprofilen für die Elbe. Magdeburg 1885.
- Frank, Berechnung der Kanäle und Rohrleitungen. München und Leipzig 1886.
- Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1897.
- Goering, Massenermittlung, Massenverteilung und Transportkosten bei Erdarbeiten. Berlin 1898.
- Handbuch der Baukunde. III. Abteilung: Baukunde des Ingenieurs. Berlin.
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Leipzig.
- Band I. Vorarbeiten, Erd-, Strafen-, Grund- und Tunnelbau.
- „ II. Brückenbau.
- „ III. Wasserbau.
- Hütte, Ingenieurs Taschenbuch. Berlin.
- Joly, Technisches Auskunftsbuch. Wittenberg, Selbstverlag.
- Loewe, Ferd., Strafenbaukunde. Wiesbaden 1895.
- König, Fr., Der praktische Röhrenmeister. 1872.
- Hauswasserleitungen. Leipzig 1882.
- Kraschutzki, Die Versorgung von kleinen Städten, Landgemeinden und einzelnen Grundstücken mit gesundem Wasser. Hamburg 1896.
- Kutter, Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen; Tabellen und Beiträge zur Erleichterung des Gebrauchs der neuen allgemeinen Geschwindigkeitsformel von Ganguillet und Kutter. Zweite Auflage, Berlin 1897.
- Michaelis, Regenfall und Wasserabfluss in dem westfälischen Becken. Zeitschrift für Bauwesen. 1883.
- Penk, Abflufs- und Niederschlagsverhältnisse in Böhmen. Wien 1896.
- Perels, Handbuch des landwirtschaftlichen Wasserbaus. Berlin 1877.
- Petermann, Anlage und Ausführung von Brunnen und Wasserleitungen. Stuttgart 1871.
- Scheck, Anleitung zur Ausführung und Veranschlagung von Faschinenbauten. Berlin 1885.
- Die Niederschlags- und Abflufsverhältnisse der Saale mit besonderer Berücksichtigung der Häufigkeit der Wasserstände. Wiesbaden 1893.
- Tolkmitt, Grundlagen der Wasserbaukunst. Berlin 1898.
- Zwicky, Wasserversorgung für ein größeres isoliertes Landgut. Zürich.
-



## Fünfter Abschnitt.

### Kulturtechnik.

#### Kapitel I.

#### Einleitung.

##### § 1.

**Kreislauf des Wassers.** Unter dem Kreislauf des Wassers versteht man das Aufsteigen desselben als Dampf von den Oberflächen der Gewässer und aller nassen Gründe in die Atmosphäre, seine Ausscheidung in Form von Niederschlägen und die Ableitung der gefallenen Wassermengen in Rinnen, Gräben, Bächen, Flüssen und Strömen nach dem Meere. Die atmosphärische Luft enthält stets Wasserdampf. Ihr Gehalt an Wasser — die *absolute Feuchtigkeit* — ist abhängig von der Temperatur. Er nimmt zu mit höherer Temperatur. *Relative Feuchtigkeit* ist das Verhältnis der wirklich in der Luft vorhandenen Wassermenge zu derjenigen, welche sie bei gleicher Temperatur höchstens würde aufnehmen können. *Taupunkt* oder *Sättigungspunkt* nennt man die Temperatur, bei welcher die Luft mit dem jeweilig vorhandenen Wasserdampf gerade gesättigt sein würde. *Sättigungs-Defizit* bezeichnet die Wassermenge, die zur vollen Sättigung der Luft entsprechend der herrschenden Temperatur fehlt.

Die Ausscheidung des Wassers findet statt in verschiedenen Formen: als *Tau*, wenn die dem Erdboden aufliegende Luftschicht unter den Taupunkt abgekühlt wird; als *Reif*, wenn unter gleichen Verhältnissen die Temperatur unter den Gefrierpunkt sinkt; als *Nebel* durch Kondensation des Wassers an den Staubteilchen, die stets in der Luft schweben; als *Regen* oder *Schnee* bei rascher Kondensation des Wassers in dem zu Wolken verdichteten Nebel. Kommt „überkalteter“ Nebel (bis — 10 und — 13°) mit Gegenständen in Berührung, so setzt sich, der Windrichtung entgegen, in kristallinischer Form *Rauhreif* an; *Hagel* sind mehr oder weniger feste und undurchsichtige Eisstücke; *Graupeln* sind dicht zusammengeballte Schneekügelchen.

Die *Wolken* sind immer die Folge einer durch einen aufsteigenden Strom erzeugten Luftabkühlung. Die frühere Annahme, daß auch durch Vermischung eines warmen und eines kalten Luftstromes oder durch den Äquatorialstrom Niederschläge entstehen können, trifft nicht zu. Der aufsteigende Luftstrom bildet sich entweder durch starke Erhitzung des Bodens oder durch ein barometrisches Minimum, in welches die Luft hineingezogen wird und aufsteigt, oder endlich dadurch, daß die Luft auf ihrem Wege Gebirgszüge überschreitet. Sie dehnt sich um so mehr aus, in je höhere Gegenden sie gelangt; und da zu dieser Arbeit Wärme verbraucht wird, so muß sie sich abkühlen. Hinter dem Kamm eines Gebirges findet sie vor sich trockene Luft. Beim Niederfallen verdichtet sie sich, erwärmt sich, wird relativ trockener: ein Ausscheiden von Wasserdampf findet nicht mehr statt, wir befinden uns auf der *Regenschattenseite* des Gebirges.

Das *Regenwasser* ist nie chemisch rein. Es enthält stets einen mehr oder minder großen Teil derjenigen Gase, aus denen die Luft zusammengesetzt ist.

## § 2.

**Regenhöhen.** Die Menge der atmosphärischen Niederschläge wird durch die Höhe der Wasserschicht bezeichnet, die entstehen würde, wenn die Niederschläge auf horizontaler Bodenfläche fallen und weder durch Abfluß noch durch Versickerung und Verdunstung verringert würden. Diese Höhe nennt man die *Regenhöhe*. Alle Niederschläge werden in flüssiges Wasser verwandelt. Der Schnee wird sonach stets geschmolzen. Das Verhältnis der Schneehöhe zu der Höhe des beim Schmelzen sich ergebenden Wassers ist bei verschiedenen Temperaturen sehr verschieden. Man gebraucht hier die Bezeichnung *spezifische Schneetiefe* und versteht darunter diejenige Höhe der Schneeschicht, welche beim Schmelzen eine Wasserschicht von 1 mm liefert. Sie schwankt zwischen 6,6 und 34 mm. Die kleinere Zahl stellt sich ein bei Tauwetter und höherer Temperatur zu einer Zeit, in welcher der Schnee mit vielen Wassermengen durchsetzt ist; die größere bei starkem Frost, wenn die Schneekristalle widerstandsfähig gegen Druck sind, der Schnee dadurch locker ist und sich nicht zusammenballt. Als Mittelwert der spezifischen Schneetiefe fand man 16 mm.

Das *Fallen der Niederschläge* unterliegt einem steten Wechsel. Wie die Regenmassen eines Gewitters nie 10 Minuten lang mit derselben Dichtigkeit fallen, so sind die Regenmassen der Tage, der Monate, der Jahre ständigen Schwankungen unterworfen. Die Sommermonate bringen mehr Regen als die Wintermonate; regenreiche Jahre wechseln mit regenarmen. Brückner hat ermittelt, daß sogar *säkulare Schwankungen* bestehen. Er weist in dem Zeitraum von 1700 bis 1880 fünf vollständige Schwankungen regenreicher und regenarmer Zeiten nach. Es sind zu bezeichnen:

Als feuchte Perioden	1691—1715	1736—55	1771—80	1806—25	1841—55	1871—85
mit einer Jahresdauer von	25	20	10	20	15	15
durchschnittlich 17,5 Jahren,						
und als trockene Perioden	1716—35	1756—70	1781—1805	1826—40	1856—70	
mit einer Jahresdauer von	20	15	25	15	15	
durchschnittlich 18 Jahren,						

sonach beträgt die Dauer einer vollständigen Schwankung durchschnittlich 35,5 Jahre.

Auf die *Regenhöhe eines Ortes* ist von wesentlichem Einfluß seine Entfernung vom Meere, seine Höhe über dem Meere und besonders seine Lage zu einem die herrschende Windrichtung kreuzenden Gebirgszuge. Die *jährliche Regenhöhe* Berlins beträgt 597 mm, diejenige von Deutschland durchschnittlich 660 mm. Hiervon entfallen 22,4 % auf den Frühling, 36,0 % auf den Sommer, 23,5 % auf den Herbst, 18,1 % auf den Winter. Einen Einblick in die räumliche Verteilung der Niederschläge bieten die *Regenkarten*, in welchen die Orte mit gleicher Niederschlagshöhe durch Linien verbunden sind.

Die größten *monatlichen Regenhöhen* erreichen in Deutschland nicht selten 200 mm, mitunter sogar 300 mm. Sie fallen hauptsächlich im Juli, weniger häufig im August, noch seltener im Juni. Die größten *täglichen Regenmengen* zeigen sich gleichfalls im Juli oder im August, seltener im Juni. Ein Tagesmaximum von 100 mm ist im ebenen Norddeutschland überall zu gewärtigen, im gebirgigen Norddeutschland sogar 150 mm. Höhere Tagesniederschläge zeigen auch die Alpenländer nicht, nur treten sie hier viel häufiger auf. Die größten *stündlichen Regenhöhen* erreichen bei längerer Dauer oft 100 und 120 mm; sie können zuverlässig nur durch graphische Aufzeichnung der Regenfälle festgestellt werden.<sup>1)</sup>

Die Bedeckung des Bodens ist gegenüber den Luftströmungen von geringem Einfluß auf die Reichhaltigkeit der Niederschläge. Seeartige Wasseransammlungen haben nur beschränkten örtlichen Einfluß, und ob ausgedehnte Waldungen eine Häufung der Niederschläge zur Folge haben, ist noch nicht unzweifelhaft aufgeklärt. Der *Niederschlag im Walde* selbst ist ungefähr um 12 % geringer als auf dem benachbarten Freilande.

### § 3.

**Regenmesser.** Die Regenmesser oder Ombrometer, Pluviometer, bestehen gewöhnlich aus drei Teilen: dem Auffanggefäß, dem Sammelgefäß und dem Mefßgerät. Das Auffanggefäß hat eine trichterartige Form

<sup>1)</sup> Genaue sorgfältig ermittelte Regentabellen, sowie eine eingehendere Ausführung des Inhaltes der vorliegenden §§ 1 bis 7 finden sich in dem vom Verfasser bearbeiteten I. Kapitel des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, dritter Band, Wasserbau. Leipzig, bei Wilh. Engelmann.

mit runder oder quadratischer Auffangfläche von 200 bis 2000 qcm. In Preußen ist der in Fig. 278 dargestellte *Regenmesser* nach Prof. Hellmann, Modell 1886, eingeführt.

Er besteht aus einem 45 cm hohen, weißgestrichenen Zylinder aus Zinkblech, dessen 200 qcm große Auffangfläche (159,6 mm Durchm.) von einem scharfkantig abgedrehten und kegelförmig hergestellten Messingring begrenzt wird. Dieser Zylinder besteht aus zwei Teilen; der obere *A* bildet das eigentliche Auffanggefäß und enthält einen trichterförmigen inneren Boden; der untere *B* dient als Behälter für die Sammelflasche *C*. Letztere

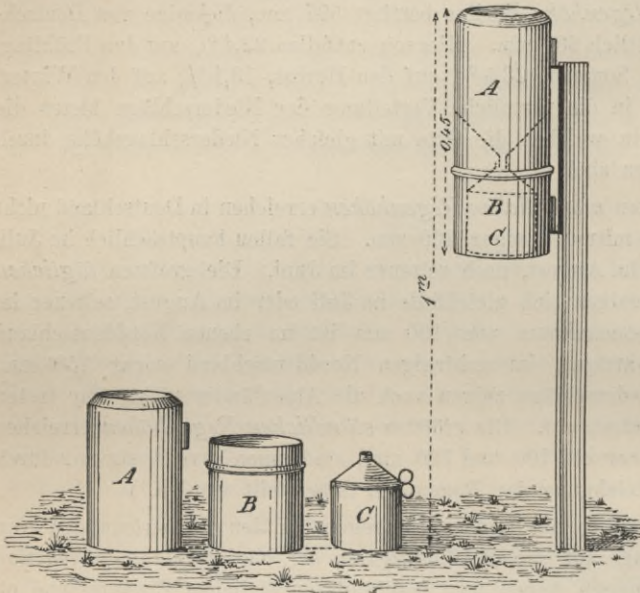


Fig. 278. Regenmesser.

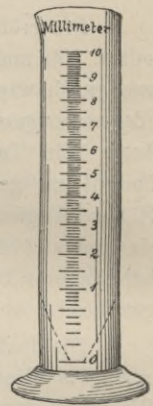


Fig. 279. Mefsglas.

wird zwischen Führungsstäbchen auf drei untergestellten Korken derart eingesetzt, daß eine 3 cm starke Luftschicht das Sammelgefäß vor direkter Bestrahlung durch die Sonne und damit das Wasser vor Verdunstung schützt. Die Befestigung erfolgt durch eine eiserne Klammer an einem eingegrabenen Pfahl derart, daß die Auffangfläche genau 1 m über dem Erdboden sich befindet. Nur in solchen Gegenden (Ostpreußen und höheren Gebirgslagen), wo bei hoher Schneedecke es nicht unmöglich ist, daß durch den Wind Schnee vom Erdboden in das Gefäß gewirbelt werden kann, ist eine größere Höhe, 1,25 bis 1,50 m, geboten. Zur Bestimmung der Regenmenge wird die Sammelflasche in das in Fig. 279 dargestellte Mefsglas entleert.



*Große Schneemengen* werden ermittelt dadurch, daß man von dem Schnee, welcher sich auf einem ausgelegten Brett gesammelt hat, mittels des Auffanggefäßes des Regenschner einen Schneezylinder aussticht, diesen Ausstich sammelt und schmilzt.

Die Regenschnermessungen geschehen in Preußen regelmäsig um 7 Uhr morgens. Sie werden allmonatlich durch eine *Regenschnerpostkarte* nach dem untenstehenden Schema dem meteorologischen Institut übersandt.

Station: <i>Rüdersdorf</i> .....		Kreis: <i>Niederbarnim</i> .....		Monat: <i>März</i> .....		1886.	
Meereshöhe: <i>42</i> ..... m.		Höhe des Regenschners über dem Erdboden: <i>1,0</i> ..... m.		Zeitpunkt der Messung: <i>7<sup>a</sup></i> .....			
Da- tum	Höhe mm	Form und Zeit	Da- tum	Höhe mm	Form und Zeit	Da- tum	Höhe mm
1	0,1	△ a, ● tropfen 5—6 p	11	1,8	* n, * 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —3 p	21	—
2	0,9	● n, ≡ <sup>2</sup> 6—10 a	12	2,3	—	22	0,1
3	—	—	13	—	≡ <sup>1</sup> öfters a	23	50,1
4	—	△ schauer 2—3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p	14	0,3	└	24	—
5	2,4	● u. ▲ böen a und p	15	0,1	└	25	3,2
6	7,3	≡	16	—	—	26	5,1
7	—	—	17	—	● a, * u. † p	27	0,0
8	1,5	● n, √ <sup>2</sup> 3—3 <sup>20</sup> p (24,1 mm)	18	3,4	* a und p	28	—
9	29,7	● n	19	6,8	* böe 6 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> —7 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> p	29	2,7
10	—	└ <sup>0</sup> a, * flocken p	20	1,1	—	30	—
Sa.	41,9	—	Sa.	15,8	—	31	13,5
Abkürzungen und Zeichen:		Zahl der Tage mit:					
a=Vormittag, p=Nachmittag, n=Nacht.		Schnee (* ) .....					
● Regen, * Schnee, ▲ Hagel.		Hagel (▲) .....					
△ Graupel, √ Tau, └ Reif, √ Raufrost, ≡ Nebel, √ Nah-Gew., † Fern-Gew.		Graupel (△) .....					
∞ Wetterleuchten, ≡ Sturm.		Nebel (≡) .....					
∞ Höhenrauch, † Schneegestöber.		Gewitter (√T) .....					
● n, √▲ 11 <sup>a</sup> —2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> p, * 2 6—7 p.		z. B.					
Sa. 74,7		Größte Höhe } 50,1 mm					
Mis. 132,7		in 24 Std.					
Sa. 132,7		gemessen am 23.					
		Zahl der Tage mit mehr als } 15					
		0,2 mm Niederschlag					
Unterschrift: <i>Lichtenau</i> .....							

Bemerkung. Alle Beobachtungen sind zu demjenigen Datum einzutragen, an welchem sie gemacht werden. Die gefundenen Niederschlagshöhen sind daher zum Datum des Messungstages, die Angaben über Form und Zeit der Niederschläge zum Datum des Regentages zu verzeichnen.

## § 4.

**Regenschreiber.** Die gewöhnlichen Regenmesser können nur die Niederschlagsmengen angeben, die im Zeitraum zwischen zwei Beobachtungen gefallen waren. Die wirkliche Regenzeit und die Dichtigkeit des Regens in den einzelnen Abschnitten dieser Zeit werden nicht vermerkt. Da diese Angaben aber für viele technische Anlagen unentbehrlich sind, so sind die

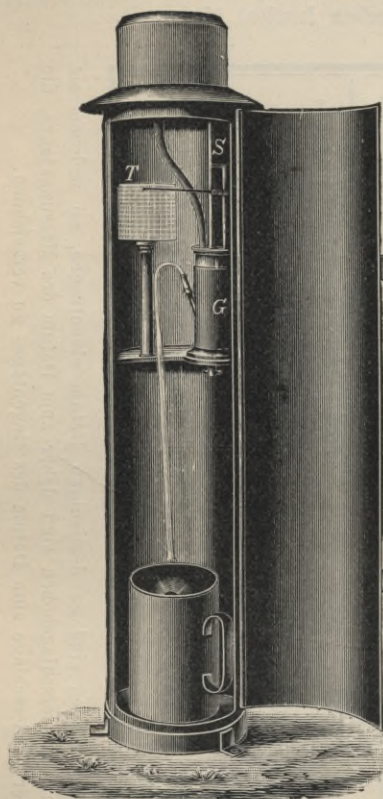


Fig. 280.

Regenschreiber von Hellmann u. Fuefs.

Regenschreiber, welche selbsttätig Zeit und Menge des Niederschlages anzeigen, von der größten Bedeutung. Jahrelang hat man nach einem zweckmäßigen Gerät gesucht. Viele Erfinder beschäftigten sich mit dieser Aufgabe.<sup>1)</sup> Erst neuerdings scheint der Regenschreiber von Prof. Dr. Hellmann und R. Fuefs berufen zu sein, dank seiner Wohlfeilheit und Einfachheit die Einführung der Regenschreiber zu erleichtern. Fig. 280 zeigt den Regenschreiber in Tätigkeit. Das Auffanggefäß hat dieselbe Gestalt und Fläche wie am Regenmesser Fig. 278. Die Auffangfläche ist genau 200 qcm groß. Das Regenwasser fließt durch eine gebogene Metallröhre in das zylindrische Gefäß G. In diesem befindet sich ein Schwimmer, an dessen Achse S ein Hebelarm mit der Schreibfeder befestigt ist. So wird die Bewegung des Schwimmers unmittelbar auf den Papierstreifen einer Trommel T übertragen, die durch ein in ihrem Innern befestigtes

Uhrwerk in 24 Stunden einmal um sich selbst gedreht wird. Das Papier der Trommel ist, wie Fig. 281 zeigt, durch lotrechte Linien in Abschnitte geteilt, die einem Zeitraum von 10 Minuten entsprechen, und durch horizontale Linien in Streifen, die eine Regenhöhe von 0,1 mm bedeuten. Der 10 Minuten-Abschnitt ist 2,65 mm breit, er läßt also noch

<sup>1)</sup> Wir verweisen auf die Abhandlungen d. Verf. in der Zeitschr. f. Bauwesen 1890, S. 503, und dem Zentralblatt d. Bau-Verwaltung 1901, S. 92.

Zwischenschätzungen von 2 Minuten zu. Die Regenhöhe wird im Verhältnis 1 : 8,2 übertragen, d. h. 1 mm Regenhöhe wird durch 8,2 mm Höhe auf dem Papierstreifen dargestellt.

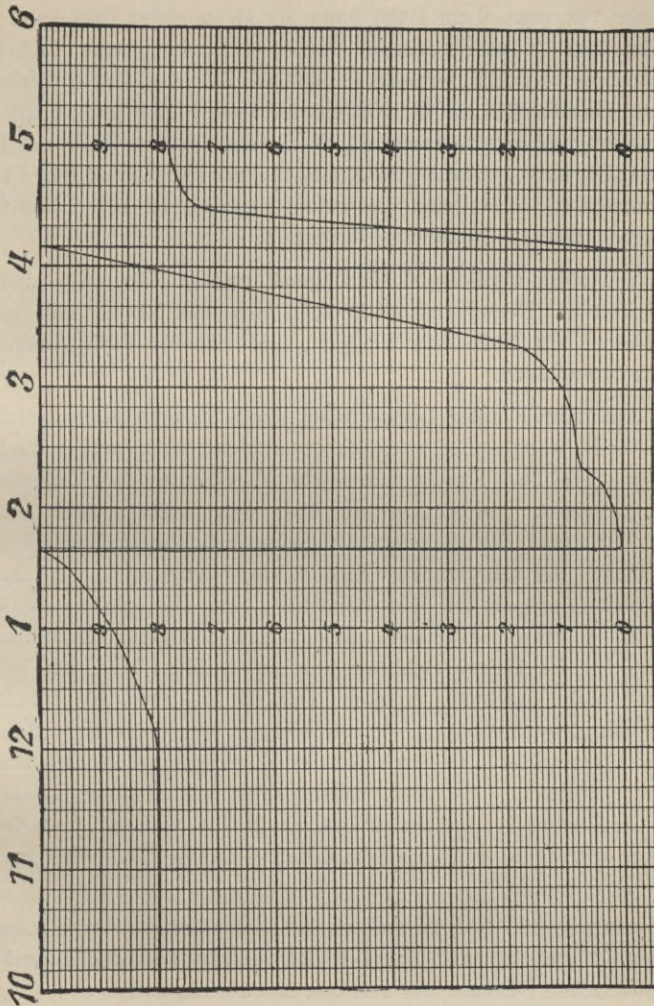


Fig. 281. Regendiagramm nach Hellmann u. Fuchs.

Bei einer bestimmten Wassermenge im Gefäß  $G$  — etwa 6 cm Höhe — steht der Schreibstift auf der Null-Linie. Ist das Gefäß mit 200 ccm Wasser über der Anfangsmenge gefüllt, d. h. sind 10 mm Regenhöhe gefallen, so steht der Schreibstift auf der 10 mm-Linie. Dann entleert sich das Gefäß  $G$  plötzlich und selbsttätig durch einen neben ihm ange-

brachten Glasheber in eine am Boden stehende Sammelkanne. Die Wasserrhöhe im Gefäß *G* fällt auf 6 cm zurück, der Schreibstift führt einen senkrechten Zug bis zur Null-Linie abwärts aus, und die Aufzeichnung der Regenmengen kann von neuem beginnen. Die im Gefäß *G* dauernd bleibende Wassermenge von etwa 6 cm Höhe kann, da sie von der Luft ganz abgeschlossen ist, nur in sehr geringem Maße verdunsten; eine Nachfüllung ist nur in außerordentlich seltenen Fällen erforderlich. Zur genauen Einstellung des Schreibstiftes auf die Null-Linie ist die Nachfüllung nicht nötig: diese Einstellung erfolgt vielmehr durch die am anderen Ende des Hebels angebrachte Schraube. Durch die Sammelkanne kann man zur Prüfung der zeichnerischen Darstellung die Gesamtregenmenge einer bestimmten Zeit — gewöhnlich 24 Stunden — ermitteln.

Fig. 281 zeigt als Beispiel ein Regendiagramm. Es zeigt eine nach der Dichtigkeit des Regens ungleichmäßig steigende Linie. Die Sprünge von der oberen zur Null-Linie abwärts sind nur als Verbindungen der Regenlinien aufzufassen.

Die Aufstellung einer Lampe oder einer anderen Heizvorrichtung, welche imstande wäre, gefallenen Schnee zu schmelzen, wurde nicht für zweckmäßig gehalten. Durch eine solche Vorrichtung wird nämlich die Verdunstung erhöht, und es entsteht über dem Auffanggefäß ein aufsteigender Luftstrom, der die kleineren Schneekristalle und Schneeflocken ablenken kann. Bei sehr starkem Niederschlage wird auch der Schnee zu langsam geschmolzen, sodaß ein Zeitfehler, eine Verspätung, sich einschleicht; ja es kann vorkommen, daß wegen des geringen Maßes von Wärme, welche die Heizvorrichtung nur ausstrahlen darf, ein Teil des Schnees gar nicht geschmolzen wird. Deshalb hat Prof. Dr. Hellmann bei dem neuen Regenschreiber auf die selbsttätige Verzeichnung der Schneemengen ganz verzichtet. Dadurch hat das Werkzeug an Wohlfeilheit und Einfachheit gewonnen. Es wird, sobald Frost eintritt, der Deckel geschlossen, der Regenschreiber außer Betrieb gesetzt und die dann fallende Schneemenge durch die gewöhnlichen Mittel — Abstechen, Schmelzen und Messen — festgestellt.

Der dargestellte Regenschreiber hat die Vorzüge der Einfachheit, der leichten Aufstellung und der Billigkeit. Alle Teile befinden sich in einem zylindrischen Gehäuse aus starkem Eisenblech, sodaß es möglich ist, das Gerät leicht zu befördern und auch ohne Mühe in der vom Mechaniker gelieferten Form aufzustellen. Es wird auf einem in die Erde gelassenen Holzblock verschraubt und durch starke Drähte nach drei Seiten hin verankert. Die Bedienung des Regenschreibers erfolgt täglich um 7 Uhr früh. Dabei wird der Papierstreifen erneuert, die Uhr aufgezogen und die in der Kanne gesammelte Wassermenge zur Prüfung des Ergebnisses gemessen.

Der ganze Regenschreiber wiegt nur 15 kg. Er wird von der Firma R. Fuefs in Steglitz bei Berlin hergestellt und kostet mit allem Zubehör 176 Mark; die Papierstreifen werden zum Preise von 5 Mark für 100 Stück geliefert.

### § 5.

**Verdunstung.** Die Verdunstung einer freien Wasserfläche kann im Laufe eines Jahres recht wohl die Regenhöhe erreichen, sie sogar überschreiten, da die Verdunstung dauernd, die Regenhöhe nur dann gemessen wird, wenn wirklich Regen fällt. Holländische Ingenieure pflegen bei Kanälen mit 900 mm Jahresverdunstung zu rechnen. Die monatliche Verdunstung einer unter dem Einfluß des Sonnenlichtes stehenden freien Wasserfläche wurde in Augsburg nach 14-jährigem Durchschnitt ermittelt zu:

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

Das Maximum der Tagesverdunstung von freien Wasserflächen hat 10 mm betragen. In den Nachtstunden hörte die Verdunstung gänzlich auf, höchstens wurden im Juni und Juli 2 mm erreicht.

Die Verdunstung an der Erdoberfläche ist dann erheblich größer als an der freien Wasserfläche, wenn der Boden mit Kulturgewächsen (Gras oder Bäumen) bestanden ist; sie ist aber kleiner bei nackter, vegetationsloser Erdoberfläche. Eine Austrocknung des Bodens schon von 2 cm Höhe kann je nach der Bodenart die Verdunstung um  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{2}{3}$  ermäßigen. Ähnlich wirkt eine vegetationslose, mineralische Decke, z. B. die Sanddecke bei Moorkulturen. Nach Beobachtungen der Moor-Versuchs-Station in Bremen verdunsteten in 3 Jahren von dem unbedeckten Moorboden 29,3%, von dem mit grobkörnigem Sand bedeckten Moorboden dagegen nur 11,6% der aufgefallenen Regenmengen. Wald verdunstet zwar mehr Wasser als ein gleich großes unbebautes Feld, aber ungefähr dreimal weniger als eine mit Getreide oder Gras bestandene Fläche. Man hat die jährliche Verdunstung im Walde auf durchschnittlich 125 mm, im Freien auf 303 mm ermittelt. Die mittlere tägliche Verdunstung beträgt bei Wiesen 3,1 bis 7,3 mm, bei Weizen 2,7 bis 2,8 mm, bei Roggen 2,26 mm, bei Kartoffeln 0,74 bis 1,4 mm, bei Eichen und Tannen dagegen nur 0,5 bis 1,1 mm.

### § 6.

**Versickerung.** Die Sickerwassermengen schwanken nach den Niederschlägen, der Entwässerungstiefe, der Bodenart, dem Klima, den Jahreszeiten und vor allem nach der Bodenbedeckung. Eine *Beimischung von Lehm* zu sandigen Bodenarten verursacht eine Verminderung des Sickerwassers; doch haben Lehmzusätze von mehr als 30 Volumprozent

Gesamt-Lehmgehalt auf die Wasserundurchlässigkeit nur noch geringen, über 50 Prozent fast gar keinen Einfluß mehr.

*Bedeckungen des Bodens mit totem Material* befördern die Sickerwassermengen. Schon eine Sanddecke von nur 1 cm vermag die unterirdische Wasserabfuhr sehr zu erhöhen. Ebenso wirken leblose Pflanzendecken, z. B. Waldstreu, trotzdem sie zu ihrer Durchfeuchtung eine gewisse Wassermenge beanspruchen; denn sie schützen den Boden gegen Temperaturwechsel und Wind, die Ursachen der Verdunstung. Einen außerordentlich hohen Einfluß übt aber wiederum die *Bedeckung mit lebenden Pflanzen* aus. Graswuchs vermag die Sickerwassermengen auf  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{25}$  zu ermäßigen; Baumbestand wirkt ähnlich, wenn auch nicht in gleich hohem Maße.

### § 7.

**Entstehung des Grundwassers.** Das Regenwasser, das an irgend einem Orte niederfällt, fließt zu einem Teil oberirdisch ab, ein zweiter Teil wird zum Bau der Pflanzen verbraucht, ein dritter verdunstet, ein vierter wird vom Boden zurückgehalten, entsprechend seiner *absoluten oder kleinsten Wasserkapazität*. Hierunter versteht man diejenige Wassermenge, die trotz freien Abflusses von einem Boden unter allen Umständen festgehalten wird, wenn ihm ein Überschufs von Wasser zur Verfügung steht. Dann sind nur die engsten Kapillarräume mit Wasser gefüllt, es befindet sich im Boden Wasser und Luft nebeneinander. Ein fünfter Teil des Regenwassers wird von der tiefer im Boden befindlichen undurchlässigen Schicht zurückgehalten, sammelt sich auf ihr und bildet das *Grundwasser*. Ein Teil dieses Wassers steigt aber wiederum in die unmittelbar über der Grundwasseroberfläche vorhandene Bodenschicht so weit hinauf, als die Schwerkraft des Wassers durch die Haarröhrenkraft überwunden werden kann. In diesem Raume ist die *volle oder grösste Wasserkapazität* vorhanden. Vergl. I. Abschnitt, § 78 (Teil I, S. 125).

Die horizontale Ausbreitung des Grundwassers wird in erster Linie beeinflusst durch die Oberflächenform der undurchlässigen Schicht. Ist das Grundwasser genügend hoch gestiegen, so bewegt es sich in der Richtung des stärksten Gefälles der undurchlässigen Schicht abwärts. Tritt die undurchlässige Schicht zu Tage, so erscheint es als *Quelle* an der Oberfläche; andernfalls vereinigt es sich mit anderen Grundwasseransammlungen und bildet große unterirdische *Grundwasserströme*, welche ihre Vorflut in den Binnengewässern und dem Meere finden.

### § 8.

**Höhe des Grundwasserstandes.** Die Höhe des Grundwassers ist periodischen Schwankungen unterworfen. Sein derzeitiger Stand ist abhängig von den Wechselbeziehungen zwischen Niederschlag und Ver-

dunstung. Beide wirken in entgegengesetzter Weise auf den Stand des Grundwassers ein. Der Einfluß der Niederschläge ist nach den Regenhöhen zu schätzen; der Einfluß der Verdunstung wird am besten beurteilt nach dem Sättigungs-Defizit. Bald folgt das Grundwasser vorzugsweise der Niederschlagshöhe, wie in der bayerischen Hochebene bei München, bald dem Sättigungs-Defizit, wie in der Niederung von Berlin, wo erst in größerer Tiefe Grundwasser zu finden ist. Hier ist also der Grundwasserstand vorzugsweise abhängig von der Verdunstung.

Diejenigen Flüsse, welche in der undurchlässigen Schicht selbst eingeschnitten sind, werden stets von dem Grundwasser gespeist, denn immer ist an solchen Flüssen ein Ansteigen des Grundwassers mit der Entfernung vom Flusse zu beobachten: der sprechendste Beweis, daß das Grundwasser dem Fluß zuströmt. Dies zeigt Fig. 282. Eine Anschwellung im Fluß übt eine Rückwirkung auf den Grundwasserstand aus. Das Fluß-

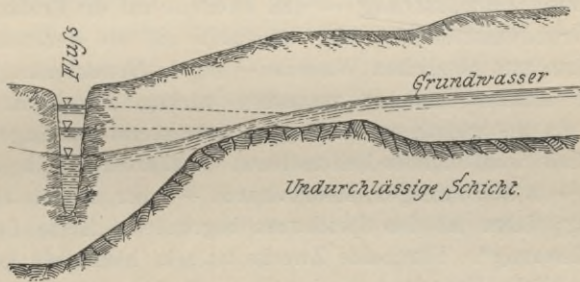


Fig. 282. Grundwasserspeisung eines Flusses.

wasser tritt durch die durchlässigen Ufer, hebt anfänglich auf gewisse Zeit den Abfluß des Grundwassers auf, vergrößert in dieser Zeit durch unmittelbaren Zufluß die Grundwassermenge und veranlaßt gleichzeitig eine Hebung des Grundwasserstandes. Diese Hebung setzt sich in das Binnenland fort. Denn der dauernde Abfluß des Grundwassers kann in dem Bereich des Rückstaues nur mit schwächerem Gefälle, also mit geringerer Geschwindigkeit stattfinden, es muß sich daher eine Vergrößerung des Durchflußprofils und damit eine Hebung des Wasserstandes einstellen.

Die Beobachtungen des Grundwasserstandes erfolgen entweder in offenen Brunnen oder mittelst eiserner Standröhren. In den meisten Fällen genügen einfache schmiedeeiserne Röhren von 5 bis 10 cm Weite, welche in ähnlicher Weise eingetrieben werden, wie die Saugrohre der sog. abyssinischen Rohrbrunnen. Das untere Ende ist entweder ganz offen oder konisch zugespitzt und mit einer Anzahl von Öffnungen zum Eintritt des Wassers versehen. Damit der Zutritt des Wassers durch die Öffnungen

sicher erfolge, ist das Rohr nach dem Eintreiben und auch später von Zeit zu Zeit auszupumpen.

Über Grundwasserstandsbeobachtungen mit Hilfe enger Gasröhren wird auf die Ausführungen des Verf. in der vierten Aufl. d. Handb. d. Ing.-Wissenschaften, III. Bd. Wasserbau, 1. Abt. 1. Hälfte, 1. Kap. verwiesen.

### § 9.

**Entwässerung und Bewässerung.** Ein zu hoher Grundwasserstand wirkt schädlich auf die Entwicklung der Pflanzen, aber auch ein zu tiefer Wasserstand ist nachteilig (siehe Abschn. I, Bodenkunde). Die Kulturtechnik als Lehre von der Beherrschung des Wassers im Interesse der Landwirtschaft hat demgemäß in zweifacher Art zu wirken: einmal auf die Senkung des zu hohen Grundwasserstandes oder überhaupt auf die Beseitigung des der Landwirtschaft schädlichen Wasserüberflusses — dies geschieht durch *Entwässerung* — und zweitens auf die Erhöhung des zu niedrigen Grundwasserstandes oder allgemein auf die Herbeiführung des der Landwirtschaft nützlichen Wassers — durch *Bewässerung*. — Beide Tätigkeiten müssen tunlichst zusammen wirken. Doch ist die Entwässerung als die wichtigere von beiden stets zuerst ins Auge zu fassen. Denn es sind wohl Landes-Meliorationen ausführbar allein durch Entwässerung — z. B. Drainagen, Moorkulturen — aber niemals allein durch Bewässerung; daher ist das Sprichwort begründet: „Keine Bewässerung ohne Entwässerung“. Für beide Zwecke ist sehr häufig ein gemeinsames genossenschaftliches Vorgehen aller beteiligten Besitzer geboten. Die Gesetzgebung aller Kulturstaaten gestattet denn auch unter gewissen Bedingungen die zwangsweise Heranziehung der Flächen widersprechender Besitzer zu gemeinnützigen kulturtechnischen Unternehmungen.



## Kapitel II.

### Entwässerung.

#### § 10.

**Ziele der Entwässerung.** Die Entwässerungsentwürfe müssen zwei Ziele verfolgen: Zunächst ist der Grundwasserstand so tief zu senken, daß die Kulturpflanzen sich in vorteilhaftester Weise entwickeln können, und sodann ist dafür zu sorgen, daß die schädlichen, im Übermaß auftretenden Wassermengen, welche Bäche und Flüsse zum Ausufer bringen, nicht verderblich werden können: das Sommerhochwasser ist fernzuhalten.

*Die Senkung des gewöhnlichen Sommerwasserstandes* erstreckt sich auf diejenigen Monate, in welchen die Pflanzen wachsen, also gewöhnlich auf die Monate Mai bis Oktober. Der in dieser Zeit eintretende gewöhnliche Wasserstand (d. i. derjenige, welcher so oft erreicht wie überschritten wird, s. Wasserbau, S. 138) ist maßgebend für die Entwicklung. Er ist so tief zu senken, daß bei mittleren Bodenverhältnissen der Grundwasserspiegel sich befindet

bei Wiesen	0,50	bis	0,75	m,	durchschnittl.	0,63	m	unter	Oberfläche,
„ Äckern	0,75	„	1,25	„	„	1,00	„	„	„
„ Gärten	1,00	„	1,30	„	„	1,15	„	„	„

Anschwellungen von kurzer Dauer sind unschädlich, wenn sie sich einstellen bei Wiesen bis 0,2 m, bei Äckern bis 0,5 m, bei Gärten bis 0,7 m unter Oberfläche.

Maßgebend für die Senkung des Wasserspiegels in offenen Vorflutgräben darf aber nicht die Höhe des Uferrandes sein, sondern die Höhe der benachbarten Niederung. Denn die Uferränder von Flüssen und Bächen, welche schlickreiches Hochwasser führen, sind gewöhnlich höher als das dahinterliegende Binnenland.

Reis bildet als Sumpfpflanze eine Ausnahme von der Regel. Er gedeiht nur, wenn bei hoher Temperatur der Boden zu gewissen Zeiten stehendes Wasser, wenigstens Grundwasser bis nahe der Oberfläche hat.

*Die Abhaltung des Sommerhochwassers* ist sehr bedeutungsvoll bei Wiesen, deren Gräben nur eine geringe Bordhöhe haben. Hier wird durch jede Überflutung Schaden zugefügt. War das Gras zur Zeit der

Überflutung bereits geschnitten, so wird die Ernte weggetrieben, sie geht verloren oder ergibt nur geringen Wert als Streu. War die Ernte nicht geschnitten, so kommt das Wasser in das hohe Gras, es kann nach dem Fallen nicht zurück, das Gras fault aus und gibt schlechtes Futter. Außerdem wird in beiden Fällen den Wiesen ein weiterer Schaden durch das Ausgehen der besseren und das Überhandnehmen der schlechteren Gräser zugefügt, welches in den auf ein Sommerhochwasser folgenden Jahren stets beobachtet wird. Diese üble Nachwirkung eines einzelnen Hochwassers wird erst durch mehrere trockene Jahre aufgehoben.

Zur schadlosen Abhaltung des Sommerhochwassers müssen die Gräben so breit hergestellt werden, daß das Hochwasser nicht über die Ufer tritt. Unter Umständen sind Deichanlagen, mindestens an den tieferen Stellen, erforderlich. Es ergibt sich sonach, daß die *Tiefe* eines Vorflutgrabens zu bestimmen ist nach dem gewöhnlichen Sommerwasserstande, die *Breite* des Grabens dagegen nach der Abführung des Sommerhochwassers.

## § 11.

**Auftreten des schädlichen Wassers.** Das schädliche Wasser, welches beseitigt werden muß, kann fremdes oder eigenes Wasser sein. *Fremdes Wasser* ist dasjenige, welches nicht auf dem Meliorationsgebiet selbst niedergefallen war. Es kann als Tagwasser oder als Grundwasser auftreten und in beiden Fällen aus höheren Gebieten unmittelbar zufließen oder aus tieferen Gebieten durch Hebung des Wasserspiegels infolge von Rückstau oder Ausuferung sich geltend machen.

Tritt das fremde Wasser als Tagwasser auf, welches von höheren Gebieten unmittelbar zufließt, so wird es durch *Randgräben* abgehalten (s. § 12). — Kommt es aus tieferen Gebieten durch Ausuferung in das Meliorationsfeld, so schützt man letzteres durch *Deiche* (s. Kap. VI d. Abschn.). — Dringt das fremde Wasser in Form von Grundwasser aus höheren Nachbargebieten ein, so wird es durch *Fanggräben*, *Kopfgräben* oder *Kopfdrains* (s. § 12) abgefangen. — Kommt es endlich als Grundwasser durch Hebung des Wasserspiegels im tiefliegenden Gelände vor, so nennt man es Schweißwasser, Kuverwasser, Dränge- oder Quälwasser; nämlich *Schweißwasser* dann, wenn es von Zuleitungsgräben und Kanälen herrührt, die über höhere Gebiete geführt worden sind; *Kuverwasser*, wenn es bei mangelhaftem Deichmaterial durch den mehr oder weniger durchlässigen Deichkörper hindurchdringt; *Dränge-* oder *Qualm-*, auch *Seihwasser*, wenn es bei durchlässigem Untergrund innerhalb einer eingedeichten Niederung zu Hochwasserzeiten auftritt. Die Beseitigung dieser Wassermengen erfolgt durch ein Binnengrabennetz oder durch Drainage in Verbindung mit natürlicher oder künstlicher Vorflut.

Das *eigene Wasser* oder dasjenige, welches auf dem Meliorationsgebiet selbst niedergefallen war, kann dann, wenn es im Übermaß schädlich auftritt, gleichfalls Tagwasser oder Grundwasser sein. Im ersten Falle wird es durch offene Gräben, im letzten durch Gräben oder unterirdische Entwässerungszüge (Drainage) mit natürlicher oder künstlicher Vorflut abgeleitet, unter Umständen auch beseitigt durch Beförderung der Verdunstung mittels Anbaues geeigneter Pflanzen.

## § 12.

**Randgräben und Fanggräben.** Die *Randgräben* oder *Randkanäle* dienen dazu, das auf fremdem Niederschlagsgebiet gefallene, oberirdisch zufließende Wasser von dem Meliorationsgebiet fernzuhalten. Sie befinden sich entweder längs der Grenze des Meliorationsgebiets oder etwas oberhalb derselben. Damit sie ihren Zweck erfüllen, ist es nötig, daß sie genügend Gefälle, genügenden Querschnitt und eine genügend hohe Lage haben. Das Gefälle und der Querschnitt müssen zur Abführung der größten wahrscheinlich auftretenden Wassermengen geeignet sein. Es ist daher nötig, in den Meliorationsentwürfen die Randgräben ebenso zu berechnen, wie die Vorflutgräben des Meliorations-Unternehmens selbst.

Eine hohe Lage ist wünschenswert für die Randgräben, damit sie bei jedem Wasserstande des Vorfluters frei in diesen entwässern können. Ist letzteres nicht durchführbar, so muß der Randgraben nach der Seite des Meliorationsgebiets hin abgedeicht werden, bis zu solcher Höhe, daß das Hochwasser des Randgrabens oder das Rückstauwasser des Vorfluters nicht in das Meliorationsgebiet dringen kann. Unter Umständen ist auch eine beiderseitige Abdeichung geboten, nämlich dann, wenn der Randgraben durch das Meliorationsgebiet selbst hindurchgeführt werden muß. Es ist in solchen Fällen darauf zu achten, daß die Deiche weit genug vom Randgraben entfernt angelegt werden, sodafs ein genügend großes Hochwasserprofil zwischen ihnen verbleibt. Derartige Randgrabenführungen erschweren jedoch die Entwässerung der Niederung; sie sind daher tunlichst zu vermeiden.

Die fremden unterirdischen Grundwasserzuflüsse können unschädlich gemacht werden durch tiefe Randgräben, welche bis in die wasserführende Schicht reichen. Wenn derartige Grundwassergräben auf ihrem ganzen Laufe auferhalb des Meliorationsgebiets bleiben und auferhalb desselben in den Vorfluter entwässern, so nennt man sie *Fanggräben*. Können sie bei dem langen Laufe um das Meliorationsgebiet herum nicht genügende Vorflut erhalten, so hilft man sich dadurch, daß man die Fanggräben in mehrere kurze Strecken zerlegt und diese Gräben einzeln unter Benutzung vorhandener oder neu anzulegender Binnengräben mitten durch die Niederung leitet. Derartige Grundwassergräben finden stets genügende

Vorflut; denn abgesehen davon, daß wegen des kurzen Laufes ein geringes Gefälle genügt, ist die Wasserspiegelsenkung in der Niederung tiefer geführt als außerhalb derselben, also die Vorflut wirksamer. Man nennt solche Gräben dann *Kopfgräben*. Ihre Einführung in das Binnengraben-netz ist unbedenklich, denn sie führen nur Grundwasser, nicht auch das Tagwasser des benachbarten Gebietes ab, also nur verhältnismäßig geringe Wassermengen. — Werden auf den Sohlen der Kopfgräben Drains verlegt, so nennt man diese *Kopfdrains* (s. § 58, S. 318).

### § 13.

**Entwässerung durch Anpflanzung.** Das Wasser ist auf feuchten Böden zwar ständig im Verdunsten begriffen, die Stärke der Verdunstung ist aber sehr verschieden. Sie wird durch eine lebende Pflanzendecke ungewöhnlich erhöht (s. § 5). Hieraus hat man Nutzen für die Entwässerung gezogen, indem man Pflanzen kultiviert, welche ein besonders großes Verdunstungsvermögen besitzen.

Dies Vermögen besitzen nur in beschränktem Maße die Nadelhölzer und alle Pflanzen, welche dicke, lederartige oder stark behaarte Blätter haben. Derartige Pflanzen kommen in trockenem Klima sehr gut fort; die meisten Steppen- und Wüstenpflanzen zeigen starke Behaarung, zu Entwässerungsanlagen durch Anpflanzung eignen sie sich nicht. Dagegen Pflanzen mit dünnen, unbehaarten Blättern und mit zarter Oberhaut zeichnen sich durch starke Verdunstung aus. Deshalb folgt den Nadelhölzern zunächst Eiche und Buche, demnächst aber *Esche, Ulme, Ahorn* und die *Pyramidenpappel*. — Unter den Gartenpflanzen besitzt ein ausgezeichnetes Verdunstungsvermögen die *Sonnenblume*, *Helianthus annuus*. Man rühmt ihr nach, daß sie Fieberkrankheiten aus versumpften Gegenden beseitigen könne.

Am lebhaftesten verdunstet unter allen Pflanzen der *Blaugummibaum* oder Fieberheilbaum, *Eucalyptus globulus*. Auf einem Hektar haben 100 Bäume mit 500 kg Blättern nach in Algier ausgeführten Versuchen täglich 30 000 kg Wasser verdunstet. Diese Bäume sind ausgezeichnet durch schnellen Wuchs, ihre Blätter durch gewürzhaften Geruch. Leider vermögen sie Kälte unter 0° nicht zu ertragen, daher die Alpengrenze nicht zu überschreiten. In Italien aber werden sie zur Entwässerung von Sümpfen viel angepflanzt, besonders längs der Eisenbahnlinien, da, wo Menschen sich aufhalten sollen, z. B. bei den Bahnhöfen und Wärterhäusern.

Neuerdings wird der *Rotgummibaum*, *Eucalyptus rotulus*, für Entwässerungszwecke mehr gerühmt, und zwar deshalb, weil er bei dem gleichen Verdunstungsvermögen an Stellen gedeihen soll, wo nach bisherigen Erfahrungen der Blaugummibaum nicht fortkam. Dies ist z. B. in Algier (Station Qued Zargna der Bone-Guelma-Compagnie) und in Australien geschehen.

Auch der *Lebensbaum*, *Thuja occidentalis*, wird jetzt mehrfach zu Anpflanzungen in sumpfigem Gelände besonders auf moorigem Grunde empfohlen. Er soll Nässe und Trockenheit gut ertragen und darum neben Erle und Birke Verwendung finden, sogar da noch gut gedeihen, wo die Birke verkümmert.

### § 14.

**Natürliche Vorflut.** Unter Beschaffung der Vorflut versteht man die Förderung des Wasserabflusses. Man unterscheidet natürliche und künstliche Vorflut. Die natürliche Vorflut ist die Förderung des Wasserabflusses nach dem Gesetz der Schwere durch Bewegung des Wassers in fließender Welle; die künstliche Vorflut ist die Förderung des Wasserabflusses entgegen dem Gesetz der Schwere durch künstliche Hebung des Wassers über Hindernisse, die den Abfluß hemmen.

Die natürliche Vorflut kann befördert werden:

a) durch *Räumung und Krautung* der vorhandenen Vorfluter (s. § 15); hierbei werden die Vorfluter nach Breite und Tiefe in ihrem Zustande erhalten, oder es wird der früher vorhandene Zustand wieder hergestellt;

b) durch *Regulierung* der Vorfluter (s. § 16); die Vorfluter können sowohl tiefer als breiter ausgeführt werden, als sie vorher waren;

c) durch Anlage *neuer Abflüsse* (s. § 17).

### § 15.

**Räumung und Krautung.** Unter Räumung versteht man die Beseitigung der Sinkstoffe, unter Krautung die Beseitigung des Pflanzenanwuchses in einem Vorfluter. Jeder Grashalm beeinträchtigt die Wasserbewegung. Wenngleich die Wirkung des einzelnen Halmes sehr gering ist, so ist doch die Gesamtwirkung aller Pflanzen der großen Zahl wegen mitunter sehr erheblich. Bei scheinbar unbeweglichem Wasser kann ein großes Gefälle in dem Vorflutgraben vorhanden sein.

Für Flüsse, welche nur geräumt oder gekrautet werden sollen, ist die Aufstellung eines besonderen Meliorationsentwurfes in der Regel nicht nötig. Es genügt hier, die Breite und Tiefe des Flusses bei gewöhnlichem Sommerwasserstande oder außerdem auch bei Sommerhochwasser anzugeben. Die Bestimmung dieser Abmessungen erfolgt derart, daß man Querprofile besonders an denjenigen Stellen aufnimmt, welche weder Verlandung noch Abbruch zeigen. In den so gewonnenen Profilen wird die Füllung des Querschnitts bei den angegebenen Wasserständen berechnet und danach die zweckmäßigste Normalfüllung für gewisse Strecken mit ungefähr gleichem Gefälle und gleicher Wasserführung bestimmt. Aus diesen Normalfüllungen werden Normalbreiten und Normaltiefen für die einzelnen Strecken abgeleitet.

Die Räumungs- und Krautungsarbeiten haben nur dann guten Erfolg, wenn sie von allen Uferbesitzern eines Vorfluters einheitlich und zu gleicher Zeit ausgeführt werden. Hierzu sind tunlichst die Zeiten niedriger Wasserstände wahrzunehmen, welche nach der Grummeternte eintreten. Einmalige Räumung und Krautung zu dieser Zeit im Laufe eines Jahres ist oft genügend; nur dort, wo Sommerhochwasser zu befürchten sind, ist eine zweite Räumung und Krautung im Mai geboten. Die Ausführung geschieht entweder im Trocknen, d. h. mit Abdämmung, oder im Nassen ohne Abdämmung des Vorfluters.

*Die Räumung und Krautung im Trocknen* ist, wenn angängig, der nassen Arbeit vorzuziehen. Die hierzu erforderliche Abdämmung geschieht bei sehr kleinen Vorflutern durch einen gewöhnlichen Querdamm unter Anstauung des Wassers. Bei größeren Vorflutern ist zur Vermeidung der Anstauung die Anlage eines Hilfsgrabens geboten, welcher oberhalb des Dammes beginnt und unterhalb der Arbeitsstelle wieder in den Vorfluter mündet. Die Arbeiten werden von unten nach oben fortschreitend in gewöhnlicher Weise durch Spaten und Schubkarre ausgeführt. Das Kraut wird gleichzeitig mit den Erdmassen beseitigt.

*Die Krautung im Wasser* erfolgt stets bei niedrigem Wasserstande. Dabei sind folgende Geräte gebräuchlich:

1. Die *Krautharke*, d. i. ein starker, eiserner Rechen mit wenig, aber recht langen Zinken. Das Kraut wird herausgerissen, treibt ab und wird unterhalb aufgefischt.

2. Die *Sichel oder Sense an langem Stiel*. Das Kraut wird so tief als möglich abgeschnitten. Bei zu großer Tiefe und zu langem Stiel wird das Abschneiden dadurch erleichtert, daß man ein Seil an der Befestigungsstelle der Sense anbringt und durch einen zweiten Arbeiter mit Hilfe dieses Seiles den Schnitt ausführen läßt, während der erste Arbeiter die Sense am Stiel führt.

3. *Kette von Ufer zu Ufer*. Es wird eine möglichst schwere, kurzgliedrige (sog. englische) Kette von genügender Länge quer über den Vorfluter ausgebreitet, nachdem vorher Dornen durch die Glieder gesteckt worden waren. Die Kette wird stromaufwärts durch zwei langsam gehende Zugtiere (Ochsen oder Esel) gezogen. Sie schleift dann auf dem Grunde des Flusses und reißt selbst und durch Vermittlung der Dornen alle Wasserpflanzen heraus. Diese bleiben zum Teil in der Kette hängen, zum Teil schwimmen sie empor, treiben stromabwärts, werden aufgefischt und beseitigt.

4. *Sensenblätter*. Eine Anzahl von Sensen, welche der Breite des Flusses entspricht, wird nach Fig. 283 durch bewegliche, kurze, nietartige Bolzen (*A* und *B*) zu einer Kette vereinigt. Oft genügen 3 bis 6 Sensen. An der ersten und letzten Sense werden durch Vermittlung von Ösen (*C*)

Seile zum Ziehen des Ganzen befestigt. Damit die Sensen stets horizontal und mit ihrer Schneide gegen die Richtung des Wassers sich einstellen, wird jede dritte oder vierte Sense mit einer kurzgliedrigen, schweren Kette von 1 bis 2 m Länge versehen, welche auf dem Grunde nachschleift. Die Bewegung muß ruckweise, dem Strome entgegen, bald von der einen, bald von der andern Seite erfolgen. Das Gerät ist eine alte französische Erfindung, wird neuerdings von der Maschinenfabrik H. Cegielski in Posen geliefert, kann aber auch von jedem Dorfschmied aus alten Sensenblättern billig hergestellt werden. Es hat sich an manchen Stellen, z. B. in dem Genossenschaftskanal der faulen Obra in Westpr., im Drömling und a. a. O. seit Jahren sehr gut bewährt.

5. Das *Krautungsmesser* von Below, Amtsvorsteher und Grabeninspektor in Brodau bei Soldau, Ostpr., ist dem vorbezeichneten Gerät sehr

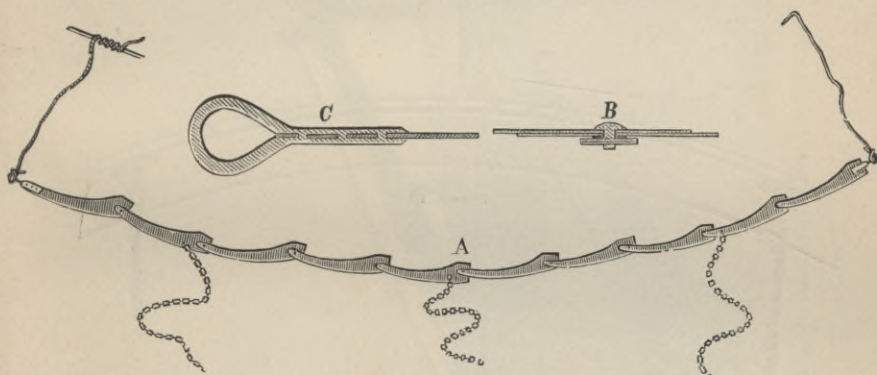


Fig. 283. Sensenblätter.

ähnlich. Es besteht aus einem einzigen Sensenblatt von 1,65 oder 2,25 m Länge (Fig. 284), das an den beiden Enden zwei Ösen zum Vorwärtsziehen der Schneide und in der Mitte eine Öse zum Zurückziehen trägt. An den Zugösen werden Seile von 15 mm Dicke und 20 m Länge befestigt, mit deren Hilfe das Messer durch zwei Arbeiter abwechselnd ruckweise gegen den Strom gezogen wird. Bei sehr starkem Gefälle wird mit dem Strome gearbeitet. Das Messer muß gut geschärft und während der Arbeit scharf gehalten werden. Ist das Ufer mit Bäumen bestanden, so wird quer oder auch etwas schräg gearbeitet. Es bleiben dann die zwei Arbeiter mit den Zugseilen an dem lichterem Ufer; ein dritter Arbeiter führt eine kurze, durch die Mittelöse gezogene Leine von der Länge der Flussbreite und zieht mittels dieser das Messer von dem gegenüber liegenden Ufer zurück, um es an der mit Bäumen bestanden Seite neu anzusetzen. Ist der Untergrund sehr nachgiebig, so geht das Messer leicht zu tief. In diesem Falle ist es an der Hinterleine etwas anzuziehen, auch empfiehlt es sich,

die Zugösen bis auf 1 bis 1,5 cm auf die Schneide niederzubiegen. Die Handhabung erfordert einige Übung und Geschicklichkeit, das Gerät leistet dann aber vorzügliche Arbeit bei geringem Kraft- und Zeitaufwande. Es eignet sich besonders für Wasserläufe, deren Sohle erdig oder schlammig und ziemlich eben ist. Der Preis des 2,25 m langen Messers beträgt 36 M., des 1,65 m langen 30 M.; die Zugseile kosten 10 M.

6. *Schilfmähemaschinen.* Dieselben sind für Dampf- und Handbetrieb ausgeführt worden. Ein bewährtes Gerät der letzteren Art ist die in Fig. 285 dargestellte Schilfmähemaschine von Lehnigk in Vetschau (D. R.-Pat. 39658). Sie besteht aus einem langen, schmalen Rahmen, welcher an der einen Schmalseite mit Messern, an der anderen mit Zahnrädern, Schwungrad und Kurbel ausgestattet ist. Die Messer sind

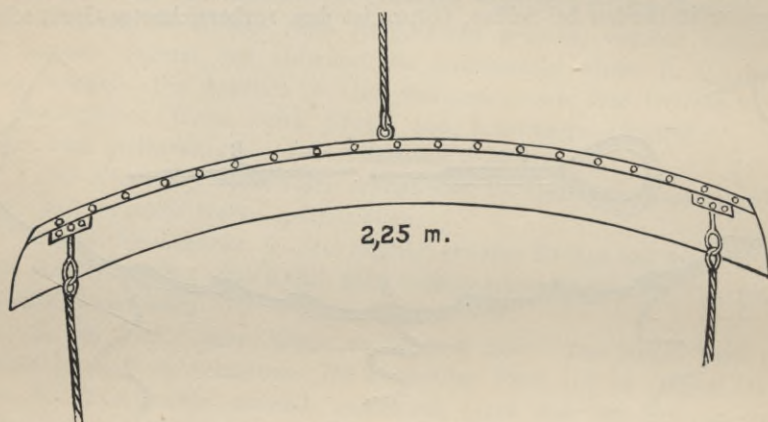


Fig. 284. Krautungsmesser von Below.

sägeförmig dreieckig gespitzt und doppelt übereinander angebracht, sodaß das Schneiden nach Art der Schere geschieht. Das untere Messerblatt ist fest mit dem Rahmen verbunden, das obere dagegen wird mittelst einer langen, am Rahmen befestigten Welle durch die Kurbeldrehung in schnelle hin- und hergehende Bewegung versetzt. Das Ganze wird auf einem gewöhnlichen Nachen befestigt und zwar derart, daß der Rahmen in der Mitte um Zapfen gedreht werden kann, die an dem Bord des Nachens befestigt sind. Die mehr oder weniger schräge Lage und damit das Absenken der Messer in eine gewisse Tiefe wird durch Stellstangen erreicht, die am hinteren Ende des Rahmens in der Nähe der Kurbel am Nachenrande befestigt sind.

*Die Räumung unter Wasser* erfolgt:

1. bei kleinen Vorflutern durch *Graben unter Wasser*, soweit es für die Arbeiter möglich ist. Ist diese Arbeit nicht mehr ausführbar, so benutzt man



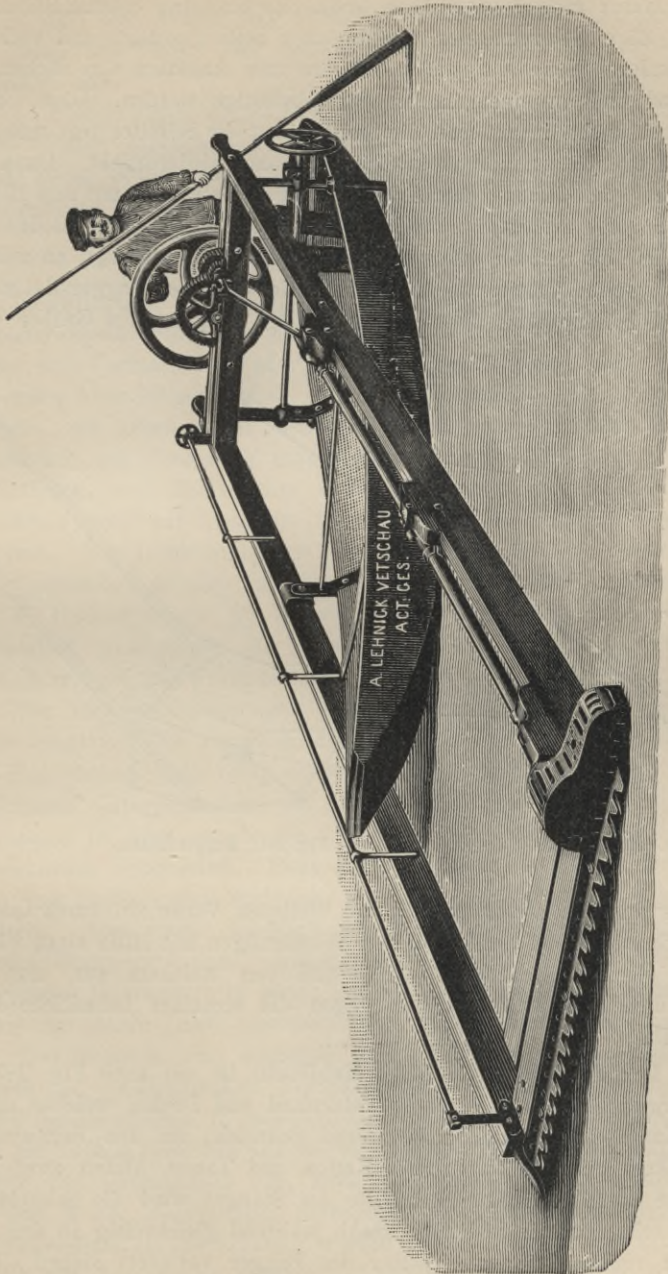


Fig. 285. Schilfmähmaschine von Lehnigg.

2. *kleine Handbagger* (Fig. 286). Es sind dies eiserne Reifen von ungefähr 25 cm Durchmesser, die an einer Seite geschärft und verstählt, an der anderen Seite mit runden Löchern zum Anheften von Säcken versehen sind und an einem langen Stiel befestigt werden. Diese Bagger werden gebraucht, indem man die Stange über die Schulter legt und rückwärts gehend mit den Händen kräftig die Stange niederdrückt. Dann füllt sich der mit der Öffnung dem Arbeiter zugewendete Sack mit dem Baggerboden. Um die Arbeit zu erleichtern, wird bei schwerem Boden oder großer Tiefe ein Seil an dem unteren Ende des Stiels befestigt, an welchem dann ein zweiter Arbeiter zieht, während der erste den Baggerstiel niederdrückt. Die Benutzung dieses Geräts erfolgt bei schmalen Gräben durch

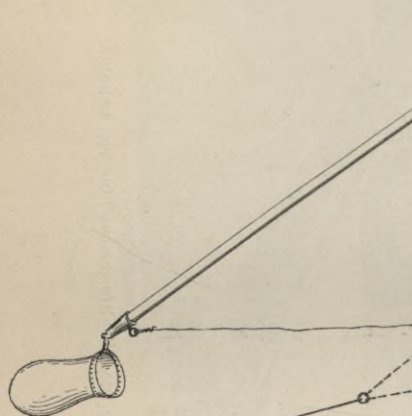


Fig. 286. Handbagger.

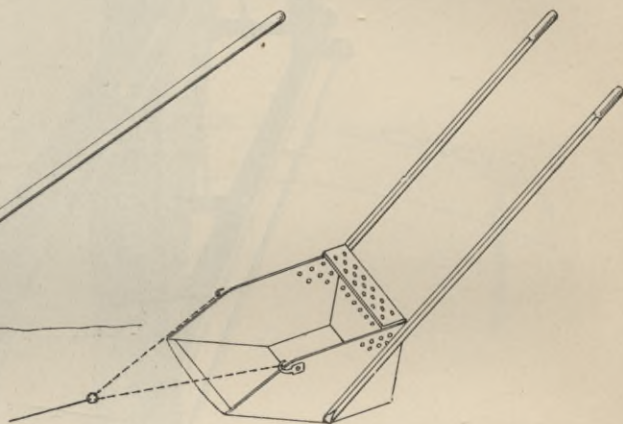


Fig. 287. Baggerkasten.

Längszug am Ufer stromaufwärts, bei breiteren Vorflutern durch Querzug auf Laufbrettern, bei noch breiteren Wasserzügen mit Hilfe eines Flosses, welches oberhalb verankert wird, und von welchem aus man den Bagger durch Rückwärtsdrücken gegen die stromauf befindliche Flosskante füllt.

3. Der *Baggerkasten* (auch Muldbrett) ist ein nach Fig. 287 aus Holz hergestellter Kasten ohne Vorderwand und Decke, welcher an der freien Kante des Bodens eine eiserne Schneide, an den Seitenwänden vorn Haken zum Befestigen von Ketten und Tauen, hinten zwei hochgerichtete Stangen erhält. Mit Hilfe der Stangen wird die Schneide des Baggers scharf in den Boden gedrückt, während gleichzeitig an der Kette oder den vorderen Tauen Arbeiter den Bagger vorwärts ziehen. Unter Umständen wird hierbei eine Winde benutzt. Die Hinterwand muß Löcher

erhalten für den Abfluß des Wassers. Die Bewegung geschieht meist quer durch den Fluß. Das Abwärtsdrücken erfolgt von quer gelegten Laufbohlen aus.

4. *Eimerbagger* mit lotrechter oder schräger Baggerleiter und Handbetrieb werden vorzugsweise bei größeren Vorflutern benutzt, wenn genügend tiefes Wasser zum Schwimmen und genügend breites Bett zur Bewegung des Baggers und der zugehörigen Baggernachen vorhanden ist.

## § 16.

**Regulierung der Vorfluter.** Die Regulierung der Vorfluter für Entwässerungsanlagen kann sich erstrecken auf Verbreiterung oder Vertiefung der Vorflutgräben oder auf ihre Geradföhrung, somit auf eine Abkürzung des Wasserlaufes. Über die Ausführung derartiger Regulierungen, die Arbeiten zur Sicherung abbrüchiger Ufer, zur Beseitigung hinderlicher, zur Förderung notwendiger Verlandungen, zur Anlage von Durchstichen, zur Einrichtung oder Beseitigung von Stauwerken und dergleichen wird auf Abschnitt IV, Kap. X, „Ausbau der Wasserläufe“ verwiesen. Zur Berechnung der Querschnitte für derartige Vorfluter darf Bezug genommen werden auf die Ausführungen in Teil I, Abschnitt III, Kap. V, Hydrodynamik, §§ 70—82. Hier erübrigt nur, ein Verfahren darzustellen, welches für die Berechnung gerade von Vorflutgräben nach den Erfahrungen des Verfassers sich als sehr praktisch bewährt hat.

Die kleinen Abmessungen derartiger Gräben und die Unsicherheit in der Schätzung der abzuföhrenden Wassermenge lassen eine allzu peinliche Berechnung nicht nötig erscheinen. Die Anwendung von Zwischenschaltungen (Interpolationen) ist bis zu einem gewissen Grade zulässig. Andererseits ist aber gerade die Anstellung einer recht großen Zahl von Berechnungen erforderlich. Denn die Vorflutgräben sind gewöhnlich sehr lang; ihre Zuflüsse sind zahlreich; ihre Querschnitte müssen daher häufig wechseln. Man würde unnötige Kosten aufwenden, wollte man einen mehrere Kilometer langen Vorflutgraben nach dem für den unteren Lauf berechneten Querschnitt in seiner ganzen Länge ausheben. Zudem würde hierbei im oberen Laufe eine nachteilige Wasserspiegelsenkung entstehen.

Der Wunsch, eine möglichst große Zahl von Querschnitten zu berechnen mit der Möglichkeit, Zwischenschaltungen anzuwenden, hat zu dem *Querschnittsnachweis* in tabellarischer Form geführt. Als Beispiel hierfür wird die Tabelle Seite 238 und 239 mitgeteilt. Sie stellt die Ermittlung der Gefälle und Querschnitte dar, nach welchen der Hauptvorfluter des in Fig. 288, S. 240, dargestellten Strengelner Bruches reguliert werden muß. Die Ergebnisse der Berechnung werden in dem Höhenplan (Tafel V nach S. 240) zur Anschauung gebracht. Letzterer ist als Beispiel für die Darstellung derartiger Höhenpläne farbig ausgeführt.

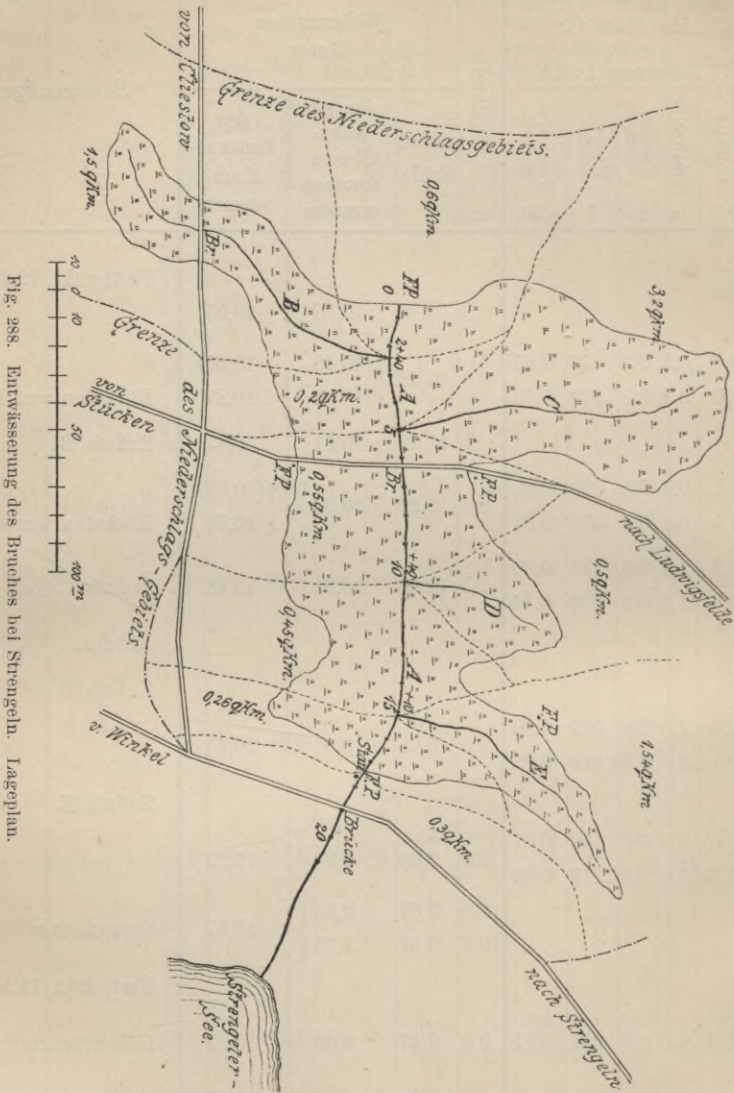
Berechnung des Hauptvorfluters für die

Vorflut-Graben		Nieder-schlags-gebiet		Gewöhnliches Sommerwasser.							Sommer-					
				Wasser-menge a. d. Sekunde		Spiegelgefälle	Voraussichtliche Wassertiefe	Nach Kutter werden abgeführt für n = 0,030 Böschung 1 : 1,5				Wasser-menge a. d. Sekunde		Spiegelgefälle		
				und qkm	überhaupt			Gefälle	Sohlbreite	Wasser-tiefe	Wasser-menge	Wasser-geschwin-digkeit	und qkm		überhaupt	
Buchstabe	Station	Zugang qkm	insgesamt qkm	1	1	0/100	m	0/100	m	m	l	m/Sek.	1	1	0/100	
A	0															
	1															
	2		0,6	7	4,2	3	0,04	{ 3	0,3	0,1	10	0,22	100	60	3	
	2 + 40							{ 3	0,3	0,2	51	0,36				
	4	1,5 + 0,2	2,3	7	16,1	1,1	0,14	{ 1,1	0,4	0,1	8	0,14	100	230	1,1	
								{ 1,1	0,4	0,2	31	0,22				
	5	3,2	5,5	7	38,5	0,3	0,17	{ 0,3	1,5	0,1	13	0,08	100	550	0,3	
								{ 0,3	1,5	0,2	49	0,14				
	6 + 25															
	10 + 40															
	15	0,55 + } 0,5 + 0,45 }	7,0	7	49,0	0,3	0,17	{ 0,3	2,0	0,1	18	0,08	100	700	0,3	
								{ 0,3	2,0	0,2	72	0,15				
	15 + 10															
	17	1,54 + 0,26	8,8	7	61,6	0,45	0,17	{ 0,45	2,0	0,1	20	0,10	100	880	0,45	
								{ 0,45	2,0	0,2	86	0,18				
	17 + 50															
	18 + 50	0,3	9,1	7	36,7	1,0	0,22	{ 1,0	0,8	0,2	51	0,24	100	910	1,0	
								{ 1,0	0,8	0,3	115	0,31				
	19															

Entwässerung des Strengelner Bruches.

Hochwasser.						Des Entwurfs				Bemerkungen.
Voraussichtliche Wassertiefe	Nach Kutter werden abgeführt für n = 0,030 Böschung 1 : 1,5					Sohlbreite	Höhenzahlen (Meter)			
	Gefälle	Sohlbreite	Wasser-tiefe	Wasser-menge	Geschwin-digkeit		der Sohle	des ge-wöhn-lichen Sommer-wassers	des Sommer-Hoch-wassers	
m	0/100	m	m	l	m/Sek.	m				
										Festpunkt 12,652.
						0,3	10,72	10,76	10,95	
0,23	{ 3,0	0,3	0,2	42	0,35	0,3	10,42	{ (10,46	10,65)	Rückstau von B.
	{ 3,0	0,3	0,3	102	0,45			{ 10,51	10,87	Zuflufs B.
							10,37	10,51	10,87	
0,50	{ 1,1	0,4	0,5	230	0,39	0,4	10,19	10,33	{ (10,69	Rückstau von C.
	{ 1,1	0,4	0,6	350	0,46				{ 10,78	
0,70	{ 0,3	1,5	0,6	410	0,28	1,5	10,08	10,25	10,78	Zuflufs C.
	{ 0,3	1,5	0,8	733	0,34					Brücke.
										Zuflufs D.
(0,69)	{ 0,3	2,0	0,6	519	0,30	2,0	9,78	9,95	10,48	
0,70	{ 0,3	2,0	0,8	910	0,36					Zuflufs E.
0,70	{ 0,45	2,0	0,6	642	0,37	2,0	9,69	9,86	10,39	
	{ 0,45	2,0	0,8	1117	0,43					Stauschleuse.
						{ 2,0	9,67	9,84	10,37	
						{ 0,8	9,57	9,79		Festpunkt 11,543.
0,80	1,0	0,8	0,8	911	0,57	0,8	9,47	9,69	10,27	Höhenrücken.
							9,42		10,22	Brücke.

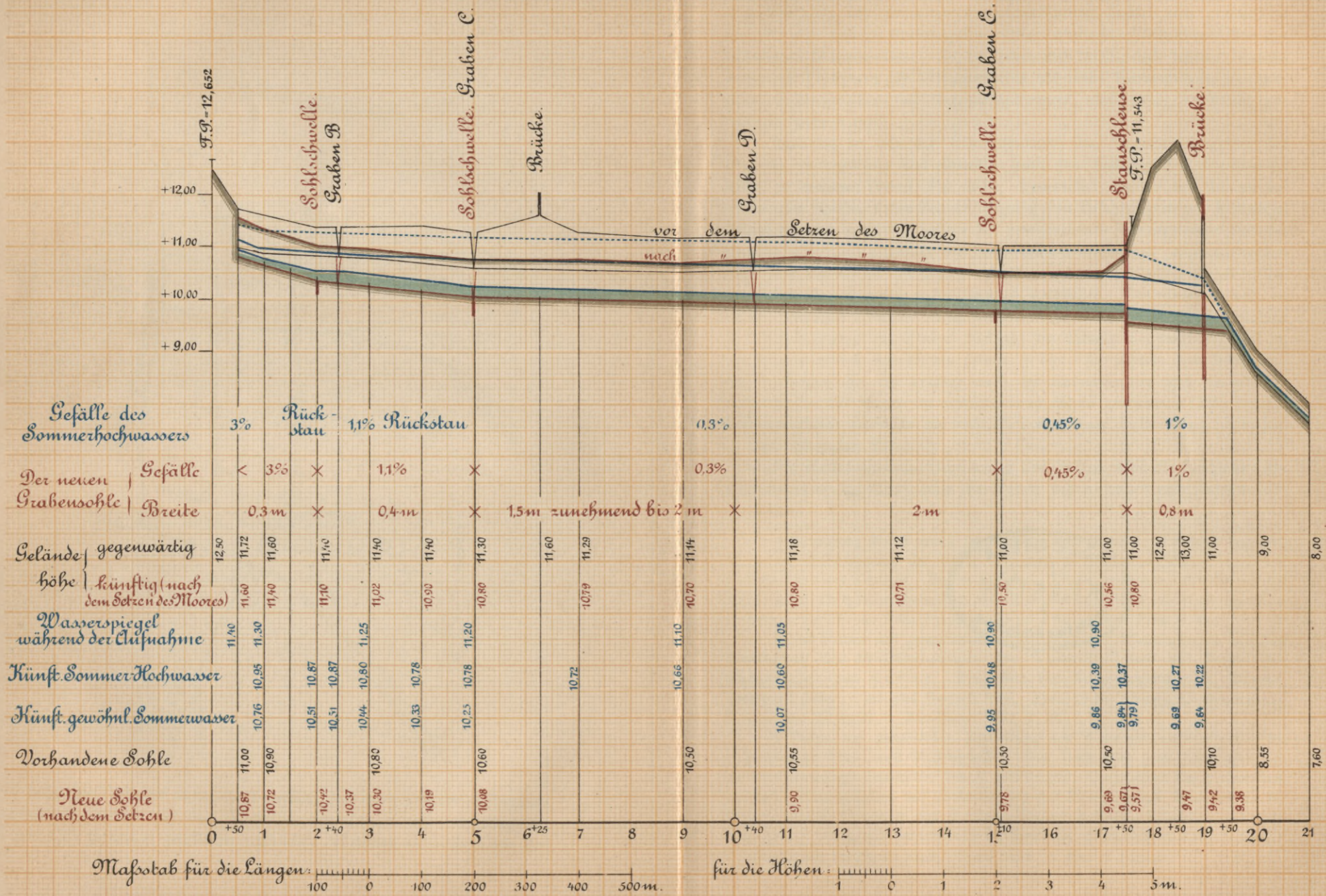
Bei dem Entwerfen der Gefällverhältnisse und Querschnitte der Vorfluter müssen die Vorschriften des § 10 beachtet werden. In Wiesen



z. B. muß der Vorfluter so reguliert werden, daß der gewöhnliche Sommerwasserstand, welcher für das Wachstum der Gräser von Bedeutung ist, 0,5 bis 0,75 m unter Oberfläche verbleibt. Hiernach muß die Tiefe der



# Höhenplan des Hauptvorfluters für die Entwässerung des Bruches bei Strengeln.





BIBLIOTEKA

KRAKÓW

\*  
Politechniczna



Gräben bestimmt werden. Andererseits darf gewöhnliches Sommerhochwasser nicht über Grabenbord ausufern. Nach dieser Bestimmung ist die Breite der Gräben zu bemessen. Mit der Änderung der Grabenbreite nach dem Bedürfnis der Sommerhochwasserabführung ändert sich gewöhnlich der für eine andere Grabenbreite vorher ermittelte Wasserstand für gewöhnliches Sommerwasser. Es ist daher ersichtlich, daß bei der Berechnung von Vorflutern für Wiesenanlagen auf beide Wasserstände: gewöhnliches Sommerwasser und Sommerhochwasser, gleichzeitig Rücksicht genommen werden muß.

Zunächst ist aus der Übersichtskarte das Niederschlagsgebiet des Grabens zu ermitteln und dasselbe nach den Zuflußgräben in einzelne Teile zu zerlegen (vergl. Fig. 288). Demnächst werden für die zu berechnenden Stellen unter Zugrundelegung von Erfahrungssätzen diejenigen Wassermengen ermittelt, welche bei gewöhnlichem Sommerwasser oder bei Sommerhochwasser ungefähr den Querschnitt durchfließen. Alsdann werden nach dem Höhenplan die Gefällverhältnisse bestimmt, unter welchen der Durchfluß des Wassers wahrscheinlich stattfindet. Für diesen Zweck ist es bei moorigen Gründen nötig, Rücksicht zu nehmen auf die Mächtigkeit und Beschaffenheit des Bodens und auf das danach in absehbarer Zeit zu erwartende Setzen des Moores (vergl. § 74). Es ist aus dem Höhenplan des Vorflutgrabens die künftig nach der Entwässerung sich einstellende Geländehöhe des Moores zu ermitteln und die so gewonnene Linie für die Bodenoberfläche an Stelle der wirklich vorhandenen in Rechnung zu ziehen (s. den Höhenplan Tafel V).

Für die tabellarische Berechnung der Gräben wird die Benutzung der Kutter'schen Tabellen<sup>1)</sup> oder der Tafeln von Breme<sup>2)</sup> oder Schüngel<sup>3)</sup> empfohlen.

<sup>1)</sup> Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen. Tabellen und Beiträge zur Erleichterung der neuen allgemeinen Geschwindigkeits-Formel von Ganguillet und Kutter. Zweite Auflage. Mit Unterstützung des Kgl. preuss. Ministeriums für Landwirtschaft etc. herausgegeben von W. R. Kutter, Ingenieur in Bern. Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 1897. Preis 7 M.

<sup>2)</sup> 182 Tafeln zur graphischen Berechnung der Wassermengen und zur Bestimmung der Profilabmessungen der Wasserläufe nach der Formel von Ganguillet und Kutter. Bearbeitet von Kultur-Ingenieur H. Breme, Freiburg i. Schw., Craz und Gerlach 1889. Preis 18 M. (Vergl. die Besprechung d. Verf. im Zentralbl. d. Bau-Verw. 1890, S. 96.)

<sup>3)</sup> Tafeln zur graphischen Ermittlung der Wassergeschwindigkeit  $v$  für trapezförmige Fluß- und Grabenprofile. Zum Gebrauche beim Entwerfen von Meliorationsanlagen bearbeitet von A. Schüngel, Königlichem Regierungs-Baumeister. Herausgegeben mit Unterstützung des Königl. preuss. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten. Hannover 1900. Klindworths Verlag. Preis 5 M. (Vergl. die Besprechung im Zentralbl. d. Bau-Verw. 1900, S. 532.)

Es ist zunächst der für die Bodenart und den Graben geeignete Rauheitsgrad zu wählen und das Böschungsverhältnis der Grabenwandungen anzunehmen. In der vorliegenden Aufgabe war der den Verhältnissen angemessene Rauheitsgrad  $n = 0,030$  und die Böschungseigung 1:1,5. Darnach sind für jeden Querschnitt und jeden Wasserstand aus den Tabellen die nach Gefälle und Wassermenge geeigneten Sohlbreiten und Wassertiefen zu ermitteln. Es wird selten vorkommen, daß eine Zahl der Tabellen direkt angewendet werden kann, wie es z. B. auf S. 238 und 239 bei der Berechnung des Sommerhochwassers für den Querschnitt in Station 18 + 50 vorgekommen ist. In der Regel werden zwei Angaben der gedruckten Tabellen als diejenigen in Betracht gezogen werden müssen, welche dem in Rede stehenden Fall am nächsten kommen. Diese beiden Angaben zeigen dasselbe Gefälle und dieselbe Sohlenbreite, aber verschiedene Wassertiefen und verschiedene Wassermengen. Aus ihnen läßt sich durch Zwischenschaltung leicht diejenige Wassertiefe ermitteln, welche in dem Querschnitt bei der bestimmten Wasserführung sich ungefähr einstellt. Die Wassergeschwindigkeiten werden in der Tabelle mit vermerkt, um danach die etwa erforderlichen Befestigungen oder Deckungen der Sohle und Böschungen beurteilen zu können.

So ist z. B. für das gewöhnliche Sommerwasser in Station 5 unter Annahme von  $0,3\text{‰}$  Gefälle und eines Grabens von 1,5 m Sohlenbreite bei 0,1 m Wassertiefe 13 Liter Wasserführung, bei 0,2 m Wassertiefe 49 Liter Wasserführung aus den Kutter'schen Tabellen entnommen worden. Da nun das gewöhnliche Sommerwasser in diesem Querschnitt voraussichtlich 38,5 Liter Wasser führt, so berechnet sich durch Zwischenschaltung die voraussichtlich sich einstellende Wassertiefe auf 0,17 m.

Diese Zahl wird der im Entwurf angenommenen und aus den Gefällverhältnissen abgeleiteten Höhenzahl für die neue Grabensohle 10,08 hinzugezählt und ergibt so die Höhe des gewöhnlichen Sommerwassers bei Station 5 auf 10,25 m.

In ähnlicher Weise wird für jeden zu untersuchenden Querschnitt die Höhe der beiden in Betracht kommenden Wasserstände berechnet. Dabei stellt sich vielfach beim Sommerhochwasser, mitunter auch schon beim gewöhnlichen Sommerwasser heraus, daß die ermittelten Höhen in Wirklichkeit überschritten werden: dann nämlich, wenn ein unterhalb befindlicher Seitenzufluß einen Rückstau nach oben hervorruft. So werden z. B. in den Querschnitten bei Station 2 und 4 derartige Rückstaue erzeugt. Bei 4 z. B. wurde die Ordinate des Sommerhochwassers auf 10,69 berechnet. Da aber zufolge der Wassermenge, welche der Graben *C* einführt, bei Station 5 schon die Höhe 10,78 erreicht wird, so muß auch bei Station 4 mindestens 10,78 als Sommerhochwasserhöhe angesetzt werden. In dem tabellarischen Nachweis Seite 238 und 239, sowie in dem Höhenplan

Tafel V wurden der Einfachheit wegen die Rückstau als horizontale Linien eingezeichnet. Dies genügt. Die Berechnung der wirklichen Staukurven würde zu weit führen und dem praktischen Bedürfnis nicht entsprechen.

In dem Höhenrücken bei Station 18 + 50 wurden der Kostenersparnis wegen das Gefälle vergrößert und die Sohlenbreite verringert. Um ein schädliches Ansteigen des Sommerhochwassers zu vermeiden, mußte von Station 17 + 50 ab die Grabensohle um 0,10 m vertieft werden. An dieser Stelle ist eine Stauschleuse vorgesehen worden; denn bei der Entwässerung von moorigen Gründen ist es besonders wichtig, den Wasserspiegel zur Sommerzeit in der Gewalt zu behalten (vergl. §§ 83 und 100).

### § 17.

**Anlage neuer Vorfluter.** Genügen die vorhandenen Vorfluter nicht zur Hochwasserabführung oder der erforderlichen Grundwasserspiegel-senkung, so werden sie ganz oder teilweise durch neue Vorfluter ersetzt. Diese nennt man *Parallelkanäle*, wenn sie in fast geradem Zuge durch eine Niederung sich ziehen und eine bestimmte Strecke des alten Vorfluters ersetzen. Sie werden da angelegt, wo der alte Vorfluter des langen Weges, geringen Gefälles oder starker Krümmungen wegen nur schwer in gutem Zustande sich erhalten läßt, und sind als Durchstiche von ungewöhnlicher Länge anzusehen, die den Lauf des Wassers um ein Beträchtliches verkürzen.

Wird durch einen derartigen Kanal nicht eine Grundwasserspiegel-senkung beabsichtigt, sondern allein die Hochwasserabführung, so nennt man ihn *Umflutkanal* oder *Hochwasserkanal*. In diesem Falle muß der neue Vorfluter an der oberen Abzweigung mit Dämmen oder Wehren versehen sein, die seine Wirksamkeit bei niedrigen und mittleren Wasserständen aufheben. Bei Hochwasser aber kommt durch Öffnen der Verschlussvorrichtungen der Umflutkanal voll zur Geltung.

Unter *Binnenlandkanälen* werden solche Gräben verstanden, die eine Niederung durchziehen, aber nur an der unteren, nicht auch an der oberen Seite Verbindung mit dem alten Vorfluter haben. Da der Wasserabfluß in einem solchen Kanal sehr gering ist — denn die Wassermengen des Niederschlagsgebiets werden von dem Hauptvorfluter aufgenommen, der Binnenlandkanal hat nur Grundwasser und sehr wenig Tagwasser abzuführen — so ist der Querschnitt gewöhnlich außerordentlich groß im Verhältnis zur Wassermenge: es stellt sich daher ein sehr geringes Gefälle und damit eine geringe Wasserspiegelhöhe am oberen Anfang des Binnenlandkanals ein. Hier ist der Wasserspiegel stets niedriger als in dem benachbarten Teil des Hauptvorfluters. Dem Wasserspiegel im Graben folgt der Grundwasserstand des benachbarten Geländes. So bietet der

Binnenlandkanal ein einfaches und viel gebräuchliches Mittel, um in breiten Flusnniederungen ohne kostspielige Regulierungsarbeiten den Grundwasserspiegel zu senken. Je näher der Mündung des Kanals, um so geringer wird der Unterschied zwischen beiden Wasserspiegeln. Die Wirkung des Binnengrabens erstreckt sich daher nur ungefähr auf zwei Dritteile oder die Hälfte seines Laufes, je nach dem Längsgefälle der Niederung. Wenn Mulden oder Rillen das Gelände zwischen Binnengraben und Fluß durchschneiden, so entsteht die Gefahr, daß bei mittleren und höheren Wasserständen der Fluß nach dem Binnengraben Vorflut nimmt und die Grundwasserspiegelsenkung aufhebt. In solchem Falle sind niedrige Abdeichungen der Einsenkungen längs des Flusses geboten.

*Tiefe Einschnitte*, auch *Tunnel*, werden zur Führung neuer Entwässerungskanäle da angelegt, wo es vorteilhaft ist, eine Wasserscheide zu durchbrechen. Dies ist gewöhnlich dann der Fall, wenn die Wasserscheide zwar hoch, aber von geringerer Länge ist, sodafs die Kosten der Durchbrechung nicht erheblich werden. Da aber gewöhnlich hierbei das Wasser in ein fremdes Niederschlagsgebiet abgeleitet wird, so sind bei derartigen Anlagen die rechtlichen Verhältnisse sorgfältig zu untersuchen.

## § 18.

**Seesenkungen.** Tiefe Einschnitte und Tunnel werden am häufigsten angelegt bei der Senkung von Seen. Dies geschieht gewöhnlich in der Erwartung, fruchtbaren Boden zu gewinnen. In dieser Hoffnung hat man sich oft bitter getäuscht: der Wert des gewonnenen Bodens stand nicht im Verhältnis zu den aufgewendeten Kosten, die Wasserspiegelsenkung war zu mäfsig bemessen worden, oft auch wurden die alten fruchtbaren Seeränder zu trocken gelegt. Hierdurch besonders ist vielfach mehr Schaden veranlaßt worden, als der Gewinn an Boden Nutzen brachte. Man muß daher bei der Entwässerung oder der Wasserspiegelsenkung von Seen auf folgendes achten:

1. Der *Seegrund* ist sorgfältig zu untersuchen in Bezug auf seinen Wert als künftiger Kulturboden und in Bezug auf seine Mächtigkeit in lockerer aufgeschwemmter Schicht, sodafs man einen annähernd richtigen Schluß auf das Setzen des Bodens nach der Entwässerung ziehen kann.

2. Die *Vorflut* muß so tief geführt werden, daß nicht allein der Seegrund sich vollkommen zu einem dichten Kulturboden setzen kann, sondern daß auch noch nach dem Setzen die für die Kultur gebotene Bordhöhe für den gewöhnlichen Sommerwasserstand in dem Entwässerungszuge verbleibt.

3. Der Wert der jetzt vorhandenen *Seeränder* muß festgestellt und die Entwertung untersucht werden, welche sie durch die geplante Wasser-

spiegelsenkung etwa erleiden werden. Diese Entwertung ist in Vergleich zu stellen mit den Vorteilen, welche der neugewonnene Seegrund bieten wird.

4. Es ist zu untersuchen, ob nach der Wasserspiegelsenkung die *künftige Kultur* des Seegrundes den vorhandenen Verhältnissen entsprechend mit Erfolg und wohlfeil durchgeführt werden kann; ob z. B. bei mooriger Beschaffenheit des Grundes Deckboden zur Verfügung steht (vergl. Moorkultur) oder ob erforderlichenfalls Bewässerungswasser zur Anfeuchtung vorhanden ist u. dergl. m.

5. Um den See sind *Randgräben* anzulegen, damit das in die Tiefe gelangende Wasser, dessen Beseitigung schwierig ist, auf das kleinste Maß beschränkt werde.

6. Auf dem neugewonnenen Seegrunde sind in genügender Zahl *Binnengräben* anzulegen mit der Entwässerung nach der tiefsten Stelle des Sees, wo der Vorfluter beginnt.

7. Ein *kleines Seebecken* muß an der tiefsten Stelle zum Ausgleich der Unregelmäßigkeiten in den Zu- und Abflüssen erhalten bleiben.

## § 19.

**Künstliche Vorflut.** Unter künstlicher Vorflut versteht man die Hebung des Wassers über Hindernisse, welche dem Abfluß sich entgegenstellen. Diese Hindernisse werden veranlaßt: im Gebiet der Nordsee durch die Flut, im Gebiet der Ostsee durch Winde, welche von der See nach dem Lande hin gerichtet sind, in den Flußgebieten des Binnenlandes durch langdauerndes Hochwasser. Soll eine Niederung durch künstliche Vorflut entwässert werden, so sind dazu folgende Anlagen notwendig (Fig. 289):

1. Die *Abdeichung* der Niederung gegen zu hohe Wasserstände des Vorfluters. Diese Deiche bilden die Hindernisse des Wasserabflusses; über ihre Anlage s. Kap. VI.

2. *Randgräben* zum Schutz der Niederung gegen die von den Höhen herzuströmenden Wassermengen. Ohne Randgräben würde die auszupumpende Wassermenge ungewöhnlich groß werden, zwischen weiten Grenzen schwanken, das Schöpfwerk müßte sehr stark werden und würde hohe Betriebs- und Unterhaltungskosten erfordern. Durch die Randgräben aber wird die auszupumpende Wassermenge auf das tunlich kleinste Maß gebracht; ein ungleich kleineres, wohlfeileres und betriebs sichereres Schöpfwerk genügt dem Bedürfnis; man kann die auszupumpende Wassermenge zuverlässiger bestimmen, hat die Trockenlegung der Niederung viel sicherer in seiner Gewalt. Demgemäß pflegt die Anlage von Randgräben trotz Erhöhung des Anlagekapitals bei allen Entwässerungen mit künstlicher Vorflut rentabel zu sein. Über die Ausführung der Randgräben siehe § 12.

3. Eine gute *Binnen-Entwässerung* ist nötig, d. h. der Ausbau des Binnengrabenetzes bis in alle Teile der Niederung. Denn das Schöpfwerk wirkt immer nur an der tiefsten Stelle. Soll sich daher sein Vorteil auf die ganze Niederung erstrecken und schnell eintreten, so muß durch Haupt-, Neben- und Seitengräben von genügendem Gefälle und genügendem Querschnitt für eine schnelle Zuleitung des Binnenwassers nach

dem Schöpfwerk gesorgt werden. Unterbleibt dies, so läuft der Hauptgraben vor dem Schöpfwerk bei vollem Betrieb der Pumpen bald trocken, während in einiger Entfernung noch die größte Nässe herrscht. Gefälle und Querschnitt der Gräben sind derart zu bestimmen, daß die Pumpen bei kräftiger Arbeit stets den nötigen Wasserzufluß erhalten. Über die Anlage der Gräben s. § 27.

4. Eine *Auslaßschleuse* ist anzulegen. Bei allen Meliorationsgebieten, für welche künstliche Vorflut nötig ist, pflegen Zeiten einzutreten, in denen der Außenwasserstand tief genug steht, um durch natürliche Vorflut ohne Pumpkosten die Niederung zu entwässern. Es würde ein Fehler

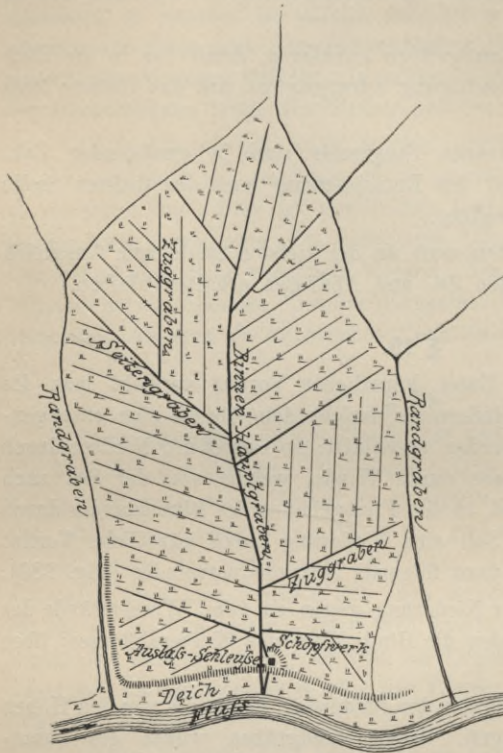


Fig. 289. Entwässerung einer Niederung durch künstliche Vorflut.

sein, diesen Umstand nicht zu benutzen. Denn es werden dadurch nicht allein Pumpkosten erspart, sondern die Entwässerung pflegt auch zu solchen Zeiten viel schneller vor sich zu gehen, als durch künstliches Wasserheben. Die Baustelle ist auf gutem Baugrunde möglichst derart zu wählen, daß die tiefste Lage der Niederung erschlossen wird, und der Wasserabfluß in geradem Laufe ohne Krümmungen geschieht. Die Auslaßschleuse erhält Verschlussvorrichtungen an der Außenseite. Es ist vorteilhaft, diese Anlagen selbsttätig einzurichten als Stemmtore, Hängeklappen oder dergl.

Sehr oft empfiehlt es sich, auch an der Binnenseite der Auslafsschleuse Verschlufsvorrichtungen anzubringen, nämlich dann, wenn für die wirtschaftliche Ausnutzung der Niederungswiesen eine Überstauung oder Stauerieselung von Vorteil ist (vergl. §§ 101—102).

5. Das *Schöpfwerk*. Es besteht aus der Wasserhebemaschine und der Kraftmaschine. Die Wasserhebemaschine befördert das Wasser aus der Niederung in den äußeren Vorfluter, die Kraftmaschine dient zur Bewegung der Hebemaschine. Die bei großen Hubhöhen früher stets ausgeführte Teilung des Schöpfwerkes in mehrere Einzelwerke von geringer Hubhöhe, welche stufenförmig einander folgen, ist bei der jetzt erreichten Vervollkommnung der Wasserhebwerke und ihrer Maschinen nicht mehr erforderlich. In der Regel befindet sich das Schöpfwerk unmittelbar neben der Auslafsschleuse, denn es muß ebenso wie diese an der tiefsten Stelle der Niederung und auf gutem Baugrunde stehen. Doch ist es auch zulässig, das Schöpfwerk an einem besonderen Seitenarm des Hauptgrabens in geringer Entfernung von der Auslafsschleuse anzulegen. Neben der Lage muß bei Aufstellung des Meliorations-Entwurfs sorgfältig erwogen werden, ob ein Schöpfwerk allein genügt, oder ob nicht etwa deren zwei oder mehrere notwendig sind. Dies richtet sich nach der Tiefenlage der einzelnen Teile der Niederung und ihrer Vorflutregulierung. Es kommt oft genug vor, daß bei großen Entfernungen und sehr geringem Gefälle die Regulierung des Binnengrabens nach Anlage, Verzinsung und Unterhaltungskosten teurer wird, als Anlage und Betrieb eines zweiten oder dritten Schöpfwerkes. Hat die Niederung mehrere natürliche Vorfluter, so werden in der Regel den Vorflutern entsprechend mehrere Schöpfwerke erforderlich werden. Die Entwässerung wird dadurch wohlfeiler und besser, weil sie schneller vor sich geht. Außerdem sind Entschädigungsansprüche der Unterlieger nicht zu befürchten, die leicht auftreten, wenn alles Binnenwasser durch einen einzigen Vorfluter abfließen soll. Die Schöpfwerke müssen derart wirken, daß alle Teile der Niederung zu gleicher Zeit den gleichen Grad von Trockenheit erreichen. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich, die Zuführungsgräben der Schöpfwerke, wenn irgend angängig, durch Kanäle miteinander zu verbinden. Es unterstützen sich dann die Werke gegenseitig, und selbst Betriebsstörungen an dem einen oder anderen Schöpfwerke sind von keinem nachteiligen Einfluß. Die Nebenschöpfwerke entwässern entweder in den äußeren Vorfluter oder in einen Randgraben, in diesem Falle an solcher Stelle, welche mit dem Fluß in gute Verbindung gebracht werden kann.

## § 20.

**Zeit des Auspumpens.** Die Pumpen wirken sowohl zur Beseitigung der Frühjahrsschmelze als zur Unschädlichmachung starker Sommernieder-

schläge. Die stärkste Beanspruchung tritt ein, wenn eine während des Winters überstaute Niederung nach Ablauf der Frühjahrsschmelze trocken gelegt werden soll. Der Beginn und die Dauer der Trockenlegung ist abhängig von dem Eintreffen der Vegetationsperiode und der Schnelligkeit der Pflanzenentwicklung. Beides ist für dieselbe Stelle in verschiedenen Jahren sehr verschieden. Es ist daher nicht zulässig, einem Schöpfwerk einen bestimmten Zeitpunkt für den Anfang und eine bestimmte Tageszahl für die Dauer des Auspumpens ein für allemal vorzuschreiben. Man muß sich vielmehr nach den Verhältnissen der einzelnen Jahre richten. Jahre, in denen die Frühjahrsschmelze zeitig eintritt, haben eine frühe Entwicklung der Vegetation, erfordern daher ein frühes Arbeiten des Schöpfwerkes; andere Jahre, in denen dasselbe nicht der Fall ist, gestatten nur ein spätes Ansetzen der Pumpen. Oft nimmt die Vegetation so schnell zu, daß die Pumpen Mühe haben, ihr zuvorzukommen, während in anderen Jahren dasselbe Schöpfwerk nur mit halber oder viertel Kraft bei doppeltem oder größerem Zeitaufwand zu arbeiten braucht. Eine sichere Beurteilung von Beginn und Dauer des Pumpens ist daher nur erreichbar durch Benutzung zuverlässiger Pegeltabellen, die gleichzeitig Angaben über Eisstand und Lufttemperatur enthalten.

Im allgemeinen ergibt sich, daß in den westlichen Teilen Deutschlands das Pumpen früher beginnen kann, als in den östlichen, und daß in jenen auch eine längere Dauer für die Pumpzeit zur Verfügung steht. Dies lehrt die Tabelle auf Seite 249. In derselben ist die mittlere Monats-temperatur mehrerer Jahre für einen Ort im westlichen Deutschland (Cleve von 1848 bis 1885), im mittleren Deutschland (Torgau 1848 bis 1885) und im östlichen Deutschland (Danzig 1848 bis 1872) angegeben. Die Vegetationszeit wurde ermittelt nach denjenigen Monaten, die eine durchschnittliche Temperatur von mehr als  $1^{\circ}$  C. haben; der Beginn der Schneeschmelze nach der Zeit, zu welcher  $+2,5^{\circ}$  C. herrscht; die Dauer der Schneeschmelze oder der Abfluß aller geschmolzenen Wassermassen allgemein auf 6 Wochen geschätzt, und hiernach das Ende der Schneeschmelze in den verschiedenen Teilen Deutschlands beurteilt. Mit dem Aus-pumpen des Frühjahrshochwassers wird man im allgemeinen bei fallendem Wasser 14 Tage vor Ende der Schneeschmelze beginnen können. Das Aus-pumpen wird aber beendet sein müssen in den westlichen und mittleren Teilen Deutschlands spätestens 2 Wochen, in den östlichen, der kürzeren Vegetationszeit wegen, aber mindestens 1 Woche nach Ablauf der Schneeschmelze. Hieraus folgt, daß man in den westlichen Teilen Deutschlands im allgemeinen 31 Tage Zeit für das Auspumpen zur Verfügung hat, nämlich die Zeit von Mitte März bis Mitte April, in den mittleren Teilen 30 Tage, von Anfang bis Ende April, und in den östlichen nur 20 Tage, nämlich vom 1. bis 20. Mai.



<i>Mittlere Tagestemperatur in den Monaten:</i>	<i>Westliche Teile Deutschlands</i>	<i>Mittlere Teile Deutschlands</i>	<i>Östliche Teile Deutschlands</i>
Januar . . . . .	1,4 <sup>0</sup> C.	— 0,6 <sup>0</sup> C.	— 1,5 <sup>0</sup> C.
Februar . . . . .	2,8 "	1,0 "	— 1,1 "
März . . . . .	4,4 "	3,3 "	1,0 "
April . . . . .	8,4 "	8,3 "	6,4 "
Mai . . . . .	12,0 "	13,0 "	9,6 "
Juni . . . . .	16,7 "	17,1 "	14,6 "
Juli . . . . .	17,2 "	18,7 "	17,9 "
August . . . . .	16,8 "	17,9 "	17,4 "
September . . . . .	14,1 "	14,4 "	13,6 "
Oktober . . . . .	9,5 "	9,3 "	8,8 "
November . . . . .	4,5 "	3,4 "	2,9 "
Dezember . . . . .	2,4 "	0,4 "	— 0,3 "
Hiernach:			
<i>Mittlere Jahrestempe- ratur . . . . .</i>	9,2 <sup>0</sup> C.	8,9 <sup>0</sup> C.	7,6 <sup>0</sup> C.
<i>Dauer der Vegetations- zeit . . . . .</i>	12 Monate	9 Monate	8 Monate
<i>Beginn der Schnee- schmelze . . . . .</i>	Mitte Februar	Anfang März	Ende März
<i>Dauer der Schnee- schmelze . . . . .</i>	Ungef. 6 Wochen	6 Wochen	6 Wochen
<i>Ende d. Schneeschmelze</i>	Anfang April	Mitte April	Mitte Mai
<i>Beginn d. Auspumpens</i>	Mitte März	Anfang April	Ende April
<i>Ende des Auspumpens</i>	Mitte April	Ende April	20. Mai
<i>Dauer des Auspumpens</i>	31 Tage	30 Tage	20 Tage

Diese Zahlen geben nur einen mittleren Anhalt, denn sie gelten nur für die Jahre mit der Durchschnittstemperatur und den durchschnittlichen Abflussverhältnissen. In denjenigen Jahren, in welchen die Frühjahrsschmelze sich verzögert, darf eine gleichlange Zeit für die Tätigkeit der Pumpen nicht zur Anrechnung kommen. Es stellt sich dann die Vegetation schneller ein, die Niederung muß in weniger als 30 oder 20 Tagen trockengelegt werden, die Dauer des Auspumpens ist unter Umständen auf 15 und 10 Tage zu verringern. Um zu ermitteln, ob die berechnete Schöpfwerkstärke auch für solche Zeiten genügt, sind die Jahre mit verspätetem Frühjahrshochwasser aus den Pegeltabellen zu entnehmen, und nach den Wasserständen dieser Jahre und ihrer Zeitdauer die Leistungen des Schöpfwerkes in Kubikmetern geförderter Wassermenge tagweise zu berechnen. Man ermittelt dadurch die Endpunkte der Trockenlegung in den Jahren schwieriger

Entwässerung und kann nach den herrschenden mittleren Tagestemperaturen dieser Tage beurteilen, ob die Zeitpunkte für die Trockenlegung genügt hätten, oder ob es nicht geboten wäre, durch Verstärkung des Schöpfwerkes eine frühere Trockenlegung zu erreichen.

### § 21.

**Stärke der Schöpfwerke.** Die Stärke der Schöpfwerke richtet sich nach der Wassermenge und der Hubhöhe. Da nach § 20 die Schöpfwerke am meisten im Frühjahr beansprucht werden, so ist diese Zeit entscheidend für die Bemessung ihrer Stärke. Angenommen, es sei eine mit Sommerdeichen umschlossene Niederung überflutet worden, und das Wasser im Flufs sei bis auf die Kronenhöhe der Deiche gefallen. Es wird dann sehr bald das Pumpen beginnen können, nämlich dann, wenn das Außenwasser so weit unter die Deichkrone gefallen ist, daß durch Wellenschlag keine wesentliche Erhöhung des Binnenwassers mehr zu befürchten ist. Dies tritt je nach der Größe des Flusses, der Ausdehnung der Wasserfläche, der herrschenden Windrichtung und des dadurch bedingten Wellenschlages bei 20 bis 40 cm Höhenunterschied zwischen Deichkrone und Außenwasser ein. Zu gleicher Zeit wird das Binnenwasser teils durch Wellenschlag, teils durch Öffnen der Auslafsschleuse je nach Größe der Niederung um 10 bis 30 cm unter Deichkrone fallen.

Die alsdann in der Niederung vorhandene Wassermenge kann aus dem Flächen-Nivellement berechnet werden. Dieser Zahl wird zunächst die Regenmenge hinzugefügt, die während der Dauer des Auspumpens in das Einzugsgebiet niederfällt und in die Niederung fließt. Ihre Ermittlung findet gewöhnlich nach den nächsten Regenmessern statt. Es ist dann weiter das Quell- und Kuperwasser zu berücksichtigen, welches während des Pumpens in die Niederung tritt. Dasselbe wird größer, je mehr der Binnenwasserstand durch das Pumpen fällt, und je länger der hohe Außenwasserstand anhält. Eine genaue Berechnung dieser Wassermenge ist unmöglich. Sie kann nur ungefähr nach der Durchlässigkeit des Bodens, der Höhe und Dauer der Außenwasserstände oder nach Beobachtungen über Steigen des Grundwassers in benachbarten künstlich entwässerten Niederungen geschätzt werden.

Von der so ermittelten Wassermenge sind diejenigen Verluste abziehen, welche voraussichtlich während des Pumpens durch Verdunstung entstehen. Auch hier können nur Beobachtungen als Anhalt dienen. Das Ergebnis ist diejenige Wassermenge in Kubikmetern, welche die Pumpen überhaupt heben müssen.

Nunmehr wird die Dauer der für das Pumpen verfügbaren Zeit beurteilt und unter Anrechnung der für Schmierer und zufällige Störungen erforderlichen Ruhezeiten die Zahl der Arbeitsstunden bestimmt, an denen

die Maschine wirklich in Tätigkeit sein würde. Man erhält dadurch die durchschnittlich in einer Stunde und weiter in einer Sekunde zu hebende Wassermenge in Kubikmetern ( $Q$ ). Da 1 cbm 1000 kg wiegt, so stellen 1000  $Q$  das durchschnittlich in der Sekunde zu hebende Gewicht in kg dar.

Aus den Pegeltabellen des Aussenwassers und dem in Zahlen oder graphisch dargestellten voraussichtlich eintretenden Senken des Binnenwassers kann die mittlere Hubhöhe ( $h$ ) in Metern ermittelt werden. Wird diese Zahl mit 1000  $Q$  multipliziert, so erhält man die Arbeit der Maschine in Meterkilogrammen. Die Zahl der Pferdestärken ( $N_w$ ) wird erhalten durch Division mit 75; denn 75 mkg in der Sekunde stellen eine Pferdekraft dar. Wir haben sonach für die Stärke des Schöpfwerkes die Formel:

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

Diese Pferdekraften sind sogenannte „Wasserpferdestärken“, d. h. diejenige Leistung, welche in befördertem Wasser wirklich ausgeübt werden muß. Die Kraftmaschine selbst (Dampf, Wind oder dergl.) muß stärker sein; denn sie hat nicht allein das Wasser zu heben, sondern außerdem noch die Reibungswiderstände und Verluste zu überwinden, welche bei Benutzung der Wasserhebemaschine entstehen. Diese Reibungswiderstände und Verluste sind bei verschiedenen Wasserhebemaschinen sehr verschieden. Man pflegt den Nutzeffekt (Wirkungsgrad) durch einen Koeffizienten  $\mu$  zu bezeichnen, welcher, multipliziert mit der Leistung der Kraftmaschine, die wirkliche Leistung der Wasserhebemaschine angibt. Will man daher die sogenannten „effektiven Pferdestärken“ ( $N_e$ ) der Kraftmaschine, oder ihre Nutzpferdestärken, ermitteln, so muß  $N_w$  durch  $\mu$  dividiert werden:

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

Hierbei ist zu bemerken, daß  $\mu$  nicht allein für verschiedene Wasserhebemaschinen sehr verschieden ist, sondern auch für dasselbe Werk sehr veränderlich wird, je nach der zu überwindenden Hubhöhe. Gewöhnlich wird für jede Wasserhebemaschine die günstigste Nutzwirkung bei der günstigsten Hubhöhe angegeben. In der ersten Zeit des Auspumpens, wenn die Hubhöhe sehr gering ist, ist die Nutzwirkung ungleich kleiner. Es muß daher bei Bemessung der effektiven Pferdestärken oder bei Beurteilung einer vorhandenen oder gewählten Maschine hierauf Rücksicht genommen werden.

Die Maschinentechniker pflegen die Stärken der Maschinen nicht nach den Kräften anzugeben, welche von den Maschinen als wirkliche Leistung ausgehen, sondern nach denjenigen Kräften, welche in den Dampfzylindern der Maschinen entwickelt werden. Diese Kräfte nennt man die „indizierten Pferdestärken“ ( $N_i$ ). Ihr Verhältnis zu den von der Maschine ausgehenden effektiven oder Nutzpferdestärken ist abhängig von den Reibungswiderständen

in der Kraftmaschine selbst. Werden diese durch den Koeffizienten  $\mu_1$  als Nutzwirkung der Maschine ausgedrückt, so ergibt sich die Zahl der indizierten Pferdestärken durch die Formel:

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

Das Produkt  $\mu \mu_1$  schwankt bei den neueren Wasserhebwerken für große Niederungen nach ausgeführten Messungen ungefähr zwischen den Grenzen:

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	bei	größeren	Hubhöhen.				

## § 22.

**Wasserschrauben und Wasserschnecken.** Die zur Entwässerung von Niederungen gebräuchlichen Wasserhebmaschinen sind entweder Schrauben oder Räder, Kolbenpumpen oder drehende Pumpen. Zu den Schrauben gehören:

1. Die *offene Wasserschraube* (Fig. 290). Eine eiserne oder hölzerne Welle ( $b$ ), um die schraubenförmig hölzerne oder eiserne Schaufeln ( $a$ ) in 2 oder 3 Gängen angebracht sind, wird möglichst unter  $30^\circ$  in einer trogartigen Rinne gelagert, sodaß ein sehr geringer Spielraum zwischen den Schraubenrädern und der Rinne verbleibt. Der Zwischenraum darf 5 mm nicht überschreiten. Durch Drehen der Schraube (in Fig. 290 vermittelt der Kegelräder  $g$  und  $h$ ) wird das Wasser in den einzelnen Gängen in die Höhe gehoben und am oberen Ende zum Abfluß gebracht. Der Durchmesser der Schraube beträgt 1,5 bis 2 m, die erreichbare Hubhöhe bis 3 m. Zur Bewegung ist Dampfkraft erforderlich. Die Nutzwirkung der Maschine beträgt  $\mu = 0,75$ . Sie hat den Vorteil, daß sie nicht leicht in Unordnung gerät, und daß auch schlammiges Wasser, Holzstücke u. dgl. gehoben werden können. Nachteilig ist dagegen der Umstand, daß die Hubhöhe vom Unterwasserspiegel bis zum oberen Ausguß reicht, also stets größer ist, als der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser.

2. Die *ummantelte Wasserschnecke* oder *Tonnenmühle* (Fig. 291). Wenn eine hölzerne Spindel ( $W$ ) hölzerne oder eiserne Schraubengänge ( $G_1, G_2$ ) erhält und diese durch einen Mantel ( $M$ ) fest umschlossen werden, so wird gleichsam die trogartige Rinne der offenen Wasserschraube fest verbunden mit der Schraube selbst. Bei der so hergestellten Wasserschnecke dreht sich der Mantel mit der Schraube in dem Wasser; es wird dadurch zwar die tote Last vergrößert, dafür aber kann die Maschine an jeder beliebigen Stelle leicht angebracht werden. Die Aufhängung geschieht durch ein

Halslager (*D*) am oberen und ein Spurlager (*B*) am unteren Ende. Letzteres wird durch eine Kette mit Winde (*E*) an einem Bock befestigt, sodafs

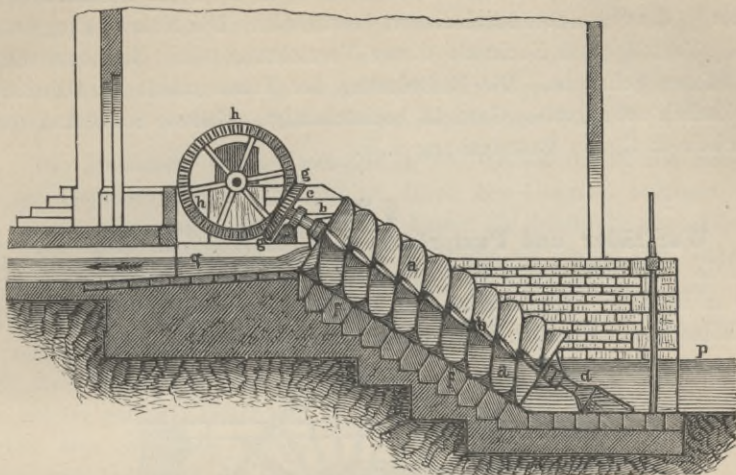


Fig. 290. Offene Wasserschraube.

die Schnecke je nach der Höhe des Unterwassers gehoben oder gesenkt werden kann. Die beste Wirkung wird auch hier bei der Neigung  $30^{\circ}$  erreicht. Die Schraube enthält gewöhnlich 3 oder 4 Gänge, der Durch-

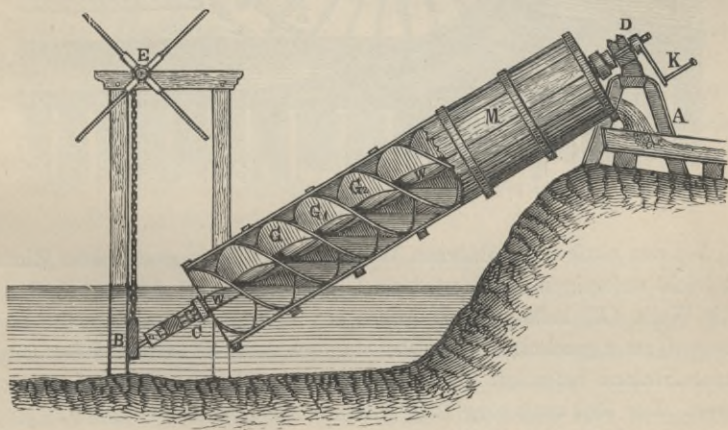


Fig. 291. Ummantelte Wasserschnecke oder Tonnenmühle.

messer ist nur 0,6 bis 1 m groß, die Länge beträgt bis 8 m, die erreichbare Hubhöhe steigt bis 4 m. Die Bewegung erfolgt durch Menschen an der Kurbel (*K*) oder durch ein Göpelwerk, durch Wind oder Dampfkraft.

Die Tonnenmühle darf ebenso wenig wie die Wasserschraube vollständig in das Unterwasser tauchen. Es muß vielmehr immer unten Luft in die Schnecke eintreten können. Am besten wird die Eintauchung auf  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  des Schraubendurchmessers beschränkt. Die Nutzwirkung beträgt 0,75. Vorteile und Nachteile dieser Vorrichtung sind dieselben wie bei der offenen Schraube. Die Beförderung der Tonnenmühle wird durch ihr gewöhnlich sehr großes Gewicht beeinträchtigt. Eiserne Schnecken liefern Fischer & Co. in Brandenburg a. H.

### § 23.

**Wurfräder und Pumpräder.** 1. *Das Wurfrad* (Fig. 292) wird in Holz oder Eisen ausgeführt, in Holz gewöhnlich sehr schmal, 0,45 bis 0,60 m breit, in Eisen breiter, bis 2,25 m. Die Höhe beträgt 5 bis 6 m bei hölzernen, sie steigt bis 8 m bei eisernen Rädern.

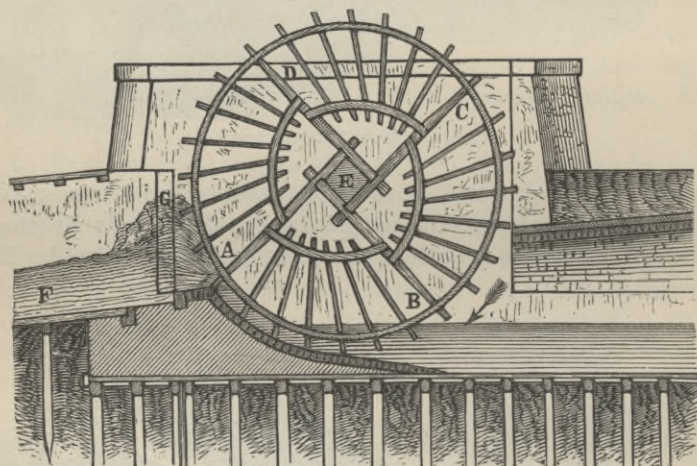


Fig. 292. Wurfrad.

Bei den einfachen hölzernen Wurfrädern, die ein geschickter Zimmermann leicht anfertigen kann, wird ein *Geschlinge* aus 4 Armen (A, B, C, D) um die Welle (E) befestigt. Zwischen den Armen werden doppelte *Riegel* aus bogenförmig geschnittenen Bohlen eingeschaltet und zwischen den Riegeln hölzerne *Stelzen* befestigt. Auf die Stelzen werden die *Schaufelbrettchen* genagelt. Das Rad muß sorgfältig gebaut werden, sodafs es nicht schlingert und mit möglichst geringem Spielraum in dem Gerinne sich bewegt. Der Teil des Gerinnes, in welchem der dichte Anschluß an das Rad stattfindet, heifst *Aufleiter*. Er muß so lang sein, dafs er mindestens 2 Schaufelweiten umfaßt. Um den Eintritt des Wassers in das Rad zu erleichtern, wird das Gerinne unterhalb des Aufleiters trichterförmig nach unten und nach

den Seiten erweitert. Am oberen Ende des Aufleiters wird vor dem Rade die sogenannte *Wachttür* (*G*) angebracht, d. i. eine Tür, welche bei Stillstand des Rades sich selbsttätig durch den Druck des Oberwassers schließt, sich aber von selbst durch den Druck des ausgeworfenen Wassers öffnet, sobald das Werk in Betrieb gesetzt wird. Sie wird einflügelig bei schmalen, doppelt als Stemmator bei breiten Wurfrädern angelegt. Bei größeren Anlagen tritt an Stelle des Geschlinges ein eiserner Stern.<sup>1)</sup>

Die Tauchtiefe beträgt gewöhnlich nur 0,6 bis 0,9 m, die Hubhöhe 1,5 m, ausnahmsweise 2 m. Sie ist durch den Umstand begrenzt, daß das Wasser von dem Oberwasser nicht hinter die Schaufeln zurückfließen darf. Die Räder bewegen sich sehr langsam; ein Punkt des Umfanges darf nur die Geschwindigkeit 0,65 bis 2 m in der Sekunde haben. Ihre Vorzüge sind einfache Herstellung und leichte Instandsetzung, da man die schadhaften Schaufeln stets nach oben drehen kann; ferner der aus der geringen Geschwindigkeit sich ergebende sichere Gang und besonders der Umstand, daß das Wasser nur gerade so hoch gehoben wird, als der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser beträgt.

Nachteilig sind dagegen die großen Abmessungen der Räder und die geringen Hubhöhen, sowie die Erzeugung von Wellentälern und Wellenbergen beim Eintauchen der Schaufeln in das Unter- und bei ihrem Austritt nach dem Oberwasser. Hierdurch wird die wirklich vorhandene Hubhöhe vergrößert. Um diesem Übelstande möglichst zu begegnen, werden die Schaufeln nicht radial, sondern exzentrisch gestellt.

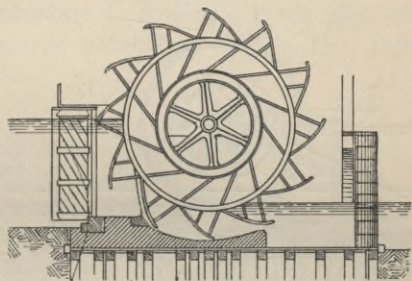


Fig. 293. Pumprad von Overmars.

2. Das *Pumprad* von Overmars (Fig. 293). Es ist dies ein Rad, welches aus einer hohlen, eisernen Trommel besteht, auf deren Umfang gekrümmte, eiserne Schaufeln derart befestigt sind, daß sie mit der ausbuchtenden Seite in das Unterwasser schlagen. Die Trommel hat 3 bis 6 m Durchmesser; sie bildet einen Abschluß zwischen Ober- und Unterwasser, verhindert das Zurückfließen des Wassers zwischen den Schaufeln, wie solches beim Wurfrade möglich ist, und gestattet daher eine nicht uner-

<sup>1)</sup> Vergl. die Wurfräder für die Schöpfwerke des Memeldeltas in: Die Eindeichung und Entwässerung des Memeldeltas von Danckwerts, Matz und Hagens; Zeitschr. f. Bauwesen 1902, S. 35.

hebliche Vergrößerung der Hubhöhe. Es ist nicht nötig, daß die Trommel vollkommen geschlossen ist, sie kann in der Mitte nahe der Welle offen sein. Statt des Ableiters wird meist ein sogenannter „Kropf“ unmittelbar unter dem Rade angebracht und der dichte Schluß des Rades dadurch erzielt, daß das Rad, dessen Schaufeln mit hölzernen Randleisten ausgestattet sind, zwischen den mit frischem Zementmörtel bezogenen Flächen des Kropfes und seiner Seitenwände gedreht wird. Die Hoffnung des holländischen Erfinders, hierdurch ein so dicht schließendes Rad zu erzielen, daß es eine saugende Wirkung ausüben würde — daher der Name Pump-rad — hat sich nicht erfüllt. Das Rad hat, wie das Wurfrad, 0,74 bis 0,80 Nutzwirkung.

Das Unterwasser kann bis zur Unterkante der Trommel, das Oberwasser bis zu ihrer Oberkante reichen; dadurch kann die Hubhöhe steigen bis 3 und 6 m. Die Geschwindigkeit des Umfanges darf nur 1 bis 1,5 m betragen. Die Vorzüge des Rades vor dem Wurfrade bestehen in der Vergrößerung der Hubhöhe, in der Möglichkeit, wechselnde Wasserstände ertragen zu können, und in der Entlastung der Wellenlager zufolge des von der hohlen Trommel ausgeübten Auftriebes. Es hat dagegen den Nachteil, daß bei zunehmenden Wasserständen der Eintritt und Austritt des Wassers sehr ungünstig wird, daher die Nutzwirkung des Rades bei hohem Wasserunterschied abnimmt.

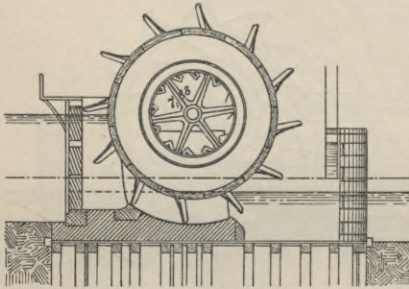


Fig 294. Pumprad von Rijk.

Das Unterwasser kann bis zur Unterkante der Trommel, das Oberwasser bis zu ihrer Oberkante reichen; dadurch kann die Hubhöhe steigen bis 3 und 6 m. Die Geschwindigkeit des Umfanges darf nur 1 bis 1,5 m betragen. Die Vorzüge des Rades vor dem Wurfrade bestehen in der Vergrößerung der Hubhöhe, in der Möglichkeit, wechselnde Wasserstände ertragen zu können, und in der Entlastung der Wellenlager zufolge des von der hohlen Trommel ausgeübten Auftriebes. Es hat dagegen den Nachteil, daß bei zunehmenden Wasserständen der Eintritt und Austritt

des Wassers sehr ungünstig wird, daher die Nutzwirkung des Rades bei hohem Wasserunterschied abnimmt.

3. Das *Pumprad* von Rijk (Fig. 294) hat dieselbe hohle, eiserne Trommel wie das Overmars'sche Pumprad. Es unterscheidet sich von diesem nur dadurch, daß die Schaufeln entgegengesetzt gekrümmt sind, also mit der hohlen Seite in das Wasser schlagen. Der Nachteil, daß bei zunehmenden Wasserständen die Nutzwirkung leidet, besteht auch hier. Es tritt der Übelstand hinzu, daß bei raschem Gange viel Luft durch die Schaufeln mitgerissen und die Leistung dadurch beeinträchtigt wird.

## § 24.

**Kolbenpumpen.** Die Kolbenpumpen werden als gewöhnliche Saug- oder als Saug- und Druckpumpen vorzugsweise da angewandt, wo nur geringe Wassermengen zu heben sind. Zur Entwässerung größerer Niederungen werden sie tief in das Unterwasser gestellt und heben dann das Wasser über den Rand des Pumpenzylinders in den durch eine hori-



zonale Scheidewand abgetrennten oberen Raum der Pumpenkammer, welcher mit dem Oberwasser in Verbindung steht. (Pumpwerk des Haarlemer Meeres bei Cruquius.)

In derselben Weise wirkt die Fijnje'sche *Kastenpumpe*, deren Abbildung und Beschreibung wir in der zweiten Auflage dieses Werkes S. 524 gebracht haben. Die Nutzwirkung dieser Pumpen ist zwar sehr groß = 0,92. Sie haben aber den Nachteil, daß sie eine kostspielige, tiefe Gründung unter dem niedrigsten Unterwasserstande verlangen, sehr oft schadhaft werden und die Instandsetzungsarbeiten wegen der tiefen Lage der Pumpen viel Geld erfordern. Es werden daher derartige Pumpen jetzt nur noch selten gebaut, sie sind durch die bequemeren Kreisel- und Zentrifugalpumpen verdrängt.

### § 25.

**Kreisel- und Zentrifugalpumpen.** 1. *Kreisel.* Wenn eine horizontale Scheibe, die an der Unterseite gekrümmte Rippen hat, durch eine lotrechte Welle schnell nach

der ausbuchtenden Richtung der Rippen gedreht wird, so wird das Wasser von den Rippen erfaßt und nach dem Umfange der Scheibe geschleudert. Ist hier eine horizontale Wand mit kreisförmiger Öffnung derart angebracht, daß der Rand der Scheibe oberhalb dieser Wand sich befindet, so wird das Wasser in den Raum oberhalb der Scheibe gedrückt. Dieser Raum steht mit dem Oberwasser, der Raum unter der Scheibe mit dem Unterwasser in Verbindung. Die kreisförmige Öffnung der eisenen Trennungswand muß möglichst genau an den Kreisel anschließen, die Scheibe selbst erhält eine trichterartige Form, und der Raum oberhalb des Kreisels wird schneckenartig gestaltet (Fig. 295). Hierdurch erreicht man eine gute Nutzwirkung.

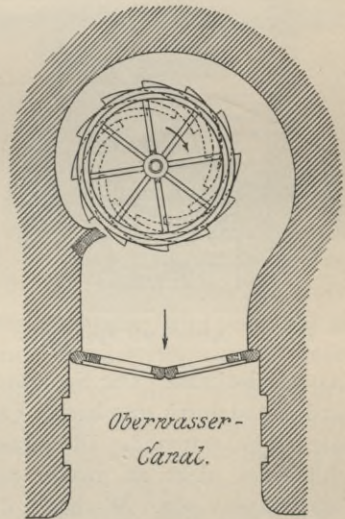


Fig. 295. Grundriss der Kreiselpumpe.

Bei einer konzentrischen Form des oberen Raumes würde das Wasser mehrfach um den Kreisel strömen, bevor es in den Oberwasser-Kanal abfließt. Die Kreiselwelle lagert unten gewöhnlich in einem Spurzapfen; die Rippen des Kreisels werden neuerdings an der Unterseite durch eine zweite, trichterförmige Scheibe gestützt, die aber in der Mitte für den

Eintritt des Wassers eine runde Öffnung, entsprechend der Öffnung der eisernen Trennungswand, erhält (Fig. 296). Der Kreisel hat den Vorteil, daß er das Wasser nicht höher hebt, als der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser erfordert. Er hat aber den Nachteil, daß er im Unterwasser liegt und daher schwer überwacht werden kann. Wenn durch Kraut oder andere eingeklemmte feste Körper ein Stillstand eintritt, so muß der Kreisel mit einem Zeitaufwand von mehreren Tagen gehoben, gereinigt oder ausgebessert werden.

2. Der von dem Zivilingenieur Neukirch in Bremen entworfene *Kreisel* (Fig. 297) hat in der Peripherie einen Blechmantel erhalten, welcher sich mit dem Kreisel dreht. Der Mantel ist oben offen. Er vergrößert den Auftrieb des Kreisels so sehr, daß dieser gleichsam im

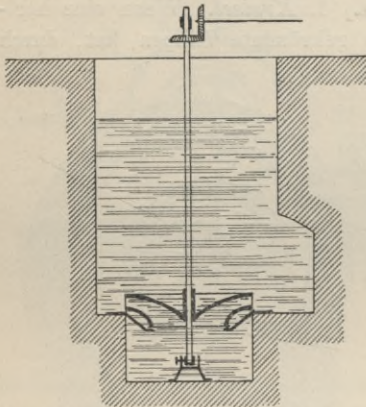


Fig. 296. Kreisel mit Spurzapfen.

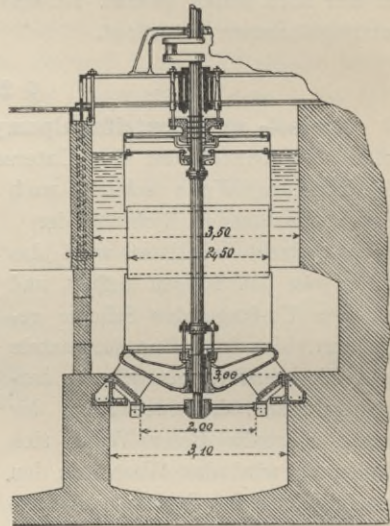


Fig. 297. Neukirch'scher Kreisel.

Wasser schwimmt. Der Spurzapfen wird entlastet, sogar vollständig entbehrlich und durch eine leichte Führung ersetzt. Der Mantel wirkt gleichzeitig als Schwungrad. Die günstige Wirkung dieses Kreisels tritt hauptsächlich bei nicht zu großen und vor allem nicht zu stark wechselnden Wasserständen ein. Wechseln die Wasserstände, so wird die Wirkung beeinträchtigt; bei Niedrigwasser belastet der Mantel den Kreisel durch sein Gewicht, bei Hochwasser wirkt der zu große Auftrieb störend auf die Lagerung der Welle.

3. *Die Zentrifugalpumpe.* Wenn man den Kreisel mit einem Gehäuse umgibt und das Unterwasser durch eine Rohrleitung nach der Mitte des Gehäuses, also in die Nähe der Welle leitet, das Gehäuse aber so gestaltet, daß das geworfene Wasser schneckenartig um die drehende Scheibe geführt wird, so erhält man die Zentrifugalpumpe. Die Scheibe erhält beiderseits

gekrümmte Schaufeln. Die Drehung erfolgt auch hier, wie beim Kreisel, nach der konvexen Richtung. Die Einleitung des Wassers muß auf beiden Seiten der Scheibe geschehen, da andernfalls diese und die Achse einseitigen Druck erhalten würden (s. den Querschnitt einer Patent-Zentrifugalpumpe der Firma Brodnitz & Seidel in Berlin C., Fig. 298).

Die Zentrifugalpumpe kann horizontal mit stehender oder vertikal mit liegender Welle aufgestellt werden. Da das Wasser durch das Gehäuse vollständig abgeschlossen ist, so kann die Pumpe außerhalb des Wassers im Trocknen stehen; doch darf die Saughöhe in der Regel 5 bis 6 m nicht überschreiten. Eine sehr schnelle Bewegung ist erforderlich. Die Drehung muß um so rascher sein, je kleiner die Pumpe ist. Von größter Wichtigkeit ist der luftdichte Abschluß des Gehäuses und aller Rohrleitungen. Die Luft sammelt sich sonst in dem oberen Teil des Gehäuses und beeinträchtigt die Wirkung der Pumpe. Vor Inbetriebsetzung muß die Maschine mit Wasser gefüllt werden. Dies geschieht entweder durch unmittelbare Füllung mit Trichter und Eimer oder schneller und besser mit Hilfe eines Dampfexhaustors an der höchsten Stelle der Pumpe. Der Dampf wird dem Kessel entnommen (Fig. 299). Durch den Exhaustor wird die Luft ausgetrieben, das Wasser angesaugt und damit die Zentrifugalpumpe gefüllt.

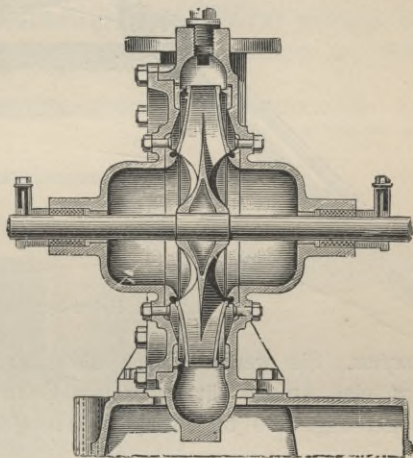


Fig. 298. Querschnitt einer Zentrifugalpumpe von Brodnitz & Seydel in Berlin.

4. *Die Zentrifugalpumpe mit stehender Welle* wird gewöhnlich so tief gelagert, daß die Pumpe gänzlich im Unterwasser liegt. Dadurch wird das Eindringen von Luft zwar am wirksamsten verhütet, der Dampfexhaustor entbehrlich, aber die Aufstellung der Maschine der tiefen Lage wegen erschwert.<sup>1)</sup>

5. *Die Zentrifugalpumpe mit liegender Welle* wird stets außerhalb des Wassers im Trocknen aufgestellt. Ein Saugrohr, welches vor der Pumpe sich hosenartig teilt, oder zwei Saugrohre zu beiden Seiten der Pumpe stellen die Verbindung mit dem Unterwasser her. Das Druckrohr sollte ausnahmslos luftdicht in das Oberwasser geführt werden. Dadurch entsteht eine heberartige Verbindung vom Unter- bis zum Oberwasser und der

<sup>1)</sup> Vergl. die Abbildung der Zentrifugalpumpe mit stehender Welle des Lunow-Stolper Bruches auf S. 527 der II. Auflage dieses Werkes.

große Vorteil, daß nur der Unterschied zwischen beiden Wasserspiegeln als Druckhöhe von der Maschine zu überwinden ist. Derartige Anlagen wirken unter allen Umständen vorteilhaft. Man nennt sie *Heber-Zentrifugal-*

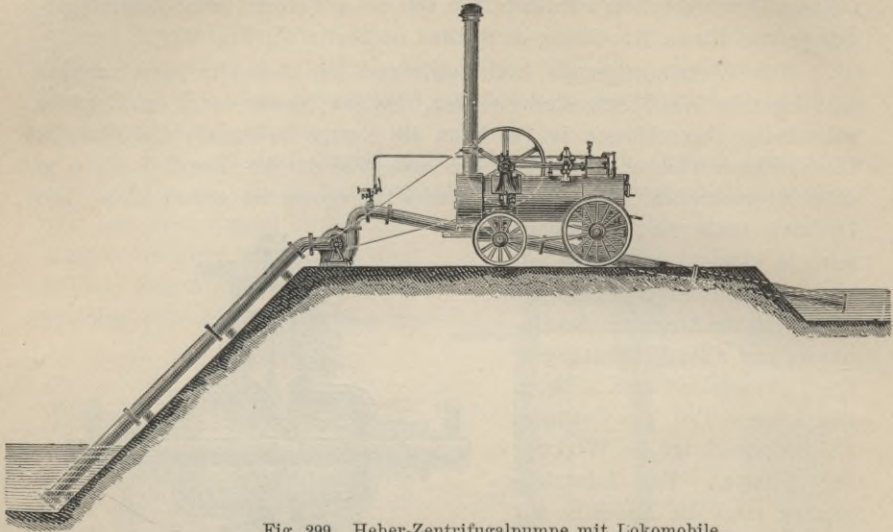


Fig. 299. Heber-Zentrifugalpumpe mit Lokomobile.

*pumpen.* Sie werden durch die Fig. 299 bis 301 erläutert. Fig. 299 zeigt eine Anlage für zeitweisen Gebrauch unter Benutzung einer Lokomobile, Fig. 300 und 301 die Heber-Zentrifugalpumpe des Schöpfwerkes

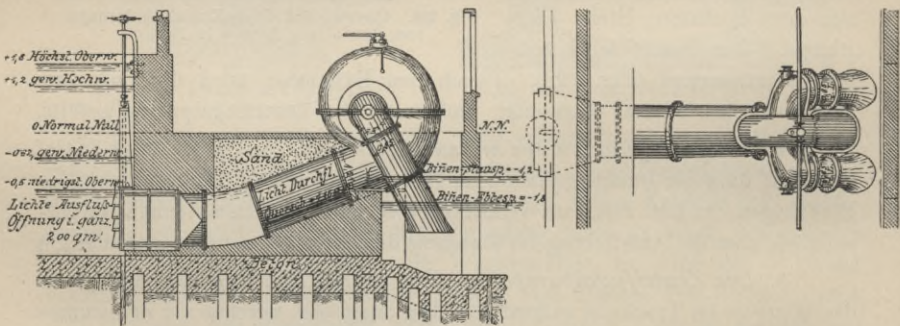


Fig. 300.

Fig. 301.

Heber-Zentrifugalpumpe des Schöpfwerkes Neuland-Engelschoff.

Neuland-Engelschoff mit einem vom unteren Rande des Gehäuses abgehenden Druckrohr. Bei den neuesten Anlagen hat sich ergeben, daß eine stetige Zunahme der Druckrohrweite von der Pumpe bis in das Oberwasser von vorteilhaftem Einfluß auf die Nutzwirkung ist.

Die Zentrifugalpumpen haben zwar im allgemeinen den Nachteil, daß sie sich durch das Gehäuse dem prüfenden Blick entziehen, aber sie haben den großen Vorzug, eine marktgängige Ware zu sein, die schnell und billig beschafft werden kann, keine kostspielige Gründung erfordert und daher selbst bei kleinen Anlagen und stark schwankenden Hubhöhen vorteilhaft wirkt. Ganz besonders empfiehlt sich die Anwendung der Zentrifugalpumpen bei großen Hubhöhen und ziemlich gleich bleibenden, nur in engen Grenzen schwankenden Aufsenwasserständen.

### § 26.

**Betriebskräfte der Wasserhebwerke.** 1. *Pferde* genügen nur für solche Anlagen, bei denen nicht zu große Wassermengen zu heben

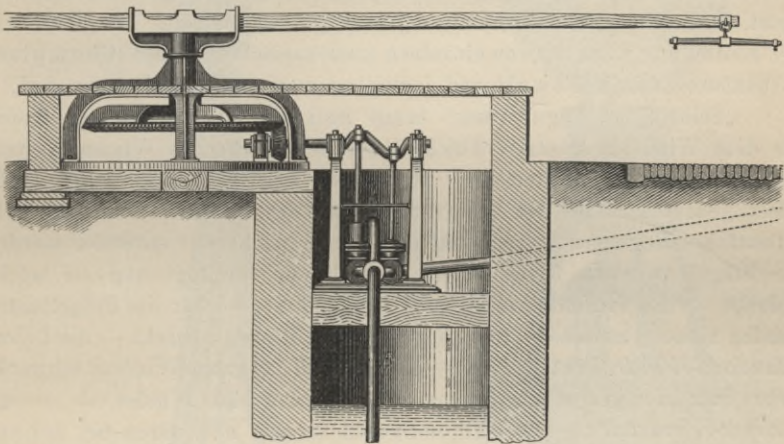


Fig. 302. Göpelwerk.

sind. Dem langsamen Betrieb entsprechen langsam sich bewegende Wasserhebemaschinen, wie Schnecken, Wurfräder oder Kolbenpumpen, am besten. Die hin- und hergehende Bewegung der Pumpen muß in eine drehende umgewandelt werden. (Vergl. das Göpelwerk, Fig. 302.)

2. *Wind* war vor Erfindung der Dampfmaschinen die wichtigste Betriebskraft für Entwässerungsanlagen. Gegenwärtig wird er nur noch für Niederungen geringen Umfanges benutzt, und zwar mittels sogenannter *Windräder*. Diese haben vor den älteren Windmühlen folgende Vorzüge: hohe Nutzwirkung, da sie leicht gebaut sind und mit wenig Reibung sich drehen, ferner selbsttätige Einstellung und selbsttätige Regulierung; die Bedienung ist daher sehr bequem, sie beschränkt sich nur auf das zeitweise Schmieren der Lager. Nachteilig ist dagegen die Zusammensetzung aus zahlreichen kleinen beweglichen Teilen. Dadurch wird ein

lästiges Klappern und ein starker Verschleiß veranlaßt. Mit zunehmendem Verschleiß nimmt das Klappern zu; der Verschleiß macht Fortschritte und wird endlich so stark, daß Instandsetzungsarbeiten nötig werden.

Unter „selbsttätiger Einstellung“ versteht man die Fähigkeit des Rades, sich von selbst immer gegen den Wind zu stellen. Dies kann auf drei verschiedene Arten erreicht werden, nämlich entweder durch eine Windfahne oder durch eine Windrosette oder ohne beides dadurch, daß das Windrad an der dem Winde abgekehrten Seite befestigt wird. Die Windfahne kommt am häufigsten zur Anwendung. Die Windrosette steht senkrecht gegen das Rad, sie wird bei jeder Drehung des Windes in Bewegung gesetzt und wirkt dann auf ein Getriebe, das längs eines am Turm befestigten runden Zahnkranzes sich bewegt und damit die Wendung des Windrades veranlaßt. Die Windrosette wird vorzugsweise dann benutzt, wenn eine drehende Bewegung erzeugt werden soll. Die dritte Art der Einstellung wird nur von einzelnen amerikanischen Firmen (Champion, Windmotorenfabrik Powell und Douglas u. a.) angewandt.

„Selbsttätige Regulierung“ nennt man die Eigenschaft des Rades, die dem Winde ausgesetzte Fläche nach der Stärke des Windes zu vergrößern oder zu verkleinern. Hierdurch werden Beschädigungen des leicht gebauten Rades bei übergroßer Kraft des Windes vermieden. Die selbsttätige Regulierung kann auf drei Arten geschehen: entweder werden die Flügelleisten zu festen Tafeln oder Segeln vereinigt und als solche gedreht — die *Halladay-Windräder* (Fig. 303) — oder die Flügelleisten werden einzeln zwischen zwei konzentrischen Ringen gedreht — die *Ultra-Standard-Windräder* (Fig. 304) — oder endlich das ganze Windrad schwenkt mehr oder weniger schräg gegen die Richtung des Windes ab — die *Eklipse-Windräder*. Das Eklipse-System kommt nur selten bei uns zur Anwendung, gebräuchlich sind die beiden ersten, und zwar wird das Halladay-System bei kleineren, das Ultra-Standard-System bei größeren Windrädern angewandt.

Trotz der hohen technischen Ausbildung und der in die Augen fallenden Vorzüge begegnen die Windräder vielseitig Mißtrauen. Es ist dies durch die marktschreierischen Anpreisungen der ersten amerikanischen Fabrikanten verschuldet worden. Die Leistungen wurden übertrieben, die Beschränkungen, welchen die Räder unterliegen, nicht genügend hervorgehoben. Die Kraft der Räder wurde gewöhnlich nach Pferdestärken unter Zugrundelegung einer Windgeschwindigkeit von 7 m in der Sekunde angegeben, ohne daß der Käufer darüber aufgeklärt wurde, daß der Wind im Binnenlande nicht durchschnittlich mit 7, sondern nur mit 4,4 m Geschwindigkeit in der Sekunde weht. Mit 7 m weht er nur in dem 5. Teil des Jahres. Die wirkliche Leistung des Rades mußte daher hinter der erwarteten ganz erheblich zurückbleiben.

Nach einer vom Verfasser aus siebenjährigen Beobachtungen der Wetterwarte in Magdeburg zusammengestellten Statistik der Windgeschwindigkeiten<sup>1)</sup> hat sich die folgende Tabelle (S. 265) ergeben. Sie stellt die *betriebsfähige Zeit eines Windrades* im Verhältnis zur Gesamtzeit während eines Monats — im April und Mai auch während eines halben Monats — dar für Windgeschwindigkeiten von 5 bis 7 m. Es sind hierbei wohl diejenigen Stunden in Anrechnung gekommen, in welchen



Fig. 303. Halladay-Windrad.

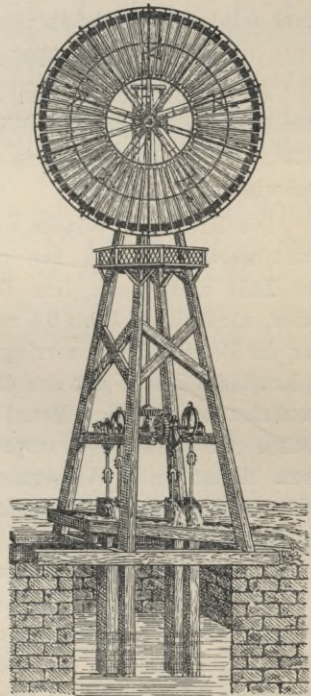


Fig. 304. Ultra-Standard-Windrad.

die angegebenen Geschwindigkeiten überschritten wurden, nicht aber diejenigen, in denen sie nicht erreicht wurden. Denn wenn auch in diesen Stunden das Rad sich dreht, so ist doch die ausgeübte Leistung nicht mehr dieselbe. Die schwachen Wirkungen in solchen Stunden dienen zur Erhöhung der Betriebssicherheit des Rades.

Die *Berechnung der Windräder* geschieht gewöhnlich nach der Coulomb'schen Formel  $N = K \cdot F \cdot v^3$ , worin  $N$  die Anzahl der Pferde-

<sup>1)</sup> Näheres siehe Zentralblatt der Bau-Verwaltung 1896, S. 221.

stärken,  $K$  einen Koeffizienten (bei gewöhnlichen Windmühlen = 0,0004, bei Windrädern = 0,0005),  $F$  die dem Winde ausgesetzte Fläche in Quadratmetern und  $v$  die Geschwindigkeit des Windes in der Sekunde nach Metern bedeutet. Die vom Winde getroffene Fläche  $F$  entspricht niemals der vollen Kreisfläche des äußeren Durchmessers  $d$ , gewöhnlich bleibt der innere Kreis vom Durchmesser  $\frac{1}{3} d$  frei von Flügelleisten. Es beträgt daher die Fläche

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{9 \cdot 4} = 0,7 d^2;$$

daraus folgt für Windräder:

$$N = 0,0005 \cdot 0,7 d^2 v^3 = 0,00035 d^2 v^3.$$

Da  $N$  mit der dritten Potenz von  $v$  zunimmt, so ist der große Einfluß erklärlich, den die Windgeschwindigkeit auf die Kraft des Rades ausübt, und die Täuschung, in welche man bei übertriebener Annahme der Geschwindigkeit verfällt.

Die Kraft des Windes oder die Geschwindigkeit, nach der das Rad gebaut werden soll, ist von vornherein anzunehmen. Es ist vorteilhaft, diese Zahl nicht nach dem Durchschnitt 4,4 m, sondern höher zu bemessen, nämlich auf 5 bis 6,5 m, unter Umständen auch 7 m. Dadurch wird zwar die Betriebsdauer verringert, aber die Leistung dennoch erhöht, weil die Kraft des Rades mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit zunimmt. Demnächst ist derjenige Monat zu ermitteln, in welchem das Rad voraussichtlich am stärksten beansprucht wird, und die Leistung des Rades in diesem Monat nach Wassermenge und Hubhöhe festzustellen. Aus der wirklichen Sekundenzahl des Monats ist nach der folgenden Tabelle die Zahl der Sekunden zu berechnen, in denen das Rad während des Monats bei der angenommenen Geschwindigkeit voraussichtlich betriebsfähig ist. Wird diese Zahl in die Zahl der zu hebenden Kubikmeter Wasser dividiert, so erhält man die sekundlich zu hebende Wassermenge und weiter durch Multiplikation mit der durchschnittlichen Hubhöhe die Zahl der Wasserpferdestärken (s. S. 251). Unter Beachtung des Wirkungsgrades der Pumpe werden endlich die nutzbaren Pferdestärken ermittelt, welche das Rad ausüben soll.

Den Durchmesser  $d$  des Windrades ergeben nach der Formel  $N = 0,00035 d^2 v^3$  die Gleichungen:

$$\begin{array}{ll} \text{für } v = 5 \text{ m,} & d = 4,79 \sqrt{N}, \\ \text{„ } v = 5,5 \text{ „} & d = 4,15 \sqrt{N}, \\ \text{„ } v = 6 \text{ „} & d = 3,64 \sqrt{N}, \\ \text{„ } v = 6,5 \text{ „} & d = 3,23 \sqrt{N}, \\ \text{„ } v = 7 \text{ „} & d = 2,89 \sqrt{N}. \end{array}$$



*Tabelle über die betriebsfähige Zeit eines Windrades oder die Zeitdauer in Prozenten, in welchen die Windgeschwindigkeiten 5 bis 7 m in der norddeutschen Tiefebene erreicht oder überschritten werden.*

Windgeschwindigkeit	Januar	Februar	März	1.—15. April	16.—30. April	1.—15. Mai	16.—31. Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
5 m	44,3	41,9	47,7	42,0	42,7	47,5	35,2	36,6	35,5	33,7	29,4	48,6	46,3	48,7
5,5 „	38,4	34,7	40,1	34,8	37,0	39,5	28,6	29,9	28,2	29,7	23,8	39,7	39,6	41,4
6 „	33,5	29,3	34,4	28,9	31,4	33,3	23,2	25,0	23,5	25,4	19,2	33,9	33,6	35,9
6,5 „	28,9	23,8	28,8	22,8	25,6	27,1	18,7	19,7	18,5	21,1	15,3	28,1	27,0	29,3
7 „	25,0	20,2	23,6	18,1	20,3	22,5	15,4	16,3	15,4	18,0	12,4	23,5	22,3	25,0

Soll z. B. ein auf 6 m Windgeschwindigkeit zu bauendes Windrad in der Zeit vom 1. bis 15. Mai insgesamt 85 000 cbm Wasser auf durchschnittlich 1,2 m Höhe befördern, so würden von den verfügbaren 15 . 24 . 60 . 60 = 1 296 000 Sekunden nur 33,3 % = 432 000 Sekunden wirklich in Anrechnung kommen können. Der Windmotor muß in der Sekunde  $\frac{85000}{432000} = 0,197$  cbm Wasser heben oder bei 1,2 m Hubhöhe eine Nutzleistung von  $\frac{0,197 \cdot 1000 \cdot 1,2}{75} = 3,15$  Wasser-Pferdestärken entwickeln.

Bei 0,7 Nutzwirkung der Pumpe ist  $N = \frac{3,15}{0,7} = 4,5$  und der Durchmesser des Rades muß nach der Formel  $d = 3,64 \sqrt{N} = 7,72$  m betragen.

3. *Wasser* findet als Betriebskraft bei Entwässerungen selten Anwendung. Wasserstrahlpumpen mit Hochdruckleitung werden angewandt zur Entwässerung einzelner überschwemmter Grundstücke, besonders in Städten nach einem ungewöhnlichen Hochwasser. Wasserräder oder Turbinen oder die direkt wirkende Niederdruck-Wasserstrahlpumpe von Nagel und Kaemp in Hamburg können nur da gebraucht werden, wo eine vorhandene Wasserkraft oder eine sonst nutzlos abfließende Wassermenge unmittelbar neben der zu entwässernden Fläche liegt.

4. *Dampf* wird als Betriebskraft am häufigsten benutzt, weil durch ihn eine beliebig große Zahl von Pferdekräften erzeugt werden kann und diese jederzeit zur Verfügung stehen. Man rechnet in Holland gewöhnlich für 1000 ha Entwässerungsfläche und 1 m Hubhöhe eine Maschinenkraft von 12 bis 14 indizierten Pferdestärken. Es sind sowohl bewegliche als fest stehende Dampfmaschinen in Gebrauch. Die beweglichen Maschinen dienen hauptsächlich für kleinere oder zeitweise erforderliche Entwässerungs-

anlagen. Es empfiehlt sich, Lokomobilen zu benutzen mit ausziehbarem Röhrenkessel und im Dampfraum liegendem Zylinder. Bei einer festen Anlage wird, wenn zugänglich, das Maschinenhaus sowohl von dem Kesselhaus wie von dem Pumpenhaus getrennt, da dann die Wartung und Unterhaltung der Maschinen mit größerer Sorgfalt stattfindet (Fig. 305).

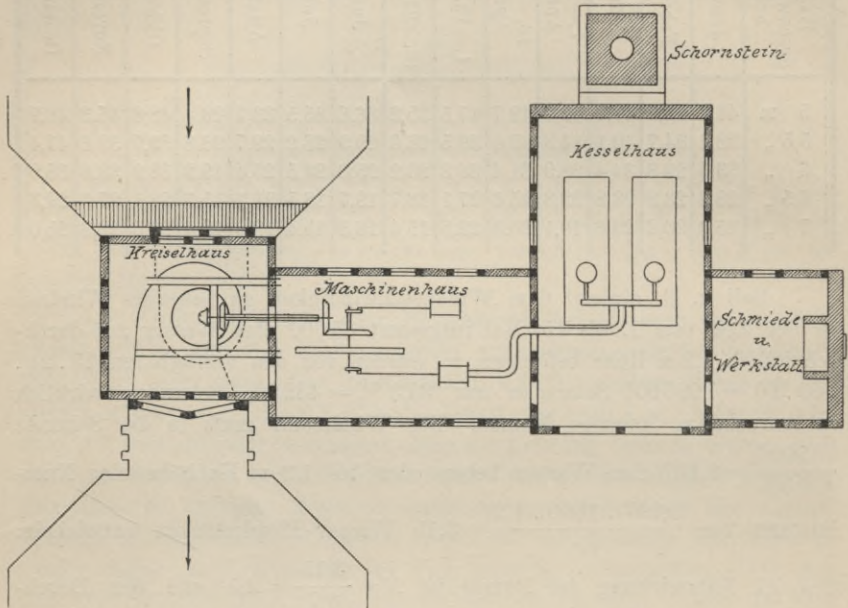


Fig. 305. Hebewerk-Schnecken in der Linkuhnen-Seckenburger Niederung (Ostprensen).

## § 27.

**Gräben und Furchen.** Die Arbeiten zur Beschaffung und Förderung der natürlichen oder künstlichen Vorflut bilden die Grundlage zur Entwässerung einer Niederung. Sie geben Vorflut dem Hauptentwässerungsgraben. Es kommt demnächst darauf an, diese Vorflut zur Trockenlegung der ganzen Niederung richtig zu benutzen. Hierzu genügt der Vorfluter allein nicht, denn er vermag je nach der Durchlässigkeit des Bodens nur in beschränkter Ausdehnung nach beiden Seiten zu wirken. Es müssen andere Gräben innerhalb der Niederung angelegt werden, welche ihr das Wasser entziehen und mit Gefälle dem Hauptvorfluter zuführen. So ergeben sich Gräben, die wie die Äste eines Baumes sich verzweigen (vergl. Fig. 289). Die Ausdehnung des Grabennetzes richtet sich nach der Durchlässigkeit des Bodens und dem Gefälle des Geländes. Es muß um so enger angelegt werden, je schwerer durchlässig der Boden

und je flacher das Gelände ist. Nach der Bedeutung der einzelnen Gräben lassen sich Gräben I. Ordnung oder Hauptgräben unterscheiden von Gräben II. Ordnung, denen man die Bezeichnung Nebengräben, Seitengräben oder Zuggräben beilegt, und Gräben III. Ordnung. Diese nennt man Damm- oder Beetgräben, weil sie gleich gerichtet sind und daher die zwischen ihnen befindlichen Äcker- oder Wiesenstücke die Form von Dämmen oder Beeten annehmen.

Der *Hauptgraben* oder Hauptvorfluter folgt gewöhnlich der Richtung eines alten Grabenlaufes, der bisher zur Entwässerung der Niederung diente. Bei seiner Regulierung werden Krümmungen nach Möglichkeit abgeschnitten, die Querschnitte nach der Wasserführung und dem Gefälle bestimmt und enge Stellen besonders bei Brücken und Durchlässen beseitigt. Ist der Graben durch Moor zu führen, so ist zu beachten, daß es sich keineswegs empfiehlt, seine Sohle so tief zu senken, daß sie den unter dem Moor etwa liegenden Sandboden anschneidet. Denn in dem Moor kann man bei der wasserhaltenden Kraft desselben den Graben tief genug ausheben, ohne durch übermäßigen Wasserzufluß behindert zu werden. Wird der Sand aber auch nur wenig über der Grabensohle angeschnitten, so fließt er als Triebssand auseinander und bringt den auflagernden Moorboden zum Nachstürzen. Dieser muß dann durch teure Faschinenpackungen gestützt werden. Auch quillt später der Sand noch oft in die Höhe und verursacht kostspielige Räumungsarbeiten.

Die Führung des Hauptgrabens längs der Wege ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, weil hierdurch viele Brücken notwendig werden. Besser liegen die Hauptgräben auf den Gemarkungsgrenzen und werden mit den Wegegräben nur durch Stichgräben verbunden. Dann sind die Brücken ganz entbehrlich oder können durch kleine Durchlässe ersetzt werden. Die Böschungsneigung ist in reinem Sandboden 1:3 oder noch flacher, im Moorboden 1:2 zu wählen. Der Aushubboden muß sofort verteilt, eingeebnet und angesät werden.

Die *Seiten-* oder *Zuggräben* müssen alle Talmulden der Niederung erschließen. Sie werden gewöhnlich in gebrochenen Linien geführt. Bei größerer Länge müssen ihre Querschnitte ebenso nach der Wasserführung und dem Gefälle berechnet werden, wie die Querschnitte der Hauptgräben. In ihnen werden, wenn nötig, Stauvorrichtungen angebracht, durch welche man den Grundwasserstand heben kann.

Die *Damm-* oder *Beetgräben* liegen meist parallel in 20 bis 50 m Entfernung, je nach der Durchlässigkeit des Bodens. Sie werden so angelegt, daß die Dämme leicht zugänglich sind und in den Gräben ein nicht zu starkes Gefälle entsteht. Denn da die Gräben der Grundwasserspiegelsenkung wegen eine bestimmte Tiefe und zu ihrer Ausführung eine Sohlenbreite von mindestens 0,30 m haben müssen, dabei

aber ein sehr geringes Zuflufsgebiet entwässern, so besitzen sie in der Regel ein sehr großes Fassungsvermögen selbst bei außerordentlich kleinem Gefälle. Ist das Gefälle stark, so werden die oberen Teile der Beete leicht zu trocken, und man würde in die Lage kommen, in den Beetgräben selbst noch Stauvorrichtungen anzulegen.

*Furchen* nennt man die Entwässerungsrinnen, die auf Äckern mit schwerem, undurchlässigen Boden an Stelle der Dammgräben gezogen werden, solange der Boden noch nicht drainiert ist. Sie werden in 5 bis 15 m Entfernung, je nach der Steigung des Geländes, durch den Pflug hergestellt, indem derselbe erst nach der einen, dann nach der anderen Seite die Schollen aufwirft. Die Furchen vereinigen sich in *Sammelfurchen*, welche in die Zuggräben münden. Bei langer Ausdehnung der Furchen werden nicht allein am Ende, sondern auch in der Mitte *Querfurchen* als Sammelfurchen angelegt. Muldenartige Einsenkungen sind durch *Fangfurchen* zu umschließen und demnächst durch besondere kurze Furchen zu entwässern. Sprindige (quellige) Stellen sind möglichst allein abzufangen und ihre Furchen auf dem kürzesten Wege nach dem Vorflutgraben zu führen.

## § 28.

**Vergleich zwischen Graben-Entwässerung und Drainage.** Die *Vorteile* der Entwässerung durch Gräben gegenüber einer unterirdischen Entwässerung durch Drains sind:

1. Die Gräben sind *wohlfeil*. Sie sind daher angebracht bei geringwertigem Boden, für den eine Drainage zu teuer sein würde.
2. Sie bilden *die beste Tagwasserableitung*. Die Drains leiten nur Wasser ab, welches in den Untergrund eingedrungen ist. Da nicht alles Wasser in den Untergrund so schnell eindringt, wie zu seiner Beseitigung von dort aus erfordert würde, so sind stets bei drainierten Böden noch einige Tagwassergräben nötig.
3. Die Gräben gebrauchen nur *geringes Gefälle*. Sie sind daher anzuwenden bei sehr flacher Lage, wo die Drainage nicht genügende Vorflut für den Drainzug selbst und für die Ausmündung finden würde.
4. Die *Durchlüftung des Bodens* wird besser gefördert durch Gräben als durch Drains. Hierbei muß jedoch bemerkt werden, daß der Wert einer Durchlüftung durch Gräben nicht überschätzt werden darf.
5. *Stauvorrichtungen* lassen sich bei der Grabenentwässerung leichter anbringen und bedienen, als bei der Entwässerung durch Drains. Sie können auch nach dem Ergebnis der Anstauung leichter verändert werden.

Die *Nachteile* der Grabenentwässerung sind:

1. Der große *Verlust an Boden*. Dieser ist besonders dann erheblich, wenn die Bodenbeschaffenheit sehr flache Böschungen verlangt.

2. Die *schwierige Zufahrt* zu den Grundstücken.

3. *Viel Brücken und Durchlässe*, deren Anlage und Unterhaltung kostspielig ist. Die Durchlässe dürfen nicht zu eng sein, müssen vielmehr dem Wasserdurchfluß bei regenreicher Zeit genügen.

4. *Stete Unterhaltung*. Die Gräben müssen alljährlich regelmäßig geräumt und gekrautet werden. Sie haben als die nassesten Stellen des Ackers einen üppigen Pflanzenwuchs, ihre Böschungen werden sehr oft beschädigt und stürzen leicht ein. Dies geschieht besonders im Frühjahr, wenn die im Boden sich sammelnden Grundwassermengen gegen die gefrorenen Seitenwände der Gräben drücken. Anfänglich leisten die Grabenwände Widerstand. Sobald aber der Frost aus den Böschungen weicht, strömt das Grundwasser mit großer Gewalt nach und reißt die Erdwände ein.

5. Das Wachstum der *Unkräuter* wird durch die feuchten Grabenböschungen begünstigt; Mäuse und andere Tiere werden durch die Gräben angelockt.

---

## Kapitel III.

### Drainage.

#### § 29.

**Geschichte der Drainage.** Das Wort Drainage kommt vom englischen „to drain“, ableiten, graben. Man versteht darunter die Kunst, den Boden mittels unterirdischer Kanäle von überschüssiger Nässe zu befreien.

Diese Kunst ist alt. Schon die Römer hatten drainiert. Pfarrer Secchi fand bei Allatri eine vollständige Drainage aus runden Röhren. Sie bestand aus einzelnen Strängen, bildete also keine Verzweigungen. Im Mittelalter ging die Kunst verloren. Erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wurde sie in England neu erfunden. Dies geschah unter Benutzung von Steindrains. Die verschiedensten Meinungen und Vorschläge traten auf: Clyde wollte z. B. tief drainieren, um das Grundwasser abzufangen; Elkingston und Johnstone verlangten, daß der Boden mitwirken müsse, sie suchten die Kiesgänge im Boden zu entdecken und zur Drainage zu benutzen. Sie legten schon die Drains in mehreren Verzweigungen an, stellten sie aber aus Faschinen, Steinen, Ziegeln u. dergl. her. Später benutzte man Röhren von viereckiger, eiförmiger und anderer Form. John Read verwandte 1808 runde Röhren, die mit der Hand geformt waren.

Einen besonders großen Aufschwung nahm die Drainage, als 1844 die Drainrohrpresse erfunden wurde und gleichzeitig zweckmäßige Drainage-Gerätschaften zur Anwendung kamen. Hierdurch wurden die Röhren wohlfeil und die Erdarbeiten billig. Wirtschaftliche Zustände traten hinzu. Die Kornzölle wurden 1846 in England aufgehoben; die Landwirte mußten demnach intensiv wirtschaften, und die Regierung unterstützte dies Bemühen durch Beihilfen für Drainagen. Sir Robert Peel erklärte 1850, daß die Drainage für die Landwirtschaft dieselbe Bedeutung habe, welche die Dampfmaschine für die Industrie besitze. Die erste Weltausstellung 1851 in London brachte die Kunde von der Drainage nach dem Festlande. Hier wurde das Drainieren zuerst in Belgien geübt, dann in Frankreich, endlich in Deutschland.

## § 30.

**Vorteile der Drainage.** 1. *Der Boden wird wärmer.* Da Wasser ein schlechter Wärmeleiter, auch dauernd im Verdunsten begriffen ist, so erhöht sich die Temperatur des Bodens nach Beseitigung des Wassers. Parkers fand, daß die Bodentemperatur betrug

	im undrainierten Boden	im drainierten Boden
in 0,18 m Tiefe	8,3° C.	10,6—18,9° C.
in 0,30 m „	7,8° C.	9,4—13,9° C.

Infolge Erhöhung der Bodentemperatur richten Spätfröste weniger Schaden an, das Auswintern des Getreides ist weniger zu befürchten.

2. *Die Luft hat Zutritt zu dem Boden.* Der Boden wird durch die Drainage locker und entsäuert. Das Wasser verläßt den Boden, die von ihm eingenommenen Räume füllen sich mit Luft. Fig. 306 stellt in der Folge *a, b, c* die Umgebung desselben Drains in Zuständen fortschreitender Entwässerung dar. Spätere Regengüsse sickern in Fäden durch den Boden bis zu den Drains hindurch und tragen dadurch zur Erweiterung

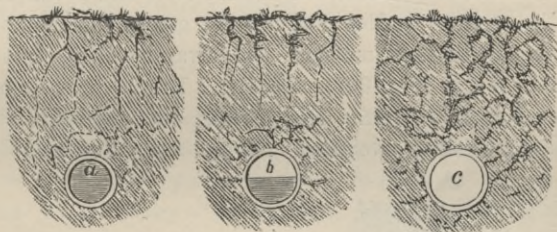


Fig. 306. Bodenquerschnitte; Wirkung der Drainage.

der Hohlräume, zur Lockerung des Bodens bei. Durch den Zutritt der Luft und die Wechselwirkung von Wasser und Luft im Boden werden dessen Nährstoffe oxydiert, somit in einen solchen Zustand übergeführt, daß sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Auf diesem Umstande vornehmlich beruht die Erhöhung der Erträge, welche überall nach der Drainierung beobachtet wird, und die mit den Jahren zunimmt, da die Zersetzung des Bodens fortschreitet. Auch der Dünger kann nunmehr wirken, da er sich im Boden zersetzen kann, während er früher im nassen Boden unzersetzt und ohne Wirkung blieb. Mit der Verwesung wächst gleichzeitig die Zuverlässigkeit der Erträge; die früher auf nassem Boden vorhandene Unsicherheit der Ernte fällt fort.

3. *Tiefere Wurzelung.* Da die Wurzeln in der Regel nur bis zum Grundwasser reichen, so wird das Gebiet, aus dem die Wurzeln ihre Nahrung entnehmen, durch die Drainage vergrößert. Dieser Umstand trägt zur Steigerung der Erträge bei, außerdem gewinnen die Pflanzen einen festeren Stand, die Lagerung des Getreides wird verhütet.

4. *Bessere, leichtere und sicherere Bestellung.* Man kann um 8 bis 14 Tage früher als vorher mit der Bestellung beginnen und die Ernte um fast die gleiche Dauer verzögern. Die Gräben, welche früher in dem schweren, drainagebedürftigen Boden nötig waren, fallen zum größten Teile fort.

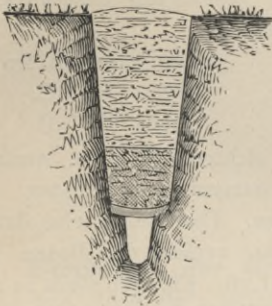


Fig. 307. Erddrain.

5. *Unkräuter und Pflanzenkrankheiten,* welche vorher auf dem nassen Boden lästig waren, *verschwinden* zum größten Teil, da mit der Nässe eine wesentliche Ursache zu ihrer Entwicklung beseitigt ist.

### § 31.

**Erd- und Torfdrains.** Zur Anlage von *Erddrains* hat man Gräben von 0,7 m Tiefe hergestellt, deren Sohle zwei Absätze von 10 cm Breite und eine Rinne von 12 cm Breite und 15 cm Tiefe enthielt. Quer über die Absätze wurden Rasenstücke gelegt, die aus völlig unzersetztem Hochmoor bestehen mußten, und zwar so dicht, daß keine Erde hindurch fallen konnte (Fig. 307). Derartige Drains waren nur ausführbar in schwerem Ton und Torf. Der Erfolg war gering; besonders die Tonwände weichten zufolge der Wasser-

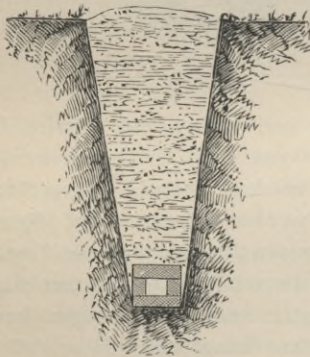


Fig. 308. Torfdrain.

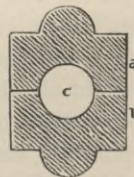


Fig. 309. Torfdrain-Formstücke.



Fig. 310. Stech-eisen zu Torfdrains.

föhrung leicht auf und stürzten ein. In Torf hielten sich die Erddrains besser, sie werden noch jetzt mehrfach in Schweden hergestellt.

Eine andere Art Erddrains wurde ohne Rasendecke nur durch Verfüllung auf einem Formholz gebildet, das man auf der Grabensohle vorwärts zog. Die Haltbarkeit dieser Drains war sehr gering.



*Torfdrains* sind dagegen unter Umständen noch heut anwendbar. Sie werden entweder aus viereckigen, getrockneten Torfstücken hergestellt, welche wie Ziegel zu einer Rinne zusammengebaut werden (Fig. 308), oder aus besonders geformten Torfstücken nach Fig. 309. Diese Formstücke können mit Hilfe des Stecheisens (Fig. 310) leicht und derart aus dem Torfstich gewonnen werden, daß ein Nacharbeiten nicht nötig ist und kein Verlust an Torfmasse entsteht. Torfdrains, die nach diesen beiden Verfahren hergestellt werden, halten sich jahrelang gut, sofern die Torfstücke vorher gut getrocknet waren. Das Verfahren ist deshalb überall da zu empfehlen, wo Torf sehr wohlfeil ist, Tonröhren aber teuer sind. Eine noch bessere Art von Torfdrains erhält man, wenn man den Torf in Mühlen gleichmäßig zerkleinert und ihn dann wie die Drainröhren (s. § 67) in Maschinen zu Röhren preßt. Sie werden nach dem Pressen gut getrocknet.

Die besten und haltbarsten Torfdrains gewinnt man aber dadurch, daß man den Torf verkocht. Es kann dies mit den Formstücken nach Fig. 309 oder mit den runden, durch die Presse hergestellten Röhren geschehen.

### § 32.

**Faschinendrains.** Faschinendrains werden hergestellt aus Eichen-, Ellern-, Birken- oder Haselsträuchern. Auch dünnes Tannendurchforstungsholz ist verwendbar (*Knüppelfaschinen*). Weidholz dagegen wird des Durchwachsens wegen besser vermieden. Die Stärke des Holzes soll 2 bis 3 cm, höchstens 5 cm betragen. Die Blätter oder Nadeln und feinen Zweige müssen vorher gut abgestreift werden, weil sonst die Wasserführung beeinträchtigt, das Verschlammen der Faschinen begünstigt wird.

Das Knüppelholz hat man in Schweden derart zu Drains verwendet, daß man auf der Grabensohle 4 bis 5 Stangen der Länge nach nebeneinander verlegte und mit Kiefernstrauß oder Sphagnumrasen bedeckte. Bei Gysinge am Dalelf im nördlichen Schweden hat man aus Stangen und Brettenschwarten die Drains als Hohlräume künstlich aufgebaut: Auf der Sohle des Grabens wurden zwei Stangen verlegt, darüber eine Schwarte, demnächst wiederum zwei Längsstangen oder Latten und eine zweite Schwartenreihe. Endlich folgten hierüber drei Stangenreihen mit dem Belag aus Sphagnumrasen.

In deutschen Hochmooren hat man Knüppelholzdrains dadurch mit gutem Erfolg gebildet, daß man 3 bis 4 Hölzer von Armdicke in Bündeln zusammenband und in 1,2 m Tiefe verlegte.<sup>1)</sup> Derartige Faschinen haben sich besonders in eisenschüssigem Boden bewährt.

<sup>1)</sup> Siehe Mitteil. d. Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche 1900, S. 65.

Die gewöhnlichen Faschinendrainen stellt man entweder aus losem Reisig her oder aus gebundenen Würsten. Die Herstellung aus losem Reisig geschieht, indem man unmittelbar in die 0,4 bis 0,5 m breit und 0,5 m tief aufgeworfenen Gräben das Strauchwerk verpackt. Hierbei werden die Stammenden sämtlich nach einer Richtung und zwar aufwärts verlegt, sodafs die Richtung der Zweige der Wasserbewegung entspricht. Alsdann wird das Reisig mit dem aus dem Draingraben gewonnenen Rasen dicht schließend bedeckt, damit keine lockere Erde in die Faschinenhohlräume fallen kann. Die Grasnarbe des Rasens legt man nach unten.

Derartige Faschinenanlagen sind jedoch nicht zu empfehlen. Die Wirksamkeit hängt zu sehr von der Zuverlässigkeit der Arbeiter ab. Eine sichere Überwachung ist kaum möglich. Eine einzige schlecht gepackte

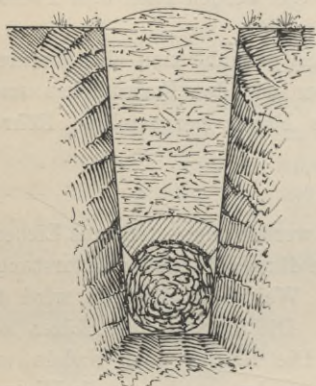


Fig. 311. Faschinendrain.

lockere Stelle kann durch starkes Verschlammen oder Nachstürzen des Bodens die Wirksamkeit der Drainage vollständig aufheben. Noch schlechter ist es, wenn vor dem Einbringen des Strauches Sperrhölzer kreuzweise in den Graben gestellt und auf diese erst die Reisigbündel gebettet werden. Die Sperrhölzer drücken sich leicht in den weichen Boden ein; eine lange Dauer ist von solchen Drains nicht zu erwarten.

Viel vorteilhafter ist es, die Faschinen vor dem Verlegen zu Würsten zusammen zu binden (s. Fig. 311).

Die Würste werden gewöhnlich ungefähr 4 m lang hergestellt und entweder derart gebunden, daß Zopf- und Stammenden der Reiser abwechseln, sodafs Faschinen von ziemlich gleicher Dicke gewonnen werden, die an beiden Seiten glatte Flächen erhalten; oder es werden die Reiser sämtlich mit dem Stammende nach einer Richtung auf die Faschinenbank gebracht und gut ineinander gesteckt. Auch hierbei kann die Wurst fast überall die gleiche Stärke erhalten. Nur das eine Ende ist als Stammende glatt, das andere ist ein büschelförmiges Zopfende. Beim Verlegen solcher Faschinen wird der büschelartige Zopf gut auseinander gespreizt und das Stammende hineingeschoben. Die Würste werden in Entfernungen von 0,4 bis 0,8 m durch Ketten zusammengewürgt und mit geglühtem Draht gebunden, demnächst mit Rasen bedeckt und verfüllt.

Als zuverlässigste Art der Herstellung von Faschinendrainen empfiehlt Verfasser, nicht einzelne, 4 m lange Würste hintereinander zu verlegen, sondern *jeden Drainstrang als durchlaufende lange Wurst* auszubilden.

Dies geschieht, indem man die Faschinen längs jedes Draingrabens zu Würsten bindet und sie sogleich streckenweise versenkt; das obere Ende ist bereits verlegt, während das untere noch gebunden wird. Die Stammenden der Reiser müssen auch hierbei sämtlich nach oben gerichtet sein. Bei diesem Verfahren ist die größte Gewähr dafür gegeben, daß die Faschinen überall gleichmäßig stark und gleichmäßig fest gebunden werden, und daß die gefährlichen Stellen, die zu Verstopfungen leicht Anlaß geben, vermieden werden. Diese gefährlichen Stellen sind nämlich bei dem oben beschriebenen Verfahren die Stöße der einzelnen Würste. Ob ihre Enden stumpf aneinander gestossen oder ineinander gesteckt werden: die Regelmäßigkeit des Stranges ist immer unterbrochen, es entstehen Öffnungen, die das Eindringen der Erde begünstigen. Nur durch Herstellung der Drains in einer einzigen Wurst kann dies vermieden werden.

Der Durchmesser der gebundenen Faschinendrains ist für Sauger auf 20 cm, für Sammler auf 20 bis 40 cm, unter Umständen auch stärker anzunehmen. Die Sammler erhalten am oberen Anfang 20 cm Dicke. Sie nehmen bei jedem Sauger anfänglich ungefähr um 1 cm, später nur um  $\frac{1}{2}$  cm zu.

Wenn die Durchmesser der Drains sehr groß werden müssen, so kann man statt einer einzigen sehr starken Wurst zwei oder drei in einem Graben verwenden. So unzweckmäßig derartige Doppel- oder dreifache Drains bei der Röhrendrainage sind (vergl. § 57), bei Faschinendrains sind sie am Platze. Denn hier fallen bei der Art der Wasserführung durch die Zwischenräume der Reiser die Umstände fort, welche bei Röhren zu Verschlammungen führen müssen.

Zwei Faschinen werden in *einem* Graben nach Fig. 312 so verlegt, daß man auf der Sohle des Draingrabens kurze Brettchen wie Querswellen in Entfernungen von 1 m bettet und auf ihrer Mitte ein Brett als Längsschwelle verlegt. Zu beiden Seiten dieser Schwelle, sich dicht berührend, werden die beiden Faschinenwürste eingebracht. Sie bilden mit dem unter ihnen liegenden Brett einen dreieckigen Kanal, der sich gut hält und viel zur Wasserabführung beiträgt.

Drei Faschinen in *einem* Graben verlegt man nach Fig. 313. Die stärkere Faschine wird auf der Sohle des Grabens, die beiden schwächeren werden darüber nebeneinander gestreckt. Auch hier entsteht ein dreieckförmiger kleiner Kanal, dessen Größe von der Stärke der benutzten Faschinen abhängt. Die dreifachen Drains haben den Nachteil, daß sie einen tieferen Graben erfordern als die Doppeldrains, wieweil die Breite des Aushubs geringer ist. Da nun überall da, wo die Anlage von Faschinendrains zulässig ist, nach den vorhandenen Bodenverhältnissen mit hohem Grundwasserstande die Herstellung einer größeren Tiefe meist mehr Schwierigkeiten verursacht, als die einer größeren Grabenbreite, so ist

im allgemeinen die Anlage der Doppeldrains nach Fig. 312 der Anlage von dreifachen Drains vorzuziehen.

Von der größten Wichtigkeit bei Faschinendrains ist es, sie so tief zu verlegen, daß sie dauernd im Grundwasser bleiben. Denn nur dann ist eine lange Haltbarkeit des Holzes und damit der Drains zu erwarten. Die widersprechenden Angaben über die Bewährung von Faschinendrains müssen auf die teilweise Nichtbeachtung dieser Vorschrift zurückgeführt werden. Die Wirkung der Drainage leidet unter der Lage im Grundwasser nicht, denn es wirken die Drains wie kommunizierende Röhren. Liegen die Faschinen aber bald oberhalb, bald innerhalb des Grundwassers, so wird das Holz abwechselnd dem Einfluß von Wasser und Luft ausgesetzt und muß faulen. Liegen sie dagegen ganz im Grundwasser, so können die Drains 25 Jahre und länger wirksam bleiben.

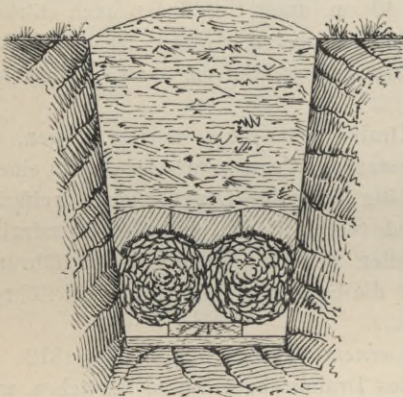


Fig. 312.

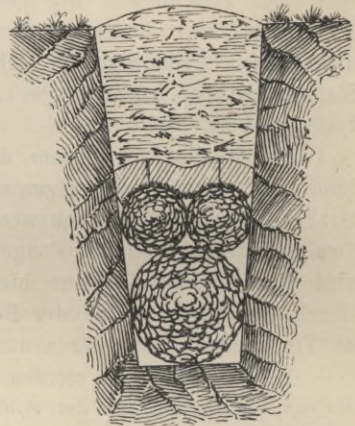


Fig. 313.

Faschinendrains.

Mit Rücksicht auf die Erhaltung des Grundwasserstandes in bestimmter Tiefe sind Faschinendrains für Wiesenanlagen unter Umständen gut geeignet, für Ackerdrainagen dagegen in der Regel nicht. Bei Wiesen, wo der gewöhnliche Sommerwasserstand 50 bis 75 cm unter Oberfläche bleiben soll (s. § 10), sind die Drains so zu verlegen, daß ihre höchste Stelle sich nicht mehr als 50 bis 75 cm der Wiesenoberfläche nähert. Je größer die Tiefe ist, in der die Faschinendrains verlegt sind, um so größer ist die Gewähr für ihr Verbleiben im Grundwasser und um so größer damit die Sicherheit der Drains.

### § 33.

**Steindrains** werden in einfachster Weise aus *Lesesteinen* hergestellt, entweder mit Überdeckung der Steinschicht durch Rasenstücke (Fig. 314)

eine Bauart, die in Schweden üblich ist, oder besser ohne solche Überdeckung dadurch, daß nach Fig. 315 die Steine sortiert und so in den Graben geworfen werden, daß der Durchmesser der Steine mit der

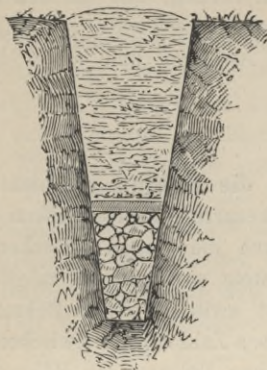


Fig. 314.

Steindrains aus Lesesteinen.

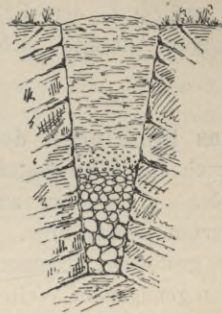


Fig. 315.

Höhe der Einschüttung abnimmt. Bei 20 cm breiter Grabensohle muß die Steinschicht 30 bis 40 cm hoch sein. Es ist daher der Bedarf an Steinen ziemlich groß (1 cbm auf 10 m Länge). Dazu kommt, daß die Drains reichlich Gefälle haben müssen, weil sonst die Gräben leicht verschlammten. Es sind deshalb die Steindrains aus Lesesteinen nur da am Platze, wo bei starkem Gefälle Steine wohlfeil sind, oder der Acker durch ihre Beseitigung ohnehin verbessert wird.

In gebirgigen Gegenden pflegt man mit gutem Erfolge plattenartige *Bruchsteine* nach Fig. 316 für die Steindrains zu verwenden. Auch *Ziegel* sind zu gleichem Zweck benutzt worden. Man hat aus ihnen viereckige unterirdische Kanäle nach Art der Torfdrains (Fig. 308) gebildet. Der Bedarf an Ziegeln ist aber so groß (24 bis 25 Stück auf das Meter), daß selbst bei geringem Preise der Ziegelsteine solche Drainagen fast immer

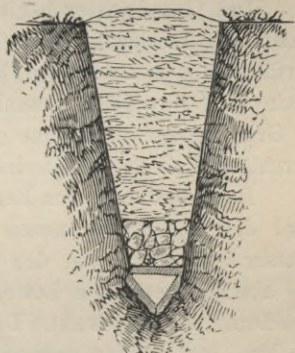


Fig. 316.

Steindrains aus Bruchsteinen.

teurer werden, als diejenigen aus runden Tonröhren; denn die Herstellung der runden Drainröhren ist mit der Zeit sehr wohlfeil geworden.

Das Gleiche ist zu sagen über die älteren Drains, die man aus *Dachsteinen* gebildet hatte. Die flachen Biberschwänze bildeten die Sohle und die hohlen Firstziegel die Decke. Sie sind sämtlich beseitigt worden

durch die tönernen *Drainröhren*. Letztere zeigten anfänglich quadratischen, rechteckigen, elliptischen, auch eiförmigen Querschnitt. Alle diese Formen sind jedoch gegenwärtig aufgegeben worden zu Gunsten der einfachen kreisrunden Röhre. Diese Drainform hat den Vorzug, daß sie sich schnell und gut herstellen läßt, daß sie das Verlegen erleichtert, wenig Erdarbeiten erfordert, den Röhren ein gutes Auflager und einen dichten, zuverlässigen Anschluß sichert.

### § 34.

**Das Eindringen des Wassers in die Röhren** geschieht nicht etwa durch die Wandungen — denn klinkerartige Rohre wirken ebenso wie poröse —, sondern ausschließlich durch die Fugen zwischen zwei benachbarten Drainröhren. Diese werden stets so dicht wie möglich aneinander gestoßen. Dennoch aber verbleibt zwischen zwei Röhren eine Spalte von genügender Weite, um bei der großen Zahl solcher Zwischenräume dasjenige Wasser hindurch zu lassen, das zur Füllung der Röhren nötig ist. Wenn die Fugen z. B. durchschnittlich nur  $\frac{1}{2}$  mm breit sind, so würden 4 cm weite Röhren eine Fugenfläche ergeben von  $l \cdot \pi \cdot b = 40 \cdot \pi \cdot 0,5 = 20\pi$  qmm. Der innere Querschnitt des Rohres beträgt  $\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40^2 \cdot \pi}{4} = 400\pi$  qmm. Es würden sonach 20 Fugen dem inneren Querschnitt gleichkommen. Dies entspricht bei 0,3 m Rohrlänge  $20 \cdot 0,3 = 6$  m Stranglänge.

Das Grundwasser beginnt aus dem Boden abzufließen mit dem Aufgraben der Drainzüge. Der Abzug setzt sich fort nach Herstellung und Verfüllung der Drains so lange, bis der Grundwasserstand neben den Drains auf ihre Höhe gesunken ist und zwischen zwei Drainzügen sich als Grundwasserspiegel eine gewölbartige Abdachung gebildet hat, die der Durchlässigkeit des vorhandenen Bodens entspricht.

Beim Auftreten von Regengüssen oder zur Zeit der Frühjahrsschmelze wird der Boden von neuem mit Wasser durchtränkt. Dann tritt das Wasser von oben, von den Seiten und auch von unten in die Röhren. Die abwärts gerichtete Bewegung der Wassertropfen im Boden wird nach dem Drain hin abgelenkt. Denn der Wassertropfen im Boden geht überall da hin, wo er den geringsten Widerstand findet. Ein Tropfen, der dicht unter einer Drainfuge sich befindet, kann nicht nach unten in das Grundwasser, sondern nur nach oben in den Drain entweichen, sobald hier Vorflut vorhanden ist und genügend Druckhöhe zur Überwindung der Reibungswiderstände. Die Nachbartropfen folgen, die Bewegung setzt sich weiter fort, und es entsteht für den Weg des Tropfens nach dem Drain eine Linie, die anfänglich senkrecht in den Boden verläuft, dann in gekrümmter Richtung nach dem Drain sich wendet (Fig. 317).

Der Abzug der Frühjahrsschmelze dauert gewöhnlich bei kleinen Systemen und trockenem Wetter bis Ende Mai, bei großen Systemen und nassem Wetter bis Ende Juni.

### § 35.

**Systematische Drainage.** Man unterscheidet systematische oder Paralleldrainage von Einzeldrainage oder partieller Drainage. Bei der systematischen Drainage wird das ganze Feld überzogen mit gleich gerichteten Drains von kleinerem Durchmesser — den *Saugern* oder *Saugedrains* —, die das Wasser dem Boden entziehen und in Drains von größerem Durchmesser — die *Sammler* oder *Sammeldrains* — leiten (vergl. Fig. 327). Diese Sammler führen das Wasser weiter, sie vereinigen sich zu größeren oder Hauptsammlern, erhalten dabei mit der größeren Wasserführung auch eine größere Weite und münden schließlich in den *Vorflutgraben*. Der letzte Teil des Hauptsammlers heißt die *Ausmündung*. Alle diejenigen Drains, die zu einer Mündung gehören, nennt man ein *System*.

Bei der *Einzeldrainage* werden nur einzelne versumpfte Stellen des Geländes durch einige Drains entwässert, die nach Bedarf mehr oder weniger große Verzweigungen erhalten. Die Sauger münden in einen Sammler, der auf dem kürzesten Wege nach einem Vorflutgraben geleitet wird.

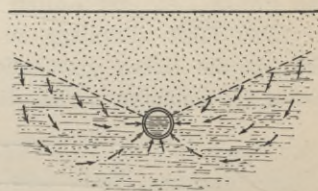


Fig. 317. Eindringen des Wassers in die Drainröhren.

Die Unterscheidung zwischen systematischer und Einzeldrainage ist, streng genommen, entbehrlich. Denn auch bei der Einzeldrainage ist da, wo ein größeres Feld entwässert werden soll, die parallele Lage der Sauger geboten, und bei allen systematischen Drainagen sollten die nicht wirklich drainagebedürftigen Flächen grundsätzlich von der Bearbeitung ausgeschlossen bleiben.

### § 36.

**Tiefe der Drains.** Die alten Steindrains waren nur 0,85 bis 1 m tief verlegt worden; es erhielten daher auch die Röhrendrains anfänglich nur 1 m Tiefe. Die Erfahrung lehrte jedoch, daß dies Maß nicht genügte. Erstens lagen die Röhren in dieser Tiefe nicht vollkommen frostfrei, zweitens war die Gefahr sehr groß, daß die Wurzeln der Kulturpflanzen in die Röhren eindrangen, und drittens erstreckte sich die Wirkung der Drainstränge auf ein zu schmales Gebiet. Denn bei der gewölbartigen Einstellung des Grundwassers zwischen zwei Drains kann — gleiche Bodenbeschaffenheit und gleiche Entwässerungstiefe in der Mitte vorausgesetzt — die Entfernung größer werden, je tiefer die Drains liegen.

Einer zu großen Vertiefung der Drains standen jedoch die in sehr ungünstigem Verhältnis zunehmenden Kosten der Grabenherstellung und des Verlegens entgegen. So war die Ermittlung der richtigen Tiefe lange Zeit Gegenstand eines heftigen Kampfes, besonders in England, gewesen. Smith of Deanstone hielt 0,9 m Tiefe für genügend, während Parkers als geringstes Maß 1,4 m bezeichnete. Gegenwärtig wird allgemein als zweckmäßigste *Tiefe der Saugedrains* 1,25 m anerkannt.

Nur in zwei Fällen sind *Ausnahmen* von dieser Regel geboten:

1. Wenn in dem *oberen* Teile der Drainage bei nahezu horizontaler Lage des Geländes das für die Sauger erforderliche Gefälle gewonnen werden muß, so ist es notwendig und zulässig, die Tiefe unter dem Gelände zu verringern (Fig. 318). Die Drains nähern sich mehr und mehr der Erdoberfläche, doch pflegt man das Maß 0,9 m nicht zu unterschreiten. Es ist stets besser, in einem Gelände, das nur mäßig fällt, auf Kosten der Tiefe ein gutes Gefälle für die Drains herzustellen, als umgekehrt eine große Tiefe auf Kosten des Gefälles zu geben. Die Beschränkung der Tiefe führt allerdings zu einer geringeren Wirkung der Drainage. Aber da die Höhen gewöhnlich weniger drainagebedürftig sind, als die Tiefen des Geländes, so hat dies in der Regel keine Nachteile im Gefolge.

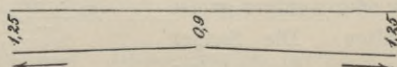


Fig. 318. Verringerung der Draintiefe im oberen Drainagefeld.

2. Wenn in dem *unteren* Teil eines Drainagefeldes die Vorflut fehlt, so kann eine Verringerung der Draintiefe geboten sein. Da man aus später erörterten Gründen (s. §§ 52 und 55) die Ausmündung recht hoch legt und nicht immer in der Lage ist, sie in 1,25 m Tiefe unter Gelände anzubringen, sich vielmehr sehr oft mit 0,8 bis 0,9 m als geringstes Maß begnügen muß, so fehlt in solchem Falle für den untersten Teil der Drains die erforderliche Tiefe. Der letzte Teil des Hauptstranges, der zwischen 1,3 m und 0,9 m Tiefe liegt, ist durch besondere Maßregeln gegen die Nachteile zu flacher Lage, wie Einwachsen von Wurzeln und dergl., zu sichern. (Vergl. § 66.) Er ist zur Sicherung gegen Frost so hoch mit Boden zu bedecken, daß der Strang überall mindestens 1,25 m tief liegt.

Die Sauger und Sammler sind so anzuordnen, daß die letzten Nebensammler mindestens in 1,25 m Tiefe in den Hauptsammler münden, niemals bis in dasjenige Gelände reichen, in welchem die Drains nur flach liegen können. Es würden sonst die ausgedehnten oberen Flächen, welche diese Nebensammler entwässern, durch deren flache Lage gefährdet sein. Die Nebensammler der oberen Gebiete müssen daher an der Stelle *b* (Fig. 319) in den Hauptdrain einmünden. Die tiefen Teile des Drainage-



feldes unterhalb der bei  $b$  mündenden Nebensammler werden durch kurze Drains mit Gegengefälle, d. h. Gefälle, das der natürlichen Neigung des Geländes entgegen gerichtet ist, entwässert. Dadurch, daß die obersten Teile dieser kurzen Drains flach liegen, erreicht man, daß die unteren Teile frostfrei sind und schließlich in 1,25 m Tiefe in den Neben- oder Hauptsammler münden. Wenn wirklich aus der flachen Lage Schaden entsteht, so wird hiervon nicht der ganze Drain, sondern nur der kleine oberste Teil desselben betroffen. Der geringeren Wirkung der Drainage zufolge der geringeren Tiefe pflegt man durch eine engere Strangentfernung der flach verlegten Drains vorzubeugen.

Die *Sammler* werden gewöhnlich in 1,30 m Tiefe verlegt. Sie wirken wie Sauger zur Aufnahme des Wassers aus dem Boden, müssen daher mindestens 1,25 m

tief liegen. Aber bei der gewöhnlich ausgeführten Verbindung durch Überdeckung der Saugedrains (s. § 50) ist eine etwas größere Tiefe, nämlich 1,3 m, nötig. Erfordert dagegen die Wasserableitung und das den Sammlern zu gebende Gefälle eine noch größere Tiefe, so muß solche stets zur Ausführung kommen.

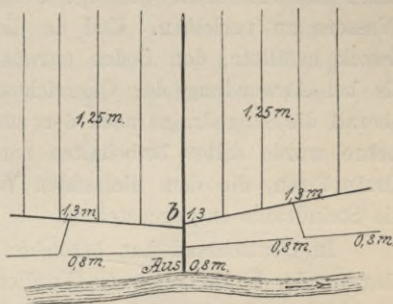


Fig. 319. Verringerung der Draintiefe im unteren Drainagefelde.

### § 37.

**Richtung der Sauger. Längs- und Querdrainage.** Die Sauger können entweder nach der Richtung des stärksten Gefälles oder quer

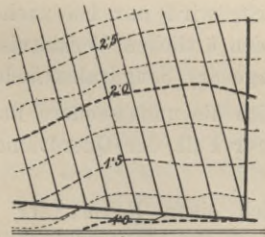


Fig. 320. Längsdrainage.

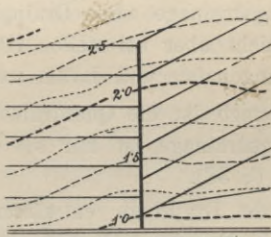


Fig. 321. Querdrainage.

gegen dieselbe angeordnet werden. Diese Bauweisen werden nach dem Vorschlage des Verfassers kurz mit Längs- und Querdrainage bezeichnet (Fig. 320 und 321).

Die ersten Drainagen der Römer waren nach dem Grundsatz der Querdrainage angelegt. Auch die Engländer hatten, als sie gegen Ende des vorigen Jahrhunderts die Drainage neu erfanden, die Saugedrains nach der Quere und nicht nach der Längsrichtung angeordnet. Elkingston und Johnstone übten diese Bauweise. Die Notwendigkeit aber, den aus Steinen hergestellten Drains ein gutes Gefälle zu geben, führte dazu, ihnen das erreichbar günstige Gefälle nach der Richtung des fließenden Wassers zu verleihen. Und da die Drains auch in dieser Lage ihren Zweck erfüllten, den Boden entwässerten, weniger leicht verschlammten als bei Anwendung der Querrichtung, so folgerte man die Lehre, daß überall die Saugedrains nach dem stärksten Gefälle anzulegen seien. Diese Lehre wurde selbst beibehalten nach allgemeiner Einführung der runden Drainröhren, die dem fließenden Wasser viel geringere Widerstände als die Steindrains entgegenstellen.

In Deutschland hat besonders Vincent, welcher sich um die Einführung der Drainage große Verdienste erworben hat, die Längsdrainage ausgebildet. Seitdem ist aber erkannt worden, daß es nicht richtig ist, ausschließlich und in allen Fällen, selbst beim steilsten Gelände die Grundsätze der Längsdrainage festzuhalten.<sup>1)</sup> Die den Verhältnissen am besten angepaßte Anordnung muß gewählt werden. Da nun die Querdrainage besser als die Längsdrainage Rücksicht nimmt auf die besonderen Verhältnisse der Örtlichkeit und des Bodens — wie im folgenden kurz dargelegt werden wird —, so tut man im allgemeinen gut, die Grundsätze der Querdrainage im Auge zu behalten, von ihnen auszugehen. Bei Festhaltung dieser Grundsätze kommt man bei weniger steilen Hängen von selbst auf Schrägdrainage oder diagonal gerichtete Drainstränge und bei sehr flachen Lagen weiter von selbst zur Längsdrainage. Umgekehrt dagegen bietet die Längsdrainage keinen Übergang zur Schräg- oder Querdrainage. Ein Draintechniker, der ausschließlich nach den Grundsätzen der Längsdrainage seine Drainpläne entwirft, wird nur bei flachem Gelände, nicht aber bei steilen Hängen, die den örtlichen Verhältnissen am besten angepaßte und darum wohlfeilste Lage der Saugedrains finden.

Sonach ist die Querdrainage tatsächlich die umfassendere Bauweise, die Längsdrainage ist nur als ein besonderer Fall der Querdrainage anzusehen (§ 38).

Jede Drainfuge entwässert über sich einen Raum, der nahezu einem Kegel mit senkrecht stehender Achse gleicht, dessen Spitze die Fuge ist (Fig. 322). Dieser Kegel wird von der schrägen Geländefläche

<sup>1)</sup> Näheres siehe: Gerhardt, Umgestaltung der Drainagebauten von Längsdrainagen zu Querdrainagen. Berlin 1891, bei Wilhelm Ernst & Sohn. 1,60 Mark.

gewöhnlich in einer Ellipse geschnitten. Die Ellipse stellt die Entwässerungsfläche der Fuge dar. Will man nun durch dieselbe Zahl von Fugen die größtmögliche Fläche entwässern, so folgt, daß man die einzelnen Fugen eines Drainzuges in horizontaler Folge und nicht nach der Richtung des stärksten Gefälles aneinander reihen muß. Mehrere Fugen, die zusammen die Stranglänge  $s$  ergeben, würden z. B. bei der Längsdrainage nach Fig. 323 die Fläche  $E + b \cdot s$ , bei der Querdrainage nach Fig. 324 die Fläche  $E + a \cdot s$  entwässern, wenn  $a$  und  $b$  die große und kleine Achse der Ellipse und  $E$  deren Flächeninhalt bedeuten. Da  $a$  immer größer als  $b$  ist, so ist die nach der Querdrainage entwässerte Fläche stets größer als die der Längsdrainage.

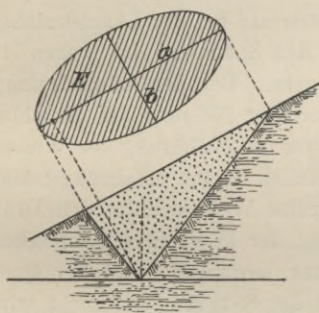


Fig. 322.

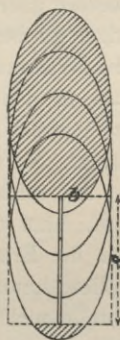


Fig. 323.

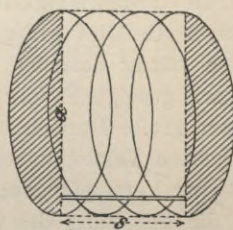


Fig. 324.

Fig. 322. Entwässerungsgebiet einer Drainfuge. Fig. 323 und 324. Entwässerungsflächen mehrerer Drainfugen: Fig. 323 bei Längsdrainagen, Fig. 324 bei Querdrainagen.

Nun ist aber der Boden nicht immer von gleichartiger Beschaffenheit. Wasserführende Schichten, selbst starke Wasseradern wechseln mit undurchlässigen Bänken. Es kommt darauf an, die wasserdurchlässigen Schichten mit den Drains zu treffen, sie als *natürliche Drainage* mitwirken zu lassen zur Förderung der Vorflut, sie gleichsam als Zuführer niederer Ordnung neben den Saugedrains heranzuziehen. Diesen Zweck erreicht man besser durch die Querdrainage als durch die Längsdrainage. Denn aus der Bildung der Erdrinde ergibt sich, daß die wasserführenden Schichten in der Regel dem Gefälle des Geländes folgen. Noch heut können wir überall beobachten, daß in schwerem Boden die Rillen senkrecht den Berg abwärts ausgewaschen werden. So war es auch früher. In diesen Rillen setzten sich bei späteren Überflutungen zuerst die spezifisch schwersten Bodenteile ab, d. i. Kies und Grand. Darüber lagerte sich erst der gröbere, dann der feinere Sand, und endlich folgten über diesem die im Wasser schwebenden feinen Teile, welche die undurchlässigen Bodenarten Lehm und Ton bildeten. So ist ersichtlich, daß die wasserdurchlässigen Schichten sich

vornehmlich in der Richtung des stärksten Gefälles ausbilden mußten. Will man diese Schichten durch die Drainage treffen, so hat man den Abhang nicht mit Längs-, sondern mit Querdrains zu überziehen.

Es ist daher sowohl bei gleichartiger, wie bei ungleichartiger Beschaffenheit des Bodens die Querdrainage wirksamer als die Längsdrainage. Ein Strang von bestimmter Länge vermag bei der Querdrainage eine größere Fläche zu entwässern als bei der Längsdrainage. Darum ist bei der Querdrainage eine größere Strangentfernung zulässig, und hieraus ergibt sich eine Ersparnis an Draingräben und Drainröhren. Ferner liegen die Sammler im stärksten Gefälle, sie können zur Abführung derselben Wassermenge einen geringeren Durchmesser erhalten: es werden daher weniger Röhren von großem Durchmesser gebraucht. Endlich sind bei der Querdrainage Verstopfungen weniger zu befürchten als bei der Längsdrainage, denn die Geschwindigkeit des Wassers in den Sammlern ist wegen des stärkeren Gefälles größer als in den Saugern. Bei der Längsdrainage werden häufig Sammler mit übermäßig geringer Neigung im Anschluß an stark geneigte Sauger verlegt. Sie erhalten zur Abführung der Wassermengen große Durchmesser. An solchen Stellen treten erfahrungsmäßig die meisten Verstopfungen auf, denn die große Weite schützt den Drain nicht vor Verstopfungen; nur die Erhaltung der Wassergeschwindigkeit, d. i. die Erhaltung des Gefälles, kann davor bewahren. Bei der Querdrainage, wo das günstige Gefälle nicht von den Saugern verbraucht wird, kommen derart gefährdete Stellen nicht vor.

### § 38.

**Geringste Gefälle der Drains.** Die Gefällverhältnisse der Saug- und Sammeldrains sind so zu bestimmen, daß die Geschwindigkeit des Wassers in den Drains bei voller Füllung ohne Überdruck mindestens 0,16 m, besser 0,20 m betrage, bei Triebssand mindestens 0,35 m. Dann ergibt sich folgende Übersicht:

#### *Geringste Gefälle der Drains:*

bei einem Durchmesser von	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
in gewöhnlichen Bodenarten	mindestens 0,23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2 ‰
	besser 0,37	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2 „
in Triebssand . . . . .	1,0	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2 „

Gefälle unter  $0,2\text{‰} = 1 : 500$  sind unter allen Umständen grundsätzlich zu vermeiden, da sie durch gewöhnliche Arbeiter mit gewöhnlichen Drainröhren schwer hergestellt werden können. Ebenso sind Sauger von geringerer Weite als 4 cm nach langjährigen Erfahrungen auszuschließen, will man Verstopfungen, besonders durch Algen, wirksam begegnen.

Die Bestimmung, daß die 4 cm weiten Sauger möglichst ein Gefälle von  $0,37\% = 1:270$  erhalten sollen, führt auf diejenigen Lagen der Drainpläne, in welchen *der Übergang von der Quer- zur Längsdrainage* stattfindet (Fig. 325).

### § 39.

**Strang-Entfernung.** Die Entfernung der gleichgerichteten Saugedrainen ist in homogenen Bodenarten abhängig von der Durchlässigkeit des Grundes. Sie darf um so größer sein, je durchlässiger der Boden ist. Bei schwer durchlässigem Boden ist die Oberflächenform des Grundwassers zwischen zwei Drains stärker gewölbt, als bei leicht durchlässigem Boden. Daraus folgt, daß, um dieselbe Entwässerungstiefe inmitten der Drains

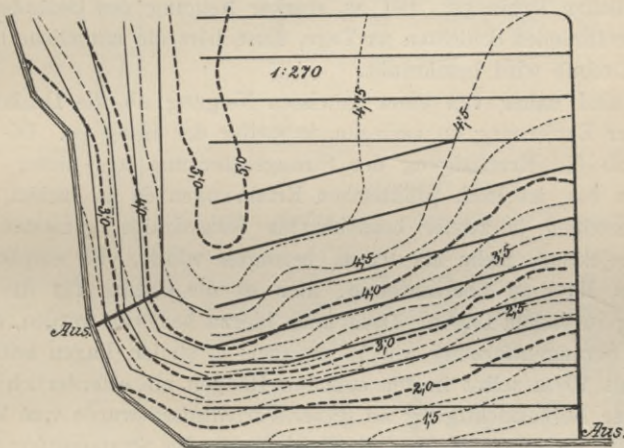


Fig. 325. Querdrainage mit Übergang in Längsdrainage.

zu erzielen, in leichtem Boden die Strangentfernung größer sein darf als in schwerem. Der Grad der Durchlässigkeit wird ausgedrückt durch das Gewichtsverhältnis, in welchem sich die abschlämbaren Teile — seien sie toniger oder kalkiger Art — im Erdboden befinden. Zur Ermittlung dieses Verhältnisses genügt für Drainagezwecke der Kühn'sche Schlämmszylinder oder die Bennigsen'sche Schlämfflasche.

In nicht homogenen Bodenarten ist die Strangentfernung nicht allein abhängig zu machen von der Undurchlässigkeit der maßgebenden Bodenart, sondern auch außerdem von der natürlichen Drainage, d. i. von der Zahl, der Neigung, der Ausdehnung und der Wasserabführung der durchlässigen Schichten. Dies trifft besonders bei der Querdrainage zu (vergl. § 37). Diese kann nur da zur Anwendung kommen, wo ein Gefälle von mehr als  $1:270$  vorhanden ist (vergl. § 38). Hieraus ergibt sich, daß die

Geländeneigung 1:270 einen Grenzfall bildet für die Bestimmung der Strangentfernung.

Die Querdrainage läßt nun aber auch bei homogener Bodenbeschaffenheit eine Erweiterung der Strangentfernung gegenüber der Längsdrainage zu, und zwar um so mehr, je stärker die Neigung des Geländes ist. Dies ist abzuleiten aus der elliptischen Form der Entwässerungsfläche einer einzelnen Drainfuge (s. Fig. 322). Je mehr sich die Ellipse vom Kreise entfernt, je größer der Unterschied ihrer großen und kleinen Achse wird, d. i. je stärker das Gelände sich neigt, um so größer darf die Strangentfernung bei der Querdrainage sein.

Eine Grenze findet aber diese aus der Entwässerung bei homogener Bodenbeschaffenheit hergeleitete Vorschrift in den besonderen Verhältnissen der natürlichen Drainage. Bei zu starker Neigung des Geländes treten die wasserführenden Schichten zu Tage, dann hört die natürliche Drainage auf, ihr Einfluß wird beschränkt.

Es sind daher von einer gewissen Neigung ab die Drains in um so kürzerer Entfernung zu verlegen, je steiler der Hang ist. Die Grenze, von der ab die Ermäßigung der Strangentfernung aus dieser Ursache einzutreten hat, ist nach praktischen Erfahrungen da zu suchen, wo der Höhenunterschied je zweier benachbarten Saugedrains, gemessen in der Vertikalprojektion, mehr als 0,5 m betragen würde. Es empfiehlt sich nicht, dies Maß zu überschreiten; hier ist die Grenze für die Strangentfernung in steilen Lagen. Doch muß hierzu bemerkt werden, daß eine geringere Strangentfernung als 15 m auch in steilen Lagen selten, eine kleinere als 10 m selbst in den steilsten Hängen nie erforderlich ist.

Unter Berücksichtigung all dieser Verhältnisse wurde vom Verfasser die nebenstehende Tabelle über die Bestimmung der Strangentfernung aufgestellt. (Siehe Tabelle Seite 287.)

#### § 40.

**Zulässige Länge der Sauger.** Bei der Längsdrainage hat sich durch Erfahrung ergeben, daß bei langen Saugern Querstränge in Form von Sammlern — die somit nach dem Grundsatz der Querdrainage verlegt worden waren — die Entwässerung begünstigen. Man vermeidet deshalb bei der Längsdrainage Sauger von mehr als 150 m Länge.

Bei der Querdrainage dagegen ist dieser Umstand nicht mehr von Einfluß. Hier ist für die Länge der Sauger allein die Größe des entwässerten Feldes maßgebend.

Ein 4 cm weiter Sauger vermag bei dem geringsten Gefälle von  $0,23\text{‰}$  ungefähr 32 a zu entwässern. Es ergeben sich dann bei den folgenden Strangentfernungen die nachbezeichneten größten Längen der Sauger (s. S. 288):

Entfernung der Sagedrains.

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

*Zulässige Länge der Sauger:*

bei einer Strangentfernung von: 15 m 20 m 25 m 30 m 35 m  
 und einem Gefälle von  $0,23\%$  = 210 m 160 m 130 m 105 m 90 m.

**§ 41.**

**Wasserführung der Drainröhren.** Die Wasserführung der Drainröhren ist abhängig von den Niederschlägen, welche auf die entwässerten Flächen fallen, und — da bei der geringen Ausdehnung der Drainagefelder die Niederschläge sich ziemlich gleichmäÙig verteilen — von der GröÙe der entwässerten Flächen selbst. Der Einfluss der Niederschläge ist am gröÙten entweder bei starken Sommergüssen oder bei Abführung der Schneeschmelze. Das Grundwasser ist von örtlichen Verhältnissen abhängig. Sein Einfluss kann daher bei der Bemessung der Drainröhren nur nach dem örtlichen Auftreten berücksichtigt werden.

Vincent nahm 100 mm Regenhöhe für einen Monat an und setzte voraus, daÙ diese Wassermenge in einem halben Monat falle, ganz in die Drains gelange und zur Abführung kommen müsse. Daraus folgerte er, daÙ für einen Tag ein Niederschlag von  $\frac{100}{15\frac{1}{2}} = 6,5$  mm Höhe für die Abführung der Drains in Rechnung zu stellen sei, d. i. auf eine Fläche von 1 ha  $0,0065 \cdot 10000 = 65$  cbm täglich oder auf die Sekunde und das Hektar  $\frac{60 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,756$  Liter.

Leclerc rechnete mit 10 mm Niederschlag in 24 Stunden. Er nahm an, daÙ diese Wassermenge zu  $74\frac{1}{2}\%$  in die Drains gelange, daÙ aber ihr Abfluss durch den gewöhnlich schwer durchlässigen Drainageboden sich so verlangsame, daÙ er 36 Stunden dauere. Er berechnete demnach seine Drains nach einer Wasserabführung von  $\frac{0,010 \cdot 10000 \cdot 74,5 \cdot 1000}{36 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 100} = 0,575$  Liter auf Hektar und Sekunde.

Hervé Mangon setzte gleichfalls 10 mm Niederschlag in 24 Stunden voraus, nahm aber nur an, daÙ  $50\%$  dieser Wassermenge in die Drains komme und gleichfalls 36 Stunden zum Abfluss gebrauche. Dies ergibt als Wasserführung der Drains auf Hektar und Sekunde  $\frac{0,01 \cdot 10000 \cdot 1000 \cdot 50}{36 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 100} = 0,368$  Liter.

Débauve ging von der Voraussetzung aus, daÙ ein 10 mm großer Niederschlag von 24 Stunden zwar voll in die Drains gelange, aber erst in 3 Tagen zum vollständigen Abfluss komme. Dies führt zu derselben Zahl, die Hervé Mangon erhielt, nämlich auf Hektar und Sekunde  $\frac{0,010 \cdot 10000 \cdot 1000}{3 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,368$  Liter.



Die *Schlesische General-Kommission*<sup>1)</sup> zog bei ihren Berechnungen nicht allein starke Regengüsse, sondern auch die Schneeschmelze in Betracht. Sie beurteilte den Einfluß beider für Ober-, Mittel- und Niederschlesien nach den drei Regenstationen in Ratibor, Breslau und Görlitz. Zur Bestimmung der Höhen der Schneeschmelze dienten die mittleren Niederschläge der vier Wintermonate Dezember bis März einer längeren Reihe von Beobachtungsjahren. Es wurde angenommen, daß hiervon 50% durch Oberflächenabfluß und Verdunstung beseitigt werde, der Rest mit 50% in die Drains gelange, und daß diese Wassermasse in einer 14 tägigen Tauperiode voll zum Abfluß komme.

Der Einfluß der starken Regengüsse wurde nach den größten monatlichen Regenhöhen beurteilt, welche in den Sommern der einzelnen Beobachtungsjahre auf den drei Regenstationen vorgekommen waren. Diese Höhen wurden durch die Zahl der Regentage des betreffenden Monats dividiert und danach für jedes Jahr und jede Station die mittlere Regenhöhe eines Tages der regenreichen Zeit ermittelt. Auch hier wurde weiter vorausgesetzt, daß 50% an der Oberfläche abfließen oder verdunsten und nur 50% in die Drains gelangen. — So ergeben sich nach der Schneeschmelze und nach starken Sommerregen bei drei Beobachtungsstationen 6 Zahlen für die Wasserabführung der Drains auf das Hektar und die Sekunde. Das arithmetische Mittel dieser Zahlen wurde als durchschnittliche Wasserführung der Berechnung der schlesischen Drainage zu Grunde gelegt, es betrug 0,65 Liter.

Diese Zahl, *0,65 Liter auf Hektar und Sekunde*, hat sich von Schlesien über ganz Norddeutschland verbreitet. Sie hat sich überall da bewährt, wo nicht ungewöhnliche Regenverhältnisse vorhanden sind. Derartige Zustände sind dort anzunehmen, wo die jährliche Regenhöhe 900 mm übersteigt. An solchen Orten ist eine der Regenhöhe entsprechende Vergrößerung der Zahl 0,65 vorzunehmen.

## § 42.

**Berechnung der Drainröhren.** Ist die Wassermenge ermittelt worden, die ein Drain an einer bestimmten Stelle abzuführen hat, so muß man zur Bestimmung der Drainrohrweite noch die Geschwindigkeit kennen, mit der das Wasser diese Stelle durchfließt. Die Geschwindigkeit ist abhängig von dem Gefälle, der Weite, der Beschaffenheit der

<sup>1)</sup> Anweisung für die Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen. Herausgegeben von der Königl. General-Kommission für Schlesien. 1899. Berlin bei Springer. III. Aufl. (Die Herleitung der Zahl 0,65 findet sich nur in der I. Auflage von 1884.)

Röhren und der Art ihres Verlegens. Die Eytelwein'sche Formel  $v = 50,9 \sqrt{R \cdot J}$ , in der  $R$  den hydraulischen Radius und  $J$  das relative Gefälle bedeutet, wurde für Röhren durch Prony umgewandelt in  $v = 3,59 \sqrt{\frac{50 dh}{l + 50 d}}$ . Hierin bedeutet  $d$  den inneren Durchmesser der Röhren und  $h$  das Gefälle auf die Länge  $l$ .

Vincent machte die Formel für Drainröhren geeignet durch Hinzufügung eines Faktors  $k$ , sodafs sie lautete:  $v = 3,59 k \sqrt{\frac{50 dh}{l + 50 d}}$ . Der Faktor  $k$  ist abhängig von dem Durchmesser der Röhren, er ist anzunehmen für Röhren von dem Durchmesser

$d = 3$	$5$	$8$	$10$	$13$	$16$	$20$ cm,
auf $k = 0,61$	$0,71$	$0,80$	$0,84$	$0,87$	$0,89$	$0,90$ .

Wird die Länge  $l = 100$  gesetzt,  $h$  also in Prozenten ausgedrückt, so nimmt die Formel folgende Gestalt an:  $v = 3,59 k \sqrt{\frac{dh}{2+d}}$ . Nun ist

der Querschnitt der Drains  $f = \frac{d^2 \pi}{4}$ , die abgeführte Wassermenge also  $Q = f \cdot v = 2,818 d^2 \sqrt{\frac{dh}{2+d}}$  in Kubikmetern.

Da  $Q = F \cdot 0,65$  in Litern ist, so kann aus der Verbindung beider Gleichungen die Beziehung zwischen  $d$ ,  $h$  und  $F$  berechnet werden.

Solche Berechnungen für jeden Fall anzustellen ist weitläufig und zeitraubend. Sie werden erspart durch Ermittlung der Flächen für bestimmte Durchmesser und Gefällverhältnisse und Zusammenstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form. Noch einfacher wird das Verfahren, wenn die Tabelle graphisch dargestellt wird. Dies zeigt die vom Verfasser aufgestellte Tafel (Fig. 326). In dieselbe können die jeweilig verfügbaren Rohrweiten nach Bedürfnis eingetragen werden. Für jede Stelle eines Sammlers kann der Querschnitt nach Fläche und Gefälle mühelos bestimmt werden. Außerdem läst sich auch die Geschwindigkeit des Wassers in den Drains sofort ablesen. Dies geschieht nicht auf der  $ha$ -Linie, sondern, weil die Geschwindigkeit abhängig ist vom Gefälle und Durchmesser, an dem Schnittpunkt dieser beiden Linien. Verfasser empfiehlt, bei der Berechnung der Drainrohrweiten die Ermittlung der Geschwindigkeiten nie außer acht zu lassen. Es wird zwar nur die Geschwindigkeit ungefähr ermittelt, soweit sie bei gleichen Füllungs- und Druck-Verhältnissen im System sich wahrscheinlich einstellt. Aber dies genügt, um das Entwerfen von Strecken zu vermeiden, in welchen durch zu grofse Verlangsamung der Geschwindigkeit sonst schädliche Ablagerungen sich einstellen würden.

Der Nachweis für die Richtigkeit der Drainrohrweiten wird für einen bestimmten Drainplan am besten durch eine Tabelle geführt. Ein

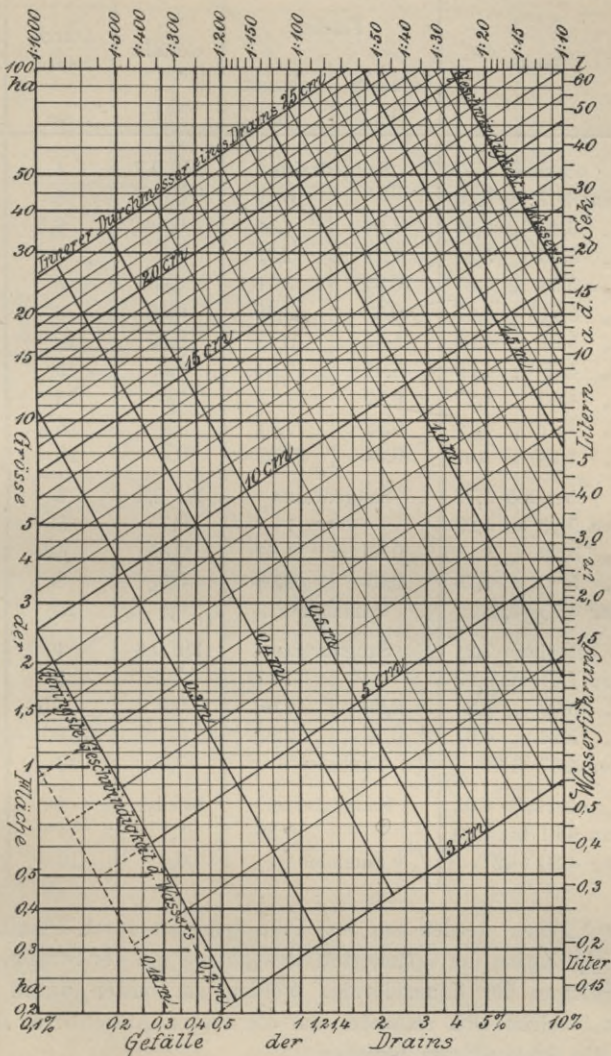


Fig. 326. Tafel zur Bestimmung der Drainrohrweiten nach der zu entwässernden Fläche und dem Gefälle der Drains.

Schema zu einer solchen Tabelle mit beispielesweiser Ausfüllung wird nachstehend mitgeteilt. Dasselbe bezieht sich auf den Drainplan Fig. 327.

Nachweis über die Richtigkeit der Drainrohrweite zum Drainplan  
(Fig. 327).

Samm- ler	Strecke	Fläche		Gefälle  ‰	Durch- messer  cm	Geschwin- digkeit des Wassers ungefähr m
		einzel- n	gesamt			
		ha	ha			
a	oberhalb 6,57	Saugedrains		bis 0,7	4	0,28
	von 6,57 bis 6,46		0,49	0,5	5	0,28
	„ 6,46 „ 6,23	1,06	1,55	0,5	6,5	0,34
	„ 6,23 „ 5,94	1,24	2,79	0,5	8	0,38
	„ 5,94 „ 5,81	0,37	3,16	0,6	8	0,42
	„ 5,81 „ 5,67	0,33	3,49	0,65	8	0,44
	„ 5,67 „ 4,68	1,64	5,13	0,65	10	0,51
	„ 4,68 „ 4,60	5,41	10,54	0,5	13	0,53
	„ 4,60 „ 4,27	0,59	11,13	0,5	13	0,53
	„ 4,27 „ 4,19	0,58	11,71	0,4	16	0,55
„ 4,19 „ Aus	0,24	11,95	0,4	16	0,55	
b	oberhalb 5,78	Saugedrains		bis 0,4	4	0,22
	von 5,78 bis 5,29		1	0,7	5	0,34
	„ 5,29 „ 5	0,91	1,91	0,65	6,5	0,37
	„ 5 „ 4,75	0,67	2,58	0,5	8	0,38
	unter 4,75 (4,68)	Samm-ler a		0,5	13	0,53
c	oberhalb 7,21	Saugedrains		bis 0,6	4	0,27
	von 7,21 bis 5,99		1,17	1	5	0,39
	„ 5,99 „ 5,24	0,88	2,05	0,9	6,5	0,45
	„ 5,24 „ 4,67	0,78	2,83	0,7	8	0,46
	unter 4,67 (4,60)	Samm-ler a		0,5	13	0,53
d	oberhalb 4,61	Saugedrains		bis 1,1	4	0,36
	von 4,61 bis 4,30		0,36	1,1	4	0,36
	unter 4,30 (4,27)	Samm-ler a		0,4	16	0,55

Die Flächen werden aus dem Plan ermittelt durch Planimeter oder durch Multiplikation der summierten Stranglänge mit der Strangentfernung. Die Höhenlagen der Sammeldrains werden am besten durch Ordinaten angegeben, welche sich entweder auf die oberen Außenlinien der Drains oder auf die Scheitellinien beziehen.

### § 43.

**Berechnung der Vorfluter.** Der Bestand der Drainage ist nur dann gesichert, wenn die Ausmündungen dauernd gute Vorflut haben. Hierfür ist durch Vertiefung und Regulierung der Vorflutgräben zu sorgen;



der Vorflut rechnerisch zu führen. Es geschieht dies für einzelne Stellen des Vorfluters am besten tabellarisch nach dem folgenden Schema:<sup>1)</sup>

*Berechnung der Vorflut eines Drainplanes.*

Buchst.	Station	Niederschlagsgebiet qkm	Abzuführende Wasser- menge 65 l-qkm l	Gefälle des Wasser- spiegels ‰	Nach Kutter werden abgeführt Böschung 1:1,5; n = 0,03				Des Entwurfs		Bemerkungen.
					Sohl- breite m	Wasser- tiefe m	Wasser- menge l	Geschwin- digkeit m-Sek.	Sohl- breite m	Wasser- tiefe m	
A	5	3,8	247	1	0,8	0,4	207	0,37	} 0,8	0,43	
					0,8	0,5	326	0,42			

Hierbei werden die Kutter'schen Tabellen über die Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen benutzt (s. Fußnote 1, S. 241), und für die Berechnung wird ein geringes Sommerhochwasser (65 bis 200 l auf qkm und Sek.) zu Grunde gelegt. Die Untersuchung mehrerer Wasserstände (Mittelwasser und Sommerhochwasser), die für die Regulierung anderer Vorfluter nötig ist (vgl. das Schema S. 238 u. 239), kann nämlich bei Drainage-Vorflutern entbehrt werden. Es genügt die Feststellung der Höhenlage desjenigen Wasserstandes, nach dem die Höhen der Ausmündungen bestimmt werden müssen, d. i. ein geringes Sommerhochwasser. Dies ist nach dem Niederschlagsgebiet zu ermitteln, unter der Annahme, daß im ebenen Gelände 65 bis 110 Liter, im hügeligen 110 bis 200 Liter auf Quadratkilometer und Sekunde abzuführen sind.

Zur Bestimmung des Niederschlagsgebiets ist ein Übersichtsplan (Generalstabskarte 1:25000) unentbehrlich; bei größeren Vorflutern muß auch ein Höhenplan beigebracht werden, aus dem die Höhen des ermittelten geringen Sommerhochwasserspiegels und die Höhenlagen der Ausmündungen klar hervorgehen.

#### § 44.

**Regulierung der Vorfluter.** Die Regulierung der Vorfluter von Drainagen weicht von der Regulierung anderer Vorfluter insoweit ab, als es nicht auf die Entwässerung des ganzen Geländes, sondern allein auf die Vorflutbeschaffung für die Ausmündungen ankommt. Es können daher die Vorfluter von Drainagen — wenn anders für die nötige Befestigung gesorgt wird — in treppenförmigen Absätzen entworfen werden, sodaß in der Nähe jeder Ausmündung eine Stufe sich befindet. Die Strecken unmittelbar unterhalb der Ausmündungen können sehr schwaches Gefälle (etwa 1 bis 2‰) erhalten (Fig. 328).

<sup>1)</sup> Dies Schema ist mit unwesentlichen Zusätzen auch von der General-Kommission für Schlesien angenommen und vorgeschrieben worden.

Die Anlage der Böschung richtet sich nach der Bodenart. Steile Böschungen zerfallen leicht; gewöhnlich wird die Neigung 1:1,5 bis 1:2 angewendet. Die Sohlenbreite muß mindestens 0,3 m betragen.

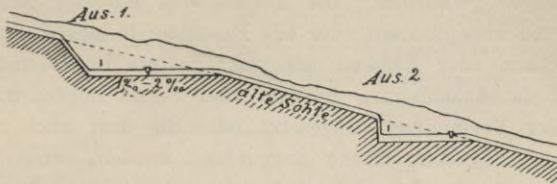


Fig. 328. Regulierung eines Drainage-Vorfluters.

Die treppenförmigen Absätze in dem Vorflutgraben müssen einige Meter (3 bis 5 m) oberhalb der Ausmündung beginnen. Werden diese Absätze mit einer Neigung von mindestens 1:50 angelegt, so genügt eine Befestigung durch Rasen (Fig. 329); bei einer Neigung 1:8 kann eine Steinschüttung oder Pflaster angewendet werden (Fig. 330), bei steilerer Anlage der Absätze ist aber eine starke Steinschüttung oder besser eine Steinpackung möglichst mit dem Einlegen sehr großer Steine geboten (Fig. 331).

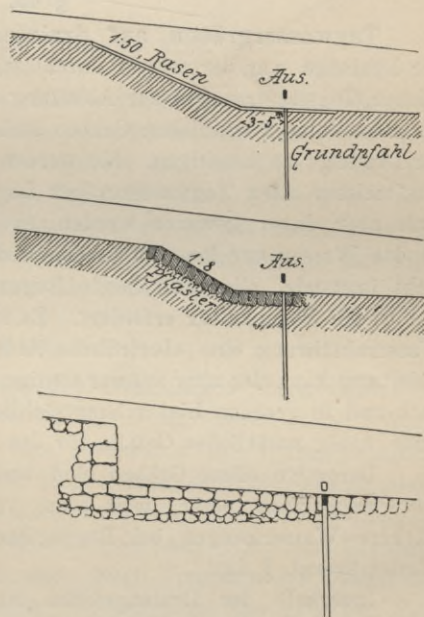


Fig. 329 bis 331.

Befestigung der Vorfluter an den Abstürzen.

Die Böschungen am Absturz und an den Ausmündungen sind besonders sorgfältig gegen Auswaschungen zu sichern. Auch empfiehlt es sich — besonders bei genossenschaftlichen Drainagen — die vorschriftsmäßige Sohlentiefe an der Ausmündung dauernd festzulegen. Dies geschieht bei kleinen Vorflutgräben durch Einschlagen eines starken, langen Pfahles inmitten des Grabens, dessen horizontal geschnittene Oberfläche die Sohlenhöhe angibt (Fig. 329 und 330), bei breiten Vorflutgräben durch Einlegen einer Sohlenschwelle, die an zwei Grundpfählen befestigt ist (Fig. 331).

Brücken, Durchlässe oder Furten in dem Vorflutgraben sind nie unmittelbar unter einer Ausmündung, sondern stets *oberhalb* derselben anzulegen. Sie werden hier des flachen Grabens wegen nicht allein wohlfeiler, sondern können auch bei etwa eintretenden Verstopfungen die Drainage weniger gefährden. Die Furten sind mit der Neigung 1:10 herzustellen und abzupflastern oder mit Rasen zu bedecken.

Bei Gräben oder Flüssen mit gekrümmtem Laufe und Sinkstoffführung darf die Ausmündung nie an einer Stelle liegen, die dem Abbruch oder der Verlandung ausgesetzt ist. Sie darf auch nicht spitzwinklig gegen die Stromrichtung angeordnet werden, sondern muß ein wenig stromabwärts geneigt oder mindestens rechtwinklig gegen den Strom gerichtet sein. Endlich ist zu bemerken, daß die Ausmündung nie einem Seitengraben oder einer zweiten Ausmündung gegenüber liegen darf. Denn bei solcher Anordnung würden die Ausmündungskästen bald freigespült werden und abstürzen.

#### § 45.

**Tagwassergräben auf drainiertem Boden.** Vor Ausführung der Drainage war der schwer durchlässige Boden in der Regel mit zahlreichen Tagwassergräben zur Ableitung des Regenwassers bedeckt. Diese der Bestellung hinderlichen Gräben sucht der Landwirt nach Beendigung der Drainage zu beseitigen. Sie werden verschüttet und überackert. Bei den meisten alten Tagwassergräben ist dies Verfahren unbedenklich. Es muß aber davor gewarnt werden, es bei *allen* Gräben zu tun. Denn da das Wasser nur langsam in den Boden eindringt, so ist die Drainage nicht imstande, alles auffallende Regenwasser so schnell zu beseitigen, wie es die Bodenkultur erfordert. Es ist daher neben der unterirdischen Wasserabführung eine oberirdische Ableitung nicht zu entbehren. Diese Ableitung kann sich aber auf nur wenige Gräben beschränken, die möglichst flach und in geraden Linien hauptsächlich da anzulegen sind, wo das Gelände wenig natürliches Gefälle für den Wasserabfluß hat.

Derartige offene Gräben sind besonders an der Grundstücksgrenze als *Fanggräben* nötig, weil sonst vom benachbarten fremden Gebiet stärkere Wassermengen bei Regengüssen über das Drainagefeld fließen würden (vergl. § 12).

Innerhalb des Drainagefeldes ist besondere Aufmerksamkeit den *muldenartigen Einsenkungen* zu widmen. Hier ist zum Abfluß des Regenwassers *stets* ein Tagwassergraben geboten. Denn da das Wasser zum Einsickern in den schwer durchlässigen Boden und zum Abfluß durch den unterirdischen Drain lange Zeit gebraucht, so würde ohne eine offene Ableitung das Wasser zu einem See sich sammeln.

Sind derartige Mulden klein, beträgt ihre Einsenkung unter dem vorliegenden Sattel nur höchstens 30 bis 40 cm, so kann ohne Ausbau



eines besonderen Grabens die nötige Vorflut dadurch beschafft werden, daß durch den Sattel eine *Rille* gelegt wird, die mit Hilfe des Spatens oder des Pfluges leicht hergestellt werden kann, auf ihrem kurzen Laufe nur sehr wenig Gefälle nötig hat, und am unteren Ende bei der geringen Wasserführung und seltenen Inanspruchnahme breit auf dem Drainagefelde auslaufen kann, ohne Verbindung mit einem Zuggraben (Fig. 332). Eine solche Rille mit ihren flachen Böschungen wird bei der Bestellung des

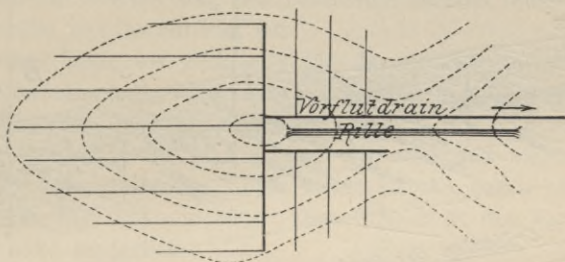


Fig. 332. Drainage einer flachen Mulde.

Landes durchhackert, sie beschränkt also die Tätigkeit des Landwirts nicht, verhütet aber, daß an der dahinter liegenden Einsenkung das Wasser sich seeartig anstaut. Der zugehörige Vorflutdrain darf, um Verschlämmungen zu verhüten, nicht unmittelbar unter der Rille liegen, sondern nur seitwärts neben ihr. Auch ist es nicht zulässig, sie mit Saugedrains zu kreuzen. Denn bei der mitunter starken Wasserführung in der Rille würden die unterhalb liegenden Drainteile gefährdet sein.

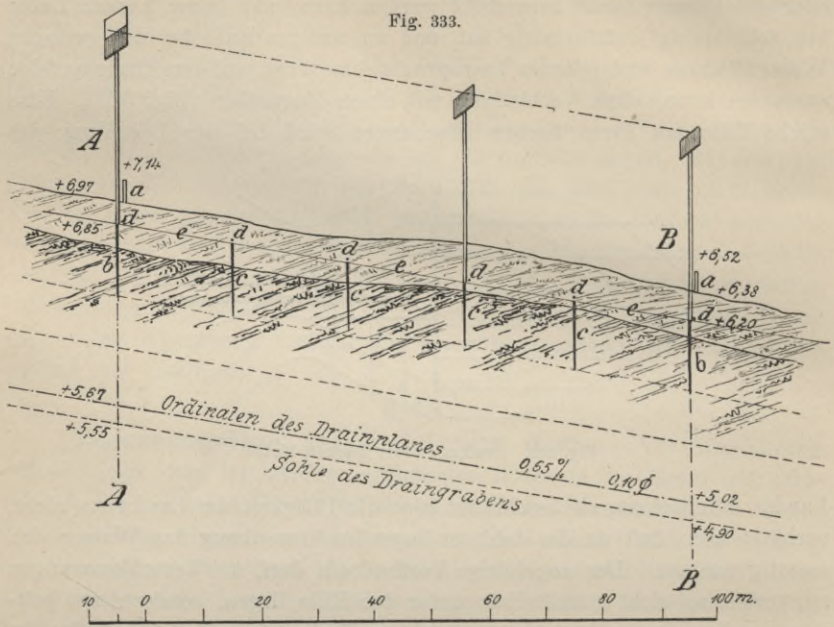
#### § 46.

**Abstecken und Nivellieren der Drainzüge.** Beim Abstecken des Drainplanes auf dem Felde werden die Drains durch kleine *Pfähle* bezeichnet, welche die Nummern oder Buchstaben des Planes erhalten. Demnächst werden die Pfähle für die Sammeldrains sämtlich und außerdem die Pfähle derjenigen Sauer nivelliert, die schwaches Gefälle haben. (Siehe die Nivellements-pfähle *a* in Fig. 333 und 334.) Nach dem Ergebnis der Nivellements kann erforderlichenfalls durch Versetzen der Pfähle die Lage der Drainzüge verbessert werden.

Alsdann wird mit dem Breitspaten nach gespannter Schnur neben den Pfählen der *erste Spatenstich* ausgehoben (vergl. § 47) und in dem so hergestellten niedrigen begehbaren Graben, möglichst nahe neben jedem Nivellements-pfahl, ein zweiter Pfahl (*Beipfahl*) geschlagen (Pfähle *b* in Fig. 333 und 334). Diese Pfähle werden im ganzen Drainagefelde so tief geschlagen, daß ihre Köpfe um ein bestimmtes abgerundetes Maß — *Stichmaß* — über der künftigen Grabensohle der Drains liegen. Zu dem Ende wird

die Ordinate der Grabensohle an der Stelle jedes Nivellements-pfahles aus dem Drainplan ermittelt und von der Ordinate des nivellierten Pfahlkopfes

Fig. 333.



Querschnitte bei B.

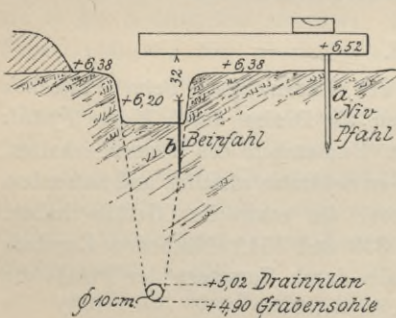


Fig. 334.

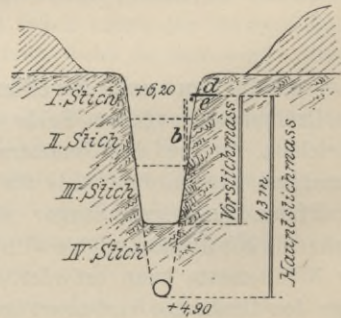


Fig. 335.

Fig. 333 bis 335. Nivellieren der Drainzüge.

abgezogen. Das Maß, um welches diese Differenz das Stichmaß überschreitet, ist maßgebend für die Tiefe der Beispfähle unter dem ersten

Pfahlkopf. Nach diesem Maß wird unter Benutzung von Meterstock, Latte und Wasserwaage der Beipfahl eingeschlagen (s. Fig. 334).

Nunmehr werden in dem Graben unmittelbar neben dem Rande so viel *Zwischenbeipfähle* geschlagen, als für die bequeme Ausführung der Draingräben angemessen erscheint (Pfähle *c* in Fig. 333). Dies geschieht von den Beipfählen aus mit Hilfe von Setztafeln. Die Köpfe aller Beipfähle und Zwischenbeipfähle bilden dann eine Linie, welche die dem Drain zu gebende Neigung hat, der Drainsohle parallel läuft und überall in Stichmaßhöhe von ihr entfernt ist.

Um diese Linie als Richtlinie für die Arbeiter bequem in dem Draingraben festzulegen, werden kurze *Holzpflocke* von 12 bis 15 cm Länge genau in Höhe der Beipfahl- und Zwischenpfahl-Köpfe seitwärts in die Grabenwand geschlagen (*d* in Fig. 333 und 335) und die nur um ein geringes Maß hervortretenden Köpfe dieser Pflocke durch eine *Schnur* verbunden (*e* in Fig. 333 und 335). Diese Schnur ist dem Fortsetzen der Erdarbeiten nicht hinderlich.

Das Stichmaß wird den Arbeitern als Stab übergeben; die Beipfähle und Zwischenpfähle werden ausgezogen und der Grabenaushub nach der festgezogenen Schnur derart ausgeführt, daß schon der vorletzte Spatenstich der Schnur genau parallel läuft, und zwar in einer Höhe, welche der Höhe des letzten Drainspatens entspricht. Um dies zu erleichtern, empfiehlt es sich, den Arbeitern für die Ausführung des vorletzten Spatenstiches ein *Vorstichmaß* (s. Fig. 335) an die Hand zu geben. Bei Aushebung des letzten sehr schmalen und hohen Spatenstiches (s. § 47) sind Stiche ungleicher Tiefe zum Gewinnen der Drainsohle nur sehr schwer auszuführen. Sie müssen daher vermieden werden. Der Drainspaten wird tief und gleichmäßig geführt: die erreichte Sohle entspricht dann der vorgeschriebenen Sohle des Draingrabens.

Die Figuren 333 und 335 werden vorstehendes erläutern. Ein Sammeldrain von 10 cm Weite soll mit 0,65‰ Gefälle verlegt werden (vergl. Sammler *a* in Fig. 327). An der Stelle *A* in Fig. 333 hatte das Gelände 6,97 m, der Kopf des Nivellementspfahles 7,14 m Höhe; an der Stelle *B*, 100 m abwärts, war die Höhe des Geländes 6,38 m, die Höhe des Nivellementspfahlkopfes 6,52 m.

Nach dem Entwurf soll der Drain so verlegt werden, daß sein Scheitel bei *A* an + 5,67 m liegt. Die Scheitelhöhe bei *B* beträgt dann  $5,67 - 0,65 = 5,02$  m. Bei 10 cm innerer Weite und 1,8 cm Dicke der Drainröhren berechnet sich die Sohlenhöhe bei *A* auf + 5,55 m, bei *B* auf 4,90 m. Die Länge des Stichmaßes soll 1,30 m betragen. Es muß demnach der Beipfahl (*b*) bei *A* die Höhe  $5,55 + 1,30 = 6,85$  m, derjenige bei *B*  $4,90 + 1,30 = 6,20$  m erhalten. Sonach muß der Beipfahl bei *A* um  $7,14 - 6,85 = 0,29$  m, der bei *B* um  $6,52 - 6,20 = 0,32$  m tiefer ein-

geschlagen werden, als der Kopf des benachbarten Nivellementspfahles sich befindet. Das Einschlagen der Pfähle auf diese Höhe geschieht nach Fig. 334 mittels Setzlatte, Wasserwage und Meterstock. Nunmehr werden in angemessenen Entfernungen (15 bis 20 m) Zwischenbeipfähle (*c*) in dem Draingraben längs einer Seite geschlagen. Die Entfernung dieser Pfähle kann beliebig gewählt werden; es ist nicht nötig, daß sie überall gleich groß ist. Die Benutzung der Setztafeln, mit deren Hilfe die Pfähle auf die erforderliche Tiefe eingetrieben werden, veranschaulicht Fig. 333. Es wird über die Setztafel bei *B* hinweg nach der bei *A* visiert und jeder Zwischenpfahl (*c*) so lange eingeschlagen, bis die auf ihn gestellte Setztafel in die Visierlinie fällt.

Alsdann werden die Holzpflocke *d* in die Seitenwand des Draingrabens dicht über jeden Beipfahl und Zwischenbeipfahl so genau als möglich derart eingeschlagen, daß die Pflocke nur 1 bis 2 cm aus der Grabenwand hervorstehen, und ihre Unterkanten genau in Höhe der Pfahlköpfe sich befinden. Darauf wird die Schnur *e* an den Köpfen der Holzpflocke befestigt und so um diese geschlungen, daß sie in Höhe der Unterkanten der Holzpflocke liegt. Jetzt sind die Beipfähle und Zwischenbeipfähle entbehrlich; sie werden herausgezogen, der Aushub des Draingrabens wird vollendet. Nach der Höhe des letzten Stichspatens wird die Länge des Vorstichmaßes bestimmt und die Arbeit so geleitet, daß die ungleichmäßigen Erhöhungen des Geländes mit dem vorletzten Spatenstich ausgeglichen sind.

#### § 47.

**Ausheben der Draingräben.** Das Ausheben der Draingräben erfolgt am besten im Herbst unmittelbar nach der Ernte. Denn dann stört die Ausführung der Drainage den Landwirt am wenigsten, und der Boden besitzt noch einen geringen Grad von Feuchtigkeit, der die Bearbeitung des schweren, drainagebedürftigen Bodens sehr erleichtert. Im Hochsommer werden Drainagen nur dann ausgeführt, wenn viel Grundwasser und Trieb sand zu befürchten ist.

Man stellt die Drainagegräben so schmal wie möglich her, sowohl im Interesse der Schnelligkeit als der Sparsamkeit. Die Breite ist abhängig von der Bindigkeit des Bodens, der Tiefe der Gräben und der Weite, sowie der Art der Drains. Sie kann um so geringer sein, je bindiger der Boden ist, je flacher die Gräben und je kleiner die Durchmesser der Röhren sind. Für Saugedrains, die 1,25 m tief verlegt werden sollen, genügt in Tonboden eine obere Grabenbreite von 0,3 bis 0,4 m, in lehmigem Boden 0,4 bis 0,5 m und in sandigem Boden 0,5 bis 0,6 m. Sammler erfordern 5 bis 10 cm größere Breite als Sauger; und dies nicht allein ihres größeren Durchmessers und der etwas größeren Tiefe wegen,

sondern auch um des Umstandes willen, daß die Sammelgräben gewöhnlich länger offen bleiben, als die Gräben für die Saugedrains.

Der Aushub der Draingräben erfolgt — nachdem die Vorflutgräben reguliert worden sind — von unten nach oben, also in jedem System von der Ausmündung an aufwärts. Dann findet das Grundwasser in den Draingräben stets Vorflut. Beim Ausheben wird die Ackerkrume auf die eine, der Untergrund auf die andere Seite des Grabens geworfen. Zur Arbeit benutzt man ein *Drainbesteck* (s. Fig. 336 bis 339). Es besteht gewöhnlich aus vier Spaten: einem Breitspaten und drei Stichspaten. Das Blatt der Stichspaten ist um so schmaler, je höher es ist. Um beim Arbeiten ein Brechen des Stieles zu verhüten, empfiehlt es sich, nach



Fig. 336.



Fig. 337.

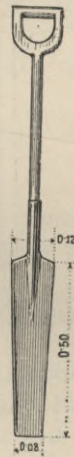


Fig. 338.

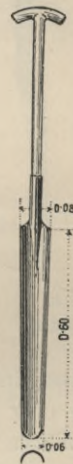


Fig. 339.

Drainspaten (Drainbesteck).

Fig. 340 das Spatenblatt in zwei Lappen hoch hinauf an den Stiel zu führen. Auch ist es vorteilhaft, eine Fußstütze am oberen Ende des Blattes anzubringen, weil durch sie das sichere und gleichmäßig tiefe Einstoßen des Spatens erleichtert wird. Geeignete Maße für die Größe des Drainbestecks sind: für den Breitspaten 25 bis 31 cm obere, 20 bis 26 cm untere Breite und 26 bis 35 cm Höhe des Blattes (Fig. 336); für den Stichspaten No. I: 22 und 15 cm Breite bei 32 bis 36 cm Höhe; für den Stichspaten No. II: 15 und 12 cm Breite bei 37 cm Höhe; für den Stichspaten No. III: 10 und 6 cm Breite bei 42 cm Höhe oder für Sammeldrains 12 und 8 cm Breite bei 50 cm Höhe (Fig. 338). Fig. 339 stellt einen sehr hohen Stichspaten mit gekrümmtem Blatt dar.

Es empfiehlt sich, die Stiche unter spitzem Winkel gegen den Grabenrand zu führen, da dann am leichtesten glatte Wandungen entstehen. Bei

dem vorletzten Stiche müssen die Ungleichheiten des Geländes ausgeglichen sein, sodafs man den letzten Spaten nur gleichmäfsig tief zu führen braucht, um die vorgeschriebene Sohlenlage zu erhalten.

Zum Ausheben von Wurzeln und Steinen, zum Lockern von festen oder steinigten Böden, sowie für andere Arbeiten zur Beseitigung von

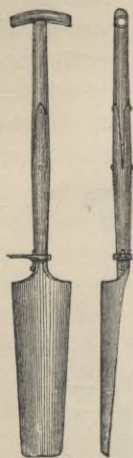


Fig. 340  
Drainspaten.

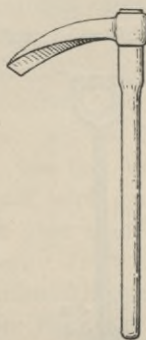


Fig. 341.  
Rodehacke.



Fig. 342.  
Picke od. Spitzhaue.

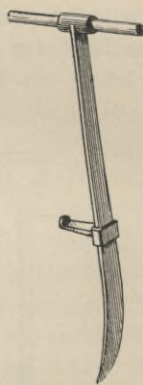


Fig. 343.  
Fuß- od. Stoßpickel.

Hindernissen sind Rodehacken (Fig. 341), Picken oder Spitzhauen (Fig. 342) und Fuß- oder Stoßpickel (Fig. 343) erforderlich. *Große Steine* dürfen nie unterfahren werden, weil sie sonst beim Setzen des Bodens leicht die Drainröhren zerdrücken. Sie sind entweder auszuheben oder in besonders

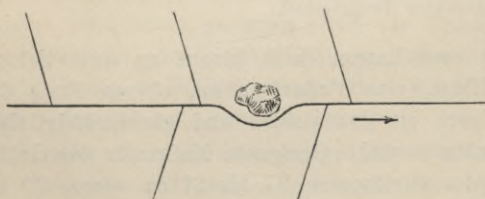


Fig. 344. Umgehen von großen Steinen.

hergestellte Seitengruben zu versenken oder endlich durch eine bogenförmige Führung des Drainstranges zu umgehen (Fig. 344).

Während des Aushebens kann das *zeitweise Einlegen von Drainröhren* erforderlich werden,

nämlich dann, wenn Gräben für Sammeldrains, die voraussichtlich lange Zeit offen bleiben müssen, wenig standfähigen Boden durchschneiden. An solchen gefährdeten Stellen werden die vorhandenen Drainröhren sofort nach Aushub des Bodens verlegt. Stürzt dann die durch Regenwetter aufgeweichte oder aus anderen Gründen beschädigte Grabenböschung ein, so wird der Graben zwar zugeschlämmt, aber die Vorflut nicht behindert:

sie findet statt durch die Röhren an der Sohle des Grabens. Es kann daher eine Versumpfung der oberhalb befindlichen Arbeitsplätze nicht eintreten, die Erdarbeiten werden nicht unterbrochen, auch der abgestürzte Boden selbst wird nicht durchweicht, er kann leicht beseitigt werden. Dies geschieht erst dann, wenn man mit dem Verlegen der Röhren bis zu der beschädigten Stelle gekommen ist. Dann werden die vorläufig eingebrachten Röhren wieder aufgenommen und endgültig neu verlegt.

Die Kosten für das Ausheben der Draingräben betragen bei 1,25 m Tiefe 5 bis 10 Pfg. für das Meter, bei 1,50 m Tiefe 7 bis 14 Pfg., bei 2 m 10 bis 20 Pfg., je nach Tagelohn der Arbeiter und Schwere des Bodens. Die tägliche Leistung eines Arbeiters bei 10stündiger Arbeitszeit beträgt:

bei einer Grabentiefe von . . . . .	1	1,25	1,5	1,75	2 m
in einem mit dem Spaten leicht zu bearbeitenden Boden . . . . .	40	32	20	14	11 „
in einem mit Hacke und Schaufel zu bearbeitenden Boden . . . . .	25	20	13	9	7 „

§ 48.

**Verlegen der Drainröhren.** Nach Herstellung der Draingräben sind die Röhren von den Lagerplätzen längs der Gräben zu *verteilen*.

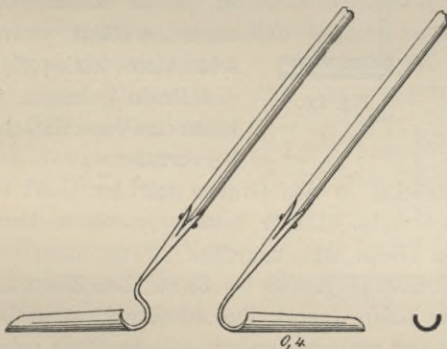


Fig. 345.  
Hohlkelle.

Fig. 346.  
Schwanenhals.



Fig. 347.  
Sohlenstampfer.

Hierbei werden alle schlechten, unbrauchbaren Röhren ausgeworfen und unter den brauchbaren die krummen Röhren für die Bildung von Kurven zur Seite gesetzt.

In den Draingräben wird der hineingefallene lose Boden, sowie jede Unregelmäßigkeit der Grabensohle beseitigt durch die *Hohlkelle* oder den *Schwanenhals*. Beides sind halbkreisförmig gekrümmte, an einem langen Stiel schräg befestigte Geräte (Fig. 345 und 346). Die Hohlkelle wird vorwärtsgehend geführt, der Schwanenhals beim Rückwärtsgen. Entweder

das eine oder das andere Gerät muß in mehreren Nummern vorhanden sein, nach der Stärke der zu verlegenden Drainröhren und der dadurch gebotenen Sohlenbreite der Gräben. Unter Umständen wird auch der *Sohlenstampfer* gebraucht, ein halbkreisförmig ausgearbeitetes Stück Holz von ungefähr 0,5 m Länge mit lotrecht befestigtem langen Stiel (Fig. 347). Nach der Bearbeitung mit diesen Geräten muß die Grabensohle wie gehobelt aussehen und möglichst wenig Stellen enthalten, die als frühere Vertiefungen mit loser Erde ausgefüllt sind.

Das eigentliche Legen der Röhren geschieht von oben nach unten. Die *erste Röhre* an dem oberen Ende jedes Stranges wird durch einen in Lehm gebetteten Stein, durch Scherben von Dachpfannen oder ein passend zugeschnittenes Dachsteinstück verschlossen. Mitunter werden die Endröhren vorher durch Betonfüllung oder in Zementmörtel versetzte Steine

zugerichtet. Manche Fabriken liefern auch gebrannte Drainröhren, die an einem Ende in grünem Zustande geschlossen worden waren. Je zuverlässiger der Verschluss ist, um so besser. Ohne einen solchen würden sehr viele Sinkstoffe in den Drain gelangen und leicht eine Verschlämmung hervorrufen.



Fig. 348.

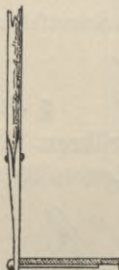
Fig. 349.  
Legehaken.

Fig. 350.

Die Röhren werden demnächst in den Graben mit der Hand oder mit Hilfe des *Legehakens* eingebracht. Dieser besteht aus einem kurzen Rundeisen von 13 bis 15 mm Dicke und ungefähr 26 cm Länge mit rechtwinklig befestigtem langen Stiel (Fig. 348 bis 350). Das Eisen muß kürzer sein, als die aufgesteckte Röhre (vergl. Fig. 350), weil sonst beim Verlegen das benachbarte, schon fest verlegte Drainrohr losgerüttelt werden würde. Die Benutzung des Legehakens ist dringend anzuraten, denn die Arbeit wird nach einiger Übung schneller, billiger und besser ausgeführt als bei dem Verlegen mit der Hand, auch wird die Grabensohle nicht verletzt. Immer anwendbar ist der Legehaken für Röhren bis 8 cm Weite und Gräben bis 1,3 m Tiefe; geschickte Arbeiter benutzen ihn auch für 16 cm weite Drains in 2 m Tiefe.

Die Drainröhren müssen so dicht als möglich aneinander gestossen werden, derart, daß es nicht möglich ist, aus dem verlegten Drainstrang eine einzelne Röhre herauszuheben, ohne die anderen mitzunehmen. Die Röhren sind fast immer ein wenig gekrümmt. Sie sind durch Streichen



mit dem Legehaken längs des Grabenrandes (vergl. Fig. 351) so zu drehen, daß die Krümmung nie oben oder unten, sondern stets an einer Seite sich befindet, und zwar in abwechselnder Folge, bald rechts, bald links (vergl. Fig. 352). Dann erreicht man einen dichten Schluß der Fugen. Röhren, die ein wenig hoch liegen, werden mit dem Legehaken etwas niedergedrückt; andere, welche zu tief liegen, werden aufgenommen und erst dann wieder verlegt, nachdem man mit Hilfe des Legehakens von der Seitenwand des Grabens ein wenig Erde untergescharrt hat.

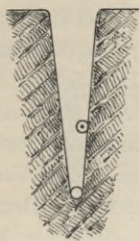


Fig. 351.



Fig. 352.

Verlegen der Drainröhren mittels des Legehakens.

War der Graben richtig abgesteckt und nivelliert worden, so gewinnt der Drainstrang bei diesem Verfahren eine sehr genaue Lage; die Benutzung anderer Hilfsmittel, wie Wasserwaage oder dergl., ist nicht nötig. Bei *Unterbrechungen* der Arbeit müssen überall da, wo Frösche vorkommen, die bereits verlegten Drainröhren vor dem Einkriechen dieser Tiere geschützt werden. Man benutzt zu diesem Zweck Sperrbrettchen oder kleine Bleche, kleine Gitter oder Dachsteinstücke, die man an dem Ende des Drainstranges — nie in die letzte Fuge — in den Boden steckt (siehe Fig. 353 und 354). Vor dem Einschieben in die letzte Fuge muß gewarnt werden, weil es leicht vorkommt, daß dann beim Wiederaufnehmen der Arbeit die Beseitigung des Verschlusstückes von den Arbeitern vergessen wird!

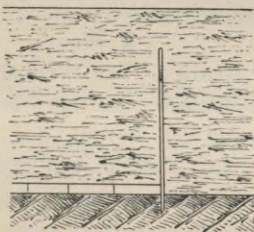


Fig. 353.

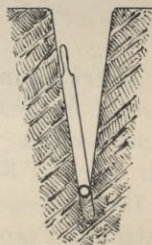


Fig. 354.

Sperrbrettchen bei Unterbrechungen der Arbeit.

Das Verlegen der Drainröhren ist eine sehr wichtige Arbeit; es geschieht daher in der Regel durch den Schachtmeister selbst oder einen erfahrenen Vorarbeiter, und zwar im Tagelohn, nicht im Akkord. Während des Verlegens muß die letzte Prüfung der Röhren bezüglich ihrer Brauchbarkeit stattfinden. Ein geübter Röhrenleger kann 12 bis 15 Grabenarbeitern folgen; die Leistung in einer Stunde beträgt durchschnittlich 25 Meter, der Kostenaufwand für das Meter Grabenlänge ungefähr 1 Pf.

### § 49.

**Verfüllen der Gräben.** Sind die Röhren verlegt, so werden die Gräben verfüllt. Diese Arbeit muß nach letzter und sorgfältiger Prüfung der Röhrenlage tunlichst bald nach dem Verlegen der Röhren geschehen und zwar sofort in mindestens 0,2 bis 0,3 m Höhe. Man nennt das Aufbringen dieser ersten dünnen Bedeckung das „Verstechen“. Die Decke wird so vorsichtig wie möglich eingebracht, um die Lage der Röhren nicht zu ändern. Am besten geschieht es durch geringes Anstechen der Seitenwände des Draingrabens mit dem Spaten. Das früher übliche Bedecken der Drainröhren mit Stroh oder Rasen ist jetzt nicht mehr gebräuchlich, denn diese Stoffe verwesen im Boden und geben dann zu Verstopfungen Veranlassung. Dagegen hat sich mehr und mehr die Verwendung von Mutterboden bewährt, der aus den Seitenwänden des Draingrabens abgestochen wird. Die früher vorhandene Besorgnis, daß der Mutterboden das Einwachsen von Wurzeln veranlassen oder begünstigen könnte, ist durch die Erfahrung widerlegt worden. Andere Bedeckungen von Ton, Lehm, Kies oder Lohe, in ungefähr 15 cm Stärke, sind nur bei Trieb sand angebracht, um Verschlammungen zu verhüten.

Über der ersten vorsichtig aufgebrauchten Decke ist der Untergrund in dünnen Schichten zunächst ohne Werfen einzulassen. Darauf wird die Muttererde aufgebracht und über dem Draingraben abgewölbt, sodaß nach dem Setzen des Bodens eine ebene Oberfläche entsteht. Die Kosten des Verfüllens betragen gewöhnlich  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Aushubkosten.

### § 50.

**Verbindung der Drains.** Die Verbindung zweier Drains geschieht entweder in gleicher Höhenlage oder mit Überdeckung. Die Verbindung in gleicher Höhe hat zwar den Vorteil, daß kein Gefällverlust entsteht, dafür aber den Nachteil, daß Frösche viel leichter in alle Verzweigungen der Drainage eindringen können. Die Verbindung mit Überdeckung ist leichter auszuführen und bietet Sicherheit gegen das Eindringen der Frösche, sie führt aber immer zu Gefällverlusten.

Die *Verbindung in gleicher Höhe* darf nicht so ausgeführt werden, daß man das größere Rohr kreisförmig anschlägt, und das kleinere in die Öffnung einführt: denn hierdurch würde der innere Querschnitt des Sammeldrains beschränkt, das Wasser gestaut und eine Versandung hervorgerufen werden. Will man der Kosten wegen nicht besonders geformte Drainröhren verwenden (s. unten), so kann man nach folgendem bewährten Verfahren die Verbindung mit Dachstein- und Drainrohrstücken in Zement mauern lassen.

Zwischen zwei Sammelröhren wird das Saugerrohr so eingepaßt, daß es nicht in den Querschnitt der Sammeldrains hineinragt. Die dadurch

entstehende weite Fuge wird in der Sohle und an der dem Saugedrain gegenüber liegenden Seite durch ein muldenförmiges, großes und weites Drainrohrbruchstück, an den Seiten durch Scherben von Drainröhren und Dachsteinen geschlossen, die in mehreren Lagen mit versetzten Stößen in Zementmörtel gebettet werden. Ein großes, in Zement verlegtes Dachsteinstück bildet die Decke. Hierdurch entsteht eine aus gebrannten Steinen in Zement gemauerte, feste Stofsverbindung, bei der wohl eine Erweiterung, aber keine Verengung des Hauptrohres an der Verbindungsstelle vorhanden ist. Der Zementverbrauch ist nicht groß, es genügt durchschnittlich eine Tonne Zement für 50 ha.

Die *Verbindung mit Überdeckung* hat sich durch langjährige Erfahrung bewährt. Sie ist der Verbindung in gleicher Höhe vorzuziehen;

es sei denn, daß ein ungewöhnlich geringes Gefälle des Drainagefeldes sie unmöglich macht. Nachstehendes, von Jul. Kühn zuerst angewandtes Verfahren ist jetzt allgemein gebräuchlich: Mit einem Spitzhammer werden runde Löcher sowohl in den Sammeldrain wie in den Saugedrain geschlagen. Sie müssen, aufeinander gelegt, gut passen. Die Fuge wird dann (nach Fig. 355) mit einem Tonwulst verklebt, und das Ende des Saugedrains durch ein passend bearbeitetes, in Ton gebettetes

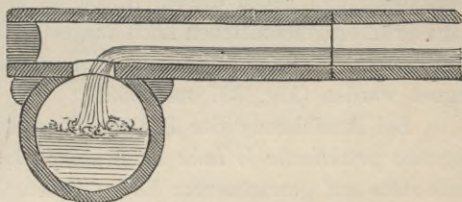


Fig. 355. Verbindung zweier Drains durch Überdeckung ohne Formsteine.

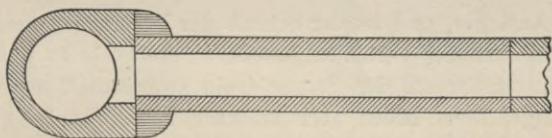


Fig. 356. Verbindung zweier Drains in gleicher Höhe durch Formsteine.

Dachsteinstück geschlossen. Dieser Abschluß ist nötig, um Auswaschungen des Bodens durch den Wasserstofs zu vermeiden.

Bei Anwendung *besonders geformter Drainröhren* wird eine sichere Verbindung sowohl mit wie ohne Überdeckung ermöglicht. Derartige Röhren werden innen rund, außen *D*-förmig durch die Drainrohrpresse hergestellt. Das Rohr für den Sammler erhält an der geraden Seite ein Loch von der Größe der Saugerweite, das eingeschnitten wird, während die Röhre sich in grünem Zustande befindet, d. h. bevor sie vollständig getrocknet ist. Für die Sauger sind besondere Formstücke nicht nötig, sobald die Verbindung in gleicher Höhe ausgeführt werden soll. Sie sind dann nur (nach Fig. 356) durch Lehmverstrich in ihrer Lage zu erhalten. Größere Sicher-

heit gegen ein Verschieben des Stofses bildet ein ringförmiger Wulst um das Loch des Sammlers, welcher mit dem Rohr grün verbunden und gebrannt wird, und der muffenartig das Saugerrohr umfaßt. Das in den Sammeldrain geschnittene Loch darf wohl größer, nie aber kleiner sein, als der Querschnitt des Saugerrohres.

Derselbe Sammeldrain-Formstein läßt sich auch zur Verbindung *mit* Überdeckung verwenden. Es sind dann aber ähnliche **D**-förmige Stücke auch für die Saugedrains nötig. Dieselben werden an dem einen Ende geschlossen und neben diesem Abschlufs mit einem in der geraden Seitenwand grün eingeschnittenen Loch ausgestattet. Dem Verschieben der Röhren kann durch je zwei Nasen auf den geraden Außenflächen wirksam begegnet werden (Fig. 357 und 358).

Bei Ausführung der Drainrohrverbindungen im allgemeinen werden folgende *praktische Winke* empfohlen: Das letzte Stück des Saugedrains muß stets auf gewachsenem Boden ruhen (s. Fig. 359). Nur dann findet

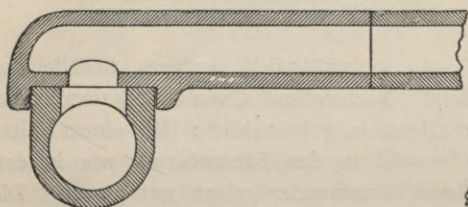


Fig. 357.

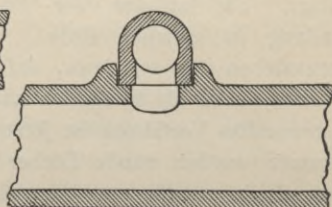


Fig. 358.

Verbindung zweier Drains durch Formsteine mit Überdeckung.

es ein gutes Auflager, und ist der Schluß der Verbindung gesichert. War der Draingraben an der Verbindungsstelle zu breit oder zu tief ausgehoben, sodafs das Saugerrohr auf dem Sammeldrain zwar sicher, mit dem anderen Ende auf eingefültem Boden aber unsicher ruht (Fig. 360), so wird es sich hier setzen und die Verbindung lockern. Es darf daher die Verbindung zweier Drains nie nach Fig. 360, sondern nur nach Fig. 359 geschehen. Ferner: eine zu spitze Verbindung der beiden Drains ist zu vermeiden. Denn dann hat das Saugerrohr nie eine sichere und ruhige Lage (s. Fig. 362). Spitzwinklig den Sammler treffende Sauger sind vorher zur Vergrößerung des Winkels bogenförmig zu führen (vergl. Fig. 361). Endlich sind bei Verbindungen mit Überdeckung die Arbeiter darin zu üben, dafs sie die Grabensohle für die Sauger stets höher anstehen lassen, als die Sohle des Sammlers (s. Fig. 363). Dies fällt den Leuten schwer. Sie heben gewöhnlich beide Sohlen in gleicher Höhe aus. Ist dies trotz Belehrung und Aufsicht einmal geschehen, so ist die nachträgliche Auffüllung der Lagerstelle, etwa nach Fig. 364, nicht zu empfehlen, denn die Röhren liegen dann auf geschüttetem Boden immer locker und schlecht

und sacken leicht; es ist vielmehr alsdann besser, den Sammeldrain tiefer ausheben zu lassen und ihn im ganzen unteren Laufe zu senken, falls dies möglich ist.

### § 51.

**Ausmündungen.** Die Ausmündungen sind die gefährdetsten Stellen der Drainage. Man muß daher ihre Zahl auf das geringste Maß beschränken. Hieraus ergibt sich die Regel, möglichst große Systeme zu bilden. Diese Regel darf aber nicht zu weit getrieben werden. Sie ist z. B. da nicht am Platze, wo teure, weite Röhren auf langer Strecke durch

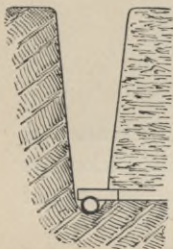


Fig. 359.

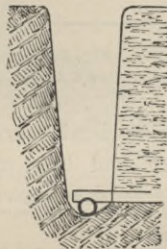


Fig. 360.

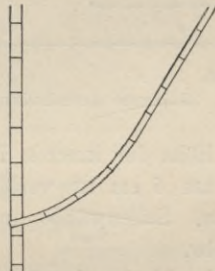


Fig. 361.

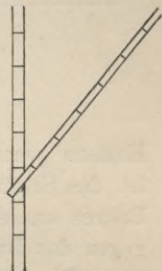


Fig. 362.

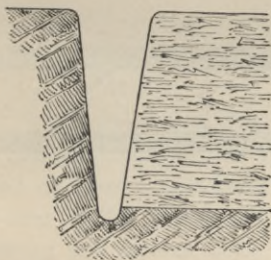


Fig. 363.

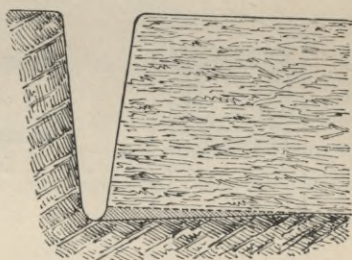


Fig. 364.

Fig. 359 bis 364. Fehler bei Ausführung von Rohrverbindungen und ihre Berichtigung.

Anordnung einer neuen Ausmündung erspart werden könnten, oder wo Triebsand oder viel Quellen vorhanden sind. Hier ist eine schnelle Abführung des Wassers bei starkem Gefälle geboten.

Werden die *Ausmündungen aus Holz* hergestellt, so verwendet man dazu Eichen- oder Kiefernholz und gibt den passend gezimmerten Brettern vor dem Zusammennageln allseitig zweimal einen Anstrich mit heißem Karbolineum. Die Form des Kastens zeigen Fig. 365 und 366. Die innere Höhe entspricht stets dem inneren Durchmesser ( $d$ ) der Sammeldrains, die innere Breite dagegen nur dann diesem Durchmesser, wenn die Ausmündung offen oder mit Klappenverschluß nach dem Vorflutgraben hin mündet. Sie kann sogar in diesem Falle bis auf  $0,8 d$  vermindert werden.

Sollen aber Gitter in der Ausmündung angebracht werden (s. § 54), so muß das innere Breitenmaß des Kastens erheblich größer sein; es empfiehlt sich, es gleich dem äußeren Durchmesser des Sammeldrains zu wählen. Kleine Leisten an den inneren Seitenwänden des Kastens vermitteln den Stofs mit dem Drainrohr (Fig. 367 und 368). Um das Verlegen des

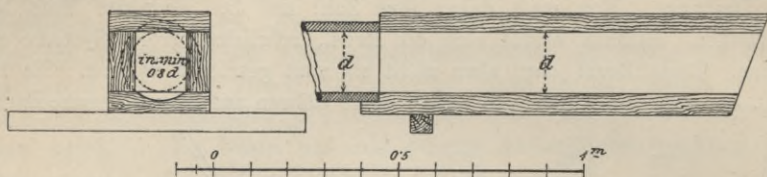


Fig. 365.

Fig. 366.

Hölzerne Ausmündungskästen ohne Gitter.

Kastens genau in Höhe der inneren Sohle des Drainrohres sicherzustellen, ist das Sohlbrett um 5 cm zu verlängern und hier um die Dicke des Rohres auszuhöhlen. Seitenwände und Decke des Kastens stoßen stumpf gegen das Drainrohr.

Die Länge der Kasten beträgt in der Regel 1 bis 1,5 m, nur bei morastigem oder leicht beweglichem Boden oder an gefährdeten Ufern ist

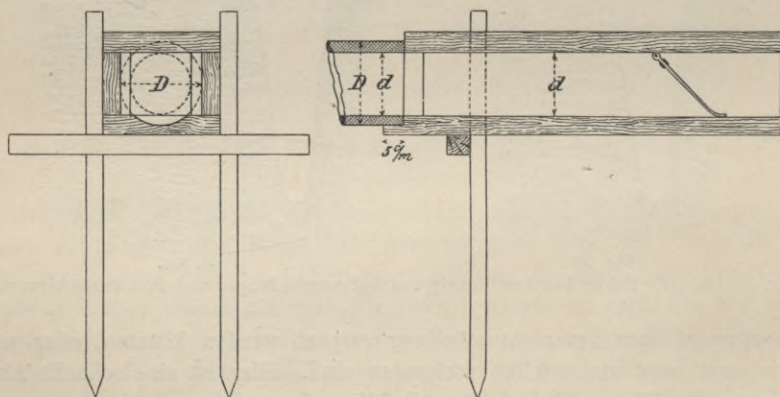


Fig. 367.

Fig. 368.

Hölzerne Ausmündungskästen mit Gitter.

eine größere Länge erforderlich, unter Umständen bis 5 und 6 m. Am hinteren Ende wird immer unter dem Boden des Kastens eine Querleiste genagelt zum Schutz gegen das Herausziehen durch Menschen oder Tiere oder das Abspülen durch Hochwasser (Fig. 365 und 366). Will man noch größere Sicherheit in dieser Hinsicht erreichen, so schlägt man vor der Querleiste zwei Pfähle ein (Fig. 367 und 368).

*Ausmündungen aus Ton* oder glasierten Muffenrohren von 1 m Länge sind zwar sehr wetterbeständig, aber auch sehr spröde. Sie werden daher leicht zerschlagen. Aus diesem Grunde sind sie weniger gebräuchlich und sollten nur mit einem Vorbau von Ziegeln oder Bruchsteinen zur Anwendung kommen.

*Ausmündungen aus Zementröhren* sind widerstandsfähig und bedürfen keines schützenden Vorbaues. Sie müssen aber mindestens 5 cm Dicke haben, sind daher schwer und verursachen große Beförderungskosten. Ihre Anwendung ist da zu empfehlen, wo man versteht, die Röhren an Ort und Stelle zu fertigen.

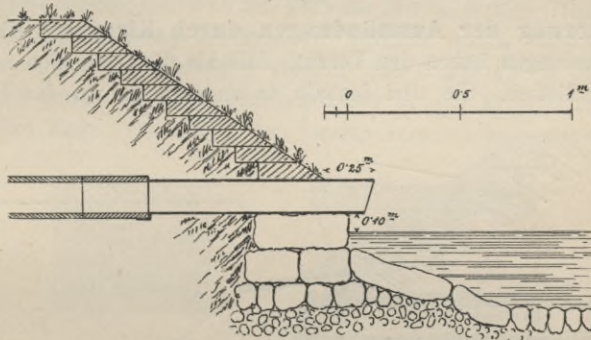


Fig. 369. Eiserne Ausmündung ohne Gitter.

*Ausmündungen aus Eisen* sind sehr gebräuchlich und haben sich gut bewährt. Sie werden 7 bis 8 mm stark, mit rundem Querschnitt gegossen und gegen Rost durch einen Anstrich geschützt. Gewöhnlich werden sie ohne Muffen hergestellt; besser ist es, ihnen wenigstens eine halbe Muffe an der unteren Seite zu geben (Fig. 369).

## § 52.

**Sicherung der Ausmündungen.** Zum Schutz *gegen Menschen*, besonders gegen die Neugierde der Kinder, muß eine möglichst verborgene Stelle und eine wenig auffällige Bauart für die Ausmündung gewählt werden.

Zum Schutz *gegen Frost* empfiehlt sich eine Tiefe von wenigstens 0,8 m unter der Geländehöhe, besser 1 bis 1,25 m. Ist diese Höhe nicht vorhanden, so ist unter Umständen eine Überschüttung der letzten zu flach liegenden Strecke des Vorflutdrains am Platze.

Um Beschädigungen durch *Pflanzenwurzeln* zu vermeiden, müssen die Ausmündungen außerhalb des Bereichs von Bäumen liegen; bei Erlen und Weiden empfiehlt sich eine Entfernung von 10 bis 15 m. Kann die

Lage der Ausmündung nicht verändert werden, so sind die Bäume mit ihren Wurzeln zu beseitigen.

Zur Sicherung *gegen weidende Tiere* ist die Ausmündung zu umfriedigen oder an einer schwer zugänglichen Stelle anzulegen.

Ein Schutz *gegen kleine, warmblütige Tiere*, welche in die Röhren hineinzukriechen pflegen, ist nicht nötig. Diese Tiere verlassen die Drains, sobald dieselben „zu laufen“ beginnen. Dagegen sind *kaltblütige Tiere*, welche vom Wasser angelockt werden, durch besondere Sicherheitsmafsregeln abzuhalten (§§ 53—55).

### § 53.

**Sicherung der Ausmündungen durch Klappen.** Klappen vor den Ausmündungen haben den Vorzug, dafs sie die Drainagen nach aufsen ganz verschliefsen. Sie sind deshalb da angebracht, wo das Hochwasser

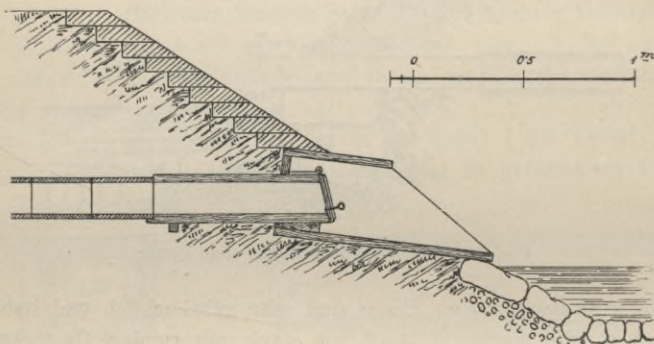


Fig. 370. Ausmündung mit Klappe.

des Vorfluters nachteilig auf die Drainage wirken könnte. Um manchen anderen Übelständen zu begegnen, haben sie aber folgende Bedingungen zu erfüllen (Fig. 370):

1. Die Klappen dürfen nicht zu schräg hängen, sonst bieten sie dem Austritt des Wassers zu grossen Widerstand, sie verursachen einen Druckhöhenverlust.
2. Das Scharnier muß so befestigt sein, dafs die Klappe sich abheben kann, ohne zu klemmen. Dazu muß der eine Flügel des Scharniers an der Unterseite der Klappe, der andere an der Oberseite des Kastens sich befinden.
3. Die untere Kante des Ausmündungskastens muß frei vor der Böschung hervortreten, sodafs Schlammablagerungen nicht den dichten Schluß beeinträchtigen können.
4. Dem Verziehen des Holzes, aus dem die Klappe besteht, muß durch einen Schutzkasten vorgebeugt werden, der Sonnenstrahlen und Regen von der Klappe fern hält.

— Trotz dieser Vorsichtsmafsregeln besteht immer noch der Nachteil,



dafs die Klappen von Gras überwuchert und von Menschen leicht zerstört werden können. Sie sind daher nur da zu empfehlen, wo sie wegen des Schutzes gegen Hochwasser nicht zu entbehren sind.

### § 54.

**Sicherung der Ausmündungen durch Gitter.** Die Gitter können sein: fest, herausnehmbar, drehbar, Sohlen- oder Seitengitter.

1. *Feste Gitter* sind nur in den seltenen Fällen zulässig, in denen das Drainwasser nicht zur Bildung von Ablagerungen, Kalk- und Eisen-Verbindungen oder Algen neigt. Die früher gebräuchlichen Verschlüsse durch Drahtstäbe, gebogenen Draht, gelochte Bleche, fertige Gitter, gelochte gufseiserne oder tönernerne Deckplatten erfüllen ihren Zweck gewöhnlich nicht. Denn die Öffnungen sind in der Regel 15 bis 20 mm weit. Sie sind zu groß, um das Einkriechen der jungen Frösche zu verhüten, dann aber zu klein, um den in den Drains ausgewachsenen Fröschen das

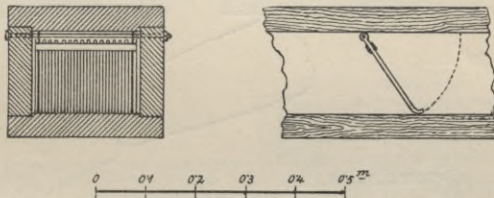


Fig. 371.

Drehbares Gitter nach Mannskopf.

Fig. 372.

Austreten zu ermöglichen. Will man die Drainage durch Gitter wirksam schützen, so müssen die jungen Frösche zurückgehalten werden, und dazu gehört eine Entfernung der Gitterstäbe von nicht mehr als 4 mm. In dieser geringen Weite stellt man die Gitter aus Flachstäben her, die man zum Schutz gegen Ausbiegen durch mehrere Spreizen verbindet. Auch empfiehlt es sich, die eisernen Gitter gegen Rosten durch Verzinken zu sichern.

2. *Herausnehmbare* oder *Einschubgitter* werden wie die festen Gitter aus verzinktem Flacheisen mit 4 mm weiten Entfernungen und Spreizen hergestellt und an der oberen Seite mit einer Schleppfeder ausgestattet, welche die lotrechte Stellung des Gitters in der Ausmündung sichert. Sie haben vor den festen Gittern den Vorzug, dafs sie mit Hilfe eines Drahtakens herausgezogen werden können und daher bei etwa auftretenden Verstopfungen, nicht das Herausheben des ganzen Ausmündungskastens erforderlich machen.

3. *Drehbare Gitter* können nach dem vom Drintechniker Mannskopf in Ratibor herrührenden Vorschlage, wie Fig. 371 und 372 zeigen,

hergestellt werden. Die flachen Stäbe haben 4 mm Entfernung, die Drehachse wird durch Löcher in den Seitenwänden des Kastens gezogen.

4. *Sohलगitter* baut der Rittergutsbesitzer Schlote in Logau bei Groß-Lessen nach einem ihm patentierten Verfahren derart, daß er in der Sohle des Kastens ein Blech mit nach unten gestanzten Löchern befestigt und den Kasten vorn durch eine Tür verschließt. Unterhalb des Bleches setzt sich die Ausmündung in einer zweiten, vorn offenen Kammer

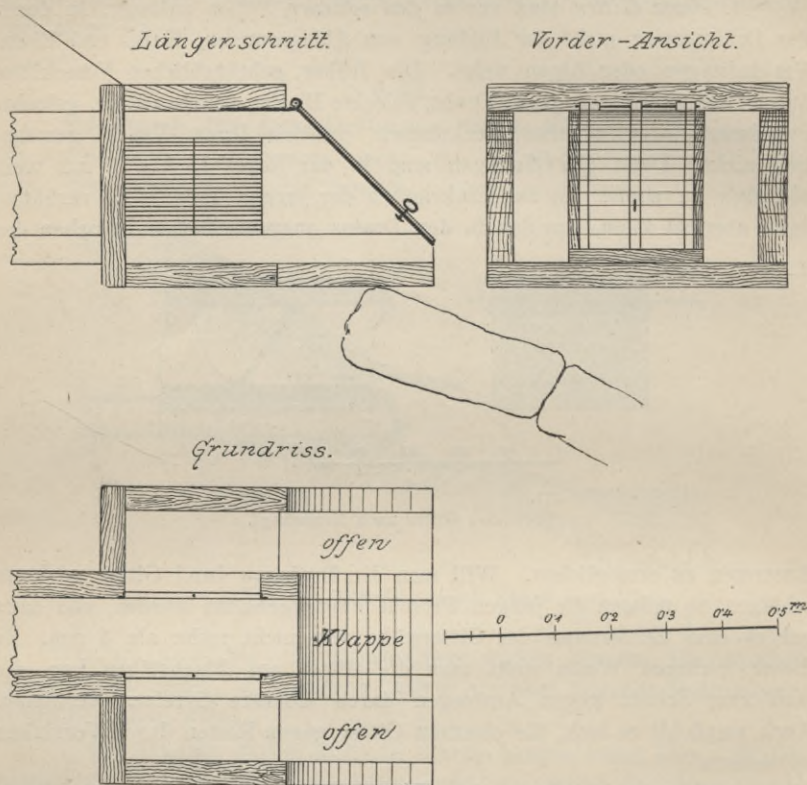


Fig. 373 bis 375. Ausmündung mit zwei Seitengittern. (Nach Gerhardt.)

fort. Die Frösche können in diese untere Kammer zwar hinein, werden aber durch die scharfen Ecken der gestanzten Löcher vom Vordringen nach oben zurückgehalten. Die Bauart hat den Nachteil, daß die Tiefenlage der Ausmündung und damit die Vertiefung des Vorflutgrabens um die Höhe des Kastens vergrößert wird.

5. *Seitengitter* (Fig. 373 bis 381) mit festen, 4 mm weiten, verzinkten Gittern sind vom Verfasser hergestellt worden. Die Gitter können an einer oder an beiden Seiten sich befinden. Dem entsprechend

hat die Ausmündung eine oder zwei kurze Seitenkammern. Diese Seitenkammern sind vorn offen, die mittlere Hauptkammer aber wird durch eine, in

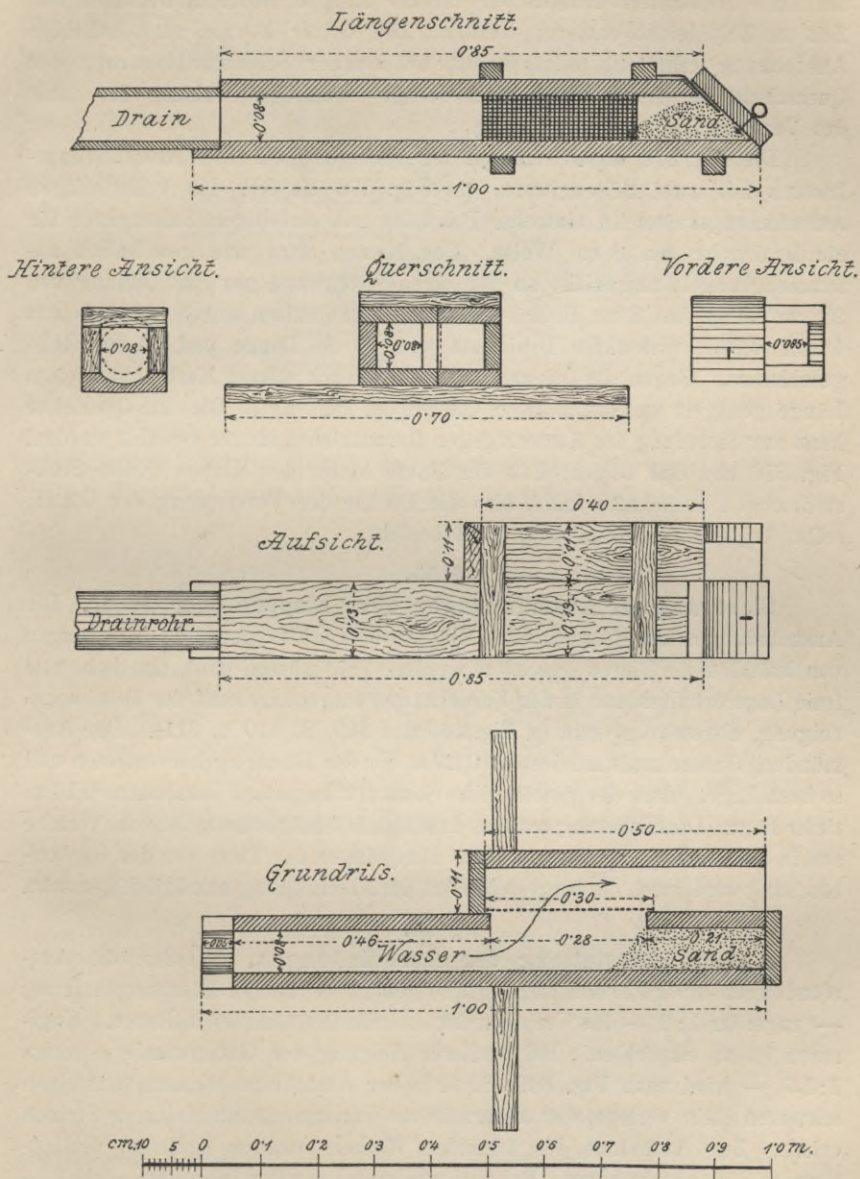


Fig. 376 bis 381. Hölzerner Ausmündungskasten mit einseitigem Seitengitter.  
(Nach Gerhardt.)

Scharnieren schräg hängende eiserne oder hölzerne Klappe geschlossen. Das Eindringen von Fröschen ist ausgeschlossen, die Sinkstoffe lagern sich am Ende des Kastens unmittelbar vor der Klappe nieder und können von Zeit zu Zeit leicht entfernt werden. Die Gitter können eine beliebige Ausdehnung erhalten, sodaß selbst bei starker Schlammablagerung der Querschnitt der Ausmündung nicht beengt wird; eine Senkung der Sohle des Vorflutgrabens ist nicht nötig.

Die Fig. 373 bis 375 zeigen den vorderen Teil eines Ausmündungskastens mit zwei Seitengittern, die Fig. 376 bis 381 den vollständigen Ausmündungskasten in einfacher Bauweise mit einseitigem Seitengitter für ein Drainrohr von 8 cm Weite. Der Kasten wird wie gewöhnlich zusammengenagelt und erhält an der einen Seitenwand nur eine Öffnung von 28 cm Länge bei 8 cm Höhe. Diese wird von aussen durch ein höchstens 4 mm weites, verzinktes Drahtnetz von 30 cm Länge und 10 cm Höhe geschlossen. Gegen die Öffnung wird ein seitlich offener Kasten von 0,5 m Länge genagelt und durch kurze Querleisten befestigt. Die eine Querleiste kann zur Sicherung des Kastens gegen Herausziehen länger gewählt werden. Fig. 376 und 381 zeigen, daß der Raum hinter der Klappe große Sinkstoffmengen aufnehmen kann, also die Gefahr der Verstopfung der Gitter, selbst bei seltener Reinigung, nicht besteht.

### § 55.

**Sicherung der Ausmündungen ohne Klappen oder Gitter.** Die Ausmündungen können auch ohne Klappen oder Gitter gegen das Eindringen von kaltblütigen Tieren geschützt werden. Sie müssen dann eine hohe und freie Lage erhalten und in der Vorderkante, entgegengesetzt der Böschungsneigung, abgeschrägt sein (s. Fig. 366 und 369, S. 310 u. 311). Der Ausmündungskasten muß mindestens 0,25 m vor der Böschung hervortreten und so hoch liegen, daß der gewöhnliche Sommerwasserstand mindestens 0,10 m tiefer liegt. Die Sicherung rechnet damit, daß die Frösche meist vom Wasser aus in die Drainage eindringen. Das Einspringen der Tiere von der Grabenböschung wird durch die dargestellte Art der Abschrägung unmöglich gemacht.

### § 56.

**Äußere Ausstattung der Ausmündungen.** Werden die Ausmündungen *ohne Vorbau* angelegt, so genügt bei flacher Böschungsneigung — ungefähr 1:2 — das Verlegen der Ausmündungskasten in Rasen. Kopfrasen ist zu empfehlen. Bei steilerer Neigung der Gabenwände — etwa 1:1,5 — wird nach Fig. 369, S. 311, der Ausmündungskasten auf einen schweren Stein verlegt, der seinerseits ein Fundament von kleineren Steinen erhält. Zur Aufnahme des fallenden Wassers werden größere, plattenförmige Steine angeordnet. Bei noch steilerer Lage der Böschung — 1:1 — ist diese mit großen Steinen abzupflastern und der Ausmündungskasten auf Trockenmauerwerk zu verlegen.

Ausmündungen *mit Vorbau* bieten den Vorteil, daß der Vorderteil des Kastens der Strömung des Wassers entzogen und dadurch vor Be-

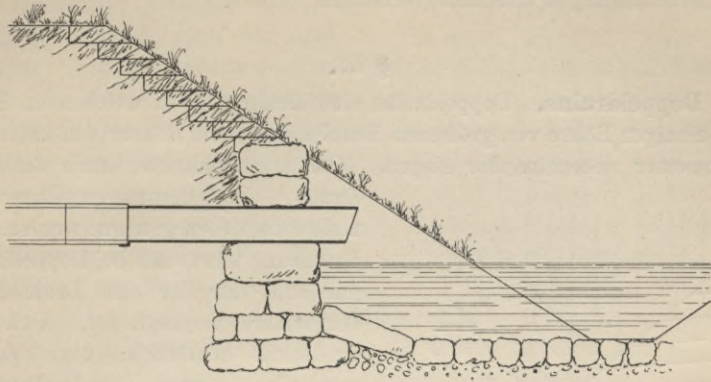


Fig. 382. Ausmündung mit Vorbau. Längenschnitt.

schädigungen geschützt wird. Sie erfordern aber eine größere Sorgfalt bei der Herstellung und größere Kosten. Nach Fig. 382 und 383 wird eine

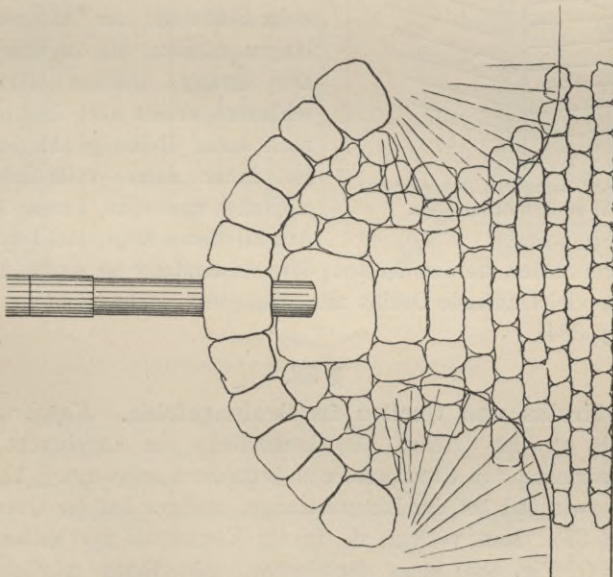


Fig. 383. Ausmündung mit Vorbau. Grundriss.

bogenförmige Nische in Trockenmauerwerk hergestellt. Mitunter wird der Vorbau auch durch große Platten oder ein Gewölbe überdeckt. In diesem Falle ist er regelrecht in Mauerwerk herzustellen. Er wird auch unter

Umständen mit Wasserbecken zum Tränken des Viehes in Verbindung gebracht; doch muß alsdann durch massive Bauart dafür gesorgt werden, daß Beschädigungen durchaus vermieden werden.

### § 57.

**Doppeldrains.** Doppeldrains sind Drainzüge, in welchen an Stelle einer einzigen Röhre von größerem Durchmesser zwei Röhren von kleinerem Durchmesser nebeneinander liegen. Man findet mitunter auch dreifache Drains. Vor derartigen Bauweisen muß entschieden gewarnt werden. Die Erfahrung lehrt, daß bei Doppeldrains gar bald nur der eine Drain läuft, der andere verstopft ist. Und dies ist leicht erklärlich: denn es ist unmöglich, zwei Drainzüge so nebeneinander zu verlegen, daß die Widerstände der Wasserbewegung in beiden genau gleich sind. Daraus ergibt sich, daß in dem einen Strang mehr Sinkstoffe zur Ablagerung gelangen müssen, als in dem anderen. Der Strang, welcher stärker verschlammmt, erhält aber dadurch gerade noch mehr Reibungswiderstände, es ist daher seine vollständige Verstopfung nur eine Frage der Zeit.

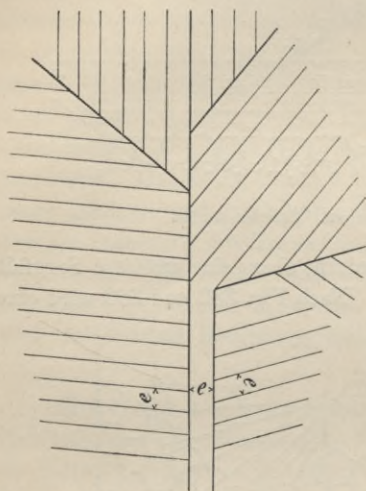


Fig. 384. Auflösung von Doppeldrains in zwei einfache Drainzüge.

Aus all diesem folgt, daß Doppeldrains durchaus vermieden werden müssen; ihre Anwendung ist durch Auflösung in einfache, gleichlaufende Drains mit Strangentfernung leicht zu umgehen (vergl. Fig. 384).

### § 58.

**Kopfdrains und Quellen im Drainagefelde.** *Kopfdrains* sind Drains, die an der Grenze des Grundstücks da angebracht werden, wo das Eindringen von Grundwasser zu befürchten ist (vergl. § 12, S. 229). Sie sind vorwiegend bei der Längsdrainage, weniger bei der Querdrainage nötig (s. § 37). Man verlegt sie in ein Viertel bis zur halben Strangentfernung ( $e$ , Fig. 385) längs der Grenze, gibt ihnen möglichst kurze Länge und läßt sie in den nächsten Sauger münden.

*Quellen* im Drainagefelde müssen besonders sorgfältig beobachtet und abgefangen werden. Wenn nach dem Auswerfen der Draingräben ein Abnehmen des Wasserzufflusses beobachtet wird, so genügt oft die Ver-

mehrung der Sauger durch engere Lage oder das Zwischenlegen kurzer Sauger. Bleibt die Quelle dagegen unverändert, so muß sie durch strahlenförmige Drains besonders abgefangen und ohne Zusammenhang mit der übrigen Drainage nach der Ausmündung geleitet werden (s. Fig. 387). Bei eisenschüssigem Wasser sind die Gräben für die strahlenförmigen Quelldrains tiefer und breiter auszuheben, als sonst geschieht, und die Röhren vollständig in Steinen zu verpacken (Fig. 386). Je stärker der Wasserzufluß ist,

um so größer muß die Steinhüllung sein. Bei sehr wasserreichen Quellen werden zur Beschleunigung des Wasserabflusses mit dem Spitzhammer kleine Löcher in die Wandungen der Drainröhren geschlagen. Ist das Quellgebiet sehr mächtig, sodafs der Grundwasserspiegel hoch

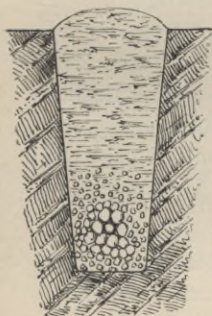


Fig. 386.

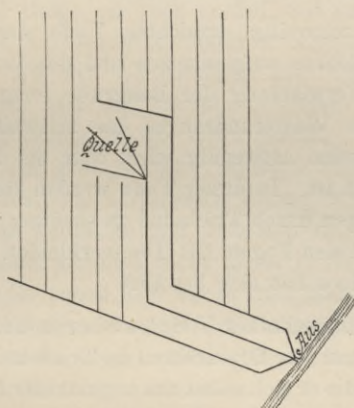


Fig. 387.

Drainieren eisenschüssiger Quellen.

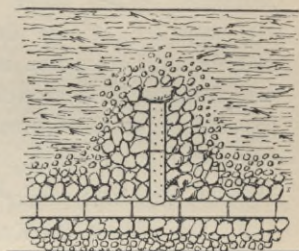


Fig. 388.

ansteigt, so hat man mit gutem Erfolg einzelne *größere* Löcher in die zwischen Steinen verpackten Drainröhren geschlagen und auf diese lotrecht zwei mit kleinen Löchern versehene Drainröhren in dichter Steinverpackung und unter Abdeckung mit einem größeren Steine versetzt (Fig. 388).

## § 59.

**Drains in Triebsand.** Triebsand ist ein inniges Gemenge von Sand und Wasser, welches wie eine Flüssigkeit den hydrostatischen Gesetzen folgt. Er entsteht, wenn Wasser von unten nach oben den Sand durchfließt, oder wenn das Wasser von oben auf den Sand drückt und dieser

durch Rühren in Bewegung gebracht wird, oder wenn die Reibung der einzelnen Sandkörnchen durch Auspumpen des Wassers oder durch Ausheben von Sand aufgehoben wird.

Hat man solchen Boden mit den Drains — etwa mit einem Vorflutdrain — zu durchschneiden, so ist dieser Teil der Drainage nicht im Herbst, sondern im trockenen Sommer auszuführen. Es sind zur Beschleunigung der Arbeit soviel Arbeiter wie möglich anzustellen, und es sind die Grabenwände zum Schutz gegen Einstürzen abzusteiern. Gelingt es trotz dieser Mittel nicht, im Triebssande die nötige Tiefe zu erreichen, so werden in der bislang gewonnenen Tiefe die Drains zeitweise verlegt. Dies geschieht, indem man die Drains auf Spaltlatten bettet, die durch einzelne Querbrettchen verbunden sind. Mit Hilfe solcher Latten läßt sich in der nassen Baugrube eine große Zahl von Röhren zu einem fortlaufenden Strange schnell verlegen. Die Röhren entwässern den benachbarten Boden, sie senken den Grundwasserstand, der Sand wird trocken und damit fest: er hört auf, Triebssand zu sein.

Ist dies bis zur zeitweilig erreichten Tiefe der Baugrube geschehen, so werden die Röhren aufgenommen und die Vertiefungsarbeiten möglichst schnell unter Verpfählung der Baugrube fortgesetzt, so lange, bis entweder zufolge des Wasserandranges das zeitweise Verlegen der Röhren auf Latten von neuem notwendig wird, oder bis die für die Drains erforderliche Tiefe erreicht ist. In dieser Tiefe werden die Röhren, um sie dauernd gegen Verstopfungen durch Triebssand zu schützen, in Kies gebettet und, wenn erforderlich, in den Fugen mit Ton verkleidet. Auch eine Bedeckung mit Lohe oder Moos hat sich bewährt.

Der verstorbene Kulturtechniker V. Schweder in Gr.-Lichterfelde bei Berlin benutzte zum Verlegen der Drainröhren in Triebssand und Moorboden mit gutem Erfolge Muffen, die er sich selbst aus sogenannter Isolierpappe nach folgendem Verfahren herstellte. Zwei Pappblätter mit zwischenliegender Bleifolie werden in Streifen von 10 bis 15 cm Breite und solcher Länge geschnitten, daß sie  $1\frac{1}{2}$  bis 2 mal das Rohr umfassen. Auch gewöhnliche Dachpappenstreifen von gleicher Größe leisten dieselben Dienste. Jeder Streifen deckt das einzelne Rohr auf 5 bis 7 cm Länge und wird nach der Umwicklung mit verzinktem Eisendraht gut befestigt. So wird eine lange Kette von Röhren auf der Baustelle neben dem Draingraben gebildet, mit Schlingen an den Enden und an jeder zehnten Röhre versehen und mit deren Hilfe unter Benutzung von Legehaken versenkt. Ein Betreten der Baugrube ist bei diesem Verfahren ganz vermieden. Die Arbeit geht nach einiger Übung schnell und sicher von statten. Bei der rauhen Oberfläche der Drainröhren schließt die Umwicklung nie so dicht, um das Eindringen des Wassers zu verhindern, aber dicht genug, um den Trieb-



sand zurück zu halten. In ähnlicher Weise hatte auch schon Vincent die Fugen der Drains gedeckt (§ 65).

An einigen Stellen, z. B. in der Provinz Groningen, verwendet man bei Triebssand nicht die gewöhnlichen Tonröhren, sondern Torfdrains. Die Durchlässigkeit dieser Drains soll das Eindringen des Wassers zwar ermöglichen, aber die hierbei auftretende Verlangsamung der Wasserbewegung soll den Sand zurück halten.

An anderen Orten hat man zum Schutz gegen Triebssand sich nur mit dem Umhüllen der Drainfugen mit fettem Ton begnügt. Viele Draintechniker sehen dies Mittel mit Recht nicht als dauernd wirksam an, weil der Ton sich mit der Zeit auflöst und mit dem Drainwasser entführt wird. Sie halten die Umhüllung der Drains mit einem für die schwimmenden Sandkörner schwer zu passierendem Material für sicherer. Als derartiges Material kommt in Betracht: Kies und grober Sand, Torfstücke, Kohlenschlacke und Mutterboden. Alle sind erprobt und für zweckmäßig befunden. Die schlammige Triebssandgrube wird mit dem zur Verfügung stehenden Material einige cm hoch verfüllt und ausgestampft, dann werden die Röhren verlegt, mit demselben Material eingehüllt und ungefähr 10 cm hoch überdeckt. Mit der Verwendung von Kohlenschlacke für diesen Zweck hat man sehr gute Erfahrungen gemacht. Nicht minder wird der Verwendung von Mutterboden das Wort geredet. Er wirkt in schiefem Untergrunde wie ein gutes Filter. Nachdem die Besorgnis, daß er das Einwachsen von Wurzeln veranlassen könnte, beseitigt ist, ist bei vielen Draintechnikern das Einbetten und Bedecken der Drains mit Mutterboden jetzt so beliebt, daß sie dies nicht allein in Triebssand, sondern überall ausführen. Nachteile haben sich bisher trotz jahrelanger Anwendung nicht gezeigt. In lehmhaltigem Untergrunde bildet der Mutterboden um den Drain eine lose Schicht, die in erwünschter Weise das Wasser leicht und rasch den Fugen zuführt.

## § 60.

**Drains in Moor.** Drains in weichem Boden werden am besten derart verlegt, daß man die Gräben um 10 bis 15 cm tiefer aushebt als die Sohlenlage erfordern würde, diesen Raum mit Sand oder besser gesiebttem Kies verfüllt und darauf die Drains verlegt. Das Kiesbett bietet ein sicheres Lager für die Röhren und schützt sie vor Versenkungen. Man hat auch statt des Kieslagers die im § 59 beschriebenen Spalatlatten zur Auflagerung von Drains in Moor mit Erfolg benutzt.

Der Durchmesser der Drains im Moor ist nicht unter 5 cm (vergl. § 66), ihr Gefälle tunlichst gering, nämlich nur 1 : 200 bis 1 : 500 zu wählen, sobald das Moor Eisensalze enthält. Bei starkem Gefälle, wenn das Wasser zu schnell abfließen kann, werden die Eisenoxydulsalze durch den Sauerstoff

der Luft zu leicht in Eisenoxydsalze umgewandelt. Diese haften fest in den Röhren und führen bei kleinem Durchmesser bald zu Verstopfungen (§ 66).

Die Strangentfernung darf nicht zu gering sein. Denn mit der zunehmenden, durch die Drainage begünstigten Verwesung des Moores nimmt die Wirkung der Drainage ab, die Zuführung des Grundwassers nach den Drains wird schwieriger, die Grundwasserkurve zwischen zwei Drains mit den Jahren steiler, sie nähert sich in der Mitte immer mehr der Oberfläche: daher ist es zweckmäßig, in moorigen Böden von Anfang an eine geringere Strangentfernung zu wählen, als nach der Beschaffenheit des Bodens zur Zeit der Bauausführung nötig wäre.

### § 61.

**Brunnenstuben.** Brunnenstuben nennt man Erweiterungen der Drainage, die den Zweck haben, das Wirken des Drains zu beobachten und danach das Auftreten von Verstopfungen zu beurteilen. Sie werden gewöhnlich an den Knotenpunkten mehrerer Sammler angelegt und bestehen häufig aus hölzernen oder gemauerten Kästen, in welche die Drains ausmünden. Eine einfache und solide Ausführung bildet die Aufstellung eines Tonrohres, das auf einem großen Stein als Fundament ruht, für die ausmündenden Drains runde Löcher erhält und mit einem Stein bedeckt wird.

Alle Brunnenstuben haben den Nachteil, daß sie sich bald mit Sinkstoffen füllen. Denn bei jeder Brunnenstube tritt eine Erweiterung des Abflußquerschnittes, also eine Verlangsamung der Geschwindigkeit des Wassers ein. Sie müssen daher regelmäßig geräumt werden. Unterbleibt dies, so entsteht durch die Brunnenstube gerade das, was man bei ihrer Anlage durch die Beobachtung des Wasserabflusses zu vermeiden glaubte, nämlich die Verstopfung. Die Erfahrung lehrt, daß in den ersten Jahren nach Ausführung einer Drainage die Brunnenstuben wohl fleißig beobachtet werden, daß aber später die Beobachtungen unterbleiben. Dann kommt der üble Einfluß der Brunnenstuben zur Geltung, sie sperren den Wasserabfluß und veranlassen selbst Schlammablagerungen in den oberhalb belegenen Drains. Es muß daher im allgemeinen den Drintechnikern die Anlage von Brunnenstuben widerraten werden.

### § 62.

**Tagwassereinlässe (sog. Filter).** Es ist im allgemeinen davor zu warnen, oberirdisch fließendes Wasser in die Drainage einzuleiten. Denn die oberirdischen Zuflüsse treten sehr schnell auf, sie belasten die Drainage in ungewöhnlicher Weise, der nutzbare Querschnitt der Drains wird von dem Tagwasser vollständig in Anspruch genommen und es muß die Entwässerung des Bodens darunter leiden.

Gewöhnlich werden Filter von dem Landwirt da gewünscht, wo ein erhöhter Weg den Hauptdrain schneidet. Zunächst muß der Versuch ge-

macht werden, dem Seitengraben des Weges oberirdisch ohne Inanspruchnahme der Drainage mit Hilfe von Durchlässen aus Tonröhren oder dergl. Vorflut durch den Weg zu geben. Ist dies nicht ausführbar, und ist andererseits das Zuflußgebiet der Bodensenkung nur klein, der unterhalb befindliche Vorflutdrain weit und kurz, sodaß die Einleitung des Tagwassers ohne Gefahr ist, so würde ein Filter zulässig sein.

Solch ein Filter wird entweder so hergestellt, daß auf ein in den Hauptdrain geschlagenes Loch einige mit vielen kleinen Löchern versehene Drainröhren lotrecht gestellt und mit vielen Steinen umhüllt werden, — die Ausführung entspricht ungefähr dem Fassen eisenschüssiger Quellen nach Fig. 388, S. 319 — oder man verlegt kurze, mit dem Spitzhammer gelochte Sauger beiderseits längs des Weges, läßt die Sauger in den Vorflutdrain münden und bettet sie und die Mündungsstelle am Vorflutdrain in dichte Steinverpackung. Die Stein- und Kieslage schützt die Drains vor Verschlammungen.

### § 63.

**Gräben im Drainagefelde.** Drains sollten niemals *in der Längsrichtung* unter der Sohle wasserführender Gräben verlegt werden. Denn solche Drains verschlammten sehr leicht. Es findet von dem Graben dauernd ein Durchsickern von Wasser nach dem die Vorflut bietenden Drain hin statt. Das Sickerwasser nimmt Bodenteile mit, die Rillen im Boden bilden sich stärker aus, die Wasserbewegung nach dem Drain hin wird lebhafter und die Mitführung von Sinkstoffen nimmt stetig zu. Es ist daher unvermeidlich, daß ein solcher Drain sich in absehbarer Zeit verstopft. Außerdem liegt die Gefahr der Verwurzelung sehr nahe. Denn die an den Grabenrändern wachsenden Pflanzen, die gewöhnlich tiefe Wurzeln schlagen, sind nur wenig vom Drain entfernt. Endlich wird man in der Hoffnung auf Erleichterung der Erdarbeit durch geringere Grabentiefe gewöhnlich getäuscht: die Wände stehen in dem lockeren, wasserdurchtränkten Boden nicht gut, sie fallen leicht ein; und so ergibt sich in den meisten Fällen, daß es wohlfeiler gewesen wäre, die Erdarbeiten in dem gewachsenen Boden neben dem Graben auszuführen, als in dem schlechten Boden im Graben selbst.

Wenn Drains von *tiefen*, wasserführenden Gräben *der Quere nach* durchschnitten werden, so müssen Tonröhren zur Verwendung kommen, die in Zementdichtung dükerartig unterführt werden. Werden tiefe Quergräben verfüllt, ihre Wasserführung also nach der Drainage aufgehoben, so ist es unbedenklich, gewöhnliche Drainröhren in gerader Linie durch die verfüllten Gräben zu führen; es müssen aber über die Fugen Muffen geschoben werden, damit bei dem zu erwartenden Setzen des neu verfüllten Bodens die Röhren nicht versacken. Solche *Muffen* sind kurze Drainröhren von 10 bis 15 cm Länge, deren innerer Durchmesser größer ist, als der äußere Durchmesser der zugehörigen Drainröhren. Statt der

Muffen können auch die im § 59 beschriebenen Streifen von Isolierpappe oder Dachpappe verwendet werden, die man mit verzinktem Eisendraht um die Röhren bindet.

Werden *flache Quergräben* von Drains durchschnitten, so sind dann, wenn die Gräben verfüllt werden sollen, besondere Vorsichtsmaßregeln selten geboten. Sollen dagegen derartige Gräben dauernd Wasser führen, so ist zu bedenken, daß diejenigen Teile der Drains, die unmittelbar unter dem Graben liegen, zweifellos zufolge des stets abwärts in die Drains sickernden Wassers und der dadurch aufgenommenen Sinkstoffe bald verschlammen. Es muß daher die Absickerung verhütet werden, und dies geschieht dadurch, daß die

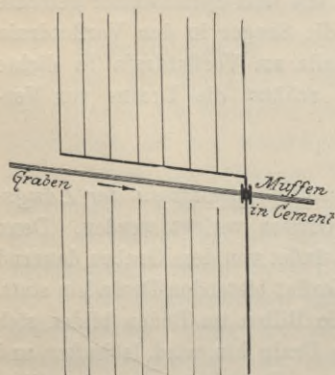


Fig. 389.

Graben im Drainagefelde.

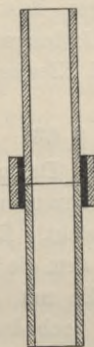


Fig. 390.

Muffen unter den Gräben auf 5 bis 6 m Länge mit Zementverguß erhalten. Eine solche Vermuffung ist unständig, zeitraubend und verteuert die Drainage. Diese Arbeit muß daher auf das tunlich kleinste Maß beschränkt werden. Hieraus ergibt sich für das Entwerfen der Drainage die Lehre, daß man das Kreuzen offener Tagwassergräben durch ge-

wöhnliche Sauger dadurch vermeiden muß, daß man die Sauger oberhalb des Grabens durch einen Sammler verbindet und diesen Sammler allein mit zementierter Muffendichtung unter dem Graben hindurchführt (Fig. 389 u. 390).

### § 64.

**Wege im Drainagefelde.** Feldwege dürfen ebensowenig wie Gräben von gleich gerichteten Saugedrainen gekreuzt werden. Denn jeder Wagen, welcher die Spur verfolgt, würde die Sauger immer an derselben Stelle treffen. Er verdichtet unter seinen Rädern den zur Verfüllung der Draingräben eingebrachten lockeren Boden. Der Druck setzt sich fort bis auf die Röhren und führt sehr leicht zu einer Verschiebung der Stöße in lotrechter Richtung und damit zu einer Verstopfung. Hieraus ergibt sich, daß bei Feldwegen dieselbe Regel wie bei den Gräben anzuwenden ist: die Saugedrainen sind oberhalb des Weges durch einen Sammler zu vereinigen, und dieser Sammler ist allein mit Vermuffung unter den Weg zu führen. Bei diesen Muffen kann aber — abweichend von der Behandlung der Gräben — die Zementdichtung des Stofses unterbleiben.

Denn es ist hier ein Einwachsen von Wurzeln nicht zu befürchten, sondern nur dafür zu sorgen, daß die Röhren an ihrem Stofs sich nicht verschieben können (Fig. 391).

### § 65.

**Bäume und Hecken.** Alle Bäume und Hecken sind den Drains gefährlich, denn die Wurzeln gehen der Feuchtigkeit nach, dringen in oder unter die Röhren, verstopfen oder heben und sprengen sie. Aus diesem Grunde müssen alle wichtigen Drainzüge, wie z. B. die Sammler, mindestens 20 m von weichen Holzarten (Pappeln, Weiden, Ellern) und mindestens 15 m von anderen Hölzern und Sträuchern entfernt bleiben. Je größer die Bäume sind, um so größer muß die Entfernung sein. Nur für solche Drains ist eine Annäherung an die Bäume zulässig, durch deren Verwachsen oder Sprengen kein großer Schaden entstehen kann.

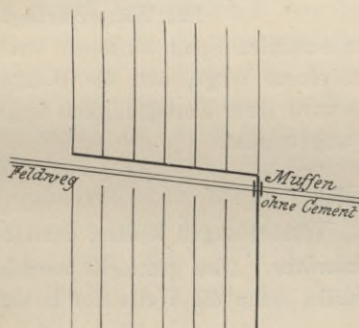


Fig. 391.  
Feldweg im Drainagefelde.

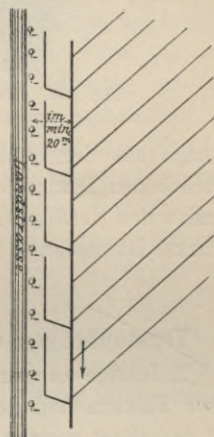


Fig. 392.  
Sammler in der Nähe von Bäumen.

Dies ist der Fall bei den oberen Teilen der Saugedrains. Demgemäß ist die Entwässerung eines zwischen und in der Nähe von Bäumen belegenen Gebiets ausschließlich durch kurze Sauger zu bewirken (Fig. 392).

An denjenigen Stellen, wo man notgedrungen mit wichtigen Drains sich Bäumen nähern muß, kann die schädliche Wirkung der Bäume aufgehoben werden dadurch, daß man alle Wurzeln bei der Annäherung an den Drain tötet. Dies geschieht durch Bedecken der Drainröhren mit Ätzkalk oder Zinkasche. Auch eine starke Umhüllung der Drains mit Steinen, besonders an der Unterseite, ist zweckmäßig. Zu bemerken ist aber, daß all diese Mittel nicht zuverlässig sind.

Besser ist es, in solchen Fällen die Fugen zu dichten. Vincent führte dies aus durch Verkleben mit geteerten Streifen Löschpapiers. Jetzt geschieht es durch Muffenröhren, die mit Zement gedichtet werden (Fig. 390) oder durch Dachpappenstreifen (§ 59).

In zuverlässiger, wenn auch kostspieliger Weise wird nach Rérolle das Einwachsen der Baumwurzeln dadurch verhütet, daß man die Sanger in gewöhnlicher Tiefe wasserdicht mit Muffen und Zement verlegt und zur Aufnahme des Grundwassers Gruben unter dem Drainstrang in 5 m

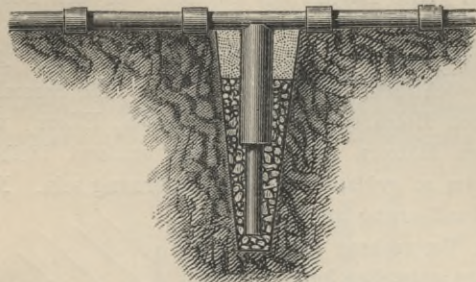


Fig. 393. Rérolle's Drainage.

Entfernung herstellt, die mit Steinen verfüllt und mit einem lotrecht stehenden Drainrohr besetzt werden (Fig. 393). Das Rohr ragt lose in den abwärts gerichteten Teil eines T-förmigen Drainrohres hinein, das über der Grube in dem Sanger eingeschaltet ist.

Das Wasser dringt in die Drainage aus der Grube durch den schmalen Spalt zwischen den beiden überschobenen Drainröhren, also auf einem Wege, den die Wurzeln der Bäume selten verfolgen. Die Anlage wird ihrer Kostspieligkeit wegen nur in Parks, Baumschulen und Gärten angewendet.

## § 66.

**Verstopfungen der Drains.** Verstopfungen können entstehen:

1. Infolge zu geringen *Querschnittes*. Dies geschieht besonders bei großen Flächen und geringerem Gefälle, wenn die Weite der Drainröhren nicht berechnet worden war.

2. Durch schlechtes *Material* der Röhren. Sie verwittern dann, verfallen im Boden und sperren dadurch den Strang.

3. Durch schlechte *Lage*, unrichtiges Verlegen oder schlechtes Verfüllen. Die Röhren verschieben sich im Stofs, erzeugen Verengungen des Querschnittes und gestatten das Eindringen vieler Schlammengen.

4. Durch *Versacken* einzelner Röhren infolge ungleichen Setzens des Bodens oder anderer äußerer Einflüsse. Dies kommt besonders leicht vor in Triebsand, Moor oder bei Graben- und Wegkreuzungen.

5. Durch Einkriechen von *Tieren*, besonders von Fröschen, in die Sammler.

6. Durch Einwachsen von *Wurzeln*, nicht allein von Bäumen und Sträuchern, sondern auch von Kulturpflanzen, wie *Raps und Rüben*. Es ist nicht gut, in den ersten Jahren nach Ausführung einer Drainage tief wurzelnde Kulturgewächse, wie Raps und Rüben, zu bauen, weil die Wurzeln dieser Pflanzen sich besonders nach dem locker verfüllten Boden der Draingräben hinziehen.

7. Durch Einwachsen von *Algen*. Sie bilden in den Röhren lange dichte Zöpfe, die besonders dann gefährlich werden, wenn gleichzeitig durch den Eisengehalt des Wassers Ockerniederschläge entstehen. Dies geschieht oft auf eisenschüssigen Moorböden. Das beste Mittel hiergegen ist ein großer Querschnitt der Röhren, ein Querschnitt von mindestens 4, besser 5 oder an gefährlicher Lage 6,5 cm Weite. Im engen Querschnitt finden die Algen Halt an den Wandungen, sie haften hier fest, halten Sand und Schlamm auf und führen Verstopfungen herbei. Im weiten Querschnitt dagegen finden sie diesen Halt nicht so leicht, sie sinken dann viel eher als bandartiges Geflecht auf die Sohle der Röhren, können daher weniger Schlamm und Sinkstoffe aufhalten und trocknen später beim Abfließen der Röhren zu einem dünnen Häutchen zusammen, welches durch das Drainwasser herausgespült wird. Wo Algen vorkommen, dürfen an den Mündungen keine festen Gitter verwendet werden; denn die Algen bilden vor solchen Gittern zähe, lederartige Häute, welche die Mündung verstopfen.

8. Durch Verschlammen von *Sand* und anderen Sinkstoffen. Dies tritt dann ein, wenn die Geschwindigkeit des Wassers auf dem Wege nach der Ausmündung abnimmt. Es können dann die schwereren Sinkstoffe nicht mehr mitgeführt werden, sie lagern sich nieder. Hieraus folgt, daß es nicht richtig ist, wenn Drainage-Ingenieure meinen, dem Abführungsbedürfnis von Sammlern, für die wenig Gefälle zur Verfügung steht, durch große Weite der Röhren genügen zu können. Es ist vielmehr bei dem Entwerfen auch die Geschwindigkeit des Wassers zu beachten und dafür zu sorgen, daß sie in der Richtung nach der Ausmündung nie abnehme, sondern sich entweder gleich bleibe oder besser stetig zunehme (vergl. § 42).

9. Niederschläge von *Kalk* und *Eisen* in Form von kohlen-saurem und schwefelsaurem Kalk oder Eisenoxydhydrat bilden sich hauptsächlich bei Luftzutritt. Da die Röhren fast niemals voll laufen, die Luft in ihnen sich stets erneuert, so ist die Gefahr der Bildung solcher Niederschläge immer vorhanden (§ 60). Um ihr zu begegnen, muß die Luft entweder ganz abgeschlossen oder wenigstens ihre Erneuerung verhindert werden. Dies geschieht, indem man die Ausmündung mit einem sogenannten Wasserverschluß, d. i. einer erst abwärts, dann aufwärts geführten Leitung nach Art der Wasserleitungen an den Ausgußbecken versieht, die dauernd mit Wasser gefüllt ist und in welche die Decke der Ausmündung hinein ragt. Der Wasserverschluß muß so eingerichtet sein, daß er vor Austrocknung geschützt ist. Er kann mit dem Ende dauernd im Wasser des Vorfluters liegen. Freilich ist zuzugeben, daß diese Anordnung andere Unzutraglichkeiten im Gefolge hat: die Aufsicht über die Reinhaltung, über das Eindringen von Tieren u. a. m. ist schwieriger, und es wird aus diesem Grunde der Wasserverschluß nicht oft angewendet. Immer aber sind die anderen

Sicherheitsmittel gegen Ablagerungen von Kalk und Eisen zu benutzen, nämlich: den Durchmesser der Drainröhren auf das notwendige Maß zu beschränken, für den unteren Teil der Drainage besonders glatte Röhren zu verwenden und niemals feste Gitter in dem Querschnitt des Ausmündungsrohres anzubringen.

Wenn eine Verstopfung vorgekommen ist, so tritt das Wasser durch die Stofsugen der Röhren an die Oberfläche und versumpft das Gelände. Die Stelle muß bezeichnet werden, denn eine Ausbesserung ist selten sogleich, sondern meist erst nach Abtrocknung des Geländes möglich. Um später den Drainstrang und die Verstopfung in ihm zu finden, wird ein schmaler Graben in Draintiefe quer zur Richtung des Stranges gezogen, so lang, bis dieser selbst gefunden worden ist. Ist der Boden am Rohrnafs, springt das Wasser bei Aufdeckung des Rohres aus den Fugen in die Höhe, so befindet sich die Verstopfung unterhalb; ist aber der Boden am Rohr trocken, so liegt die Verstopfung oberhalb des Grabens. Durch eine zweite Aufgrabung wird bald die richtige Stelle gefunden.

Man hat die Beobachtung gemacht, daß mit den Jahren die Wirkung der Drainage abnimmt. Dies rührt daher, daß die engen Fugen zwischen den Drainröhren sich mit Sand- und Tonteilchen, die in ihnen haften blieben, teilweise fast verkitten. Je enger die Röhre ist, um so schneller geht dies Verkitten vor sich, denn um so geringer ist der Umfang der Röhre, also auch die Länge der Zeit, welche zum vollen Verstopfen der Drainfuge durch Verkitten genügt. Will man daher den Bestand der Drainage auf Jahre hinaus unbedingt sicher stellen, so dürfen nur weite Röhren von 5 cm als geringstem Durchmesser verwendet werden. Keinenfalls sollte man noch 3 cm weite Drainröhren benutzen.

## § 67.

**Herstellung der Drainröhren.** Der Ton muß wie bei der Herstellung guter Ziegel überwintern und geschlämmt werden. Zur *Überwinterung* wird der Ton in Schichten von höchstens 1 m Höhe im Freien gelagert und öfters umgestochen. Durch die Einwirkung des Frostes findet dann eine Zerteilung der Klumpen, ein Ausfrieren der Mergelstücke u. dergl. statt. Das *Schlämmen* ist nötig, um die im Ton vorhandenen fremden Beimengungen auszuschneiden. Die *Schlämmaschine* ist ein Rührwerk von großen Abmessungen, welches so hoch gebaut wird, daß mehrere niedriger belegene Klärgruben sich anschließen können. Fig. 394 stellt eine ringförmige Schlämmaschine mit Göpelbetrieb dar. Der Ton wird eingekarrt, demnächst wird ihm viel Wasser zugesetzt und dies durch den Betrieb der Maschine innig mit dem Ton vermengt. Zu dem Zweck enthält die Maschine harkenartige Mischvorrichtungen mit abwärts gerichteten Zinken,



die zwischen den Öffnungen von aufwärts stehenden, fest auf dem Boden der Maschine angebrachten Zinken sich bewegen. Nach vollständiger Auflösung des Tones wird die Masse in die *Schlammgruben* abgelassen.

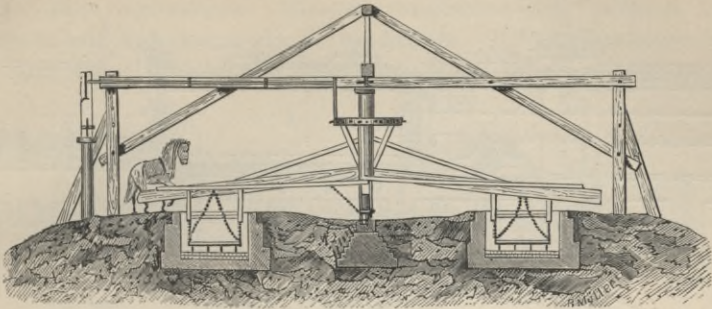


Fig. 394. Schlammmaschine.

Hier setzen sich die spezifisch schwereren Teile, Steine und dergl., zuerst ab und bedecken den Boden, während der feine Ton sich später aus dem Wasser ausscheidet und die obere Schicht bildet.

Die oberen Schichten reinen Tons werden aus den Klärgruben entnommen und mit feinem Sande vermischt. Dieser Zusatz ist nötig, weil der reine fette Ton sonst reißen würde. Das Gemisch ist plastisch. Es wird gut durchgearbeitet in dem *Tonschneider* (Fig. 395), einer aufrecht stehenden Maschine, die eine senkrechte, mit Messern besetzte Welle enthält. Der Ton wird oben eingeschüttet und durch Drehen der Welle mit Hilfe der Messer gut durchknetet. Die Messer haben eine solche Form, daß sie die Masse nach unten und durch ein daselbst angebrachtes Schlupfloch *f* drücken. Hat der Ton auf diese Weise die Maschine durchlaufen, so ist er innig mit dem Sande gemischt und zur Herstellung der Drainröhren vorbereitet.

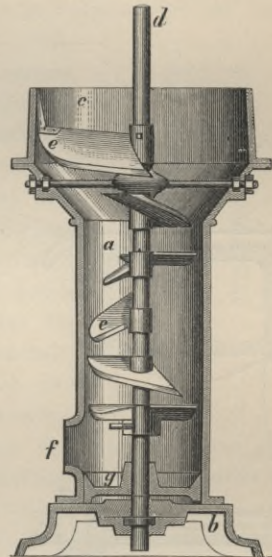


Fig. 395. Tonschneider.

Das Formen der Röhren erfolgt hierauf in der 1844 von Whitehead erfundenen *Drainrohrpresse*. Von den mannigfachen Formen für Hand- und Maschinenbetrieb zeigen die Fig. 396 bis 398 den Längen- und zwei Querschnitte einer einfachen Presse für Handbetrieb. Sie besteht aus einem gufseisernen Kasten *k*, der mit Ton gefüllt wird. Der drehbare Deckel *m* wird

durch einen Seitenbügel festgeklemmt. Die Rückwand *l* des Kastens wird als Stempel durch die Zahnstange *i* mit Hilfe eines Vorgeleges vorwärts

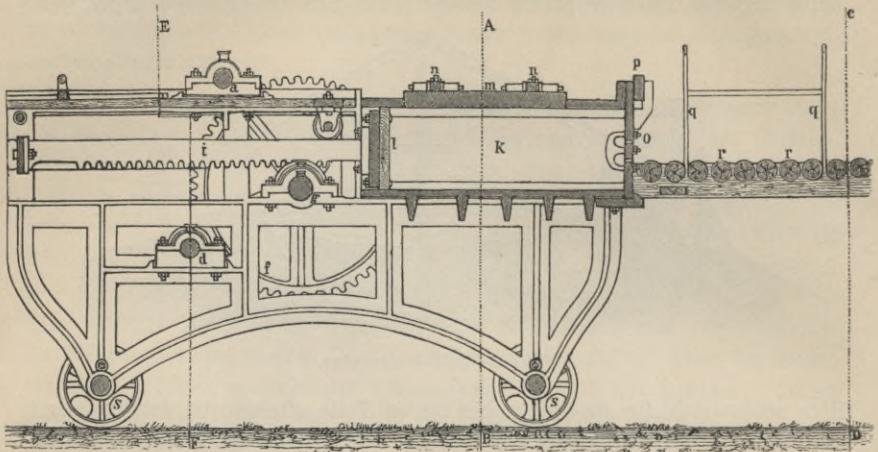


Fig. 396. Drainrohrpresse. Längenschnitt.

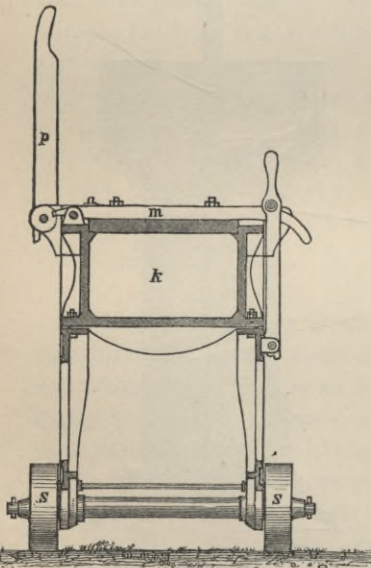


Fig. 397.  
Drainrohrpresse. Querschnitt nach A—B.

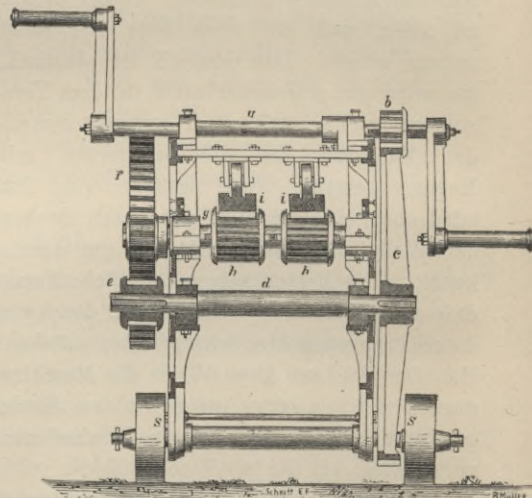


Fig. 398.  
Drainrohrpresse. Querschnitt nach E—F.

gedrückt und preßt den Ton gegen die Vorderwand oder das Mundstück *o*. Dies Mundstück ist als besondere Platte zwischen Nuten eingeschoben und

wird durch den Bügel *p* gehalten. Es kann leicht ausgewechselt werden, je nach der Gröfse der Röhren, die man herstellen will. Fig. 399 bis 401 zeigen Mundstücke für Röhren von kleinem und großem Durchmesser. Die ringförmigen Öffnungen entsprechen dem äußeren Rohrquerschnitt mit Anrechnung des Schwindmaßes. Ihr scheibenartiger Kern wird durch Bügel gehalten, welche innerhalb der Presse angebracht sind.

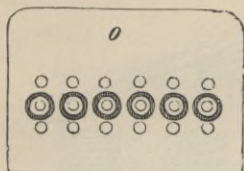


Fig. 399.  
Mundstück für 6 Röhren.

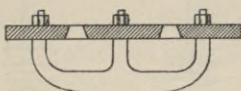


Fig. 400.  
Mundstück für ein Rohr.

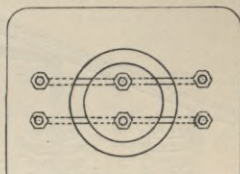


Fig. 401.

Dadurch tritt an der Außenseite des Mundstücks der plastische Ton als fertige Röhre zu Tage. Diese bewegt sich auf Rollen *r*, und es bedarf nur noch der bei Ziegeln üblichen Abschneide-Vorrichtung durch festgespannte Drähte zwischen Bügeln *q*, um die Drainröhren in vorgeschriebener Länge zu gewinnen. Die Presse ist auf Rädern *s* beweglich.

Um die Form der Röhren möglichst vollkommen auszubilden, stülpt man in einzelnen Fabriken die aus der Drainrohrpresse kommende plastische, sogenannte grüne Röhre auf einen Holzteller, der in der Mitte einen dem Durchmesser entsprechenden Stöpsel und in dem Winkel zwischen Telleroberfläche und Stöpsel ein kleines Messer trägt (Fig. 402). Der Teller wird mit Stöpsel und Messer wie die Töpferscheibe durch die Maschine schnell gedreht. Hierdurch werden die Endflächen der Röhren genau senkrecht behobelt, die inneren Wandungen geschliffen und durch das Messerchen die am inneren Rande nach dem Schneiden mit dem Draht oft zurückgebliebenen kleinen Erhöhungen, die sogenannten Brahmkanten, beseitigt.

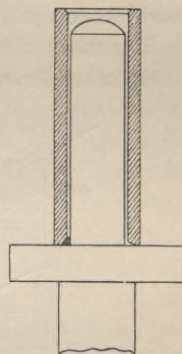


Fig. 402. Schleifteller für Drainröhren.

Die Röhren werden auf Brettchen in einen überdachten *Trockenschuppen* gebracht (Fig. 403), dessen Seitenwände nach Belieben verschlossen werden können, sodafs die Röhren, geschützt gegen den Einfluß von Wind und Sonne, sich nicht krumm ziehen oder Risse bekommen können. Trotzdem müssen die Röhren noch während des Trocknens vor dem Krummziehen durch das *Rollen* bewahrt werden. Dies geschieht auf einem schmalen *Rolltisch* (Fig. 404), welcher an der Vorderseite Räder, an der Hinterseite einen Sandkasten enthält und in den

engen Gängen *b* des Trockenschuppens bewegt werden kann. Der breitere Mittelgang *a*, Fig. 403, ist sowohl für den Rolltisch, wie für die Drainrohrpresse bestimmt. Der Tisch wird mit feinem Sande bestreut. Die Röhren werden über ein rundes Holz gesteckt und mit dessen Hilfe auf dem Tisch hin- und herbewegt, dann an den Endflächen senkrecht aufgestaucht.

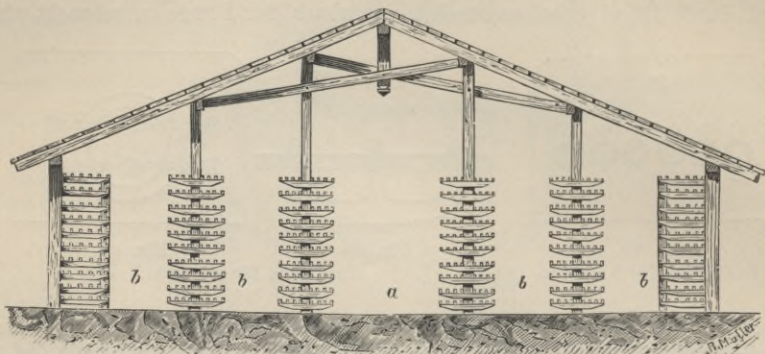


Fig. 403. Trockenschuppen für Drainröhren.

Nach dem Trocknen kommen die Röhren in den *Ziegelofen* zum Brennen; sie werden hier lotrecht aufgestellt, und zwar die kleineren innerhalb der größeren; nur unmittelbar unter der Decke des Ofens liegen die Röhren zur vollen Ausnutzung des Raumes wagrecht. Röhren, die zu schwachen Brand erhalten haben, müssen noch einmal gebrannt werden.

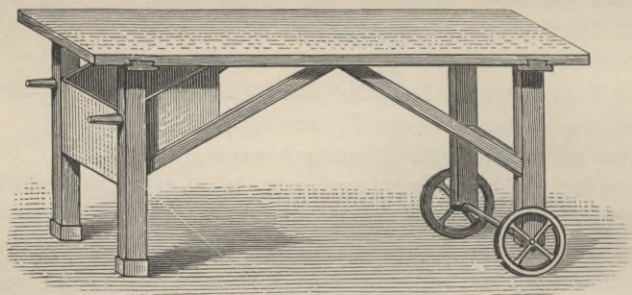


Fig. 404. Rolltisch.

*Gute Drainröhren* müssen erstens aus gutem Material bestehen, keine Steine, Mergel oder ähnliche Fremdkörper enthalten; zweitens müssen sie gut geformt sein, gerade, nicht elliptisch, innen möglichst glatt gerollt, an den Endflächen genau senkrecht abgeschnitten und hier keine in das Innere reichende Erhöhungen (Brahmkanten) zeigen. Drittens müssen die Röhren gut gebrannt sein, einen hellen Klang haben, der selbst nach längerem Liegen im Wasser nicht verloren geht.

Über die Art der Verwendung wird auf folgende Tabelle verwiesen:

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								
durchschnittlich . . . . .	600	950	1250	1750	2350	3200	4800	7000 kg
Kosten von 1000 Röhren								
von {	17,50	20	24	30	40	55	80	120 M.
bis {	21	26	32	42	54	72	108	160 M.
Röhrenbedarf ungefähr . . . . .	70 0/0		21,5 0/0		6 0/0	2,5 0/0.		

Die Tabelle zeigt, daß der Preis weiter Röhren außerordentlich hoch ist. Es muß daher empfohlen werden, Drains von mehr als 16 cm Weite beim Entwerfen der Drainpläne zu vermeiden. Dies läßt sich durch eine geschickte Einteilung der Systeme fast immer erreichen.

Die Rohrlänge ist meistens 0,314 m; für das Meter Drainstrang sind einschließlich Bruch bei gutem Material 3,3 Stück, bei weniger gutem Material 3,5 Stück vorzusehen.

## § 68.

### Absenken des Wassers. Holländische und Vertikal-Drainage.

Die Versenkung des Wassers in eine durchlässige Schicht des Untergrundes ist dann ausführbar, wenn diese Schicht eine genügende Mächtigkeit besitzt und in nicht zu großer Tiefe sich befindet. Solche geologische Bildungen werden vorzugsweise in der Ebene, weniger im Gebirge angetroffen. Hier ist in der Regel genügend Vorflut vorhanden, sodaß ein Bedürfnis nach unterirdischer Entwässerung nicht vorliegt. Wenn in der Ebene die Versenkung in den Untergrund geplant wird, so ist zunächst die Mächtigkeit und der Grad der Durchlässigkeit der als Vorflut dienenden Schicht zu untersuchen, demnächst aber zu prüfen, ob die für die Wasser- versenkung in Aussicht genommene Stelle nicht etwa unter dem Druck von Wasser aus höheren Gebieten steht, denn sonst würde statt der Absenkung ein Aufquellen des Wassers erfolgen. Ferner ist zu untersuchen, ob allezeit Vorflut für die durchlässige Schicht vorhanden ist. Liegt diese z. B. im Rückstau eines Flusses, so würde ein Anschwellen des Wasserstandes im Fluß die Wasserabsenkung zeitweise unmöglich machen. Soll die unterirdische Wasserabsenkung dauernd Erfolg haben, so darf endlich das zu versenkende Wasser keine mechanischen Beimengungen enthalten. Denn die beigemengten Schlickteile würden die Zwischenräume der durchlässigen Schicht in der Nähe des Wasseraustritts bald ausfüllen und damit den Erfolg aufheben. Ist das Wasser nicht schlickfrei, so muß es vor der Versenkung gereinigt werden.

Nach der sogenannten *holländischen Drainage* werden zahlreiche Löcher durch die undurchlässige Schicht in den durchlässigen Untergrund gebohrt; diese Löcher werden bis 0,4 m unter Oberfläche mit kleinen

Steinen gefüllt, nachdem man vorher eine Stange inmitten des Loches aufgestellt hat. Die Stange wird vor Beendigung der Steinfüllung herausgezogen. Die Zahl derartiger Löcher ist sehr groß, sie beträgt 1000 bis 6000 auf ein Hektar.

An Stelle der Steine verwendete Hervé Mangon aufrecht gestellte Drainröhren, die oben abgedeckt und mit Erde überfüllt wurden. Diese Art der Drainage nennt man *Vertikal-Drainage*. Ihre Anwendung ist nicht zu empfehlen, da sie weder im Erfolg zuverlässig noch wohlfeil ist.

### § 69.

**Versenkung des Wassers durch Brunnen.** Besser als durch die holländische oder Vertikal-Drainage erfolgt die Versenkung des Wassers da, wo die geologischen oder hydrotechnischen Verhältnisse die Absenkung überhaupt gestatten, durch Brunnen. Es wird alsdann das Feld wie gewöhnlich drainiert, aber statt der Ausmündung in einen Vorflutgraben die Ableitung in einen Brunnen hergestellt. Die großen Wassermengen, die hier zusammenströmen, zwingen dazu, mit besonderer Sorgfalt auf die Reinigung des Wassers von allen Schlickteilen Bedacht zu nehmen. Es muß deshalb vor jedem Senkbrunnen ein *Schlammfang* angelegt werden, und dieser ist mit einem Wasserverschluß auszustatten, der durch den sich ansammelnden Schlick von selbst geschlossen wird.

Fig. 405 und 406 erläutern durch Längenschnitt und Grundriß einen Schlammfang mit Senkbrunnen, welche mit einfachen Mitteln herzustellen sind. Der Schlammfang besteht aus Bohlen, die um einen viereckigen, in ungefähr 1,6 m Tiefe versenkten Holzrahmen in den Boden eingetrieben werden. Die Sohle wird mit Steinen abgepflastert. Die Drainage mündet durch ein Loch an der Schmalseite des Kastens. An der entgegengesetzten Seite findet, geschützt durch einen aus Bohlen in einfachster Weise hergestellten Wasserverschluß, die Ableitung nach dem Brunnen durch ein Tonrohr statt. Der Schlammfang selbst wird mit Bohlen lose abgedeckt, mit Erde überschüttet und überackert. Er muß von Zeit zu Zeit geräumt werden. War die rechtzeitige Räumung einmal unterlassen, so füllen die Sinkstoffe den Schlammfang vollständig aus, so zwar, daß die Unterkante des Wasserverschlusses in den Schlamm hinein ragt. Dann ist der Abfluß nach dem Brunnen abgesperrt, das Wasser bleibt im Schlammfang stehen, staut in die Drainage und bis an die Oberfläche des Geländes zurück. Dadurch wird der Besitzer auf die geschehene Unterlassung aufmerksam gemacht und zur Räumung des Schlammfanges gezwungen; der Brunnen selbst ist aber geschützt vor dem Eindringen unreinen Wassers.

Zur Anlage des Brunnens wird eine runde oder viereckige Grube bis 1,5 m tief in den durchlässigen Untergrund hinab ausgehoben. Der Boden wird mit Steinen bedeckt. Eine große Steinplatte wird in der Mitte ver-

legt, und auf dieser werden drei oder mehr Drainrohrstränge lotrecht aufgebaut. Die Drainröhren werden während des Aufbaus mit Steinen umpackt; sie können schadhaft sein, es ist sogar gut, Löcher in sie zu schlagen oder eine Kante zu brechen, damit das Wasser aus ihnen schnell in die Steinumpackung abfließen kann. Um die lotrechte Stellung der Drainröhren zu sichern, werden während der Ausführung Stangen durch sie gesteckt. Die Steinumhüllung ist so anzuordnen, daß die

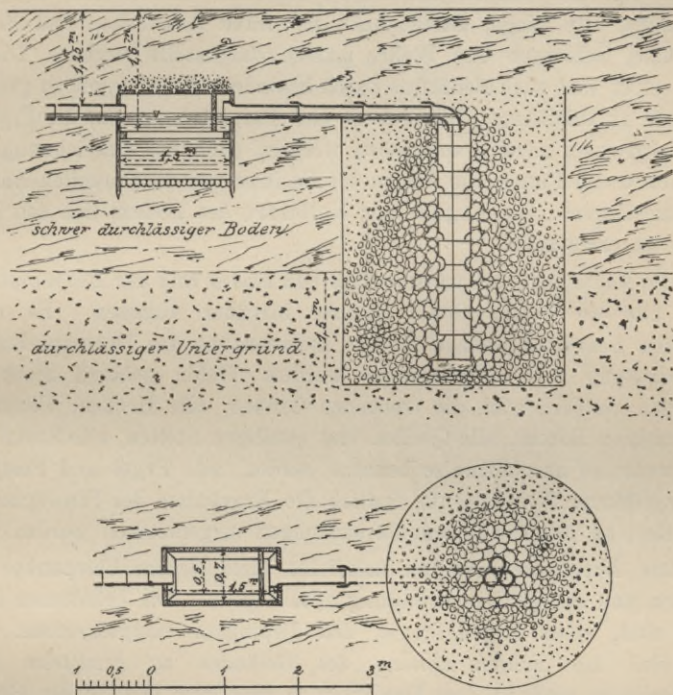


Fig. 405 und 406. Senkbrunnen mit Schlammfang. Längenschnitt und Grundriß.

größten Steine in unmittelbarer Nähe der Röhren, in größerer Entfernung aber kleinere Steine und am Umfange des Brunnens nur grober Kies sich befindet. Bei dieser Verpackung wird die schnellste Abgabe des Wassers an den durchlässigen Untergrund erzielt und ein Rückstau in den Schlammfang und die Drainage vermieden. Der Brunnen selbst wird endlich mit gutem Boden bedeckt und wie der Schlammfang überackert.

Im allgemeinen ist aber zu bemerken, daß die offene Vorflut, wenn sie überhaupt ausführbar ist, vor der unterirdischen Vorflut durch Absenkung des Wassers stets den Vorzug verdient.

## § 70.

**Darstellung der Drainpläne.** Zu einem größeren Drainage-Entwurf gehören an Zeichnungen: der Drainplan, die Übersichtskarte, die Höhenpläne und Querschnitte der Vorfluter und die Darstellung der Bodenuntersuchungen.

Der *Drainplan* ist ein Lageplan der zu drainierenden Flächen mit ihren Grenzen und ihrer näheren Umgebung im Maßstabe 1:2000 bis 1:3000. Alle als Vorfluter dienenden Wasserläufe und Mulden, alle Gräben und Deiche, alle Wege, Eisenbahnen mit ihren Bauwerken und Brücken, Durchlässe, Schleusen und Wehre müssen dargestellt werden. Die Bauwerke selbst sind nach Bedürfnis durch besondere Zeichnungen in größerem Maßstabe zu erläutern. Die Besitz- und Parzellengrenzen, die Feldmark- und Flurgrenzen müssen angegeben werden, auch die Bezeichnungen der Feldmarken und Fluren, die Namen der Besitzer und die Parzellen-Nummern sind einzutragen. Die Angabe der Kulturart des Bodens mit den Bodenklassen ist erwünscht.

Die Karte muß ein vollständiges und klares Bild der Bodengestaltung bieten und an keiner Stelle Zweifel hierüber zulassen. Es müssen daher alle Umstände, welche für die Ausarbeitung des Drainage-Entwurfs von Bedeutung sind, aufgenommen werden. Dahin gehören nicht allein die nassen, sondern auch die trockenen Gräben, alle Hecken, Baumreihen und einzelnen Bäume, alle Quellen und quelligen Stellen, alle Zufuhrwege, selbst wenn sie nur zeitweise benutzt werden, alle Pegel und Festpunkte der ausgeführten Nivellements, endlich die Ergebnisse der Einwägung und die Stellen, an welchen Bodenuntersuchungen vorgenommen worden waren.

Das *Nivellement* ist an möglichst viele sichere Festpunkte anzuschließen und als Flächeneinwägung auszuführen. Die erhaltenen Höhenzahlen sind, wenn zugänglich, in den Drainplan einzuschreiben. Nach ihnen sind die *Schichtenlinien* des Geländes zu ermitteln. Diese Schichtenlinien sind in dem Drainplan je nach dem Gefälle des Geländes in Abständen von 0,2, 0,25, 0,50 oder 1 m zur Darstellung zu bringen. Längen-Nivellements sind nur für die Vorflutgräben erforderlich.

Die *Vorflutgräben* sind durch blaue Farbstreifen, die für Neuanlagen mit roten, für bestehende Anlagen mit schwarzen Linien einzufassen sind, zu bezeichnen. Die Richtung des Wasserlaufs ist durch blaue Pfeilstriche anzugeben. Alle vorhandenen Brücken, Durchlässe und Schleusen sind mit schwarzer Farbe und entsprechender Bezeichnung, die neuen Bauwerke dieser Art mit roter Farbe anzugeben. Die Vorflutgräben sind der Reihe nach mit blauen oder roten lateinischen Buchstaben zu bezeichnen.

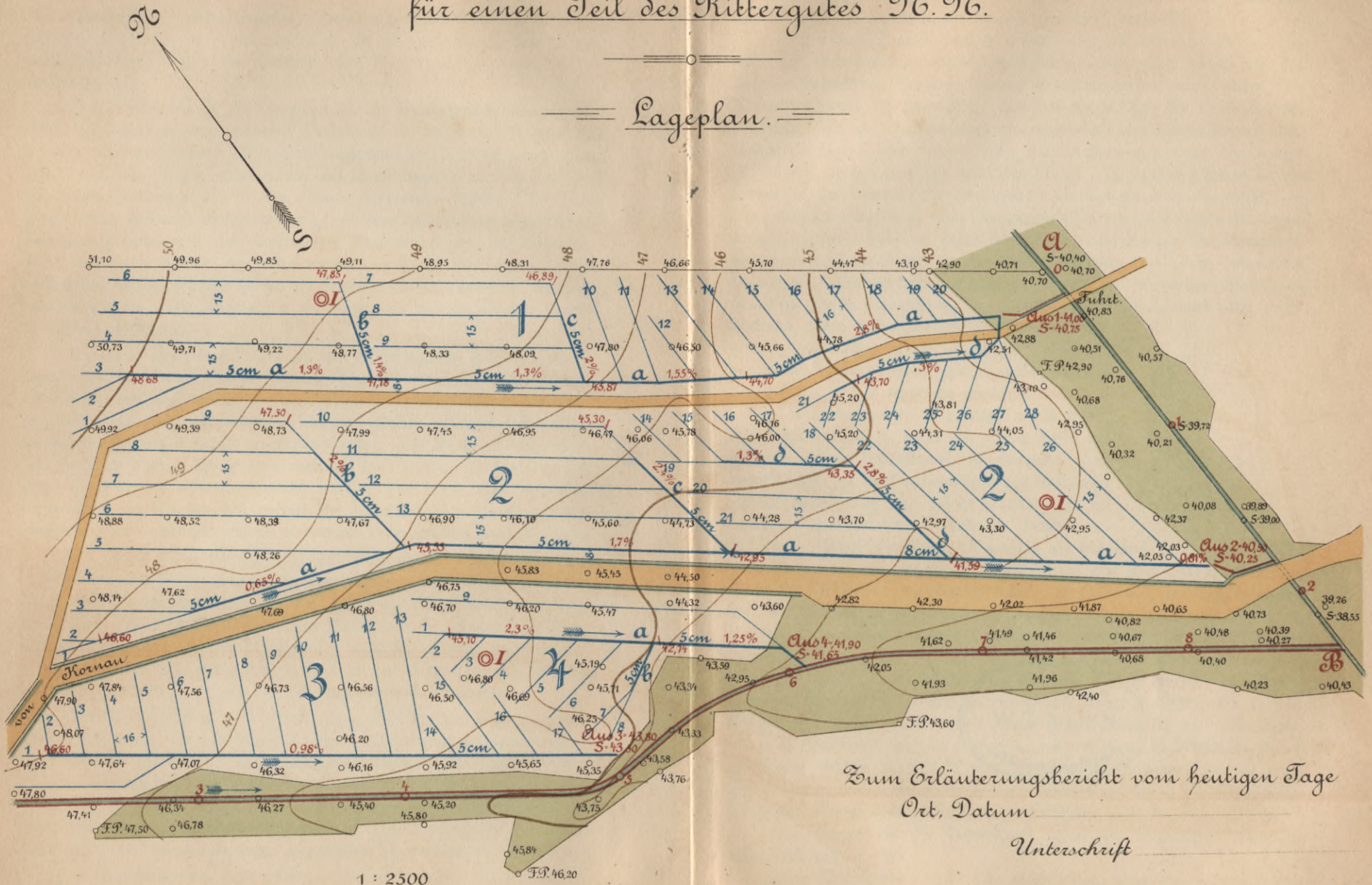
Die *Systeme* des neu entworfenen Drainplanes werden fortlaufend, am höchst belegen System beginnend, durch arabische Zahlen unterschieden.



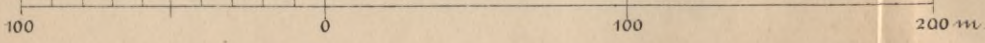


# Drainage - Entwurf für einen Teil des Rittergutes N. N.

## Lageplan.



1 : 2500



Verlag von Paul Parey in Berlin, S.W., Hedemannstr. 10.

Zum Erläuterungsbericht vom heutigen Tage  
Ort, Datum

Unterschrift



Die Stellen für die *Ausmündungen* werden durch das Wort „Aus“ mit der Nummer des zugehörigen Systems kenntlich gemacht.

Die *Sammler und Sauger* werden vielfach durch punktierte, gestrichelte oder besonders bezeichnete Linien angedeutet, sodaß aus der Art der Darstellung der Durchmesser erkannt werden kann. Dies Verfahren erschwert die Darstellung und bei enger Lage der Drainzüge die Übersicht. Es ist im allgemeinen zu empfehlen, alle Drainzüge mit ausgezogenen blauen oder roten Linien darzustellen, und zwar die Sauger mit feinen, die Sammler mit stärkeren Linien. In derselben Farbe ist die Rohrweite der Sammler in Zentimetern einzutragen und das Gefälle in Hundertteilen anzugeben. Die Übergangsstellen von einer Rohrweite in die andere werden gewöhnlich durch blaue Kreise oder Kreuze, die Übergangspunkte von einem Gefälle in das andere mitunter durch rote Querstriche angedeutet. Die Strangentfernungen werden an geeigneten Stellen in derselben Farbe eingetragen, in der die Sauger gezeichnet sind. Die Sammler pflegt man durch kleine lateinische Buchstaben, die Sauger durch arabische Zahlen zu bezeichnen, wobei in jedem System an der höchsten Stelle mit *a* und 1 begonnen wird.

Die Tiefenlage der Drainzüge wurde früher durch das Tiefenmaß unter der Geländehöhe angegeben. Diese Bezeichnung ist ungenau. Viel zuverlässiger ist die Bestimmung durch Ordinaten. Im allgemeinen ist eine solche Angabe nur bei Sammlern und sehr flach geneigten Saugern erforderlich.

Die Ordinatenzahlen werden an den durch Kreise oder Kreuze bezeichneten Stellen eingetragen. Es ist zu empfehlen, sie nicht auf die Sohle der Drains zu beziehen (Punkt *c* in Fig. 407), sondern entweder auf die Scheitelhöhe (Punkt *a*) oder auf die Decke der Drains (Punkt *b*, Fig. 407). In diesen beiden Fällen entspricht die Ausführung der Drainage besser der Berechnung. Denn der Gefäll-Berechnung liegt nicht das Gefälle der Sohle, sondern das Gefälle des Wasserspiegels zu Grunde (Höhe *d*, Fig. 407). Da die Rohrweite und damit die Höhe der in den Drains fließenden Wasserschicht nach unten zunimmt, so wird dann, wenn die Ordinaten auf die Sohlen bezogen werden, in Wirklichkeit ein geringeres Gefälle zur Ausführung kommen, als berechnet worden war. Der Übergang von einer Rohrweite zur anderen ist durch geringes Heben des ersten Rohres dicht schließend auszuführen.

Als Muster für die Darstellung diene der beigegefügte Drainplan Tafel VII nach S. 336.

Eine *Übersichtskarte* ist dann erforderlich, wenn für größere Drainpläne die Möglichkeit der Vorflutbeschaffung nachgewiesen werden soll.

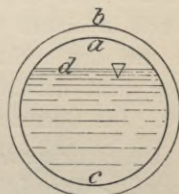


Fig. 407.  
Drainrohrquerschnitt.

Der Maßstab 1:25000 ist für derartige Karten zweckmäßig. Gewöhnlich werden vorhandene Meßtischblätter oder Generalstabskarten benutzt. Das Drainagefeld ist farbig anzulegen, die Vorflutgräben sind blau zu bezeichnen und die zugehörigen Niederschlagsgebiete durch geeignete Farben zu umgrenzen. Die Größe der Niederschlagsgebiete ist nach den für die Berechnung erforderlichen einzelnen Teilen zu ermitteln und in den Plan einzutragen.

Die *Höhenpläne und Querschnitte der Vorfluter* sind deshalb vorzulegen, weil sie allein imstande sind, einen vollen Beweis für das Vorhandensein der nötigen Vorflut zu geben. Die Ufer, die *vorhandenen* Sohlen und *alle* Brücken und Durchlässe sind in schwarzer Farbe einzutragen, die *neue* Sohle der Vorflutgräben und ihre Gefällverhältnisse in  $\frac{0}{100}$ , sowie die *neu* entworfenen Bauwerke, Durchlässe, Brücken und Ausmündungen der Systeme mit ihren Höhenzahlen für Sohle und Scheitel in roter Farbe; auch alle Neben- und Stichgräben sind anzudeuten. Der Höhenplan muß enthalten: die Höhenzahlen für Hochwasser und Sohle des Entwurfs in blauen und roten Farben, für das linke Ufer, die vorhandene Sohle und das rechte Ufer in schwarzer Farbe. Als Maßstab für die Längen dient der Maßstab des Drainplanes, als Maßstab für die Höhen 1:100. Die Querschnitte werden meist in 1:100 gezeichnet.

Die *Bodenuntersuchungen* werden in zweckmäßigster Weise bildlich dargestellt. Die Löcher, an welchen sie stattgefunden haben, sind zu numerieren, und ihre Stellen in dem Lageplan durch kleine Kreise und Beifügung der Nummern zu bezeichnen. Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind in 1 cm breiten Streifen, nach dem Höhenmaßstabe 1:20 oder 1:25, unter Benutzung geeigneter Signaturen zur Darstellung zu bringen. Vergl. Tafel II, Teil I, nach S. 112.

## § 71.

**Veranschlagung der Drainage-Entwürfe.** Neben den zeichnerischen Darstellungen gehören zu den Drainage-Entwürfen an Schriftstücken: der Erläuterungsbericht, die tabellarische Nachweise und Massenberechnungen, sowie die Kostenberechnung.

Der *Erläuterungsbericht* ist als eine Ergänzung der zeichnerischen Darstellungen anzusehen. Er gibt eine Beschreibung der vorliegenden Verhältnisse, legt die Notwendigkeit der Entwässerung dar und bringt den Nachweis, daß die Entwässerung nur in der geplanten Weise am besten ausgeführt werden kann. Er muß enthalten: eine Erläuterung über die Bodenuntersuchungen, unter Umständen im Anschluß an geologische Karten, mit Angabe der Zeit sowie der Witterung vor und während der Bodenuntersuchungen; ferner Erläuterungen über die vorhandene und

noch zu beschaffende Vorflut, die Beziehungen zu den Besitzern unterhalb liegender Grundstücke und den Nachweis über die Richtigkeit der für die Vorfluter entworfenen Abmessungen nach Niederschlagsgebiet und Gefälle. Dieser Nachweis wird am besten durch Vorlegung einer Tabelle nach Seite 294 geführt.

Weiter ist in dem Erläuterungsbericht die getroffene Systemeinteilung zu erläutern und als zweckmäÙig zu begründen. Auch über Zahl, Örtlichkeit und Höhenlage der Ausmündungen sind die notwendigen Erläuterungen vorzutragen. Die einzelnen Systeme sind nach Bedarf zu beschreiben, die für die Sauger gewählten Entfernungen zu begründen, die kleinsten Gefälle der Sammler, die größten Längen der Sauger, die in dem System vorkommen, sind anzugeben, auch über die Behandlung etwa vorhandener quelliger Stellen sind Mitteilungen zu machen. Über die Richtigkeit der Drainrohrweiten nach Niederschlagsgebiet und Gefälle ist ein Nachweis nach Tabelle Seite 292 vorzulegen.

Ferner muß der Erläuterungsbericht Angaben über die Bezugsquellen der Materialien und über die Beschaffenheit der Wege enthalten, sodafs danach die für die Baustoffe in Ansatz gebrachten Preise geprüft werden können; ebenso sind Angaben über die ortsüblichen Tagelöhne erforderlich zur Begründung der im Kostenanschlage gewählten Arbeitslöhne. Zum Schluß ist die Art und Weise der Bauausführung, der Beaufsichtigung und Leitung der Arbeiten zu beschreiben und anzugeben, durch wen und in welcher Weise die Arbeiten abgenommen und abgerechnet werden sollen, sowie in welcher Weise die Unterhaltung der Drainageanlagen künftig sichergestellt werden wird.

An *tabellarischen Nachweisen* und *Massenberechnungen* sind aufer den bereits erwähnten Tabellen:

1. über die Richtigkeit der Vorflutgräben nach Seite 294,
2. über die Richtigkeit der Drainrohrweiten nach Seite 292,

noch die Massenberechnungen beizubringen, die zur Veranschlagung der Arbeiten nötig sind. Es sind dies die Tabellen:

3. Zusammenstellung der Sammler und Sauger nach Seite 340,
4. Ermittlung der Stückzahl und des Gewichts der Röhren nach Seite 341,
5. Ermittlung der Muffenröhren nach Seite 341.

Die mitgeteilten Beispiele genügen zur Erläuterung der Tabellen.

Die *Kostenberechnung* oder der eigentliche *Kostenanschlag* wird in der Regel in mehrere Abschnitte oder Titel geteilt. In den Titeln werden die Gegenstände der Veranschlagung einzeln beschrieben und die

Ansätze durchlaufend durch den ganzen Kostenanschlag numeriert. Bei größeren Anschlägen empfiehlt sich die nachfolgende Titel-Einteilung:

*Titel I. Vorarbeiten.* Hier sind die Kosten für Beschaffung der Übersichtskarte, des Drainplanes, der Höhenpläne mit allen Vermessungen, Nivellements und Bodenuntersuchungen, ferner die Kosten für Aufstellung und Veranschlagung des Entwurfs aufzunehmen.

*Titel II. Grunderwerb.* Die Landflächen, die zur Beschaffung der Vorflut auf fremdem Gelände, zur Anlage oder Verbreiterung von Gräben oder zu anderen Zwecken erworben werden müssen, sind anzugeben und die Kosten für ihren Erwerb einschließlich der Nebenkosten zu berechnen. Auch die Ausgaben, die etwa für Flurschäden während der Bauausführung nötig werden, sind hier einzustellen.

*Zusammenstellung der Sammler und Sauger nach Längen und Tiefenlagen.*

Nummer des Drainsystems	Buchstaben der Sammler	Nummer der Sauger	Tiefenlage der Drains ungefähr m	Längen der Drains im Durchmesser von:							Be- merkungen.
				4 cm m	5 cm m	6,5 cm m	8 cm m	10 cm m	13 cm m	16 cm m	
<i>A. In den einzelnen Systemen.</i>											
1	a		1,3			23	46	104	130	80	71
		1	1,25	101							
		2	"	101							
		3	"	101							
		4	"	101							
		5	"	55							
		6	"	80							
		7	"	104							
	u. s. w.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
u. s. w.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Zusammen System 1				2676	276	85	302	150	80	71	
2	a	u. s. w.	.	.	.	.	.	.	.	.	
			.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>B. Zusammen in allen Systemen.</i>											
1				2676	276	85	302	150	80	71	
2				u. s. w.	.	.	.	.	.	.	
3				.	.	.	.	.	.	.	
u. s. w.				.	.	.	.	.	.	.	
Summa				35276	6182	4217	2967	1012	210	96	

*Ermittlung der Stückzahl und des Gewichts der Röhren.*

(Rohrlänge 0,314 m.)

Licht- weite der Drains cm	Länge der Drain- gräben m	Stückzahl			Gewicht		Bemerkungen.
		auf 1 m Graben- länge einschl. Bruch	im ganzen	abge- rundet	durchschn. für 1000Stück t	im ganzen t	
4	35 276	3,3	116 411	117 000	0,95	111,15	
5	6 182		20 401	21 000	1,25	26,25	
6,5	4 217		13 917	14 000	1,75	24,50	
8	2 967		9 781	9 800	2,35	23,03	
10	1 012		3 340	3 400	3,2	10,88	
13	210		693	700	4,8	3,36	
16	96		317	320	7	2,24	
Sa.	49 960				Sa.	201,41 = rund 202 Tonnen	

*Ermittlung der Muffenröhren.*

Nummer des Drain- systems	Be- zeichnung der Sammler	Längen der Muffenröhren von						Durchmesser	Bemerkungen.
		8 cm	10 cm	13 cm	16 cm	18 cm	21 cm		
2	b		6						
4	a	5			10				
	b			7					
7	f			8					
Zusammen in m:		5	6	15	10				
		Summa 36 m							
Hieraus abgeleitet:		Stückzahl der Muffen (3,3 Stück auf 1 m)							
		17	20	50	33				
		Summa 120 Stück.							



*Titel III. Vorflutgräben.* Hier sind zunächst zu berechnen die Kosten für Räumung und Vertiefung vorhandener Gräben nach Metern Grabenlänge, unter Berücksichtigung der Breite und Tiefe der Gräben; ferner die Kosten für die Neuanlage von Gräben. Auch diese können bei kleinen Gräben und ziemlich gleichbleibender Bodenaushebung nach Metern der Grabenlänge berechnet werden; bei größeren Gräben dagegen wird die zu bewegende Bodenmasse besonders berechnet und die Veranschlagung nach dem Einheitspreis des Kubikmeters Boden unter Berücksichtigung der Transportweite ausgeführt. Hierbei werden gewöhnlich die Kosten für die Befestigung der Böschungen und die Verteilung des Bodens eingeschlossen. Sind die herzustellenden Gräben dagegen sehr groß, sodafs die Befestigung der Böschungen besondere Arbeiten durch Rasen- oder Faschinen- oder Steindeckungen erfordert, so sind auch diese besonders zu veranschlagen. Dasselbe ist erforderlich überall da, wo nach den Abbildungen 328 bis 331, S. 295, die Sohlen und Böschungen der Vorfluter in der Nähe der Ausmündungen besonders befestigt und in ihrer Höhenlage durch Grundpfähle sichergestellt werden müssen.

*Titel IV. Bauwerke.* Alle Durchlässe und Brücken, welche für die Verbesserung oder die Verlegung der Vorflut entweder umzubauen oder neu anzulegen sind, werden besonders berechnet. Zur Erläuterung der Bauweise wird in den meisten Fällen das Eintragen von Handskizzen in den Kostenanschlag genügen. Erforderlichenfalls sind gröfsere Bauwerke durch besonders beizufügende Zeichnungen zu erläutern und die nötigen Ausgaben durch Sonderkostenanschläge zu begründen. Die Berechnung hat sich auf Arbeitslohn und Material zu erstrecken.

*Titel V. Verlegen der Röhren.* Auf Grund der Tabellen, welche die Zusammenstellung der Sammler und Sauger, die Länge der Draingräben und die Länge der Muffenröhren enthält, sind die Kosten für Ausheben der Rohrgräben, Verteilen der Röhren, Verlegen der Röhren, einschliesslich ihrer Verbindung, und Verfüllen der Gräben zu berechnen. Diese Arbeiten können einzeln berechnet oder auch zu einer einzigen Nummer zusammengefasst werden. Letzteres geschieht besonders dann, wenn die Arbeiten künftig zusammen einem Unternehmer übertragen werden sollen. Für gröfsere Tiefen der Draingräben sind bei Saugern selten, bei Sammlern nur dann besondere Zuschläge zu machen, wenn die Sammler Höhenrücken durchschneiden. Die Länge der gröfseren Tiefen ist aus der Zusammenstellung der Sammler ersichtlich. Für die Anlage der Ausmündungen und ihre etwa nötige Sicherung durch Umfriedigungen (§ 52), für die Ausstattung der Ausmündungen durch Vorbaue (§ 56), für die Anlage von Drains in moorigen Gründen (§ 60), für die etwa gewünschte Anlage von Brunnenstuben (§ 61), für die etwa nötige Anlage von Tagwassereinflüssen (§ 62), für das Verlegen von Muffenröhren mit oder ohne Zementierung

(§§ 63 und 64) sind in besonderen Ansätzen Zuschläge zu dem Preise für Verlegen etc. der Drainröhren vorzusehen.

*Titel VI. Beschaffung der Röhren.* Es sind die Kosten für die Röhren nach den verschiedenen Durchmessern je nach der Örtlichkeit ab Ziegelei oder frei Bahnhof oder frei Schifflagerplatz zu veranschlagen. Die Heranschaffung bis zur Verwendungsstelle ist nach dem Gewicht der Röhren und der Beschaffenheit der Wege besonders zu berechnen. In gleicher Weise sind die Kosten für die Muffenröhren zu ermitteln. Die Beschaffung des Materials für die Ausmündungen, die Vorbaue, die Brunnenstuben, die Steine zu Tagwassereinlässen und dergl. ist in besonderen Ansätzen oder summarisch zu veranschlagen.

*Titel VII. Insgemein.* Hier sind die Kosten für Bauleitung, für die Überwachung und Abrechnung der Arbeiten, für Anfertigung der Schlußkarte nach Herstellung der Drainage, die Gebühren des Rendanten und ein Betrag für unvorhergesehene Arbeiten und Lieferungen einzustellen.

Bei kleineren Drainage-Entwürfen ist den Umständen entsprechend die Zusammenfassung mehrerer Titel zulässig.

## Kapitel IV.

### Moorkultur.

#### § 72.

**Kultur der Hoch- und Grünlandsmoore.** Man unterscheidet nach der Bildung, Oberflächen-Gestaltung und Zusammensetzung hauptsächlich zwei Arten von Mooren: die Hochmoore und die Grünlandsmoore (s. Bodenkunde). Die Kultur der Hochmoore ist wegen größerer Armut an Pflanzennährstoffen schwieriger und kostspieliger, als die der Grünlandsmoore. Dennoch ist die dauernd erfolgreiche Kultur der Hochmoore in der Veenkultur der Holländer (s. § 84) schon Jahrhunderte alt, während die richtige zielbewufste Kultur der Grünlandsmoore erst vom Jahre 1862 ab zu rechnen ist.

In den Jahren 1819 und 1820 hatte der Domänenrat Pogge in Roggow zuerst Grünlandsmoorwiesen 13 cm hoch mit Sand bekarrt und damit gute Erfolge erzielt. Diese Tatsache blieb weiteren Kreisen unbekannt. Erst der Rittergutsbesitzer T. H. Rimpau zu Cunrau in der preufs. Provinz Sachsen bildete die Kultur der Grünlandsmoore planmäfsig aus. Auf Grund von Erfahrungen, die er aus jahrelang fortgesetzten Versuchen und Beobachtungen gewonnen hatte, legte er am 1. Dezember 1862 die erste Moordammkultur an, und zwar nach den noch heute im allgemeinen gültigen Vorschriften. Das Ziel der nach ihm benannten Moorkulturen ist die Bildung von ertragreichen Äckern auf Grünlandsmooren. Hierzu sind, sofern das Moor nach chemischer, technischer und landwirtschaftlicher Untersuchung als geeignet befunden sein sollte,<sup>1)</sup> folgende Arbeiten nötig: Eine gute Entwässerung und Ebnung des Moores, seine Bedeckung mit mineralischem Boden, die Aufbringung von künstlichem Dünger nach dem vorhandenen Bedürfnis und endlich die richtige Bestellung und Unterhaltung des Moores.

#### § 73.

**Entwässerung bei der Rimpau'schen Moordammkultur durch Gräben oder Drains.** Die Entwässerung ist von der größten Bedeutung

<sup>1)</sup> Die Moorversuchsstation in Bremen hat eine Anweisung zur Entnahme von Bodenproben behufs chemischer und physikalischer Untersuchung herausgegeben (siehe Mitt. d. Moorkultur-Vereins 1895 und 1898, S. 249.)

für das Gelingen der Kultur. Sie findet in der Regel statt durch offene Gräben nach den Ausführungen des § 27. Die *Richtung der Beetgräben* ist mit sehr geringem Gefälle (0,1 bis 0,2 ‰ genügt gewöhnlich) so anzuordnen, daß die Beete oder Dämme vom Wirtschaftshofe aus ohne Umwege leicht zugänglich werden. Vorteilhaft für die Ausführung ist ferner, wenn sie vom Sandberge aus (siehe § 77) bequem befahren werden können (Fig. 408). Kann man den Gräben die Richtung von Westen nach Osten geben, so entsteht der Vorteil, daß sie am wenigsten dem Verwehen ausgesetzt sind. Alte vorhandene Gräben werden benutzt,

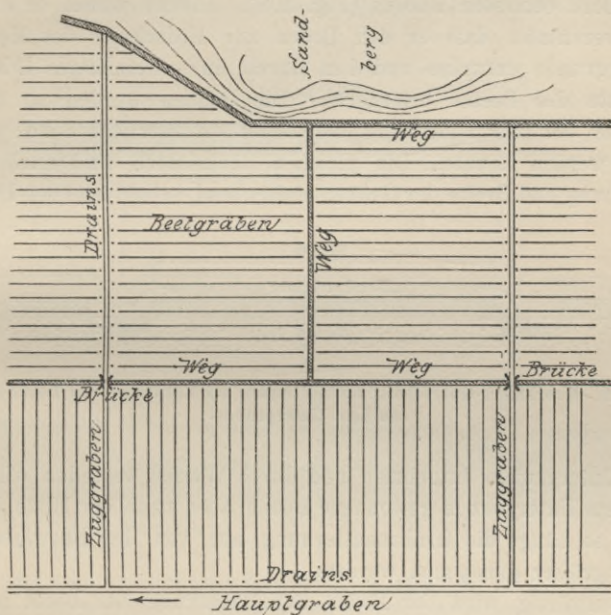


Fig. 408. Moorkultur-Lageplan.

doch nur so weit, als sie ihrer Lage und geraden Richtung nach in das Entwässerungssystem ohne Wirtschafts-Erschwerungen passen; im übrigen werden sie bei der Herstellung des Grabennetzes mit Überhöhung verschüttet. Über die Führung der Gräben im Moor vergl. § 27.

Die *Tiefe der Gräben* wird in flachem Moor auf die für Ackerkulturen maßgebende Tiefe, 1 m, bemessen (s. § 10); in tiefgründigem Moor, das nach der Entwässerung sich voraussichtlich stark setzt, auf 1,3 bis 1,5 m; in sehr mächtigem Moor auf 2 m und mehr. Denn die Abgabe des Wassers aus dem Moor findet nur sehr langsam statt; es ist daher von Nutzen, sie gleich zu Anfang durch größere Tiefe zu begünstigen. Bei der wasserhaltenden Kraft des Moores ist eine zu starke Austrocknung durch zu

große Tiefe nicht zu befürchten. Wenn der Zeitpunkt, wo diese Sorge berechtigt wäre, eintritt, hat das Moor gewöhnlich selbst durch sein eigenes Setzen die Grabentiefe vermindert. Wenn die Tiefe von mindestens 1 m nicht mit Sicherheit erreicht werden kann, so ist eine Ackerkultur nicht am Platze. Eine Nichtbeachtung dieser Vorschrift pflegt unangenehme Folgen zu haben. Größere Entwässerungstiefen sind besonders dann erforderlich, wenn das Moor schlecht verwest ist; denn durch eine gute, scharfe Durchlüftung muß die Verwesung begünstigt werden.

Die *Entfernung der Gräben* war von Rimpau auf 22,6 m von Bord zu Bord bemessen worden (Fig. 409). Hierzu wurde er durch den Umstand veranlaßt, daß er den Boden zur Bedeckung des Moores aus dem Untergrunde entnahm und ihn durch nur zweimaliges *Werfen* bis in die Mitte des Beetes beförderte. Die Gräben wurden so breit angelegt, daß der zur Bedeckung der Beete erforderliche Sand aus ihnen gewonnen werden konnte. Die gleichen Rücksichten sind auch heute für die Entfernung und Breite der Gräben maßgebend, sobald man den Deckboden

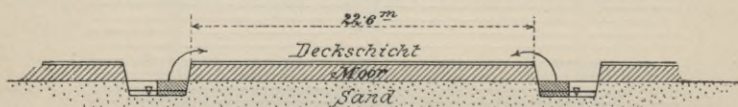


Fig. 409. Moorkultur-Querschnitt nach Rimpau, bei Entnahme des Deckbodens aus dem Untergrunde.

aus dem Untergrunde entnehmen und durch Werfen verteilen will. Wird der aus dem Untergrunde gewonnene Boden aber nach der Mitte der Beete *verkarrt*, so hängt die Grabenentfernung nur von der Entwässerung ab und kann größer genommen werden.

Gegenwärtig wird der Boden zur Bedeckung der Beete meist von der Seite entnommen (s. § 77). Es ist daher für die Entfernung der Gräben allein die Entwässerung des Moores maßgebend. Demgemäß ist es zulässig, den Gräben in einem sehr flachen, gut verwesten Moor, das auf sehr durchlässigem Sande ruht, eine Entfernung bis zu 40 m zu geben, und noch mehr dann, wenn der Sand kalkreich ist (Fig. 410). Ist das Moor mächtiger, doch gut verwest und noch so flach, daß die Sohlen der Gräben in den sandigen, durchlässigen Untergrund einschneiden, so genügt eine Grabenentfernung von 30 bis 35 m (Fig. 411). Ruht ein Moor von gleicher Beschaffenheit auf schwer durchlässigem Untergrunde, so wird die Grabenentfernung besser nur auf 25 bis 30 m bemessen (Fig. 412). Ist das Moor mittelständig, wird der Sand von den Gräben nicht angeschnitten, so vollzieht sich die Entwässerung langsamer; es ist dann trotz größerer Grabentiefe nicht ratsam, die Entfernung der Gräben auf mehr als 25 m

festzusetzen (Fig. 413). Und ist das Moor sehr mächtig und dazu schlecht verwest, so muß selbst bei 2 m und größerer Grabentiefe die Entfernung auf nur 20 m beschränkt werden (Fig. 414). Nur dann, wenn durch Längs- und Querdrains die Möglichkeit geboten wird, die Mitten der Beete wirksam zu entwässern, kann die Grabenentfernung auf 25 m erweitert werden (Fig. 415 und 416).

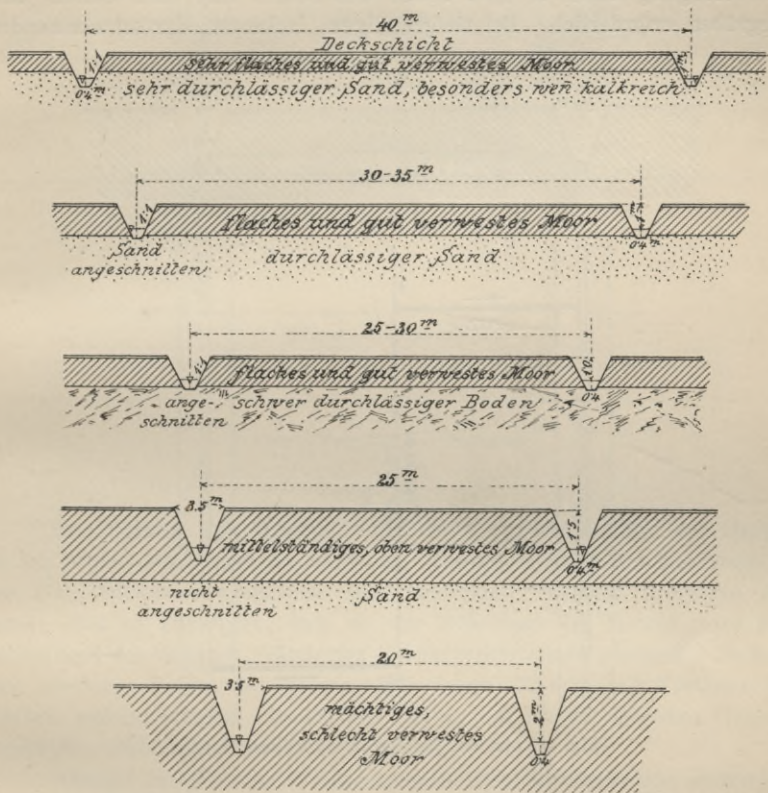


Fig. 410 bis 414. Moorkultur-Querschnitte bei seitlichen Sandentnahmen.

*Vorgewende* sind diejenigen Teile des Moores, welche an der Mündung der Dammgräben in die Zuggräben die Verbindung zwischen den Beeten herstellen. Sie sind 7,5 bis 10 m lang und erhalten zur Vorflut der Dammgräben, je nach der Wasserführung, Drains von 10 bis 20 cm Weite (Fig. 417). Es ist nicht nötig, daß die Richtung der Drains einer etwa vorhandenen schrägen Richtung der Gräben entspricht. Die Drains können vielmehr nach Fig. 418 wohlfeiler auf dem kürzesten Wege nach dem Zuggraben führen.

*Drains an Stelle der Gräben* sind für die Entwässerung von Grünlandsmooren dann stets zulässig, wenn das Moor flach ist. Ist das Moor mittelständig und fest, so ist gleichfalls die Drainage ausführbar, doch sind die Drains auf Sand oder Latten zu verlegen (s. § 60). Der Durchmesser der Röhren ist nicht unter 5 cm, ihr Gefälle nicht unter 1:200 zu bemessen. Da ein solches Gefälle selten in großer Länge auf Mooren zur Verfügung steht, so sind neben den Drains fast stets Seiten- oder Zuggräben erforderlich. Bei tiefgründigem, lockerem oder schwimmendem

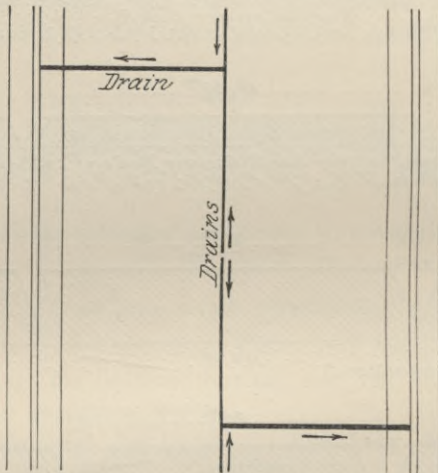
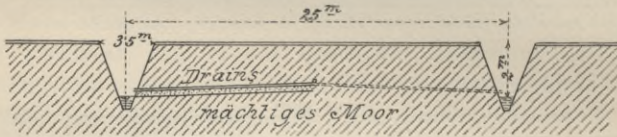


Fig. 415 und 416. Drains in mächtigem Moor.

Moor ist die Drainage unzulässig. Über die *Vorteile der Drains* gegenüber der Entwässerung durch Gräben s. § 28. Besonders der Landgewinn und der Fortfall des Kampfes mit dem Unkraut am Grabenrande (vgl. § 78) sind bei Moorkulturen hoch zu schätzen. Über die Entfernung der Drains im Moor und anderes siehe § 60.

Die früher vielfach aufgetretene Anschauung, daß bei Anwendung von Drains die Durchlüftung des Moors und damit seine Zersetzung leide, daß dagegen die offenen Gräben die Durchlüftung begünstigen und damit zu besserem Wachstum führen, hat sich durch die Erfahrung als irrig herausgestellt. Wenn bei richtiger Strangentfernung für genügende Entwässerung

des Moores gesorgt ist, so ist der Stand der Früchte auf drainierten Moorböden wenig verschieden von dem auf Moorflächen, die nur durch offene Gräben entwässert werden.

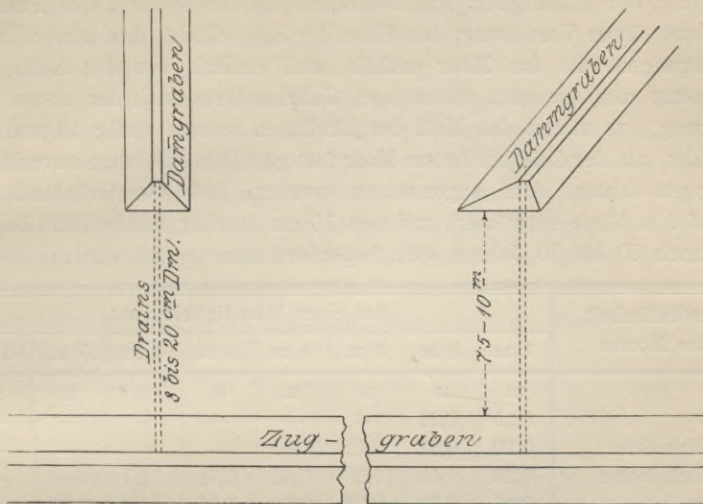


Fig. 417.

Vorgewende bei Moorkulturen.

Fig. 418.

### § 74.

**Das Setzen des Moores.** Bei der Tiefenbestimmung der Gräben ist das Setzen des Moores zu beachten. Besonders die festen Bauwerke in den Hauptentwässerungsgräben, wie Durchlässe, Brücken, Schleusen und dergl., sind so anzulegen, daß sie der Höhenlage des Moores *nach* dem Setzen und den dadurch geänderten Vorflutverhältnissen genügen. Es muß dem künftigen Setzen des Moores allein durch Räumen und Vertiefen der Gräben gefolgt werden können, ein Umbau der oft auf fremdem Gelände angelegten Bauwerke darf nicht nötig sein.

Solange das Moor im Wasser schwimmt, ist Gleichgewicht vorhanden, ein Setzen tritt dann nicht ein. Erst wenn die oberen Schichten zufolge der Entwässerung aus dem Wasser heraustreten, wird das Gleichgewicht gestört und ein Druck auf die unteren, im Wasser befindlichen Schichten ausgeübt. Bei lockerer Beschaffenheit werden diese so verdichtet, daß die obere Moorschicht sich senkt, bis sie im Wasser ganz verschwindet und die Entwässerung von neuem geboten ist. Eine Belastung des Moores durch eine Sanddecke befördert die Verdichtung und das Setzen. Ein Gehalt an mineralischen Stoffen, Lehm oder Sand, wie er sich häufig im Grünlandsmoor findet, verringert das Setzen. Je mächtiger das Moor ist, um so lockerer ist es in den tieferen Schichten. Schlecht verweste, sperrige



Pflanzen, wie die Wassermoose der Hochmoore, behalten ihre lockere Beschaffenheit viel länger, als gut verwesene Pflanzenreste; sie verzögern das Setzen. So ist denn das Maß des Setzens abhängig von der Tiefe der Entwässerung, der Mächtigkeit und Lockerheit des Moores, von den Pflanzen, dem Grade ihrer Verwesung, der Höhe der Sandschicht, den mineralischen Beimengungen, die das Moor enthält, und endlich von der Zeit. Das Moor setzt sich dauernd, selbst noch Jahrhunderte nach der ersten Entwässerung, nur nimmt das Maß des jährlichen Setzens stetig ab und verschwindet mit der Zeit bei festem Moor fast gänzlich. Solange zuverlässige Messungen fehlen, darf angenommen werden, daß ein Grünlandsmoor, das auf 1 m Tiefe entwässert und mit 10 cm starker Sandschicht bedeckt wird, nach 60 bis 80 Jahren sich folgendermaßen setzen wird:

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
dicht . . . . .	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

Ein Moorboden von 5 m Gesamtmächtigkeit, welcher in der obersten Schicht von 1 m ziemlich dicht, darauf von 1 bis 3 m Tiefe ziemlich locker und endlich von 3 bis 5 m locker ist, würde in dem Entwässerungsplan mit folgendem Setzungsmaß zu berücksichtigen sein:

$$0,20 + (0,56 - 0,26) + (1,07 - 0,75) - 0,10 = 0,72 \text{ m.}$$

Der Abzug 0,10 m stellt die Mächtigkeit der aufgebrauchten Deckschicht dar.

Verfasser beansprucht für die vorstehend angegebenen Setzungsmaße keine unbedingte Zuverlässigkeit. Sie sind aus den ihm bisher zugänglich gewesenen Beobachtungen abgeleitet worden und verdienen Beachtung, solange keine besseren Zahlen gefunden sind. Ihre Benutzung beim Entwerfen von Vorflutanlagen für Moorkulturen erfolgt derart, daß nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen aus der Tabelle das Setzmaß ermittelt und die künftig nach dem Setzen wahrscheinlich eintretende Oberfläche des Geländes in den Höhenplänen des Hauptvorfluters sowie der Nebenvorfluter eingezeichnet wird. Nach dieser neuen Höhenlage sind Gefälle und Querschnitte der Vorfluter zu berechnen und zu verzeichnen; auch die Sohlenhöhen und Weiten der Durchlässe, Brücken und anderer Bauwerke sind hiernach zu bestimmen. Diese Durchlässe, Brücken und festen Bauwerke müssen, um Kosten für sonst später nötigen

Umbau zu sparen, von vornherein nach der künftig zu erwartenden Sohlenlage des Vorfluters angelegt werden. Die Gräben sind in ihrer oberen Breite nach dem späteren Bedürfnis anzusetzen. Die Tiefe der Gräben kann jedoch auf das derzeit notwendige Maß beschränkt werden; bei den jährlichen Grabenräumungen ist durch Grabenvertiefung dem Setzen des Moores zu folgen.

Um über das Setzen des Moores zuverlässige Zahlen zu gewinnen, ist allen Erbauern und Besitzern von Moorkulturen warm zu empfehlen, über jede Kultur eine Richtungslinie zu legen. Ihre Endpunkte sind durch unveränderliche Höhenpfähle möglichst nahe dem Rande des Moores festzulegen. In dieser Linie ist das Moor genau zu nivellieren, durch Bohrungen nach Mächtigkeit, Lockerheit und Art des Untergrundes zu untersuchen und das Ergebnis in einem Bodenprofil bildlich darzustellen. Wird nach Ablauf einiger Jahre und von da an in gleichen Zeiträumen die Einwägung zwischen den Festpunkten wiederholt und in das Bodenprofil verzeichnet, so kann man hieraus Schlüsse über das Setzen auch für die künftigen Zeiten ziehen.

### § 75.

**Einebnung des Moores.** Die Einebnung der Moorfläche hat nur den Ausgleich der groben Unregelmäßigkeiten zum Ziel, die sich auf allen nicht kultivierten Mooren vorfinden, nicht etwa die Herstellung einer genau horizontalen Ebene. Geneigte oder flach gewellte Flächen sind zulässig, wenn sie die Wirksamkeit der Erntemaschinen nicht beeinträchtigen. Die Ausfüllung der Vertiefungen erfolgt mit den Aushubmassen der Gräben. Hierbei ist darauf zu achten, daß nicht etwa der Boden aus unzersetzten tiefen Lagen zum Ausfüllen der Löcher und Senkungen verwendet wird; in diese Stellen ist vielmehr der Boden aus den obersten Schichten zu bringen. Der unzersetzte Boden ist zur Bedeckung der Narbe zu verwenden, wo er leicht durch geeignete Geräte (Messerwalze, Telleregge u. a.) zerstört und fein verteilt werden kann. Die Pflanzen gehen, solange der Boden noch nicht zersetzt ist, ohne Nahrung zu entnehmen, durch ihn hindurch in die unteren, besser zersetzten Lagen. Es wird aber durch die Bedeckung die alte Grasnarbe zerstört und ein neues Keimbett geschaffen. Alle Bülden sind abzuheben, unter Umständen ist das Moor schwarz zu eggen und umzupflügen. Das Pflügen muß möglichst flach geschehen, damit das Moor nicht zu lose und puffig wird. Nur bei schlecht verwesbarem Moor ist die Verwesung zu beschleunigen durch tiefen Umbruch mittels des Untergrundpfluges. Auch der Anbau von Hackfrüchten, Wruken (Kohlrüben) oder Kartoffeln, von Senf, oder die Bestellung mit Mengfutter vor der Bedeckung des Moores mit Sand hat für die Einebnung der Fläche gute Erfolge gehabt. Unter Umständen ist auch die Pferdeschaukel oder das Muldbrett (§ 110, Fig. 466) mit Erfolg benutzt worden. Vorteilhaft

ist es, demnächst vor Aufbringen der Sanddecke die Fläche zu eggen und mit einer schweren Walze festzudrücken.

Eine auf dem Moor etwa vorhandene gute Grasnarbe ist nicht zu zerstören. Sie bietet den Vorteil, daß die Sanddecke gleichmäßiger aufgebracht wird, daß das Durchtreten der Pferde bei den Bedeckungsarbeiten weniger stattfindet und endlich, daß der Unkrautwuchs auf der künftigen Moorkultur nach dem Urteil vieler Landwirte geringer wird. Ein Nachteil entsteht durch die Grasnarbe nicht, denn sie zersetzt sich unter der Sanddecke in der Regel sehr schnell. Manche Landwirte haben deshalb da, wo eine Narbe fehlte, vor Aufbringen der Deckschicht eine Grasnarbe auf dem geebneten Moor erst erzeugt.

Will man ein rauhes, durch die Huftritte der Weidetiere stark wundes Moor vor Herstellung der Entwässerungsgräben einebnen — ein Verfahren, das zu empfehlen ist, weil dann der Abraum der Gräben zum Ausgleich der Unregelmäßigkeiten benutzt werden kann —, so sind schmale Stichgräben nach Art der Grippen (s. § 86) oder Draingräben herzustellen und mit

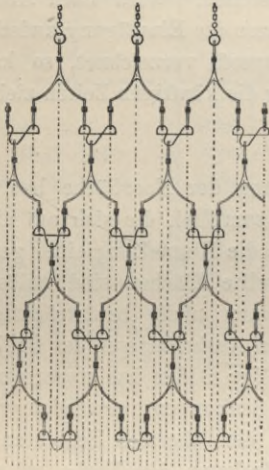


Fig. 419. Wiesensternege von Laake.

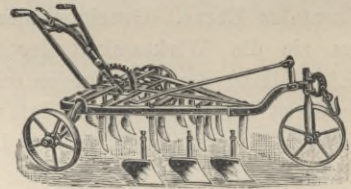


Fig. 420. Wiesenkultivator von Kuhnke.

ihrer Hilfe die Moorflächen vorläufig zu entwässern. Demnächst ist das Moor entweder in ähnlicher Weise zu bearbeiten, wie es nach dem Kulturverfahren von Saint-Paul geschieht (s. § 81), — d. h. das Moor ist dann, wenn es 6 bis 8 cm aufgetaut, darunter aber noch hart gefroren ist, mit Pferden kräftig zu durcheggen, — oder es ist mit Pflug und Egge in der oben beschriebenen Weise zu bearbeiten und mit Senf, Hafer oder Mengkorn zu bestellen. Die Laake'sche Wiesensternege (Fig. 419, zu beziehen von Groß & Co. in Leipzig-Eutritzsch) wird für zweckmäßig gehalten.<sup>1)</sup> Auch der *Wiesenkultivator* von Kuhnke in Muskau (Fig. 420, zu haben bei Lehnigk, A.-G. in Vetschau, N.-Lausitz) und die *Messerwalze* von Schreiber in Mariawerth werden empfohlen, neuerdings auch die Dandy-

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1899, S. 237.

*Telleregge* (Fig. 421. Vergl. Mitt. d. Moorkultur-Vereins 1899, S. 296 und 1900, S. 65. Zu beziehen von J. C. Hedemann in Badbergen, Hannover, für 180 Mk.) Der Kultivator von Kuhnke verlangt trockenen Boden, seine Anwendung ist daher dann unmöglich, wenn das Moor mit

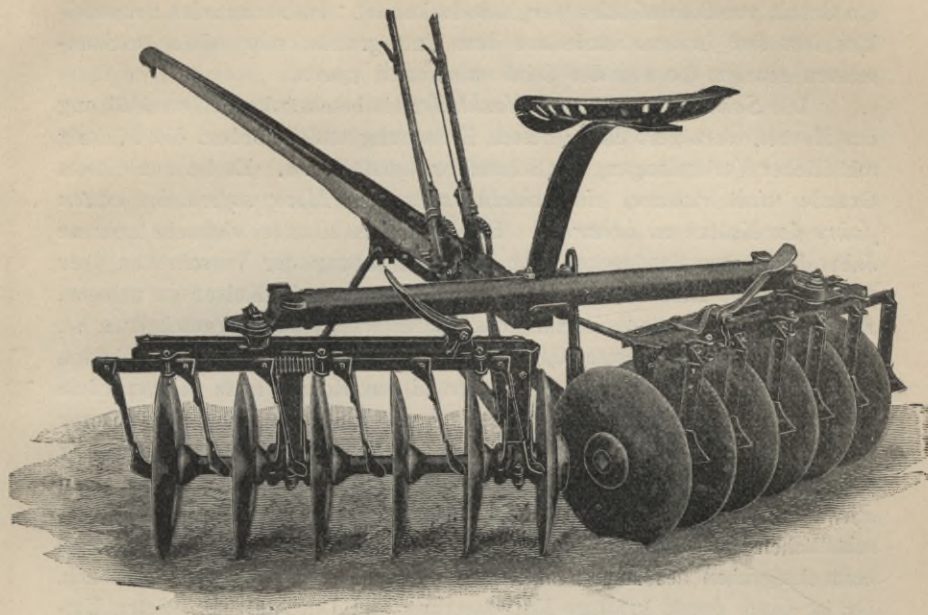


Fig. 421. Dandy-Telleregge.

Grabenboden bedeckt wurde, also feucht ist. Werden die Gräben später in vollem Profil hergestellt, so ist bei Benutzung des Abraums zum Ausfüllen der Unebenheiten darauf zu halten, daß die gewonnenen Rasenstücke mit der Grasnarbe nach unten verlegt werden.

## § 76.

**Deckschicht und Hufschlag.** Die *Deckschicht* hat den Zweck, das Moor zu dichten, die Temperatureinflüsse zu mildern, die Verdunstung zu verringern, dadurch die Bodenfeuchtigkeit zu erhalten, den Pflanzen einen sicheren Standort und ein gutes Keimlager zu geben, den Unkrautwuchs zu unterdrücken, die Bestellung zu erleichtern und das Moor zum Tragen schwerer Lasten geeignet zu machen. Ein heller, von Unkrautkeimen freier, grobkörniger Sand mit Lehm- und reichem Kalkgehalt ist am vorteilhaftesten. Ein reiner grobkörniger Sand, der fast frei ist von feinem Sande und daher nur schwach aufsaugend wirkt, gefährdet ebenso die Vegetation, wie ein reiner, sehr feiner, fast staubförmiger Sand. Der anmoorige Sand,

der sich häufig unterhalb des Moores findet, ist unverwendbar, weil er zu leicht ist, wie das Moor selbst auffriert, überhaupt zur Bestellung sich nicht eignet, denn er zerfällt trocken in ein staubiges Pulver und bildet im nassen Zustande eine schlammige Masse. Besonders schädlich ist aber ein Gehalt von Schwefelkies (vergl. Bodenkunde). Bisher hat sich Schwefelkies fast nur in dem Sande aus dem Untergrunde, sehr selten in Sandmassen gezeigt, die von der Seite entnommen waren.

Die *Sanddecke hat auch Nachteile*: sie beschränkt die Durchlüftung des Moores, verzögert daher dessen Zersetzung und befördert die Bildung schädlicher Verbindungen, wie Schwefelwasserstoff u. a. Es ist aus diesem Grunde *nicht ratsam, ein schlecht zersetztes Moor sofort im ersten Jahre der Kultur zu bekarren*. Ein derartiges Moor ist vielmehr mehrere Jahre lang ohne Sanddecke, doch unter Beachtung der Vorschriften über Entwässerung, Einebnung und künstliche Düngung in Kultur zu nehmen. Erst später, wenn die Zersetzung des Moores weit genug vorgeschritten ist, wenn es bis auf mindestens 0,30 m Tiefe eine gut vererdete Schicht bildet, darf die Bekarrung folgen. Bei tiefgründigen Mooren muß die vererdete Schicht noch mächtiger, ungefähr 0,40 m, sein. Die Wurzeln unserer Kulturgewächse dringen in die tiefen unzersetzten Moorschichten nur schwer ein, sie finden hier zu wenig aufnahmefähige Nährstoffe. Wenn man schwach zersetztes Moor mit Sand deckt, so machen sich die pflanzenschädlichen Verbindungen, wie Schwefelwasserstoff u. a., durch den Geruch beim Aufgraben des Moores und durch starke Verunkrautungen kenntlich. Es ist dann durch kräftige Entwässerung und Durchlüftung, tiefen Umbruch mit Lockerung der Furchensohle durch den Untergrundpflug und mehrjährigen Anbau von Hackfrüchten oder Grünfutter für eine gute Oxydation des Moores zu sorgen.

Die *Stärke der Deckschicht* hat Rimpau auf 10 cm bemessen. Jetzt wird sie für Ackerkulturen meist auf 10 bis 12 cm festes Maß nach dem Setzen bestimmt und hierzu in 12 bis 14 cm Höhe einschließlic Setzmaß ausgeführt, sofern der Boden von der Seite entnommen wird. Bei Entnahme nassen Sandes aus dem Untergrunde kann das Setzmaß geringer sein.

Als *Hufschlag* bleibt in der Regel ein Streifen von 0,5 m Breite längs der Gräben von der wirtschaftlichen Benutzung der Dämme ausgeschlossen. Dieser Streifen wurde und wird noch jetzt vielfach mit Rasensoden ausgelegt. Es entsteht alsdann auf dem Damme ein Koffer, in welchen die Sanddecke sehr sauber eingebracht werden kann. Diese Maßregel ist nicht vorteilhaft: sie hat den Nachteil, daß die unbelastete Grabenkante sich nicht in gleichem Maße setzt, wie die durch die Sanddecke belastete Mitte des Beetes. Es kann dadurch das Beet nach einigen Jahren nicht mehr oberirdisch entwässern, das Wasser starker Regengüsse und besonders der

Frühjahrsschmelze bleibt in Pfützen auf dem Beet stehen. Diesem Übelstande ist schwer abzuhelpfen, denn die Rasensoden sind gewöhnlich im Frühjahr noch hart durchgefroren, wenn die Entwässerung nötig wird; sie lassen sich mit der Hacke kaum durchbrechen. Auch der Vorteil der sauberen Ackerkante geht leicht verloren, denn der Pflug reißt bei wenig geschickter Führung den Rasen in ganzen Stücken heraus. Es muß daher empfohlen werden, auf die Bedeckung der Grabenkante mit Rasensoden zu verzichten und den Hufschlag derart herzustellen, daß er, wie das Beet selbst, mit Sand bedeckt wird, doch so, daß die Höhe des Sandes nach den Grabenrändern flach ausläuft. Dieser Auslauf wird künstlich gedüngt und in 0,5 m Breite mit Gras besät. Bei solchem Verfahren werden die oben geschilderten Übelstände vermieden und Rasenstücke erspart, die besser für die Einebnung des Moores oder zu anderen Zwecken benutzt werden können.

Da nun aber Gras und Unkraut am Grabenrande rasch genug wachsen (s. § 78) und man nicht nötig hat, ihr Aufkommen zu begünstigen, so empfehlen manche Landwirte, auch die eben geschilderte Grasansaat am Grabenrande zu unterlassen und auf den Hufschlag als solchen überhaupt nicht Rücksicht zu nehmen.

Ist der Sand sehr leicht, sodaß er zum *Verwehen* neigt, so sind einfache Schutzzäune aus Draht und Reiserln längs der Grabenränder anzulegen, oder die Beete sind sofort nach dem Aufbringen der Sanddecke mit Kainit zu bestreuen. Dieser hält den Sand feucht und beschränkt dadurch das Verwehen.

## § 77.

**Aufbringen der Deckschicht.** Der Sand wird jetzt meist *von der Seite*, nicht mehr aus dem Untergrunde entnommen. Denn bei der Entnahme aus dem Untergrunde werden breite Gräben notwendig, es geht viel Land verloren (durchschnittlich 18 %), auch liegt die Gefahr nahe, auf Schwefelkiesnester zu stoßen. Bei der Entnahme des Sandes von seitlichen Höhenländereien ist das Auftreten von Schwefelkies nach bisherigen Erfahrungen kaum zu befürchten, der Landverlust ermäßigt sich auf die Hälfte (durchschnittlich 9 %); nur müssen die mit Unkrautsämereien durchsetzten oberen Schichten beseitigt und von der Bekarrung ausgeschlossen werden.

Zum Aufbringen des Sandes wird meist eine *Feldbahn* benutzt. Die auf den Beeten zu verwendenden Joche haben nur 2 m Länge, auch meist nur zwei Querswellen, sodaß ein Mann sie heben und verlegen kann. Die Spurweite beträgt 0,6 m. Die Verbindung zweier Joche muß von dem Arbeiter schnell und stehend hergestellt werden können und demnach so beschaffen sein, daß bei genügender Biagsamkeit ein Auslösen weder in lotrechter, noch wagrechter Richtung möglich ist. Hierzu stehen

von verschiedenen Fabriken zweckmäßige Verbindungen zur Verfügung. Die Wagen haben  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  cbm Inhalt und müssen zur Sicherung gegen Entgleisen doppelflanschige Räder erhalten. Die richtige Schüttungshöhe wird in der Weise gewahrt, daß man den Rauminhalt an Deckboden einschließlich Setzmafs berechnet, welcher bei der vorliegenden Beetbreite auf 10 m Dammlänge entfällt, und nach der Fassung der Wagen die hierzu nötige Wagenzahl bestimmt. Ist zunächst die Zahl der Gleise festgestellt, die über das Beet gestreckt werden sollen, so erhält man die Wagenzahl, die auf 10 m Gleislänge verstürzt werden muß.

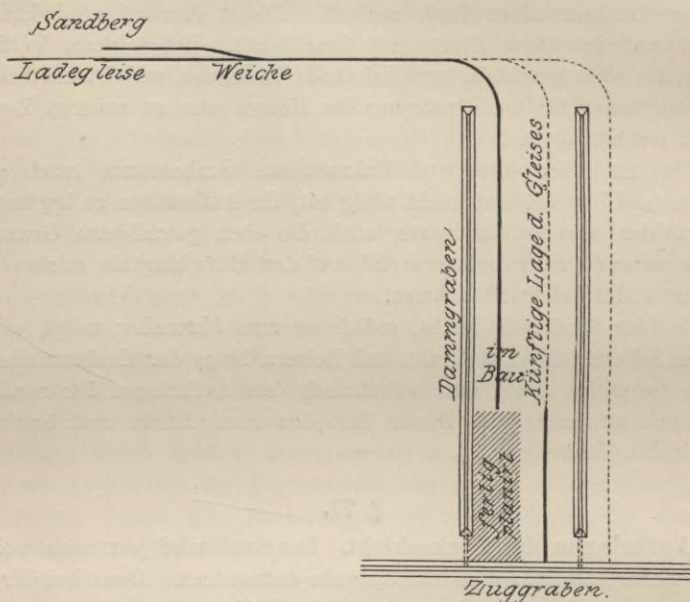


Fig. 422. Gleisanlage bei Ausführung von Moorkulturen.

Der *Betrieb* findet derart statt, daß nach Fig. 422 der Sandberg von zwei Gleisen, welche durch eine Weiche verbunden sind, in Angriff genommen wird. Hinter der Weiche führt das Stammgleis nach der Moorkultur. Dies Stammgleis wird als dauernd benutztes Gleis oft aus längeren Schienen hergestellt, die in solider Weise verlascht und verbolzt werden; das Moorgleis dagegen besteht stets aus kurzen Jochen. Es wird in voller Ausdehnung über das Beet gestreckt. Der auf dem Sandberge beladene Zug wird bis an das Ende des Beetes gefahren und hier durch Kippen nach der Seite entleert. Dies vollzieht sich sehr schnell. Der Zug fährt leer zurück, der gestürzte Boden wird durch wenige Arbeiter über das Beet verteilt. Inzwischen haben die an dem Sandberge befindlichen Arbeiter auch den zweiten Zug beladen. Der ankommende leere Zug wird auf

das freie Gleis geschoben, das Pferd vor den zweiten vollen Zug gespannt, und dieser fährt sofort nach der Schüttungsstelle. Sind hier die auf eine Zuglänge entfallenden Wagen verstürzt worden, so wird unmittelbar nach Abgang des Zuges das Gleis, von hinten anfangend, aufgenommen und seitwärts in die neue Gleisrichtung verlegt (Fig. 422). Ist auf diese Weise die Schüttung auf dem ersten Beetgleise bis zu Ende geführt, so ist auch das Gleis fast vollständig in die zweite Lage verlegt, und es bedarf nur der Verbindung mit dem Stammgleis, um den nächstfolgenden Zug instand zu setzen, ohne Aufenthalt das neu verlegte Moorgleis in voller Ausdehnung bis zu Ende zu befahren.

Man kann, wie Fig. 422 zeigt, die Wagen nach beiden Seiten kippen und dadurch einen breiten Streifen Moor mit Sand beschütten; man kann aber auch, wie neuerdings vorgezogen wird, nur nach einer Seite die Wagen kippen und dadurch den zu schüttenden Streifen auf 2,4 bis 2,5 m Breite beschränken. Dies letzte Verfahren hat zwar den Nachteil, daß das Gleis öfter verlegt werden muß, es bietet aber den Vorteil, daß das Gleis auf der festen Sanddecke und nicht auf dem lockeren Moor liegt und auch die Pferde auf der festen Decke sich bewegen.

Unmittelbar nach der Besandung empfiehlt es sich, 20 Zentner Kainit auf ein Hektar zu verstreuen. Dadurch bleibt der Sand feuchter und verweht nicht so leicht. Eine einzige stürmische Nacht, die nach dem Aufbringen der Deckschicht eintritt, kann sonst sehr viel Schaden durch Verwehen des Sandes anrichten.

## § 78.

**Düngung und Bestellung der Ackerkulturen.** Die *Düngung* der Moorkulturen ist im allgemeinen nur mit Kali und Phosphorsäure nötig, denn die übrigen Pflanzennährstoffe, besonders der Stickstoff, sind im Moor schon enthalten. Kali wird gewöhnlich in Kainit, Phosphorsäure in Thomasschlacke aufgebracht. Der Bedarf an beiden Düngstoffen ist nach der chemischen Zusammensetzung des Moores zu bestimmen; in der Regel werden 16 bis 24 Zentner Kainit alljährlich, 8 Zentner Thomasschlacke im ersten und 4 Zentner in den folgenden Jahren auf ein Hektar erforderlich. Neuerdings neigt man mehr dazu, die Düngermenge an Kali größer zu nehmen. Während man früher sich meist mit 16 Zentnern begnügte, werden jetzt 20 bis 24 Zentner vorgezogen. Ein Niedermoor von durchschnittlicher Zusammensetzung verlangt bei Ackerbau und mittleren Erträgen auf das Hektar nach Prof. Tacke<sup>1)</sup> eine Düngung von 800 kg Kainit und bei besonders kalibedürftigen Früchten, wie Zuckerrüben,

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche 1900, S. 167.



Futtermühen u. dergl., sogar 1200 kg. Daneben sind 400 bis 500 kg Thomasmehl von befriedigender Löslichkeit, nämlich mit 15 bis 16% zitronensäurelöslicher Phosphorsäure in den ersten Jahren, 200 bis 300 kg in den folgenden Jahren zu geben. Die doppelte Menge Thomasschlacke im ersten Jahre ist deshalb geboten, weil ein Überschuss an Phosphorsäure vorteilhaft ist. Der Dünger ist so früh wie möglich aufzubringen, am besten im Herbst, damit bis zum Frühjahr die schädlichen Chlorverbindungen des Kainits Zeit haben, sich zu lösen, und die Thomasschlacke sich möglichst fein im Boden verteilen kann.

Von einzelnen Kulturtechnikern und Landwirten wird unter gewissen Umständen die Beigabe von Stallung neben dem künstlichen Dung für erforderlich gehalten. Dies wurde zuerst praktisch erprobt von dem um die Förderung der Moorkultur sehr verdienten, verstorbenen Kulturtechniker V. Schweder in Gr.-Lichterfelde bei Berlin. Auch auf dem Gute Böckelholm in Schleswig-Holstein, sowie in Mariawerth und Calvörde hat man mit der Beigabe von Stallung gute Erfolge erzielt. In Mariawerth hat die Anwendung des Stallungs steigend gute Erträge, besonders bei Kartoffeln, hervorgebracht, wo die künstliche Düngung fast versagte. Die Erklärung ist darin zu suchen, daß auf unzersetztem Moor der künstliche Dünger wenig, wohl aber der Stallung wirkt.<sup>1)</sup> Nach Versuchen des Schweden Paul Hellström ergibt sich, daß der Stalldünger nicht durch den Gehalt an Pflanzennährstoffen wirkt, sondern durch die Tätigkeit seiner Bakterienflora.<sup>2)</sup>

Die *Bestellung* der Moordammkulturen darf sich nur auf die Deckschicht richten, eine Mischung des Sandes mit dem Moor ist zu vermeiden. Hieraus ergibt sich, daß alle Moorkulturen flach gepflügt werden müssen. Eine zu große Ängstlichkeit in dieser Hinsicht ist aber nicht am Platze. Denn wenn der Pflug jahrelang in derselben Tiefe arbeitet, so wird die unterste Schicht des Decksandes unmittelbar über dem Moor so hart, daß sie von den Kulturpflanzen nur schwer durchbrochen werden kann. Als dann tritt sehr leicht Lagerung des Getreides ein und die Erträge lassen nach, denn die Wurzeln finden in der Sandschicht allein keinen genügenden Halt, wenn sie die harte oberste Moorschicht nicht durchdringen können. Der Eintritt der Luft in das Moor wird verhindert, die Zersetzungs Vorgänge in ihm werden mehr oder weniger aufgehoben. Es darf daher nicht getadelt werden, wenn ab und zu mit dem Pfluge etwas schwarzer Boden in die Höhe kommt, sofern dies Aufwühlen nicht im Übermaß geschieht. Wenn bei Ausbildung einer derartigen harten Schicht unter dem flach

<sup>1)</sup> Prof. Fleischer in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche 1900, S. 111.

<sup>2)</sup> Biedermann's Zentralblatt 1900, Heft VII.

arbeitenden Pfluge das Moor darunter wenig zersetzt ist, oder auch wenn bei wenig zersetztem Moor die Sanddecke nach längeren Jahren durch zu starkes Befahren fest geworden ist, so bilden sich in dem Moor schwefelwasserstoffhaltige Verbindungen. Dann ist es nötig, mit einem *Untergrundpflug* den Boden zu lockern, die harte Schicht zu durchbrechen. Es muß dies vorsichtig geschehen, damit die Sanddecke nicht zu sehr mit dem Moor vermischt werde. Auch ist das Anbauen von Hackfrüchten zu empfehlen.

Über die *Fruchtfolge* auf Moorkulturen gehen die Meinungen der Landwirte vielfach auseinander, doch besteht darüber Einigkeit, daß eine gewisse Fruchtfolge innezuhalten ist, daß dabei Halm- und Hülsenfrüchte abwechselnd zu bauen sind, und daß jede Frucht die erforderliche künstliche Düngung erhalten muß. Die Erfahrung hat gezeigt, daß manche Fruchtarten auf einigen Mooren gut gedeihen, auf anderen nicht. Die Erklärung hierfür ist noch nicht gefunden. Man macht Anbauversuche an verschiedenen Stellen mit verschiedenen Früchten. Auch die Saatzeit ist von Einfluß. Es ist für jeden Moordammesbesitzer nötig, die für ihn passenden Saaten durch eigene Versuche zu entdecken.

Mit den Jahren tritt in dem Decksande eine Anreicherung mit Ernterückständen, mit Stickstoff, Kali und Phosphorsäure aus der Düngung ein. Hierdurch wird in Verbindung mit der steten Zuführung von Feuchtigkeit aus dem Moore der *Unkrautwuchs* begünstigt. Seine Beseitigung ist schwierig; denn die besondere Art der Kultur ist der Zerstörung tief wurzelnder Unkräuter hinderlich. Es muß daher auf die Vertilgung des Unkrautes eine ganz besondere Sorgfalt verwendet werden. Am wirksamsten ist fleißiges Hacken. Zu dem Ende sind die Früchte in mindestens 21 cm Reihentfernung zu drillen. Auch Umpflügen des Feldes unmittelbar nach der Ernte und wiederholte energische Bearbeitung der Stoppeln mit Pflug, Egge oder Grubber haben sich als wirksam erwiesen. Weiter empfiehlt sich bei der Fruchtfolge neben dem Anbau von Wurzelgewächsen, deren Kultur ein kräftiges Hacken und Jäten erfordert, wie Kartoffeln und Rüben, auch das Einschalten von bodenbedeckenden und Unkraut erstickenden Gewächsen, wie Raigras. Endlich trägt zur Unkrautvertilgung eine gründliche Trockenlegung des Moores und Reinigung der Gräben im Herbst bei. Die stete Überwachung der Grabenränder, ihre unausgesetzte Reinigung von Unkraut während des Sommers oder unter Umständen auch ihr vollständiges Umhacken ist von besonderer Wichtigkeit für die Unterhaltung der Kulturen. Hat das Moor künstliche Vorflut, so muß so lange gepumpt werden, als die Witterung eine kräftige Unkraut-Entwicklung noch befürchten läßt. Je mehr Arbeit an die Unterhaltung der Moorkultur gewandt wird, um so ertragreicher ist die Kultur selbst. Im allgemeinen ist es viel leichter, eine Moorkultur anzulegen, als sie gut zu unterhalten.

Die *Kosten* der Rimpau'schen Moordammkulturen schwanken zwischen 300 und 900 Mark für das Hektar. Hervorragende Förderung haben die Kulturen durch die Moor-Versuchs-Station in Bremen unter Leitung von Professor Fleischer gefunden.

Als Beispiel für die Anlage einer Moorkultur wird Fig. 423 beigelegt.

### § 79.

**Mischkultur.** Neben den zahlreichen guten Erfolgen der Moordammkulturen sind auch Mißerfolge mit den Jahren aufgetreten. Gewöhnlich ergab die Untersuchung, daß die Entwässerung nicht genügte, oder daß die Sanddecke auf schlecht verwestem Moor zu früh aufgebracht war (vergl. die § 76 geschilderten Nachteile der Sanddecke). Man muß daher bei Mißerfolgen in erster Linie Mittel anwenden, die geeignet sind, Luft und damit Sauerstoff in das Moor zu bringen. Zu diesen Mitteln gehören: kräftige Entwässerung, Lockerung des Untergrundes, zeitweises Bloßlegen des Moores und so lange, als die schlechten Stellen sich nicht ausgeglichen haben, eine besonders kräftige Düngung unter Anwendung von Stickstoff.

Erst wenn diese Mittel keinen Erfolg gehabt haben, wird die sogenannte Mischkultur angewandt. Es ist dies eine Kultur, bei der mit dem bisher gültigen Grundsatz der Bedeckung des Moores durch Sand vollständig gebrochen wird, bei der man sich nicht mehr bemüht, den Sand möglichst rein von Moor zu halten, sondern ihn im Gegenteil mit dem darunter befindlichen Boden innig mischt. In geeigneten Fällen haben manche Kulturtechniker und Landwirte auch von vornherein diese Mischkultur zur Anwendung gebracht.

Besonders vorteilhaft ist sie, wenn der Decksand kalkreich ist, denn die Kalkteilchen bewirken nach der Mischung eine bessere Zersetzung des Moores. Dadurch wird eine bessere Durchlüftung erzielt und ein größeres Wurzelgebiet für die Pflanzen erschlossen. Aus diesem Grunde eignet sich die Mischkultur vorzugsweise für kalkarme Moore; diese werden durch die Zuführung kalkreichen Deckbodens, besonders kalkreichen Lehms, und innige Mischung sehr verbessert.

In Schweden hat man schon vor mehreren Jahren die Mischkultur angewandt und sie als ein sicheres und ertragreiches Kulturverfahren erprobt. Das hierfür ausersehene Moor wird nach der Entwässerung umgegraben, eingeebnet, und 2 bis 3 cm hoch mit Lehm befahren. Dieser wird mit dem Moor durch Umpflügen und scharfes Eggen tüchtig gemischt. Dann wird Kalk aufgebracht — gewöhnlich 30 hl auf ein Hektar —, das Moor mit Kainit und Thomasmehl gedüngt und mit Halmfrüchten oder Gräsern bestellt. Das Aufbringen einer Lehmschicht von 4 bis 6 cm Höhe, das versuchsweise geschah, hat die Erträge nicht wesentlich gesteigert, eine



Bedeckung mit Sand ergab aber stets geringere Erträge als die Bedeckung mit Lehm. Dieser hat den Vorzug, daß er dem Moorboden Pflanzennährstoffe zuführt, sich besser mit dem Moor vermischt als Sand und nicht, wie dieser, mit der Zeit tiefer in den Untergrund versinkt.

Ein Nachteil des Mischverfahrens besteht darin, daß das Moor nicht in gleicher Weise wie bei der Deckkultur gegen Spätfröste und gegen das Aufpuffen bei übergroßer Hitze gesichert ist. Dagegen entsteht der unter Umständen schätzbare Vorteil, daß die Wasserverdunstung und das Aufsaugevermögen erhöht wird. Es eignet sich die Mischkultur daher überall da, wo die Moore unter zu großer Nässe leiden, und wo man, um diesem Übelstande abzuhelpfen, die Gräben aus anderen Gründen nicht vertiefen kann.

### § 80.

**Moorweiden.** Um Weiden auf moorigem Grunde anzulegen, muß dieser durch eine gute Entwässerung unbedingt trocken gelegt werden und eine feste und dichte Grasnarbe erhalten. Die Entwässerung erfolgt am besten durch Drainage, unter Umständen durch Faschinen- oder Knüppeldrains (§ 32, S. 273). Kommen Gräben zur Anwendung, so ist es zweckmäßig, ihnen auf 0,7 m Tiefe sehr flache, nämlich nur 2 bis  $2\frac{1}{2}$  fache Böschungen zu geben, weil steilere Böschungen vom Vieh doch niedertreten werden, demächst aber auf 0,3 m Tiefe ganz steile Wandungen. Mitten in diesen Gräben können zur Trennung der Koppeln leichte Zäune aufgestellt werden, die nur aus Latten und Pfählen bestehen. Derartige Zäune inmitten des Wassers werden erfahrungsmäßig vom Vieh nicht beschädigt.

Um eine feste, dichte Narbe zu erhalten, ist für Moorweiden die Bedeckung des Bodens stets erforderlich. Bei Moorwiesen kann die Bedeckung erspart werden (vergl. § 83), bei Moorweiden dagegen nie. Aus diesem Grunde ist es wohl angängig, alte Moordamm-Ackerkulturen, deren Entwässerung sich nachträglich als nicht ausreichend erweist, in Moorweiden umzulegen; denn gerade die starke Decke mineralischen Bodens, welche die Dammkultur bereits besitzt, ist für die Moorweide von größtem Wert. Ein vollständiges Zertreten der alten Dammgräben durch das Vieh ist dabei nicht zu befürchten. Das Vieh tritt zwar die Grabenborde etwas hernieder, später aber verflachen und vernarben sich die Borde, und eine weitere Beschädigung der Gräben tritt nicht mehr ein.

Die Düngung mit Kaliphosphat, die auf Mooräckern und Wiesen regelmäßig erfolgen muß, ist auf den Weiden nur ab und zu je nach Bedarf erforderlich. Es genügt in Zeiträumen von 3 bis 4 Jahren eine Gabe von 12 bis 16 Ztr. Kainit und entsprechender Menge Thomasschlacke auf das Hektar, denn die tierischen Auswurfstoffe führen eine große Menge der entzogenen Nährstoffe dem Boden wieder zu.

Die Saatmischung der Koppeln ist annähernd gleich derjenigen der Wiesen zu wählen (vergl. § 82), nur empfiehlt es sich, mehr Weisklee zu nehmen, doch kann dieser auch später in geringen Mengen — etwa 2 kg auf das Hektar — als Nachsaat gegeben werden. Der in den ersten Jahren gewöhnlich üppig hohe Graswuchs geht später etwas zurück, aber die Narbe gewinnt von Jahr zu Jahr an Dichtigkeit.

### § 81.

**Moorwiesen mit Kompostierung nach Saint-Paul.** Der Rittergutsbesitzer von Saint-Paul in Jäcknitz bei Zinten O.-P. hatte schon in den fünfziger Jahren ein Verfahren ermittelt und veröffentlicht, durch welches auf Grünlandsmooren vortreffliche Wiesen erzeugt werden konnten. Er stellte große Mengen Kompost her, indem er den Boden 30 bis 50 cm tief umgraben und den Aushub mit Abfällen aller Art, Dung, Straßengehricht u. dergl. durch- und übereinander bis zu einer Höhe von 2 bis 3 m schichten ließ. Lagenweise wurde Mergel oder Kalk eingebettet. Der Haufen wurde zum Schutz gegen Regenwasser mit Lehm oder Mergel dachförmig abgedeckt. Nach Ablauf eines halben Jahres wurde er umgestochen, schichtenweise mit Jauche durchtränkt und wiederum in 3 m Höhe abgedeckt. So blieb der Komposthaufen ein volles Jahr zum Gären stehen, dann erst wurde er auf den Wiesen verwendet.

Die Kultur der Wiesen begann mit der Entwässerung. Diese wurde durch ein Netz von 0,75 m tiefen Gräben im Herbst ausgeführt. Noch in demselben Herbst wurde der Kompost aufgebracht, und zwar in solchen Mengen, daß 500 hl auf 1 ha, das ist in einer durchschnittlichen Höhe von 5 mm, verteilt werden konnten. Er wurde zunächst in kleinen Haufen geschüttet; die Durchwinterung dieser Haufen führte zu einer guten Zersetzung der Dungstoffe.

Nach dem Auftauen im Frühling wurden die Haufen so schnell wie möglich verteilt, demnächst Grassaat aufgebracht und der Boden kräftig durchgegt. Die Grassaat bestand aus 6 kg Timothee und 10 kg Rotklee, zusammen 16 kg auf ein Hektar. Das Durcheggen war der wichtigste Teil der Kulturarbeit. Es mußte sehr schnell und zu rechter Zeit geschehen. Die hierzu verfügbaren Tage und Stunden waren beschränkt. Es mußte nämlich diejenige Zeit wahrgenommen werden, in welcher der Boden auf 6 bis 8 cm Tiefe aufgetaut, darunter aber noch hart gefroren war, sodafs die Pferde von der Frostschrift getragen werden konnten. Das Durcheggen wurde so kräftig wie möglich ausgeführt. Die Wiesen mußten ein breiartiges Aussehen erhalten, das ausgerissene Moos blieb liegen, es schützte die junge Saat vor Frühjahrsfrösten. Je ärger das Durcheggen geschah, um so besser war der künftige Erfolg. Später, wenn die junge Saat 8 bis 10 cm hoch geworden war, wurde sie abgewalzt.

Die Erfolge dieses Verfahrens sind überall, wo es zur Anwendung kam, ausgezeichnet gewesen. Es muß aber nach 3 bis 4 Jahren wiederholt werden. Schwierigkeit verursacht die Beschaffung der ungewöhnlich großen Mengen von Kompost. Das Verfahren eignet sich daher besonders für solche Wiesen, die in nicht zu großer Entfernung vom Wirtschaftshofe liegen.

## § 82.

**Moorwiesen mit Sanddecke.** Alle Grünlandsmoore können zu Wiesen umgewandelt werden. Unbedingt nötig ist die Herstellung von Wiesen und unzulässig die von Äckern unter zwei Bedingungen: nämlich erstens auf solchen Mooren, deren Entwässerung nicht bis zu der für Äcker nötigen Tiefe geführt werden kann, und zweitens auf denjenigen Mooren, welche fremdem, seitlich eindringendem Hochwasser ausgesetzt sind. Moore z. B. hinter eingedeichten Flußniederungen sollten nur in Wiesen, nie in Äcker umgewandelt werden, denn nur durch die Wiesenkulturen mit ihrer Grasdecke können die verderblichen Folgen etwaiger Deichbrüche aufgehoben werden. (Vergl. § 126. Einlassen des Winterhochwassers in die Polder.)

Die Herstellung von Wiesen auf Grünlandsmooren mit Hilfe einer Sanddecke unterscheidet sich von der Rimpau'schen Moordamm- oder Ackerkultur zunächst dadurch, daß die Entwässerung weniger tief ausgeführt wird. Gräben mit 0,8 m Wasserspiegeltiefe unter Bord sind im allgemeinen am zweckmäßigsten. Die Entwässerung kann unter besonderen Umständen auf 0,5 m beschränkt werden, während andererseits eine tiefere Entwässerung selbst bis 1,2 m kaum schadet. Die flache Entwässerung ist z. B. dann nötig, wenn es sich um Moore handelt, die aus Seeschlamm bestehen. Dieser Schlamm bildet nafs eine breiige Masse, er muß daher entwässert werden. Bleibt er aber nach der Entwässerung ohne Sanddecke, so trocknet er zu harten Brocken aus, die in schieferigen Schichten abblättern und das Wasser kaum wieder aufnehmen. Deshalb darf die Entwässerung nicht tiefer als 0,5 m geführt werden, und es ist selbst bei dieser geringen Wasserspiegelsenkung noch eine Sanddecke erforderlich. So sind die Dimmernseewiesen in Ostpreußen sehr ertragreich geworden. Das Moor ist in den oberen Schichten vortrefflich zersetzt und erzeugt die besten Gräser. Die dünne Humusschicht mit ihren weit verzweigten, verfilzten Wurzeln ist elastisch; sie trägt den Menschen, aber nicht das Zugvieh und die Wagen. Das Heu muß hier abgetragen werden.

Die Entfernung der Gräben ist etwas geringer zu bemessen als die der Gräben von Ackerkulturen (s. § 73), da bei der geringen Wasserspiegelsenkung die Entwässerung nicht auf die gleiche Breite wirken kann. Die Vorgewende mit ihren Drains fallen sehr oft gänzlich fort; man läßt die Beetgräben offen in die Zuggräben münden, denn der Übergang von einem

Beet auf das andere ist hier viel seltener erforderlich als bei Ackerkulturen. Statt der Gräben sind auch Faschinendrainen zulässig, sofern sie dauernd im Grundwasser liegen können (s. § 32).

Die Einebnung des Moores muß mit großer Sorgfalt ausgeführt werden, denn die *Deckschicht* bei Wiesenkulturen ist der Kostenersparnis wegen stets geringer als bei Ackerkulturen. Eine Schicht von 6 bis 8 cm Stärke genügt in der Regel. Die Schicht darf um so geringer sein, je reicher der Lehmgehalt des Sandes ist. Selbst schwerer Lehm ist verwendbar, es genügt dann eine Schicht von nur 4 cm Stärke.

An *Düngung* sind zur Erzielung reicher Ernten auf das Hektar erforderlich: 16 bis 20 Ztr. Kainit in jedem Jahr, 8 Ztr. Thomasschlacke im ersten und 4 Ztr. in den folgenden Jahren. Eine schwächere Düngung oder ihr Aussetzen ein Jahr um das andere führt zu minderwertigen Erträgen. Gute, reichlich gedüngte, bekarrte Moorwiesen bringen 120 bis 160 Ztr. Heu vom Hektar. Nach Prof. Tacke sind zur Erzeugung von 1000 kg Heu auf Niedermoorwiesen mindestens 160 kg, besser 180 kg Kainit zuzuführen, außerdem nach mehrjährigen stärkeren Gaben von 80 und 60 kg jährlich mindestens 40 kg Thomasmehl mit 15 bis 16% zitronensäurelöslicher Phosphorsäure. Prof. Wagner in Darmstadt begründet die Notwendigkeit des Überschusses an Phosphorsäure damit, daß das Wiesenheu einen um so höheren Gehalt an Phosphorsäure hat, je mehr Heu von der Wiese gewonnen wird. Eine Wiese, die früher 50 Ztr. Heu vom Hektar lieferte mit 0,21% Phosphorsäure, brachte nach der Kultur 121 Ztr. Heu mit 0,54% Phosphorsäure. Bei doppelter Ertragssteigerung ist daher mehr als das Doppelte an Phosphorsäure zum Ersatz nötig.

Eine vollständig *neue Ansaat* der Wiesen mit guten Dauergräsern in ausreichender Menge ist stets geboten. Von der Moor-Versuchs-Station in Bremen werden neuerdings auf Grund botanischer Untersuchungen zahlreicher Moorwiesen die in der Tabelle Teil I, S. 348 und 349 angegebenen Saatgemische empfohlen.<sup>1)</sup> Eine solche Tabelle kann freilich nur als allgemeiner Anhalt dienen. Die Beschaffenheit des Moores, sein Wassergehalt, die klimatischen Verhältnisse sind bei Wahl der Mischung zu berücksichtigen. Auch muß der Landwirt die Ergebnisse der Aussaat sorgfältig beobachten, um Erfahrungen darüber zu gewinnen, welche Pflanzen auf seinem Moor

<sup>1)</sup> Für das nordostdeutsche Kontinentalklima werden einige Abänderungen der Saatmischung angeraten. Danach wäre z. B. von Havelmielitz nur etwa  $\frac{3}{4}$ , von Wiesenschwingel  $\frac{9}{10}$ , dagegen von Knaulgras  $\frac{7}{4}$  der für das nordwestdeutsche Küstenklima empfohlenen Beträge zu nehmen.

Weitere Angaben über Saatgemische haben Dr. Weber in der 39. Sitzung der Zentral-Moor-Kommission und Prof. Dr. Werner in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche 1899, S. 315 geliefert.



besonders gut gedeihen, welche verschwinden, welche ausdauern oder welche sich von selbst einfänden. Dr. Weber teilt die Moorwiesen nach den landwirtschaftlich nützlichsten Pflanzen in vier Wiesentypen ein: Auf mälsig trockenem Boden erscheint der Typus der *Poa pratensis*, auf mälsig feuchtem der der *Poa trivialis*, auf feuchtem der der *Festuca pratensis* und auf mälsig nassem der der *Glyceria fluitans*.<sup>1)</sup> Die Menge der Grassaat richtet sich nach dem Grade der Vermoosung und der Stärke der Deckschicht. Je stärker die Vermoosung war und je dicker die Deckschicht ausgeführt wurde, um so weniger ist auf das Durchwachsen guter Gräser der alten Narbe zu rechnen, um so stärker muß die neue Ansaat sein. Unter günstigen Umständen können 20 kg Grassaat auf ein Hektar genügen, im allgemeinen sind 35 kg, unter ungünstigen Verhältnissen 50 bis 60 kg erforderlich. Stets ist aber dafür Sorge zu tragen, daß die neue Ansaat sogleich nach Herstellung der Dämme erfolge, damit das Unkraut nicht Zeit gewinne, sich einzufinden. Wenn vorauszusehen ist, daß die vorgerückte Jahreszeit die Ansaat verbietet, so ist die Anlage der Dämme auf das folgende Jahr zu verschieben.

Die Frage, ob den angesäten Gras- und Kleesamen eine *Überfrucht*, wie Hafer, Gerste, Sommerroggen, zu geben sei, wird durch die in verschiedenen Gegenden ausgeführten vergleichenden Versuche sehr verschieden beantwortet. Bei Versuchen im hohen Venn (Rheinprovinz) standen die mit Überfrucht gesäten Gräser regelmälsig hinter denen ohne Überfrucht zurück. In anderen Gegenden, z. B. in Ostpreußen und in der Mark Brandenburg, hat sich die Benutzung der Überfrucht gut bewährt.

Man hat beobachtet, daß die in den ersten Jahren sehr reichen Erträge besandeter Moorwiesen im dritten oder vierten Jahre mitunter stark zurückgingen. Namentlich zeigten die kurzlebigen Pflanzen, wie z. B. die Kleearten, große Lücken, die sich nur schwer und äußerst langsam zuzogen. Die Ursache dieser Erscheinung ist in den Eigenschaften des zur Bedeckung verwendeten Sandes zu suchen. Er trocknet an der Oberfläche stark aus und ist dann dem Austreiben der Stolonen, dem Keimen der ausfallenden und aufliegenden Samen nicht günstig. War der Sand dagegen etwas lehmhaltig oder erst durch abgestorbene Pflanzenreste humos geworden, so hielt er die Feuchtigkeit besser und gewährte den jungen Wurzeln von vornherein mehr Nahrung. Deshalb empfiehlt es sich, an denjenigen Stellen, wo der Graswuchs wegen der Eigenschaften des verwendeten Sandes nachläßt, den Sand mit dem unterliegenden Moor bis zu einem gewissen Grade zu mischen. Derartige Mischungen haben stets auffallend gute Erfolge gehabt.

---

<sup>1)</sup> Siehe „Vierter Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station in Bremen.“ Vergl. außerdem Teil I, S. 237 ff.

Man stellt auch Moorwiesen ohne Sanddecke her (§ 83). Unbedingt nötig ist die Sanddecke bei Moorwiesen dann, wenn das Moor durch irgend welche Umstände zu stark entwässert worden war, sodafs es ohne Mineraldecke zu sehr austrocknen würde, oder wenn es in einer Gegend liegt, die besonders stark von Spätfrösten heimgesucht wird, oder wenn es durch das Ablassen eines Sees entstanden, daher als Seeschlammboden zu bezeichnen ist. Dieser amorphe pflanzliche Schlamm, der beim Austrocknen sich stark verdichtet und eine harte, blättrige Masse bildet, erfordert eine vorsichtige Behandlung (s. S. 364) und kann nur durch Besandung zu einem ergiebigen Wiesenland umgewandelt werden.

### § 83.

**Moorwiesen ohne Sanddecke.** Wenn das Moor schlecht verwest ist, wenn nur eine sehr schwache Entwässerung möglich ist, oder wenn man die hohen Kosten der Bedeckung scheut, so ist die Kultur der Grünlandsmoore zu Wiesen ohne Sanddecke am Platze. Solche Anlagen bringen oft sehr gute, im allgemeinen aber geringere Erträge als besandete Moorwiesen. Sie sind aber sehr wohlfeil in der Ausführung und daher trotz des geringen Ertrages fast ausnahmslos gut zinsbar. Diese Melioration findet daher immer mehr Anklang. Sie ist da, wo für die Landeskultur ein gesetzlicher Zwang ausgeübt werden mufs, wie bei der Bildung öffentlicher Wassergenossenschaften, mit Vorteil anzuwenden. Zudem hat man die Beobachtung gemacht, dafs die Erträge nichtbesandeter Moorwiesen in späteren Jahren mitunter zunehmen.

Das *Grabennetz* ist wie vorher (§ 82) auszuführen, doch mufs die Wasserspiegelsenkung noch vorsichtiger ausgeübt, im allgemeinen auf 0,5 m Wasserspiegeltiefe unter Bord beschränkt, höchstens bei sehr nassen Mooren auf 0,6 m ausgedehnt werden. Auch ist dafür zu sorgen, dafs dieser Wasserstand in trockenen Sommermonaten möglichst erhalten bleibt, denn das unbedeckte Moor ist gegen Temperatureinflüsse viel empfindlicher, als das durch die Sandschicht geschützte Moor. Während tiefstehende, besandete Moorwiesen kaum zu stark entwässert werden können, kann dieser Fall bei unbesandetem Moor sehr leicht eintreten. Die Anlage von *Stauvorrichtungen* in den Zuggräben ist daher in der Regel geboten und bei den Landwirten gewöhnlich sehr beliebt (vergl. § 16 und Tafel V, sowie § 100, Grabenstaubau). Selbst dungarmes Moorwasser, das man gewöhnlich nur zur Verfügung hat, genügt vollkommen, um die zu grofse Austrocknung zu verhüten. Dungreiches Wasser kann entbehrt werden, weil die Düngung auf trockenem Wege erfolgt. Wird dem Moor bei andauernder Trockenheit im Sommer die nötige Feuchtigkeit erhalten, so ist das Wachstum der Pflanzen sehr üppig.

Bei mächtigem Moor ist für die Entwässerung in den ersten Kulturjahren wegen der langsamen Wasserabgabe zufolge der starken wasserhaltenden Kraft des Moores eine tiefere Wasserspiegelsenkung zulässig und empfehlenswert. Diese Vertiefung darf aber nicht ohne Vorsicht und ohne Bedacht auf Stauvorrichtungen geschehen. In späteren Jahren empfiehlt es sich allgemein, dem Setzen des Moores mit der Vertiefung der Gräben zu folgen. Da die Sanddecke fehlt, so kann der Abraum der Gräben über die Wiesen bequem verteilt werden.

Nach Anlage der Gräben ist die Bildung einer besseren Wiesenflora durch Schaffung eines guten *Keimbettes für die Grassaat* zu ermöglichen. Liefern die Gräben Aushubmassen in genügender Menge, um die Flächen ganz damit zu bedecken, so ist der Zweck erreicht; denn auf solchem Grunde kommt die Saat leicht zum Keimen. Gewöhnlich reicht aber der Grabenauswurf nur zum Bedecken schmaler Streifen längs der Gräben oder zum Ausfüllen der Löcher. Dann ist es nötig, die nicht vom Aushubboden bedeckte Moornarbe durch geeignete Geräte, Pflug, Egge, Grubber, den Kuhnke'schen Wiesenkultivator oder die Schreiber'sche Messerwalze (s. S. 352) gänzlich wund zu reifen. Hierbei wird die Fläche gleichzeitig geebnet. Besonders die auf unkultivierten und versäuerten Mooren mitunter sehr dichte und verfilzte Moosschicht muß vom Boden abgerissen und zerstört werden, sodaß die später aufzubringenden Grassamen auf das Moor fallen können und nicht vom Moose zurückgehalten werden.

Demnächst sind *Kainit und Thomasschlacke* aufzubringen. Es genügen von diesen Dungstoffen aber geringere Mengen als bei Moorzweiden mit Sanddecke, weil nicht gleichhohe Erträge erwartet werden können. Die Erträge können mindestens 50 bis 60 Ztr. Heu vom Hektar betragen, sie können aber auf gutem Moor bei genügender Düngung und guter Entwässerung und Feuchthaltung sehr leicht auf 100 Ztr. und mehr gesteigert werden. In solchem Falle würde eine regelmäßige alljährliche Düngung von 12 bis 16 Ztr. Kainit und von 8 Ztr. Thomasschlacke im ersten und 4 Ztr. in den folgenden Jahren auf das Hektar nötig sein. Der Unterbrechung der Düngung ein Jahr um das andere muß widerraten werden.

Eine ausreichende *Ansaat* guter Dauergräser ist stets geboten. Ihre Menge ist von dem Zustande der alten Grasnarbe, besonders von dem Grade der Vermoosung abhängig. Über die Grasmischung nach Dr. Weber siehe die Angaben im letzten Absatz von S. 365 und die Fußnote daselbst. Die Ansaat muß sofort aufgebracht werden, sobald die Fläche durch Verteilung des Grabenauswurfs oder Wundmachen der schlechten Narbe für die Kultur vorbereitet worden ist. Läßt man eine fertig planierte Fläche zu einer Zeit, in der die Vegetation sich stark regt, nur 8 bis 14 Tage lang unbesamt, so wuchert sofort das Unkraut, und meist so üppig, daß es schwer hält, es später zu vertilgen.

## § 84.

**Veen-Kultur.** Die Hochmoore erfordern nicht allein wegen ihrer pflanzlichen Zusammensetzung und ihres geringeren Gehalts an Nährstoffen eine andere Kultur als die Grünlandmoore, sondern auch deshalb, weil sie nicht wie diese in mehr oder weniger kleinen Teilen zerstreut zwischen den übrigen Kulturländern liegen, vielmehr über meilenweite Flächen sich ausdehnen, daher zu ihrer Kultur die Besiedelung durch Kolonisten erfordern.

Die erste Kultur der Hochmoore geschah in Holland schon vor Jahrhunderten durch die Veen- oder Fehnkultur. Sie gründete sich auf einem durchgehenden, schiffbaren Kanal, auf Absatz des in der Kolonie gewonnenen Torfes zu Schiff und auf Rückbeförderung reicher Düngermengen durch die Schiffe. Der durchgehende Kanal erschloß das Moor nach zwei Richtungen. Seine Anlage war sehr kostspielig. Er wurde deshalb in Holland vom Staat oder von der Provinz, von einer Stadt oder einer großen Genossenschaft, selten von Privatleuten ausgeführt. Der Erbauer des Dedemsvaart, Baron Dedem, verlor bei diesem Unternehmen sein Vermögen. Die Besitzer des großen schiffbaren Kanals hielten sich später durch Kanalabgaben sowie durch Kauf- und Pachtgelder der Kolonisten schadlos. Der Kanal wurde gewöhnlich so tief ausgehoben, daß sein Wasserspiegel in dem sandigen Untergrunde lag.

Längs des Kanals wurden die Moorkolonien früher nach verschiedenen Plänen entworfen. Später bildete sich das in Fig. 424 dargestellte System mit Nebenkanälen als das vorteilhafteste aus. Drei Kanäle zweigten sich von dem durchgehenden Hauptkanal ab: der mittlere mit 20 m Wasserspiegelbreite wurde schiffbarer Hauptkanal der Kolonie, die beiden übrigen — Neben- oder Achterkanäle — dienten hauptsächlich dem wirtschaftlichen Verkehr und erhielten 12 m Wasserspiegelbreite. Die Entfernung der Kanäle betrug 130 bis 350 m. Hinter dem Nebenkanal zogen sich 6 m breite Kanäle (Inwieken) in das Moor hinein bis an die Grenze des Kolonielandes. Ihr Abstand betrug 90 m und mehr. Das Land zwischen je zwei Inwieken — Plaatsen oder Kampen — wurde zwei Moorbauern zur Kultur übergeben. Die Inwieken setzten sich über den Achterkanal bis nahe an den Hauptkanal fort und schlossen hier zwei Vooraffen ein, d. i. dasjenige Land, welches zur Anlage der Wohn- und Wirtschaftsgebäude, des Hofes und Gartens benutzt wurde. Längs des Hauptkanals der Kolonie zog sich eine Klinkerstraße hin. An dieser wurden die Wohngebäude sowie die öffentlichen Gebäude, Kirchen, Schulen und dergl. errichtet. Von dem Nebenkanale führte ab und zu ein Verbindungskanal in den Hauptkanal der Kolonie. An der Kreuzungsstelle eines solchen Kanals mit den Klinkerstraßen wurden Klapp- oder Drehbrücken errichtet. So war bei dieser Plananlage der Landverkehr der Kolonisten untereinander sehr leicht, ohne daß der Schiffs- oder Kahnverkehr irgendwie beeinträchtigt wurde.

Die Inwieken wurden wie die übrigen Kanäle so tief ausgehoben, daß der Wasserspiegel 0,4 bis 0,5 m tief im Sande lag. Die Kultur des Hochmoores begann demnächst mit dem Abheben der oberen hellfarbigen Moorschicht (de bolster). Ihre Mächtigkeit betrug durchschnittlich 0,8 m. Sie wurde bei Beginn der Arbeiten zur Seite ausgesetzt, später unmittelbar über die ausgetorften Flächen verstrützt. Die tieferen dunkelfarbigem

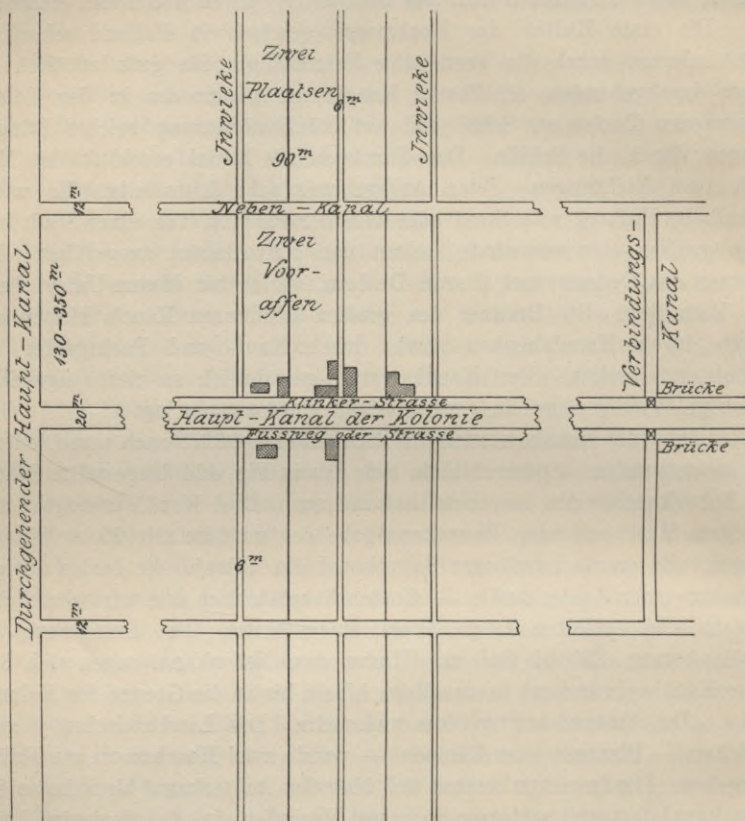


Fig. 424. Veen-Kolonie.

Torfschichten waren als Brennstoff wertvoll. Sie wurden gestochen, zu Schiff verladen und in den See- oder Binnenlandstädten verkauft. Dieser Verkauf von Torf gab dem Moorbauer Geldmittel in die Hand zur Förderung seiner Wirtschaft. Die Schiffe brachten Seeschlick, Marscherde, Kompost, Dünger, Kehricht, Straßenschlamm und dergl. als Rückfracht mit.

Die auf das abgetorfte Moor gebrachte helle Moorschicht wurde mit Sand aus den Inwieken 10 cm hoch bedeckt und dieser unter Beigabe der

von den Schiffen mitgebrachten Stoffe durch dreimaliges flaches Pflügen und ein- bis zweimaliges Eggen mit dem Moor zu einer 15 cm starken Ackerkrume vermischt. Später, wenn die Kolonie weiter entwickelt war, besonders einen größeren Viehstand besaß, bedurfte sie jener Rückfracht der Schiffe nicht mehr.

### § 85.

**Brennkultur.** Die Veenkultur hat in Deutschland nur wenig Eingang gefunden. Die Ursachen sind darin zu suchen, daß man mit Ausnahme weniger Fälle es unterlassen hatte, die Moore mittels eines durchgehenden Hauptkanals nach zwei Richtungen hin zu erschließen, daß man ferner in den Moorkolonien arbeitscheues Gesindel ansiedelte, und endlich, daß ein anderes Kulturverfahren bekannt wurde, welches bei viel geringerer Mühe reiche Erträge versprach, nämlich die Brennkultur. Sie wurde in den Jahren 1707 bis 1712 von dem holländischen Moorbauer Jan Kruse in Ostfriesland eingeführt.

Es wird das Moor durch Zuggräben und sogenannte *Grippen* entwässert. Diese Grippen sind 0,6 m breite und 0,6 m tiefe Gräben, die 10 bis 12 m voneinander entfernt sind und in den Zuggräben münden. Dann wird die obere Moorschicht mit der Moorhaue oder dem Spaten in Schollen zerstückelt und diese, wie der Grabenauswurf, zur Überwinterung auf dem Moor verteilt. Im Frühjahr werden die Gräben nachgearbeitet, die Moorschollen zerkleinert und in 0,5 m hohen, 2 m entfernten Haufen aufgeschichtet. Ende Mai oder Anfang Juni wird das Moor gebrannt.

Bei dem Brennen werden zwei Verfahren beobachtet: es geschieht entweder *gegen* den Wind oder *mit* dem Winde. Bei dem älteren Verfahren *gegen* den Wind stehen die Arbeiter vor dem Feuer auf dem ungebrannten Moor. Sie können das Feuer wohl verteilen, aber seine Wirkung nicht beaufsichtigen. Dringt das Feuer zu tief in das Moor, so wird es zu sogenannten *Müllmooren* tot gebrannt. Dies wird bei dem Brennen *mit* dem Winde vermieden. Hier stehen die Arbeiter vor dem Feuer auf dem brennenden und glimmenden Moor. Sie müssen daher dicke Kleidung, feste Schuhe und Handschuhe tragen. Sie haben aber das Feuer in Aufsicht und können es da töten, wo es zu tief in das Moor einbrennen würde. Müllmoore entstehen bei diesem Verfahren nicht.

Die einzige Frucht, die auf gebrannten Mooren gute Erträge liefert, ist der Buchweizen. Die Saat wird auf die noch heiße Asche gebracht und leicht untergeeggt. Nach der Aberntung wird das Moor zum Brennen für das nächste Jahr vorbereitet. So kann die Benutzung des Moores mehrere Jahre lang fortgesetzt werden. Aber von Jahr zu Jahr nimmt der Ertrag ab. Endlich, nach ungefähr 6 Jahren, ist er so gering, daß er kaum die Mühe des Brennens und Säens lohnt. Dann unterbleibt

das Brennen, die Fläche muß mindestens 30 Jahre lang brach liegen, bis der Buchweizenbau von neuem beginnen kann.

Es ergibt sich hieraus als Nachteil der Brennkultur: Auf eine 6jährige Ernte folgt eine 30jährige Brache, jede Fläche hat unter 36 Jahren nur 6 Erntejahre, oder  $\frac{1}{6}$  des ganzen Landes bringt nur Erträge,  $\frac{5}{6}$  liegen brach. Dazu kommt die Unsicherheit des Brennens; wird es durch Ungunst der Witterung unmöglich gemacht, so ist die ärmliche Bevölkerung dem größten Elend ausgesetzt. Weiter ist zu beachten die Unsicherheit der Ernten, weil Buchweizen sehr leicht ausfriert, die Belästigung, welche weiten Länderstrichen durch den *Höhen- oder Moorrauch* zugefügt wird, und endlich der Umstand, daß bei dem Brennen nie gedüngt, nur geerntet, also Raubbau getrieben wird. Diese Übelstände führen dazu, daß die Brennkultur gegenwärtig gänzlich verworfen und durch polizeiliche Maßnahmen möglichst eingeschränkt wird.

Eine eigentümliche Mischung der Brennkultur mit der Rimpau'schen Dammkultur wird in Finnland unter dem Namen *Österbottnisches Kulturverfahren* angewandt. Es lagert hier eine 0,84 bis 1 m mächtige Hochmoorschicht auf Niederungsmoor. Das Verfahren besteht darin, durch öfteres Brennen der Hochmoorschicht Asche als Dungstoff zu gewinnen, dadurch den Boden mit Nährstoffen zu bereichern und sich gleichzeitig dem nährstoffreicheren Niederungsmoor zu nähern. (Näheres s. Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moork. i. D. R., 1897, S. 377.)

## § 86.

**Deutsche Hochmoorkultur.** Die Anwendung der Veenkultur auf den ausgedehnten, noch unkultivierten deutschen Hochmooren ist gegenwärtig unmöglich. Denn wenn auch in den letzten Jahren diese Moore mittels durchgehender schiffbarer Kanäle erschlossen worden sind, so fehlt die Möglichkeit, den gewonnenen Torf fernhin zu verschiffen und zu verkaufen. Überall, wo die Torfschiffe eintreffen, finden sie als schwer zu besiegende Nebenbuhlerin die mit der Eisenbahn beförderte westfälische Kohle. Hieraus folgt weiter die Unmöglichkeit, den für die Kultur erforderlichen Dünger so wohlfeil zu erhalten, wie ihn früher die Schiffer als Rückfracht lieferten. Die gewerbliche Verwertung des Hochmoores zu Torfstreu, Torfnull, Torfgewebe, Torfkohle, zur Vergasung des Torfes oder zu *Prefstorf*<sup>1)</sup> kann sich nur auf sehr geringe Flächen beschränken. Auch zur Aufforstung sind die Hochmoore nicht geeignet. Das haben die ausgedehnten Aufforstungen fiskalischer Hochmoore mit Eichen, Kiefern, Rottannen und Lärchen in der Oberförsterei Kuhstädt des Regierungsbezirks Stade be-

<sup>1)</sup> Über die Verkokung des Torfes und die Bildung von *Prefstorf* (Briketts) s. Mitteilungen d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur, 1897, S. 83 u. 1900, S. 220.

wiesen, wo nach kurzer Zeit erfreulichen Wachstums ein Rückschlag eintrat, dessen Ursache teils in dem hohen Grundwasserstande, teils in der sauren Beschaffenheit des Hochmoores, teils in dem Mangel an Nährstoffen ermittelt wurde.<sup>1)</sup> Will man daher die großen deutschen Hochmoore wirklich verwerten, so kann dies nur auf landwirtschaftlichem Wege und nach einem von der Veenkultur abweichenden Verfahren geschehen.

Die Erfolge der Grünlandmoorkultur mit Bedeckung und künstlicher Düngung (§§ 72 bis 83) führten Geh. Ob.-Reg.-Rat Professor Dr. Fleischer in Berlin, früher in Bremen, und Ökonomierat Dr. Salfeld in Lingen dazu, für die Hochmoore ein ähnliches Verfahren zu finden und auszubilden. Ihnen gebührt das Verdienst, die praktische Verwendbarkeit durch Versuche im großen und durch Anleitung von Kolonisten dargelegt zu haben. Voraussetzung für das Gelingen der Kultur ist neben der Möglichkeit der Entwässerung der Umstand, daß Ätzkalk, Mergel, Kunstdünger und Baustoffe auf Schiffahrtskanälen, Landstraßen, Eisenbahnen oder Feldbahnen billig zugeführt und auf demselben Wege die Erzeugnisse vorteilhaft abgesetzt werden können.

Eine unmittelbare Übertragung des Kulturverfahrens der Grünlandmoore auf Hochmoore ist unmöglich. Denn die Bedeckung mit Sand ist unzulässig wegen der meilenweiten Ausdehnung der Hochmoore. Auch die Düngung bietet Schwierigkeiten. Die Hochmoore enthalten weniger Nährstoffe, sie sind ärmer an Kalk als die Grünlandmoore, ihre Pflanzenreste sind unvollkommener zersetzt und sehr sperrig, sodaß ein gleichgroßes kubisches Maß viel weniger feste Stoffe enthält. Die Trockensubstanz besitzt durchschnittlich:

Trockensubstanz	Stickstoff	Kali	Kalk	Phosphor- säure
	‰	‰	‰	‰
im Grünlandmoor . . . . .	2,5	0,10	4,00	0,25
im Hochmoor, obere Schicht (Heidehumus) . . . . .	1,2	0,05	0,35	0,10
im Hochmoor, untere Schicht (Moostorf) . . . . .	0,8	0,03	0,25	0,04

Da nun 1 cbm frischer Boden des Grünlandmoores durchschnittlich 250 kg, des Heidehumus 120 kg, des Moostorfes 90 kg Trockensubstanz enthält, so befinden sich in einer Fläche von 1 ha Größe auf 0,20 m Tiefe folgende Nährstoffmengen durchschnittlich:

<sup>1)</sup> S. Salfeld in den Mitteilungen d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur i. D. R., 1900, S. 153.



Nährstoffmengen von 1 ha bis 0,20 m Tiefe	Stickstoff kg	Kali kg	Kalk kg	Phosphor säure kg
im Grünlandmoor . . . . .	12 500	500	20 000	1250
im Hochmoor, obere Schicht (Heidehumus) . . . . .	2 880	100	840	240
im Hochmoor, untere Schicht (Moostorf) . . . . .	1 450	54	450	72

Diese Zahlen lassen sofort die Überlegenheit des Grünlandmoores gegenüber dem Hochmoor erkennen. Sie zeigen ferner, daß der Heidehumus besser ist, als der Moostorf. Es wird daraus für die neue Kultur die Lehre gezogen, das Moor nicht abzuturfen, sondern die oberste Schicht für die Kultur zu benutzen. Weiter ergibt sich, daß Kali und Phosphorsäure in größeren Mengen aufzubringen sind, als auf Grünlandmoor. Es ist auch Kalk und sogar Stickstoff erforderlich, der Kalk schon deshalb, um die sperrigen Pflanzen des Hochmoores schneller zur Zersetzung zu bringen.

Die *Entwässerung* geschieht durch Hauptgräben, Zuggräben und *Grippen*. Den Haupt- und Zuggräben gibt man 0,8 bis 1 m Tiefe, nach Erfordernis auch mehr, wenn das nötige Gefälle nicht anders zu erreichen ist. Die Grippen erhalten 0,6 m obere, 0,4 m untere Breite und 0,5 bis 0,6 m Tiefe. Sie werden in 7 bis 10 m Entfernung angelegt, sofern man beabsichtigt, Äcker aus den Hochmooren zu erzielen. Bei Grippen von 0,75 m Tiefe nehmen selbst in feuchten Jahren die Roggenerträge ab. Sollen dagegen Wiesen gewonnen werden, so werden die Grippen bei gleicher Breite nur 0,4 m tief hergestellt und in 20 m Entfernung angelegt. Ihre Länge beträgt gewöhnlich 100 bis 120 m. Man hat auch mit gutem Erfolg zur Entwässerung der Hochmoore die Drainage angewandt, und zwar entweder die Drainage mit trockenen Torfstücken nach Fig. 308 (S. 272) oder die Erddrainage nach Fig. 307 oder Knüppeldrains (§ 32). In dem unzersetzten Hochmoor haben die Erddrains verhältnismäßig lange Dauer, wie Ausführungen in Schweden dargelegt haben. Die Drainage bietet den Vorteil, daß man bei der Bestellung nicht durch die zahlreichen Gräben behindert wird; die Benutzung der Pferde wird erleichtert.

Nach der Entwässerung ist *Umhacken* in 0,25 m Tiefe für Kartoffelbau und 0,2 m Tiefe für die übrigen Pflanzen erforderlich. Für diese Arbeiten wird neuerdings die Dandy-Telleregge (Fig. 421, S. 353) empfohlen. Dabei werden alle Vertiefungen ausgefüllt, sodaß das Moor gleichzeitig planiert wird.

Als dann wird das Moor *gekalkt* und zwar mit 80 Ztr. gebranntem Kalk oder 300 bis 400 Ztr. Mergel — am besten Tonmergel — auf ein Hektar. Der Kalk wird in Haufen geschüttet, mit Moor bedeckt und nach dem Zerfallen bei feuchter Witterung oder nach Begießen mit der Brause in Pulverform bei windstillem Wetter über das Moor verteilt und sofort eingeggt. Diese Arbeit kann auch mit Hilfe des v. Funke'schen Untergrund-Düngerpfluges ausgeführt werden (Fig. 425). Hinter dem Messer X befindet sich die winkelförmig nach hinten offene Griesssäule A des Pfluges, durch welche aus dem Düngerbehälter B der Kalk, der vorher trocken und fein verteilt eingebracht worden war, niederfällt. Dies Niederfallen wird vermittelt durch eine mit Schaufeln versehene Welle am unteren Ende des Kastens B, die durch ein neben dem Pfluge laufendes Rad bewegt wird. Zur gleichmäßigen Verteilung des Kalkes sind in dem Hohlraum der Griesssäule bei C gitterartige Vorrichtungen angebracht. Die Zähne D hinter der

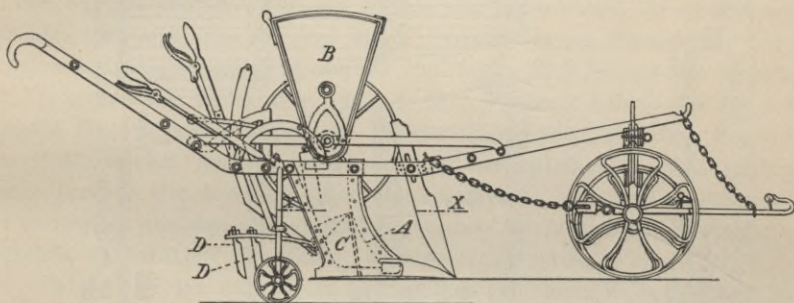


Fig. 425. Untergrund-Düngerpflug von v. Funke.

Pflugschar, die durch einen Hebel hoch oder tief gestellt werden können, sorgen für eine gründliche Mischung des auf die Furchensohle gefallenen Kalkes mit dem Boden. Ein Paar Stützräder neben diesen Zähnen, die gleichfalls hoch oder niedrig gestellt werden können, erleichtern die Bewegung des schweren Geräts. Der Pflug kann allein arbeiten, besser aber und gleichmäßiger mit Unterstützung eines gewöhnlichen Pfluges, dessen Furche er folgt. Auf diese Weise kann man mit zwei Pferden Kalk oder Mergel bis 0,4 m tief in den Untergrund bringen und mischen.<sup>1)</sup> Eine Kalkung genügt nach Ansicht des Dr. Salfeld wahrscheinlich auf 15 Jahre. Sie würde demnächst mit der halben Menge zu wiederholen sein.

Auf die Kalkung folgt eine *Brachbearbeitung*. Sie ist mit der Hacke auszuführen, anfänglich auf 10 bis 12 cm, sodann auf 20 bis 25 cm Tiefe. Hierdurch erreicht man sowohl eine gute Verteilung des Kalkes wie eine Durchlüftung des Moores.

<sup>1)</sup> S. Mitteilungen d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur 1899, S. 235. Der Pflug wird hergestellt von der Maschinenfabrik P. Grofs in Hohenheim.

Die darauffolgende *künstliche Düngung* des Hochmoores wird in der Regel mit 24—26 Ztr. Kainit, 12—14 Ztr. Thomasschlacke und 8 Ztr. Chilisalpeter auf ein Hektar ausgeführt. Nach einigen Jahren, wenn der Boden erst mit Dungstoffen bereichert ist, genügen 16—18 Ztr. Kainit

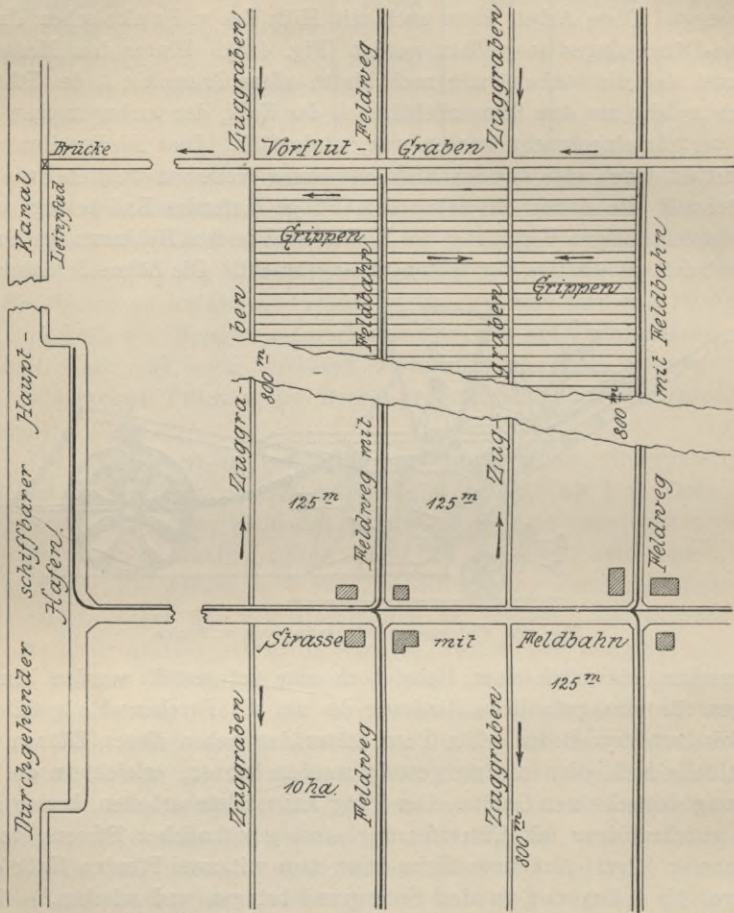


Fig. 426. Deutsche Hochmoor-Kolonie.

und 6—7 Ztr. Thomasmehl. An Phosphorsäure (Thomasschlacke) kann bei jungfräulichem Moor mit langem grobstengligen Heidekraut durch vorsichtiges ein-, höchstens zweimaliges *Brennen*, an Stickstoff (Chilisalpeter) bei Anbau von Papilionaceen (Erbsen, Bohnen, Klee u. dergl.) stets mit gutem Erfolg durch *Impferde* gespart werden. Als Impferde dient Seeschlick, Marscherde, sowie jeder Boden, auf welchem Hülsenfrüchte er-

fahrungsgemäÙs gut gedeihen.<sup>1)</sup> Sie wird nach der Durchwinterung möglichst feinpulverig in geringer Menge — ungefähr 20 Ztr. auf ein Hektar — über das Moor verteilt und trägt demnächst zur Entwicklung des Mikrokokkus „*Rhizobium leguminosarum*“ bei, der nach den Hellriegel'schen Versuchen in den Wurzelknöllchen der Papilionaceen die Übertragung des Stickstoffes der Luft auf den Boden vermittelt und diesen Pflanzen seit langer Zeit die Bezeichnung Stickstoffmehrer eingetragen hat. Mit Hilfe von Impferde hat Dr. Salfeld sehr wohlfeil Kleewiesen auf Hochmooren erzeugt. *Stalldünger* ist jedoch auf die Dauer nicht zu entbehren, da er einen großen Einfluß auf die Zersetzung des Moostorfes ausübt, ihn der Gartenerde ähnlicher macht. Die guten Erträge der ersten Kunstdüngerjahre müssen daher von den Moorkolonisten zur Beschaffung eines Viehstandes benutzt werden.

Die so vorbereiteten Hochmoore können sowohl als Äcker wie als Wiesen benutzt werden. Für die Anlage von Wiesen wird auf die Kulturversuche verwiesen, die auf der Moor-Versuchs-Station Bernau mit verschiedenen Grasarten gemacht worden sind (siehe Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur 1898, S. 299). Danach haben sich als ungeeignet für Dauerwiesen gezeigt: Wiesenfuchsschwanz, gemeines Rispengras, französisches Raigras, englisches und italienisches Raigras, Fiorin, weiche Trespe. Gut bewährt haben sich: Goldhafer, gemeines Straufgras; und vorzüglich geeignet waren: Hainrispengras, Rohrschwengel, Knaulgras, Timothee, Bastardklee, Weisklee und Sumpfschotenklee.

Bei Anlage der nach diesen Grundsätzen gebildeten Kolonien werden statt der durch ihre Breite und Tiefe kostspieligen Schiffahrtskanäle, Inwieken u. dergl. nur Entwässerungsgräben von solchen Abmessungen im Anschluß an den Hauptkanal angelegt, wie sie für die Wasserspiegel-senkung und Wasserabführung notwendig sind. Diese Entwässerungsgräben werden so entworfen, daß das Land jedes einzelnen Kolonisten bequem entwässert werden kann. Der in den Veenkolonien durch Kähne auf den Inwieken geführte Verkehr zwischen dem Wirtschaftshof und dem Kulturland wird ersetzt durch einen Verkehr mittels Feldbahnen (Fig. 426). In dieser Weise sind bisher angelegt worden die Kolonien der Provinz Hannover im Bourtanger Moor,<sup>2)</sup> des Marcardmoores im Regierungsbezirk Aurich<sup>3)</sup> und des Kehdinger Moores im Regierungsbezirk Stade.<sup>4)</sup>

1) Siehe Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur 1890, S. 227.

2) Ebenda 1900, S. 247.

3) Ebenda 1899, S. 259 und 41. Sitzung der Zentral-Moor-Kommission.

4) Protokoll der 37. Sitzung der Zentral-Moor-Kommission, bezw. Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur 1897, S. 253 und 1898, S. 215.

## Kapitel V. Bewässerung.

### § 87.

**Das Bewässerungswasser.** Die Beschaffenheit des Wassers ist von Einfluß auf die Wirkung der Bewässerung. Wenn es aus sedimentären, besonders Mergelschichten kommt und einen längeren Lauf durch gedüngte Felder und Ortschaften zurückgelegt hat, so ist es besonders gut für Bewässerungen geeignet. Die Abwässer von Hüttenwerken oder aus Salzquellen, auch Grubenwässer, Torf- und Moorwässer sind wenig geeignet.

Man kann den *Wert des Wassers* beurteilen, abgesehen von dem sichtbaren Gehalt an Sinkstoffen, nach den Tieren und Pflanzen, die in ihm leben. Kommen Frösche und Fische vor, so ist das Wasser gut und brauchbar. Fehlen sie, so ist es in der Regel schlecht. Die Wasserpflanzen deuten nach ihrem Vorkommen in folgender Reihenfolge den Wert des Wassers an; diese Reihenfolge wurde ermittelt nach dem Pflanzenwuchs, der sich von verunreinigten Stellen eines Gewässers aus verbreitet.<sup>1)</sup> Auf die Stelle der Verunreinigung, die gewöhnlich vegetationslos ist, folgen an Wasserpflanzen: *Potamogeton pectinatus* kammförmiges Samkraut, *Ranunculus fluitans* Flußranunkel, *Lemna minor* kleine Wasserlinse, *Ceratophyllum demersum* rauhes Hornblatt, und an Uferpflanzen: *Sparganium ramosum* ästiger Igelkolben, *Sagittaria sagittifolia* gemeines Pfeilkraut, *Glyceria spectabilis* Wasserschwaden, *Butomus umbellatus* Wasserliesch, *Alisma Plantago* gemeiner Froschlöffel. Dagegen scheinen gegen Verunreinigungen besonders empfindlich zu sein und können daher als Zeichen sehr reinen Wassers dienen: *Hippuris vulgaris* Tannenwedel, *Callitriche vernalis* Frühlingswasserstern, *Montia rivularis* Bachquellkraut, *Nymphaea alba* weiße Seerose, *Nuphar luteum* Mummel, *Scirpus lacustris* See-Simse. Schlechtes Wasser kann durch längere Leitung in offenen Gräben zum Zwecke der Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft, sowie durch Zuführung von Jauche und nützlichen Abfällen verbessert werden.

<sup>1)</sup> Nach Untersuchungen über die Verunreinigung der Fischwässer in: Dr. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Verlag des Deutschen Fischerei-Vereins. Berlin 1900. Man ziehe auch Teil I, Abschnitt II, *Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen*, und dessen Abbildungen zu Rate.

Das Bewässerungswasser dient hauptsächlich zur *Anfeuchtung und Düngung*, außerdem auch zur Lösung der Pflanzennährstoffe und ihrer Verbreitung im Boden, zur Reinigung des Bodens, zu seiner Erwärmung, besonders im Frühjahr, und zur Vertilgung von Schädlingen, Moosen und schlechten Gräsern. Die anfeuchtende Bewässerung geschieht in trockenen Sommermonaten, die düngende im Herbst und Frühjahr. Bei der anfeuchtenden ist das Wasser selbst Zweck, bei der düngenden nur Beförderungsmittel. Die anfeuchtende Bewässerung gebraucht daher nur geringe, die düngende reiche Wassermengen. Erstere ist vorwiegend in Italien, Südfrankreich und Spanien gebräuchlich, man nennt sie daher auch italienische Bewässerung; letztere findet hauptsächlich in Deutschland und dem nördlichen Frankreich statt und führt darum öfters den Namen deutsche Bewässerung. Trotzdem wird aber auch in Italien düngend und in Deutschland anfeuchtend bewässert.

*Keine Bewässerung ohne gründliche Entwässerung* muß stets die Grundregel für jede Bewässerungsanlage bleiben, denn sonst treten Versumpfungen des Geländes und mehr Schäden als Vorteile durch die Bewässerung ein.

### § 88.

**Das Wasserbedürfnis.** *Der Wasserbedarf ist abhängig:* erstens *von dem Zweck*, denn düngende Bewässerung bedarf größerer Wassermengen als anfeuchtende; — ferner *von dem Klima*, besonders dann, wenn es sich um Anfeuchtung handelt; — drittens *von den Pflanzen*: nach italienischen Erfahrungen verhält sich das Bedürfnis zur Anfeuchtung bei Getreide, Gras und Reis ungefähr wie 1 : 3 : 10; — viertens *von dem Grundwasserstande*: je tiefer dieser gesunken ist, um so größere Bewässerungsmengen sind nötig; — fünftens *von der Bodenbeschaffenheit*: leichter Boden verlangt wegen seiner größeren Durchlässigkeit mehr Wasser als schwerer Boden. Es verhält sich das Wasserbedürfnis bei schwerem, mittelschwerem und leichtem Boden ungefähr wie 1 : 1,5 : 2 oder wie 1 : 1,75 : 2,5. — Sechstens *von den Wasserverlusten*: diese treten besonders bei großen Flächen und langen Zuleitungen ein, wenn Anfeuchtung beabsichtigt wird, und nicht allein starke Verdunstung, sondern auch bei durchlässigem Boden starke Versickerung zu befürchten ist.

Weiter ist der Wasserbedarf abhängig bei düngender Bewässerung *von dem Gehalt an Sinkstoffen*: fettes oder nährstoffreiches Wasser genügt in geringeren Mengen als armes Wasser; sowie *von dem Gefälle des Geländes*: bei starkem Gefälle kann das abgerieselte Wasser von neuem benutzt werden (vergl. § 92). Auch *von dem Bewässerungsverfahren*: Berieselungen (§§ 103 bis 107) gebrauchen mehr als Überstauungen oder Stauberielungen (§§ 100 bis 102); gewöhnliche Rieselwiesen (§§ 103 bis 107)

mehr als drainierte Rieselwiesen (§§ 108 und 109). Endlich *von der Bauart der Bewässerungsanlage*: Bewässerungen mit schmalen Hängen oder Rücken gebrauchen mehr Wasser als solche mit breiten Hängen oder Rücken. Eine Rieselanlage mit Abzugsrinnen verlangt mehr Wasser als eine solche ohne Abzugsrinnen (s. § 103).

Das *Wasserbedürfnis wird ausgedrückt* entweder durch die Stauhöhe oder den sekundlichen Zufluss. Bei der *Stauhöhe* wird diejenige Wasserschicht angegeben, welche bei einmaliger Bewässerung ohne Anrechnung von Abfluss und Verdunstung in einer gewissen Zeit sich einstellen würde. Der *sekundliche Zufluss* wird in Litern auf das Hektar vermerkt. Doch werden bei der Ermittlung der Hektare *nur die voll bewässerten Flächen* berücksichtigt. Flächen, die im Umlauf (Rotation, s. § 93) oder mit abgerieseltem Wasser bewässert werden (s. § 92), bleiben außer Anrechnung.

Der Einwand, daß dieser Abzug nicht zulässig sei, weil man dann soviel Abteilungen für den Umlauf würde einrichten können, daß jede beliebig große Fläche mit den kleinsten Wassermengen bewässert werden könnte, ist hinfällig. Denn jede Bewässerung muß selbstverständlich bis zur vollen Befriedigung des kulturtechnischen Bedürfnisses geführt werden. Ist dies geschehen, so wird die im Umlauf nächste Abteilung bewässert: nicht früher, weil sonst dem Bedürfnis nicht Genüge geschehen wäre, aber auch nicht später, weil sonst eine Verschwendung an Wasser eintreten würde. Nach Bodenart, Klima, Kulturpflanzen etc. bestimmt sich das Bedürfnis des Wechsels, die Umlaufzahl. Die Wassermenge darf aber nur nach der jeweilig voll bewässerten Fläche beurteilt werden, also mit Abzug der im Umlauf oder mit abgerieseltem Wasser bewässerten Flächen.

### § 89.

**Wasserbedürfnis zur Anfeuchtung.** In *Oberitalien* rechnet man für die Anfeuchtung von Wiesen bei sehr schwerem Boden 0,892 = rund 0,9 Liter, bei schwerem Boden 1,026 = rund 1,0 Liter, bei mittlerem 1,494 = rund 1,5 und bei leichtem Boden 2,046 = rund 2,0 Liter Wasserbedürfnis auf das Hektar und die Sekunde. Im allgemeinen beträgt das Wasserbedürfnis durchschnittlich 1,13 Liter. Auch in *Südfrankreich* werden für die anfeuchtende Bewässerung 1,5 bis 2 Liter auf Hektar und Sekunde gerechnet. Wenn jedoch die Wiesen verwahrt und überstaut werden können, so genügt die Zuführung von einem Liter auf das Hektar und die Sekunde. In *England* und den englischen Kolonien versteht man unter duty of water diejenige Zahl von acres, die ein fortlaufender Strom von 1 cbm Wasser in der Sekunde bewässern kann. Sie schwankt zwischen 35 und 2200 acres.

In *Deutschland* ist nach den Untersuchungen Heuschmidts zur Ergänzung des fehlenden Sommerregens in den drei Monaten vom 25. Mai bis 25. August nötig: bei schwerem Boden eine zweifache Bewässerung von je 14 cm Höhe, in sehr trockener Zeit sogar eine dreifache von je 14 cm Höhe; bei mittelschwerem Boden eine dreifache Zuführung von je 16 cm Höhe und bei leichtem, lehmigen Sandboden eine vier- bis fünffache von derselben Höhe. Hiernach beträgt das Wasserbedürfnis zur Anfeuchtung in Deutschland in den drei bezeichneten Sommermonaten:

Bei *schwerem Boden* 2800 cbm<sup>1)</sup> auf ein Hektar, das entspricht einer dauernden Zuführung von 0,35 Liter auf Hektar und Sekunde, in sehr trockener Zeit sogar 4200 cbm<sup>1)</sup> d. i. 0,53 Liter auf Hektar und Sekunde.

Bei *mittlerem Boden* 4800 cbm<sup>1)</sup> auf ein Hektar, d. i. 0,6 Liter dauernder Zuführung auf Hektar und Sekunde.

Bei *leichtem Boden* 6400 bis 8000 cbm<sup>1)</sup> auf ein Hektar oder 0,8 bis 1,0 Liter dauernder Zuführung auf Hektar und Sekunde.

Diese Zahlen entsprechen praktischen Erfahrungen. Denn es genügt in Deutschland bei mittelschweren Bodenarten zum guten Anwachsen des zweiten Grasschnittes meist eine einmalige Anfeuchtung von 8 bis 10 cm Höhe auf die Dauer von 20 Tagen. Diese Wasserhöhe entspricht einer Zuführung von 0,46 bis 0,58 Liter Wasser auf das Hektar und die Sekunde. Die Anfeuchtung von 20 Tagen darf nicht unmittelbar nach dem Schneiden des Grases erfolgen, sondern erst eine Woche später, wenn die Schnittflächen schon vernarbt sind. Geschieht der erste Schnitt zu Johanni (24. Juni), so würde die Anfeuchtungszeit auf die Tage vom 1. bis 20. Juli fallen. Zu dieser Zeit ist in Deutschland bei großer Trockenheit vorzugsweise die Anfeuchtung der Wiesen erforderlich.

Hat eine Bewässerung im Herbst oder eine Überstauung im Winter stattgefunden, so ist das Bedürfnis nach Anfeuchtung während des Sommers geringer.

---

1) Die Zahlen 2800 cbm, 4200 cbm, 4800 cbm u. s. w. sind die Ergebnisse von Laboratoriums-Versuchen, bei denen der Regen 3 Monate lang künstlich ersetzt wurde. Man muß sich hüten, sie ohne weiteres auf die Praxis zur Ermittlung des Wasserbedürfnisses zu übertragen. Denn mit einer 3 Monate langen regenlosen Zeit darf man bei uns nicht rechnen. Die Zahlen dienen vorstehend nur zur Ermittlung des sekundlichen Bedürfnisses auf 1 ha. Es ist Sache des Landwirts und Kulturtechniklers, nach den herrschenden klimatischen Verhältnissen, der Bodenbeschaffenheit, den Kulturpflanzen u. a. m. die Zeit zu bestimmen, in der die Bewässerung nötig ist. Hieraus kann man die Wassermenge berechnen, die für das Gelingen des Unternehmens zur Verfügung stehen muß.



## § 90.

**Wasserbedarf zur düngenden Bewässerung.** Das Wasserbedürfnis hierzu bewegt sich in weiten Grenzen. Es ist nicht allein abhängig von dem Gehalt an Nährstoffen, sondern auch von dem Bewässerungsverfahren und der Bauart der Bewässerungsanlage (vergl. § 88).

*Rieselwiesen* (§§ 103 bis 107) erfordern unter Annahme eines mittleren Gehalts an Nährstoffen nach Dünkelberg 17 bis 52 Liter Wasser auf Hektar und Sekunde, nämlich:

42 bis 52 Liter,	wenn die Bewässerung ausgezeichnet,
35    "    "	wenn sie sehr gut,
28    "    "	wenn sie gut, und
17    "    "	wenn sie genügend sein soll.

Vincent, der dem Boden alle durch das Wachstum der Pflanzen entzogenen Nährstoffe ausschließlich durch Wasser ersetzen wollte, verlangte 60 bis 120 Liter auf Hektar und Sekunde, nämlich:

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

Wenn man erwägt, daß Vincent hierbei künstliche Hänge und künstliche Rücken im Auge hatte, bei denen nach kurzem Rieselwege das Wasser durch die Abzugsrinnen sofort der Fläche entzogen wird (§§ 104 und 105), bei denen also selbst bei 8 m breiten Hängen oder 16 m breiten Rücken ein starker Wasserverbrauch stattfindet, so steht die Vincent'sche Angabe nicht allzufern der von Dünkelberg.

Wurffbain hat für die Melioration der Boker Heide 11 Liter Wasser auf das Hektar und die Sekunde berechnet. Auch diese Zahl entspricht den Zahlen von Dünkelberg. Denn Wurffbain setzte ausdrücklich voraus, daß die Berieselung im Umlauf (Rotation) erfolge, ohne daß er aber die Flächen höheren Umlaufes abzog. Werden diese Flächen gemäß unserer Vorschrift im § 88 ebenso abgezogen, wie die Flächen, welche abgerieseltes Wasser erhalten, so entfallen z. B. bei vierfachem Umlauf  $4 \cdot 11 = 44$  Liter Wasser auf Hektar und Sekunde, und es ist ersichtlich, wie nahe Wurffbains Zahl den Dünkelberg'schen Angaben steht.

Hefs gibt das Wasserbedürfnis von Rieselwiesen bei düngender Bewässerung auf 30 bis 80 Liter, Keelhoff in der belgischen Campine auf 30 Liter, Debauve bei den Wiesen der Vogesen auf 20 bis 50 Liter auf das Hektar und die Sekunde an. Auch diese Angaben rechtfertigen für mittlere Verhältnisse die Annahme der Dünkelberg'schen Zahlen.

Für *Stauberieselungen* (§ 102) werden nach Hefs 10 bis 20 Liter auf Hektar und Sekunde gebraucht, im Durchschnitt 15 Liter, sofern

wiederum nur die vollbewässerten Flächen zur Anrechnung kommen. Ist das Wasser sehr fruchtbar, so genügen geringere Mengen.

*Drainierte Riesekwiesen* (§§ 108 und 109) verlangen nach Petersen 8 bis 15 Liter, durchschnittlich 12 Liter Wasser auf das Hektar und die Sekunde, nämlich 8,5 Liter bei sandigem Lehmboden und 14,5 Liter bei humosem feinen Sandboden.

## § 91.

**Wasserverluste.** Die Wasserverluste, die auf der Meliorationsfläche selbst durch Versickerung, Erhöhung des Grundwasserstandes, Verdunstung, Verbrauch durch die Kulturpflanzen u. dergl. entstehen, kommen nicht in Betracht. Diese Wasserverluste sind selbstverständlich mit der Bewässerung verbunden.

Anders ist es mit den Wasserverlusten, die in dem Hauptzuleiter auf dem Wege zwischen Entnahmestelle des Wassers und der Verwendungsstelle auf der Meliorationsfläche entstehen. Soll die Fläche ihren vollen Bedarf erhalten, so müssen diese Wasserverluste an der Entnahmestelle berücksichtigt werden. Je länger der Weg, je durchlässiger der Boden ist, den er durchzieht, je höher der Zuleiter hat aufgedämmt werden müssen (vergl. § 96), je heißer die Jahreszeit ist, je lebhafter die Winde wehen, um so größer werden die Verluste sein, um so mehr Wasser muß dem Flußlauf entnommen werden.

Nach Baurat Hefs beträgt der Wasserverlust im Hauptzuleiter durchschnittlich 10 bis 17  $\frac{0}{10}$  des ganzen Bedarfs. Seine Messungen ergaben bei der Frühjahrs- und Herbstbewässerung 7 bis 12, bei der Sommerbewässerung 12 bis 22  $\frac{0}{10}$  Verlust.

Diese Zahlen dürfen aber nur mit Vorsicht unter besonderer Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse benutzt werden. Bei einem kurzen Zuleiter in schwerem undurchlässigen Boden kann unter Umständen mit gar keinem, bei einem langen Zuleiter in leichtem Boden muß mit einem höheren Verlust gerechnet werden. Es sei hier auf die §§ 5 und 6 über Verdunstung und Versickerung verwiesen. Bezüglich des Verlustes durch Verdunstung muß mindestens mit dem höchsten Betrage der Tagesverdunstung einer freien Wasserfläche (10 mm) gerechnet werden oder bei 12 Tagesstunden mit rund 1 mm Wasserverlust in der Stunde. Es kann aber der Wasserverlust durch Verdunstung dadurch vermindert werden, daß durch Bepflanzen der Grabenränder für Beschattung und Verminderung des Luftzuges gesorgt wird.

Der Wasserverlust durch Versickerung läßt sich nicht in bestimmten Zahlen angeben. Er ist von der Durchlässigkeit des Bodens, dem Vorhandensein von Wasseradern und anderen Umständen, die sich dem Auge entziehen, abhängig. Hier sind mit Hilfe der Hefs'schen Zahlen

geeignete Annahmen zu machen. Durch Einschlämmen von Ton lassen sich undurchlässige Stellen des Zuleiters dichten. Da aber der Ton nicht tief in den Boden eindringt, sondern nur die inneren Wände des Zuleiters mit einer dünnen Schicht von wenigen Millimetern Stärke überzieht, und diese beim Trockenlaufen des Zuleiters leicht abblättert, so ist die Dichtung durch Einschlämmen kein zuverlässiges Mittel gegen Sickerungsverluste. Besser ist es, die Wände des Grabens mit Tonschlag zu verfüllen oder mit einer dünnen Betonschicht (s. S. 128) zu überziehen. Aufgedämmte Stellen sind zur Verhütung von Wasserverlusten möglichst zu vermeiden.

### § 92.

**Wiederholte Benutzung des Wassers.** Die wiederholte Benutzung des Wassers ist bei anfeuchtender Bewässerung ausgeschlossen, da hier alles auf die Flächen geleitete Wasser von den Pflanzen und dem Boden verbraucht wird. Sie kann nur eintreten bei düngender Bewässerung. Und auch hier dürfen bei ihrer Anwendung drei Bedingungen nicht außer acht gelassen werden: Erstens muß das Gefälle so groß sein, daß durch die wiederholte Benutzung des Wassers auf einer tiefer liegenden Fläche *kein Rückstau* auf die oberhalb befindlichen Ländereien ausgeübt wird. Zweitens muß die Möglichkeit gewahrt sein, *jeder Fläche frisches Wasser* zuzuführen, damit diejenigen Flächen, die gewöhnlich abgerieseltes Wasser erhalten, durch zeitweise Zuleitung von fettem nährstoffreichen Wasser schadlos gehalten werden. Und endlich drittens muß das abgerieselte Wasser, bevor es von neuem zur Überrieselung gelangt, auf längerer Strecke *einen offenen Graben durchfließen* oder in einem Becken angestaut werden. Denn das Wasser wird zufolge der Berieselung ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlensäure und organischen Beimengungen. Es muß durch die Bewegung im Graben oder den Wellenschlag im Becken die überschüssige freie Kohlensäure an die Luft abgeben, die organischen Stoffe zur Oxydation bringen und Sauerstoff aus der Luft neu aufnehmen.

### § 93.

**Bewässerung durch Umlauf (Rotation).** Hierunter versteht man ein Bewässerungsverfahren, bei dem das ganze Gebiet in mehrere, möglichst gleiche Teile zerlegt und jeder einzelne Teil nach und nach mit dem ganzen zur Verfügung stehenden Wasser gespeist wird. Die nicht bewässerten Teile werden inzwischen vollständig trocken gelegt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Bewässerung wirksamer wird, daß das Wasser sich gleichmäßiger verteilt, daß man demzufolge mit demselben Wasser eine größere Fläche vorteilhaft berieseln kann, ganz besonders aber darin, daß durch den Wechsel von kräftiger Bewässerung und gründlicher Entwässerung Wasser und Luft in regelmäßiger Folge

auf den Boden wirken und die Oxydation seiner Pflanzennährstoffe dadurch in vorteilhaftester Weise beschleunigen. Die Erträge bei der Bewässerung mit Umlauf sind deshalb stets größer, als bei der Bewässerung ohne Umlauf.

Die *Zahl der Teile*, in die das Gebiet für den Umlauf zerlegt wird, beträgt mindestens drei, selten mehr als sechs. Es ist dies abhängig von der Schnelligkeit der Entwässerung und demgemäß von der Beschaffenheit des Bodens. Bei leichtem Boden ist ein dreifacher Umlauf, bei schwerem Boden, dessen Entwässerung und Trockenlegung viel langsamer vor sich geht, ein sechsfacher Umlauf geboten.

Die *Umstellung des Wassers* erfolgt gewöhnlich in Zeiträumen von 1 bis 4 Tagen. Bei einem dreifachen Umlauf würde demnach jede Fläche 1 bis 4 Tage lang bewässert und 2 bis 8 Tage lang entwässert werden. In der Regel werden bei Beginn der Berieselung längere Umstellungszeiten gewählt, damit die erste Bewässerung so vollständig wie möglich werde. Gegen Ende der Rieselzeit wird die Umstellung beschleunigt, sodaß der Umlauf über alle Flächen gleichmäßig beendet werden kann, bevor die Jahreszeit die Einstellung der Berieselung verlangt.

#### § 94.

**Beschaffung des Wassers.** Das Bewässerungswasser wird gewöhnlich den Bächen und Flüssen entnommen und zwar mit oder ohne Anstauung. Die Entnahme ohne Anstauung ist nur dann möglich, wenn starkes Gefälle in dem Bach vorhanden ist, und die Örtlichkeit die Anlage eines langen Zuleiters gestattet. Viel häufiger ist zur Hebung des Wassers ein festes oder bewegliches Wehr erforderlich. Die Entscheidung über die Bauart des Wehres ist abhängig von der Rücksichtnahme auf die Schifffahrt, Flößerei und die Hochwasserabführung. Bei der Höhenbestimmung des Wehres muß jeder nachteilige Rückstau auf fremde Grundstücke vermieden werden. Ferner ist zu untersuchen, ob und welche Schädigung anderen Personen durch die aus der Bewässerung sich ergebende Wasserentziehung etwa zugefügt werden könnte. Endlich ist dafür Sorge zu tragen, daß das Rieselwasser nicht in ein fremdes Niederschlagsgebiet abgeleitet, vielmehr in das alte Flußbett vor Verlassen der eigenen Grenze zurückgeleitet werde. Kann man durch Wehre nicht die gewünschte Bewässerungshöhe erreichen, oder wird das Wasser abgeschlossenen Seen, Teichen oder dem Untergrunde durch Brunnen entnommen, so muß man zur künstlichen Hebung des Wassers schreiten.

#### § 95.

**Wasserhebwerke für Bewässerungen.** Solche Anlagen sind dann im Betrieb teuer, ihre Einträglichkeit ist zweifelhaft, sobald große

Wassermengen für kleine Bewässerungsgebiete zu heben sind. Sie kommen daher für düngende Bewässerungen selten zur Anwendung, wohl aber

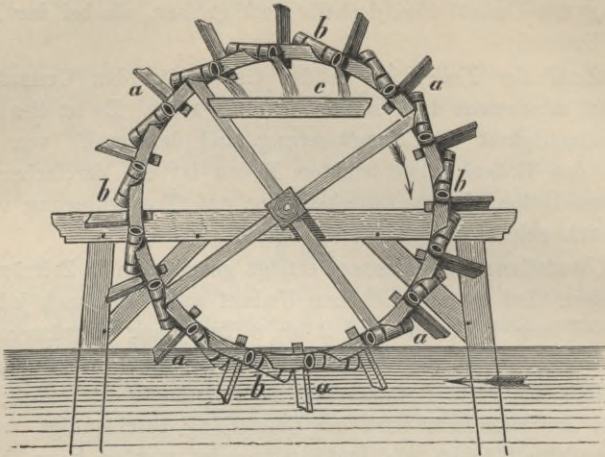


Fig. 427. Chinesisches Schöpfrad.

empfehlen sie sich für anfeuchtende Bewässerungen. Die wichtigsten für diese Zwecke bewährten Einrichtungen sind folgende:

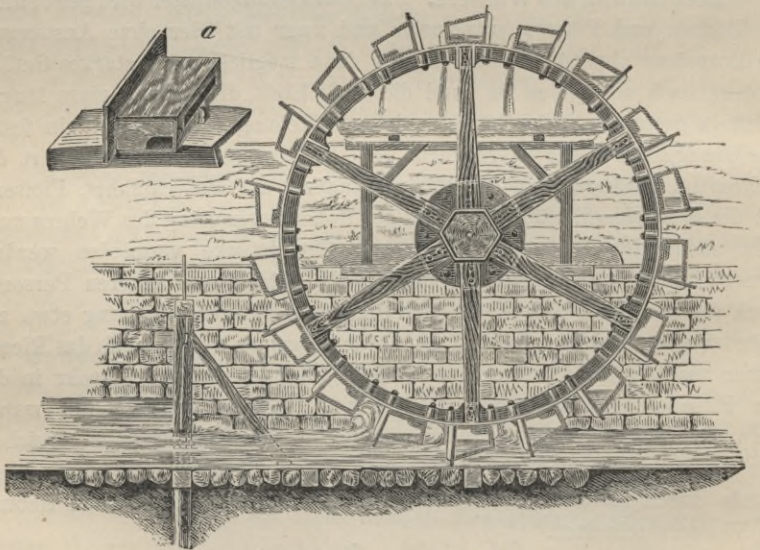


Fig. 428. Kasten-Schöpfrad.

1. *Das Schöpfrad.* Hierunter versteht man im Gegensatz zu dem bei Entwässerungen gebräuchlichen Wurfrade (§ 23) ein solches Rad,

das nur kleine Wassermengen befördert, und das nicht durch eine äußere Kraftmaschine, sondern durch das fließende Wasser des Baches oder Flusses selbst getrieben wird. Fig. 427 stellt das chinesische Schöpfrad dar: sein Umfang ist abwechselnd mit Schaufeln *a* und Bechern *b* besetzt. Die Becher sind schräg auf dem Umfange befestigt, sodaß sie beim Eintauchen des Rades sich füllen und in der oberen Lage selbsttätig das Wasser in eine Seitenrinne entleeren. In gleicher

Weise wirkt das Kasten-Schöpfrad (Fig. 428). Hier sind Becher und Schaufeln miteinander vereinigt. Das Wasser dringt durch den langen Schlitz des Kastens ein und fließt durch die kurze Öffnung in der Seitenwand hinaus in eine längs des Rades angebrachte Rinne. Sehr häufig werden bei diesem Rade die Schaufeln schräg auf dem Umkreise des Rades angebracht, sodaß der Wasserstoß nicht senkrecht, sondern unter einem mehr oder weniger großen Winkel die Schaufelfläche trifft.

Ein 4 bis 4,5 m großes Kasten-Schöpfrad, das 800 bis 1000 Mk. kostet, kann in der Sekunde 30 bis 35 Liter Wasser auf 4 bis 4,5 m Höhe heben. Schöpfräder können auch durch Göpel oder durch Menschen getrieben werden. Solche Räder sind noch jetzt in Rumänien und Bulgarien gebräuchlich.

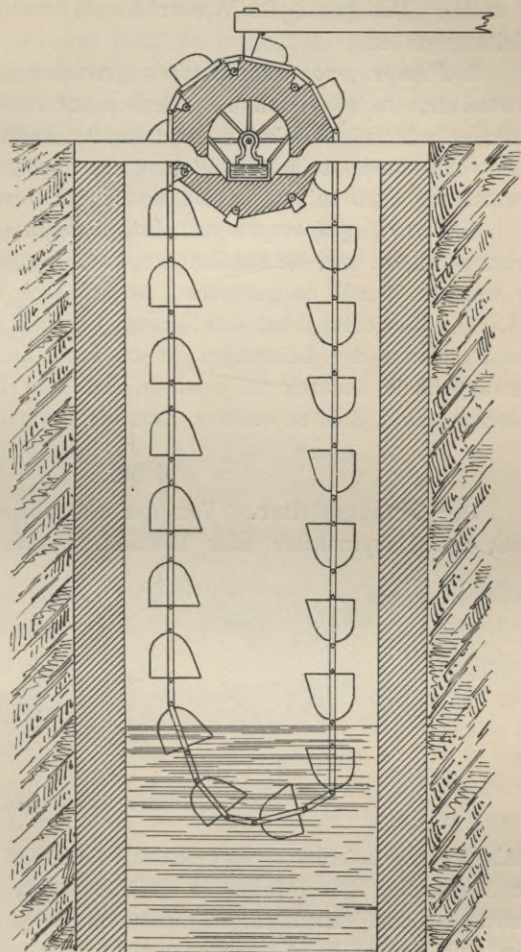


Fig. 429. Becherwerk von Kolb in Straßburg.

2. *Becherwerke*. Diese eignen sich besonders für die Bewässerungen kleiner Anlagen aus Brunnen. Fig. 429 stellt ein Becherwerk mit Göpelbetrieb dar, welches die Maschinenfabrik G. Kolb in Straßburg i. E. anfertigt. Die kastenförmigen, eisernen Becher sind wie Baggerkasten an zwei endlosen Ketten befestigt, sie füllen und entleeren sich selbsttätig. Das geschöpfte Wasser fließt durch eine Seitenrinne in den Zuleitungsgraben.

3. *Pumpen, von Windrädern getrieben* (s. §§ 24 und 26), sind da verwendbar, wo ein Teich oder Becken zur Aufspeicherung des Wassers in der erforderlichen Höhe angelegt werden kann, sodaß die Bewässerung nicht vom Winde abhängig ist und ein genügender Wasservorrat zur Bewässerung auch bei windstillen Zeiten zur Verfügung steht.

4. *Zentrifugalpumpen mit Lokomobilen* (s. §§ 25 und 26) sind die wirkungsvollsten und die von Zufällen unabhängigsten Schöpfvorrichtungen. Sie werden überall da gebraucht, wo größere Wassermengen zu heben sind. Die Einrichtung hat den Vorzug, jederzeit zur Verfügung zu stehen, eine Erhöhung der Leistungen in trockner Zeit zu gestatten und die Einträglichkeit dadurch zu erhöhen, daß die Lokomobile auch in bewässerungsloser Zeit zu anderen Zwecken benutzt werden kann.

## § 96.

**Der Hauptzuleiter.** Von der Entnahmestelle wird das Wasser durch den Hauptzuleiter oder Bewässerungs-Hauptkanal nach der Ver-

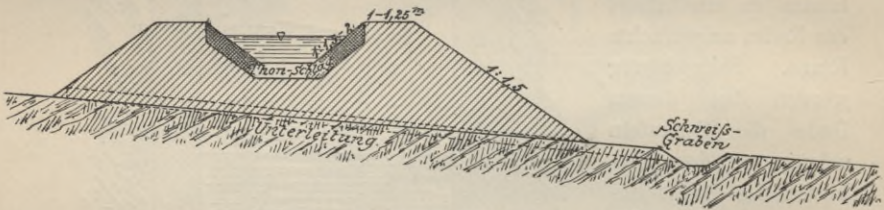


Fig. 430. Zuleiter im Auftrage.

wendungsstelle befördert. Es geschieht dies meist in einem offenen Graben, der längs des Höhenrandes so geführt wird, daß sowohl tiefe Einschnitte wie Aufdämmungen möglichst vermieden werden. Aufdämmungen (Fig. 430) führen bei Verwendung nicht ganz undurchlässigen Bodens zu Wasserverlusten. Das aus dem Damm dringende Wasser — *Schweifswasser* — muß durch einen Graben — *Schweifsgraben* — aufgefangen werden, um das unterhalb befindliche Land nicht durch Nässe zu schädigen. Auch die durch den Damm gestörte Vorflut des höheren Seitenlandes muß durch eine Unterleitung an der tiefsten Stelle der Aufdämmung wieder hergestellt werden (s. die gestrichelt angedeutete Rohrleitung in Fig. 430).

Das Auftreten des Schweißwassers wird bei Aufdämmungen durch einen Tonschlag auf Sohle und Böschungen nach Möglichkeit verhindert.

Am vorteilhaftesten ist es, den Hauptzuleiter so zu entwerfen, daß der vom Wasser benetzte Querschnitt in gewachsenem, nicht in aufgeschüttetem Boden sich befindet, und Auftrag und Abtrag bei der Arbeit sich gleichmäßig verteilen (Fig. 431). An solchen Stellen ist das Durchdringen von Schweißwasser nicht zu befürchten; auch die Entwässerung des Seitenlandes wird nicht beeinträchtigt. Nur wenn bei durchlässigem Grunde zu große Wasserverluste durch Versickerung zu befürchten wären, empfiehlt es sich, eine Dichtung durch Ton auf Sohle und Böschungen herzustellen. Die ausgehobenen Bodenmassen werden zweckmäßig an der tieferen Seite derart flach verteilt, daß das Wasser im Zuleiter zwar dammartig begrenzt, aber die Bestellung des Landes neben dem Zuleiter bis nahe an den Grabenbord möglich ist.

Das *Gefälle des Hauptzuleiters* ist abhängig von der Entfernung und der Höhenlage des zu bewässernden Landes, sowie von der Wassermenge. Es beträgt im allgemeinen 1 bis 3 ‰, ermäßigt sich jedoch bei



Fig. 431. Zuleiter im Abtrage.

großen Zuleitungskanälen bis auf 0,2 ‰. Die Wahl des richtigen Gefälles für eine bestimmte Anlage ist nach folgenden Erwägungen zu treffen:

Ein schwächeres Gefälle hat vor einem stärkeren den Vorzug, daß der Hauptzuleiter eine höhere Lage erhält, also höher belegene und damit größere Bewässerungsgebiete beherrschen kann. Es hat dagegen den Nachteil, daß die Geschwindigkeit des Wassers geringer ist, als in einem Zuleiter mit starkem Gefälle, und dadurch die Ablagerung und der Verlust von Sinkstoffen nicht ausgeschlossen ist. Ferner folgt aus der geringeren Geschwindigkeit des Wassers die Notwendigkeit, dem Graben einen verhältnismäßig größeren Querschnitt zu geben, wenn die gleiche Wassermenge zugeführt werden soll. Demnach wird der Zuleiter mit schwachem Gefälle durch weitergehende Erdarbeiten und durch größeren Querschnitt der Brücken und Durchlässe stets teurer, als ein Graben mit stärkerem Gefälle. Er hat auch wegen seiner größeren Wasserfassung größere Verluste durch Versickerung und Verdunstung zu erleiden, als ein Zuleiter mit starkem Gefälle. In Erwägung dieser Vorzüge und Nachteile gilt es, das den jeweiligen Verhältnissen am besten entsprechende Gefälle, unter Umständen durch Vergleichen mehrerer Gefällinien, zu ermitteln.



Die geringste Geschwindigkeit des Wassers im Zuleiter muß betragen: 0,21 m in der Sekunde, wenn das Absetzen von Schlamm, und 0,42 m in der Sekunde, wenn das Absetzen von Sand vermieden werden soll.

Die größte Geschwindigkeit des Wassers ist dann, wenn Sohle und Böschungen nicht besonders befestigt werden, nach der Beschaffenheit des Bodens zu bemessen. Bei lehmigem Boden ist es nicht ratsam, die Geschwindigkeit des Wassers an der Sohle 0,3 m oder an der Oberfläche ungefähr 0,6 m in der Sekunde überschreiten zu lassen, bei Kiesboden 0,7 m, bezw. 1,2 m in der Sekunde. Sind größere Geschwindigkeiten unvermeidlich, so müssen Böschungen und Sohle befestigt werden.

### § 97.

**Auflandungen (Kolmationen).** Unter Auflandung versteht man die Leitung von fruchtbarem Wasser auf unfruchtbare Gelände in der Absicht, eine neue Kulturdecke zu gewinnen. Sie wird hauptsächlich in Italien, Südfrankreich, auch vereinzelt in nördlichen Gegenden, z. B. Elsaß-Lothringen, ausgeführt. Da die aufzulandenden Flächen gewöhnlich sehr große Ausdehnung haben, die Kosten daher sehr bedeutend werden, so geht die Anregung zu solchen Unternehmungen in der Regel vom Staat, weniger von den Besitzern aus. In Italien trägt der Staat die Hälfte der Kosten, die Provinz und die Gemeinde je  $\frac{1}{8}$ , und nur  $\frac{1}{4}$  der Grundbesitzer.

Die Auflandung kann sowohl auf hochbelegenen Geröllfeldern, wie in tiefen Sumpfgegenden ausgeführt werden. In Sumpfgegenden entschließt man sich zu dem kostspieligen und langwierigen Verfahren nur dann, wenn die Niederung aus gesundheitlichen Rücksichten unbedingt trockengelegt werden muß, dies aber weder durch natürliche, noch durch künstliche Vorflut geschehen kann, und außerdem die Beschaffenheit des Landes so schlecht ist, daß die Überdeckung mit einer besseren Bodenschicht geboten ist.

Während der Auflandung müssen die angrenzenden Ländereien gegen Überschwemmungen durch das eingelassene Wasser geschützt werden: man umgibt daher die aufzulandende Niederung mit einem *Ringdeich*. Ein *Randgraben* an der Außenseite dieses Ringdeiches sorgt für die Vorflut der Nachbarländereien.

Demnächst wird das ganze Gebiet in *mehrere Teile* zerlegt und jeder Teil einzeln möglichst schnell zur Auflandung gebracht. Man befördert dadurch die Nutzbarmachung und die Erträge der Anlage. Die einzelnen Gebiete werden durch *niedrige Deiche* getrennt, welche mit ihrer 1 bis 2 m breiten Krone 0,4 bis 0,6 m über den höchsten Stauwasserstand ragen und später als Wege benutzt werden.

Bei der Auflandung von tiefbelegenen, sumpfigen Gebieten ist die Ableitung des geklärten Wassers besonders wichtig. Die Gefällebestimmung dieser *Entwässerungsgräben* muß unter Rücksicht auf die künftige Höhenlage der aufgelandeten Fläche erfolgen. Bei den großen Auflandungen in den sumpfigen Gegenden Italiens gibt man den Zuggräben Sohlengefälle von 0,15 bis 0,2 ‰, den Hauptgräben 0,05 bis 0,1 ‰.

Mit der Auflandung wird bei dem höchstbelegenen Abschnitt begonnen. Vorzugsweise wird das schlackreiche Hochwasser eines wildbachähnlichen Gewässers benutzt. Es wird an solcher Stelle abgeleitet oder durch Stauung so gehoben, daß das Wasser in derjenigen Tiefe entnommen werden kann, welche die gewünschten Sinkstoffe enthält. Die oberen Schichten des Wassers enthalten lehmige Sinkstoffe, die tieferen Sand und Kies. Eine Zuleitung von genügendem Gefälle (0,5 bis 3 ‰) führt die trüben Wassermengen nach der Auflandungsfläche. Diese wird seeartig überstaut.

Die *Einleitung des Wassers* aus dem Zuleiter geschieht bei kleinen Anlagen durch offene Einschnitte, bei größeren durch besondere Nebenzuleiter, die zwischen niedrigen Deichen oft weit in das Gelände hinein führen. Überall da, wo das Wasser von dem Zuleiter sich ausbreitet, pflegen die Sinkstoffe sich schuttkegelförmig abzusetzen. Es muß darum Sorge getragen werden, daß bei kleinen Anlagen die Austrittsstellen des Wassers aus dem Hauptzuleiter häufig gewechselt werden, oder daß bei großen Anlagen von dem Nebenzuleiter noch weitere kleinere Ableiter, unter Umständen mit größeren oder geringeren Verästelungen, sich verzweigen. Bei der Führung dieser Ableiter müssen besonders diejenigen Stellen bedacht werden, die ihrer tiefen Lage wegen die meisten Sinkstoffe erhalten sollen.

Treten die Hochfluten, welche vorzugsweise zur Auflandung benutzt werden, häufig ein, enthalten sie schwere Sinkstoffe, und handelt es sich darum, zunächst die größten Untiefen des Bodens zu erhöhen, so läßt man die Füllungen schnell aufeinander folgen, sorgt aber für vollkommene Entleerung vor jeder Füllung. Dann geschieht die Aufhöhung rasch, wenn auch mit schwerem steinigem, weniger wertvollen Boden.

Wenn dagegen die Auflandung bis zu einer gewissen Höhe schon gediehen ist, und es nunmehr darauf ankommt einen guten Nährboden für die künftigen Kulturpflanzen zu erhalten, so müssen die feineren Schlackteile gewonnen werden, die sich langsamer absetzen. Dann wird dem Wildbach das Wasser nur in den obersten Schichten entnommen und auf der Auflandungsfläche das vorhandene Wasser vor jedem Einlassen neuen Wassers nicht gänzlich, sondern nur so weit abgelassen, als es sich vollkommen abgeklärt hat. Dies Absetzen erfolgt langsamer, das Einlassen findet in größeren Zwischenräumen statt.

Ist der erste Abschnitt vollständig zur Auflandung gekommen, so wird der Zuleiter bis zum nächsten Abschnitt verlängert und dieser wie der erste behandelt. Die genügend aufgelandeten Flächen werden mit kleinen Ringdämmchen vor weiterer Auflandung geschützt. Hierzu werden die Bodenmassen verwendet, die beim Ausheben der Entwässerungsgräben in den fertiggestellten Anlagen gewonnen werden.

### § 98.

**Bewässerung von Bäumen.** Die Bäume entnehmen ihre Nahrung nicht durch die starken, vom Stamm ausgehenden Hauptwurzeln, sondern durch die feinen Faserwürzelchen, die im weiten Umkreise den Stamm umschließen. Diese liegen 0,3 bis 1 m tief und dehnen sich ungefähr ebenso weit im Boden aus, wie die Krone oberirdisch reicht; denn sie gehen der Feuchtigkeit nach, welche von der Grenze des Laubdaches, der Traufflinie des Baumes, zu Boden fällt.

Hieraus ergibt sich, daß für die Bewässerung von Bäumen eine *trogartige Umschließung* des Baumstammes nur dann zu empfehlen ist, wenn der Baum jung ist oder erst kurze Zeit vorher gesetzt worden war.

Bei älteren, mehr entwickelten Bäumen ist es richtiger, die Bäume da zu bewässern, wo sie ihre Nahrung entnehmen, das ist in der Nähe der Faserwurzeln, also in der Traufflinie des Laubdaches. Hier ist eine flache, *kreisförmige Rinne* um den Baum zu ziehen und in diese von den einzelnen Zuleitungsgräben aus durch kleine Nebenzuleiter das Bewässerungswasser einzuführen.

Für Alleebäume an Straßen und Spazierwegen, wo die Anlage solcher offenen Rinnen unmöglich ist, empfiehlt sich das nach demselben Grundsatz erdachte und in den Fig. 432 bis 436 dargestellte bewährte Verfahren der *unterirdischen Baumbewässerung durch Drains* des Stadtgärtners Degenhard in Dresden. Es werden 5 cm weite Drainröhren von möglichst großer Länge (0,5 m) im Kreise oder Viereck um den Baum verlegt, und zwar 0,25 bis 0,4 m tief möglichst unter der Traufflinie des Laubdaches. Die Stöße der Röhren werden durch weite, 10 cm lange Muffenrohre überdeckt, bei Abzweigungen werden T-Stücke, an den Ecken Krümmer eingeschaltet (Fig. 434). Die jeden Baum umschließenden Röhren werden unter sich genau horizontal verlegt; die Neigung, welche bei fallendem Gelände auch der Rohrleitung gegeben werden muß, wird auf die Verbindungsstränge zwischen den Bewässerungsringen der Bäume verteilt (Fig. 432).

An der höchsten Stelle wird das Wasser von einem Hydranten oder aus einem Brunnen in das Rohrnetz geleitet, an der tiefsten Stelle kann die Luft durch eine Luftklappe entweichen. Diese Luftklappe besteht aus einem in die Rohrleitung eingeschalteten T-Stück, dessen lotrecht gestellter

Stutzen mit Hilfe einer Muffe ein kurzes, lotrechtes, oben offenes Drainrohr trägt. Dies Drainrohr stellt die Verbindung der Rohrleitung mit der Außenluft her. Zu seinem Schutze wird ein gußeiserner Kasten mit drehbarer Klappe auf einem Brettstück in den Boden eingelassen (Fig. 436).

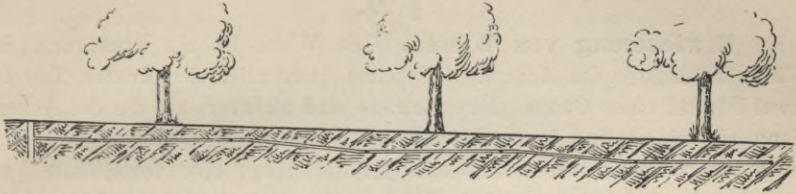


Fig. 432.

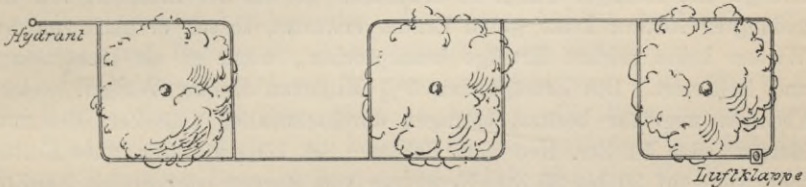


Fig. 433.

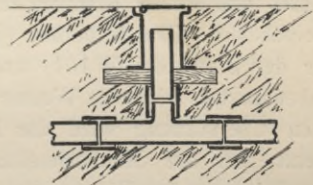
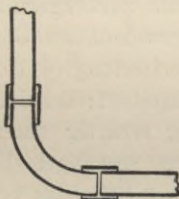
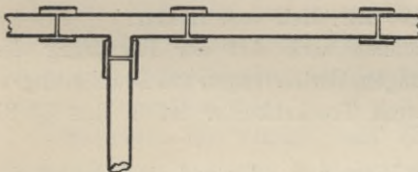


Fig. 434.

Fig. 435.

Fig. 436.

Fig. 432 bis 436. Bewässerung von Alleebäumen nach Degenhard.

Je zehn Bäume können in dieser Weise von einem gemeinsamen Drainstrang bewässert werden. Das Wasser wird eingelassen und der Deckel der Luftklappe geöffnet. Tritt hier aus dem lotrechten Drainrohr Wasser empor, so ist die Leitung vollständig gefüllt, und die weitere Zuführung von Wasser wird abgestellt. Das Wasser dringt durch den Raum zwischen den Muffen und den Röhren in den Boden (Fig. 435). Die horizontale Lage der Röhren um jeden einzelnen Baum sichert die Gleichmäßigkeit

der Bewässerung. Das Verwachsen der Drains und Muffen durch die Baumwurzeln ist nach zwanzigjährigen Erfahrungen in Dresden nicht in besorgniserregender Weise aufgetreten. Bei der geringen Tiefenlage der Drains kann den hierdurch entstehenden Übelständen leicht begegnet werden.

### § 99.

**Bewässerung von Wiesen.** Die Wiese ist als Ernährerin des Viehs die Mutter des Ackers. Sie bildet gewöhnlich den dritten Teil bis zwei Fünftel eines Gutes. Ihre Erträge sind sicherer, als die des Ackers, denn sie widerstehen besser sowohl der Nässe wie der Trockenheit. Das in guten Wiesenkulturen angelegte Kapital pflegt eine vorteilhafte Verzinsung zu bringen. Solcher Erfolg ist jedoch nur bei sachgemäßer Anlage und richtiger Pflege zu erwarten. So wie der Landwirt von ungedüngten Äckern keine guten Ernten erwartet, so soll er auch von den Wiesen keine reichen Erträge beanspruchen, wenn er sie nicht düngt und kultiviert. Die Erträge der  $3\frac{1}{3}$  Millionen Hektar Wiesen, welche Preußen ungefähr besitzt, betragen durchschnittlich 12,8 Ztr. Heu vom Morgen oder 51 Ztr. Heu vom Hektar. Sie können durch gute Kultur sehr wohl auf 20 bis 25 Ztr. Heuertrag vom Morgen oder 80 bis 100 Ztr. vom Hektar gesteigert werden. Die Erträge der Siegener Rieselwiesen beziffern sich im Durchschnitt auf 120 Ztr. Heu vom Hektar.

Die *Wiesenbau-Verfahren* können nach Art der Benutzung des Wassers eingeteilt werden in Einstauungen, Berieselungen und Drainierungen. Die Behandlung der Moorwiesen durch Trockenkultur ist in den §§ 81 bis 83 und 86 bereits erörtert.

Bei der *Einstauung* wird das Wasser in oder auf die Wiesenfläche geleitet und durch Stauvorrichtungen vom Abfluß zurückgehalten. Man unterscheidet: Grabenstaubau (§ 100) von der gewöhnlichen Überstauung oder der Stauwiese (§ 101) und von der Stauberieselung (§ 102). Beim Grabenstaubau wird das Wasser in den Gräben angestaut; bei der gewöhnlichen Überstauung wird die Fläche vollständig seeartig unter Wasser gesetzt; bei der Stauberieselung wird in diesem seeartigen Becken an einer Seite frisches Wasser ein- und an der anderen Seite das verbrauchte Wasser abgeführt.

Bei der *Berieselung* fließt das Wasser in dünner Schicht über die Wiesenfläche. Zu dem Ende wird es in eine große Zahl kleiner Rinnen — Rieselrinnen — geleitet. Aus diesen fließt das Wasser entweder nach einer oder nach beiden Seiten aus und in breitem Strom über die Fläche. Fließt es nach einer Seite, so liegt die Wiese im Hangbau (§§ 103 u. 104), fließt es nach beiden Seiten, im Rückenbau (§§ 105 bis 107). In beiden Fällen ist der natürliche Bau von dem Kunstbau zu unterscheiden. Beim natürlichen Bau findet keine Umformung des Geländes statt, beim Kunstbau

dagegen sind mehr oder weniger große Umformungen erforderlich. Beim Hangbau ist die natürliche Anlage, beim Rückenbau der Kunstbau vorherrschend. Gewöhnlich werden Hänge und Rücken gleichzeitig auf Wiesen angelegt, indem die stärker geneigten Lagen als Hänge, die schwächeren als Rücken ausgebildet werden.

Die *Drainierungen* von Wiesen können als gewöhnliche Wiesen-drainage oder als Petersen'sche Wiesen zur Ausführung kommen. Bei den Petersen'schen Wiesen wird eine besonders sorgfältige Verbindung von Entwässerung und Bewässerung durchgeführt.

### § 100.

**Grabenstaubau.** Bei dieser Bauweise wird keine Bewässerung im gewöhnlichen Sprachgebrauch ausgeführt, sondern nur eine Hebung des Grundwasserstandes hervorgerufen oder seiner Senkung begegnet. Dies geschieht durch Hebung des Wasserspiegels in den Gräben.

Die Niederung wird mit Entwässerungszügen nach § 27, bestehend aus Haupt-, Zug- und Beetgräben, durchzogen. Der Hauptgraben wird zur Bewässerung aufwärts als Zuleiter bis zur Verbindung mit dem das Wasser liefernden Bach verlängert und erhält hier eine Verschlussvorrichtung: die *Einlafsschleuse*. Ein ähnlicher Abschluss — die *Auslafsschleuse* — wird an der unteren Mündung hergestellt. Statt der Verlängerung des Hauptgrabens kann auch ein besonderer Randgraben als Zubringer angelegt werden, der das Wasser von der Einlafsschleuse in die einzelnen Zuggräben führt.

Zwischen der Einlaf- und der Auslafsschleuse werden einfache *Stauschleusen* in solcher Zahl in den Hauptgraben eingebaut, daß ihre Höhenunterschiede nur 20 bis 30 cm betragen. Hierdurch kann das Wasser in treppenförmigen Absätzen so in dem Hauptgraben angestaut werden, daß es oberhalb jeder Staustufe bordvoll, unterhalb der Staustufe nur 20 bis 30 cm unter Wiesenbord sich einstellt.

Den Beetgräben wird möglichst wenig Gefälle gegeben, sodaß die in dem Hauptgraben erzeugten Anstauungen sich auf die ganze Länge der zugehörigen Beetgräben ausdehnen, ohne daß diese selbst Stauvorrichtungen erhalten.

Die Zuggräben dagegen müssen mit Staueinrichtungen versehen werden. Dieselben werden am besten in gleicher Höhe mit den Stauanlagen des Hauptgrabens angeordnet. Hierbei ist dafür Sorge zu tragen, daß die oberen Teile der Zuggräben frisches Wasser von der Einlafsschleuse aus erhalten können. Dies geschieht am wohlfeilsten bei der Benutzung des Hauptgrabens als Zubringer (Fig. 437) durch die Verbindung und Ausbildung einzelner Beetgräben als Nebenzubringer.

Zur Ausführung der Grabeneinstauung wird die Auslafsschleuse geschlossen und die Einlafsschleuse geöffnet. Es fließt alsdann das Wasser

bis zu dem tiefsten Teil der Niederung und füllt hier die Gräben bordvoll. Ist dies geschehen, so wird die unterste Staustufe I geschlossen und nach bordvoller Anfüllung des Grabens an dieser Stelle mit dem Schließen der Stauschleusen II, III u. s. w. fortgefahren. So werden alle Gräben mit frischem Wasser von der Einlaßschleuse her gefüllt. Etwa in dem Gelände vorkommende Unregelmäßigkeiten können durch besondere Stau-einrichtungen gehoben werden, nämlich durch kleine *Staubretter* oder eiserne Staubleche, welche in die Böschungen der Zuggräben oder Beetgräben eingesteckt werden. Sie können den Wasserstand um 0,10 m heben. Soll die Entwässerung wieder hergestellt werden, so wird die Einlaßschleuse geschlossen und die Auslaßschleuse geöffnet; nach und nach werden dem-nächst auch die übrigen Stauschleusen gezogen.

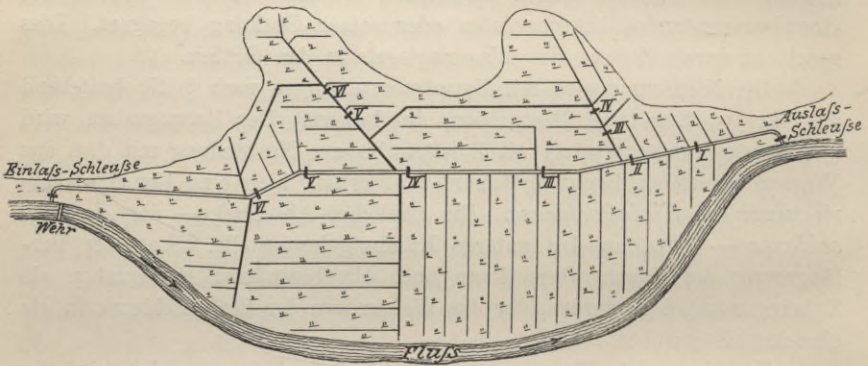


Fig. 437. Grabenstaubau. (I bis VI Grabenstauschleusen.)

Der Erfolg des Grabenstaubaues bezüglich der Hebung des Grundwasserstandes hängt von der Durchlässigkeit des Bodens ab. Bei schwer durchlässigem Boden wirkt der Stau kaum auf einige Zentimeter Entfernung vom Graben, nur bei durchlässigem Grunde ist ein weiteres Eindringen und damit eine Hebung des Grundwasserstandes zu erwarten. Der Erfolg der Grabeneinstauung beruht aber weniger in der Hebung, als vielmehr darin, daß einer *Senkung* des Grundwasserstandes selbst bei schwerem Boden vorgebeugt wird. Und dieser Umstand macht das Verfahren besonders da geeignet, wo eine vollkommene Überstauung der Fläche nicht zulässig ist, doch aber dem Nachteil der Grundwassersenkung begegnet werden soll. Dies ist besonders der Fall bei Moorwiesen ohne Sanddecke. (§ 83). Für solche Anlagen eignet sich dies Bewässerungsverfahren in hervorragender Weise.

### § 101.

**Die gewöhnliche Überstauung oder die Stauwiese.** Die mit den nötigen Entwässerungszügen versehene Niederung wird, wie beim

Grabenstaubau, durch Verlängerung des Hauptentwässerungsgrabens aufwärts mit dem Bach oder Fluß verbunden. Hier wird eine *Einlafsschleuse* angelegt, während am entgegengesetzten Ende eine *Auslafsschleuse* erbaut wird (Fig. 438).

Um die Niederung vollständig überfluten, sie in einen See verwandeln zu können, wird die Fläche ringsum durch *Dämme* umschlossen. Solche Dämme sind nur da entbehrlich, wo hohes Hinterland oder genügend hohe Uferländer vorhanden sind. Die Dämme erhalten bei zwei- bis dreifachen Böschungen eine 1 bis 1,5 m breite und so hohe Krone, daß sie den Normalstauspiegel des eingelassenen Wassers um 0,3 bis 0,5 m überragen. Die Krone der Dämme liegt daher wagrecht.

Wenn das Gefälle der Niederung so stark ist, daß die Deiche am unteren Ende zu hoch werden würden, so wird das Gebiet durch *Zwischen-*

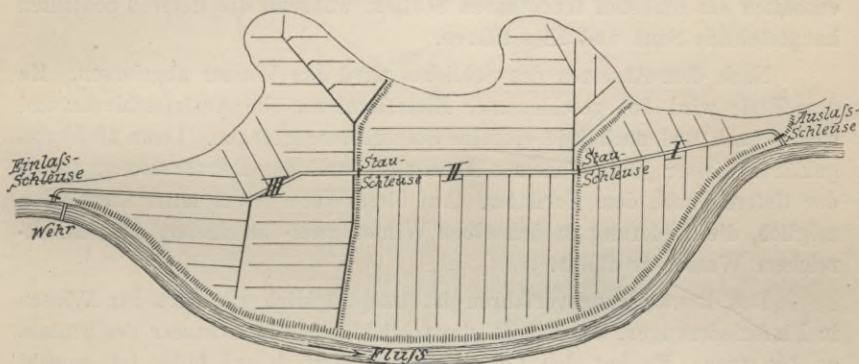


Fig. 438. Überstauung oder Stauwiese.

*dämme* in mehrere Abteilungen zerlegt. Dann geschieht die Anstauung absatzweise, und an der Kreuzungsstelle des Zwischendamms mit dem Hauptentwässerungsgraben muß eine *Stauschleuse* erbaut werden. Der Boden des Zwischendamms wird in der Regel einem längs seiner Oberseite geführten Entwässerungsgraben entnommen. Seine Höhenlage, Stärke und Böschungsneigungen entsprechen dem Umwallungsdamm. Die Zahl der Zwischendämme und damit die Zahl der Stauabteilungen richtet sich nach der Höhe des Geländes.

Die Anstauung des Wassers in den einzelnen Abteilungen erfolgt von unten nach oben. Im Herbst, 8 bis 10 Tage nach dem letzten Grasschnitt, wenn die Schnittflächen vernarbt sind, wird die Auslafsschleuse geschlossen und die Einlafsschleuse geöffnet. Dann fließt das Wasser durch den Hauptgraben in die unterste Abteilung und füllt diese seeartig nach und nach an, gleichzeitig auch die oberen Abteilungen zum Teil unter Wasser setzend. Die Füllung geschieht bis zur Höhe des *Normalstau-*



*wasserspiegels*. Ein solcher ist für jede Abteilung derart zu bestimmen, daß die Stauwasserschicht überall mindestens 0,3 m beträgt; denn bei geringerer Tiefe würde die im Winter zu erwartende Eisbildung die Grasnarbe schädigen. Ist in der untersten Abteilung die Normalstauhöhe erreicht, so wird die nächst obere Stauschleuse geschlossen, die Wasserzuführung durch die Einlaßschleuse aber fortgesetzt. Ist auch in der zweiten Abteilung der Normalstau erreicht, so wird die nächst höhere Stauschleuse geschlossen, und so fort, bis die ganze Niederung normalmäÙsig unter Wasser steht. Dann erst wird die Einlaßschleuse gesperrt. Auf diese Weise erhält jede Abteilung schlickreiches Wasser unmittelbar aus dem Fluß.

An der Einlaßschleuse ist durch geeignete Bauart — mit Stau Brettern, Schützen oder dergl. — dafür zu sorgen, daß das Wasser nur den obersten Schichten des Flusses entnommen wird. Denn diese Schichten enthalten als Sinkstoff fruchtbaren Schlick, während die tieferen Schichten hauptsächlich Sand und Kies führen.

Nach dem Absetzen des Schlickes wird das Wasser abgelassen. Zu dem Ende wird bei geschlossener Einlaßschleuse die Auslaßschleuse und später nach und nach jede einzelne Stauschleuse gezogen. Dann fließt das geklärte Wasser jeder einzelnen Abteilung durch den Entwässerungsgraben der tieferen nach dem Vorfluter. Auf diese Weise ist es unter Umständen möglich, die Niederung in demselben Winter zwei- bis dreimal mit schlickreichem Wasser zu füllen.<sup>1)</sup>

Das Bewässerungsverfahren ist hauptsächlich geeignet für Wiesen in Flußniederungen, wo es gilt, die schlickreichen Hochwasser des Flusses zu benutzen. Es hat den Vorteil, daß es einfach und billig ist, sowohl in der Anlage, wie in der Unterhaltung. Ferner wird der Schlick fast vollständig gewonnen, die Unebenheiten des Landes werden durch die Auf landung nach und nach beseitigt, die Pflanzen erhalten durch die Stau decke Schutz gegen Frost. Der Boden gefriert nicht, er ist vor Wärme ausstrahlung geschützt und zeigt deshalb im Frühjahr zeitigeres Wachstum. Allerdings werden die Gräser ein wenig verweichlicht, sie werden empfindlicher gegen Spätfröste; auch ist zu beachten, daß das Verfahren sich hauptsächlich bei durchlässigem, weniger bei undurchlässigem Untergrunde empfiehlt. Diese Nachteile können jedoch die Vorzüge des Verfahrens nicht aufwiegen. Es muß aber besonders hervorgehoben werden, daß zum Gelingen der Melioration nicht allein eine gute Entwässerung nötig ist, sondern auch unbedingt Sicherheit dafür vorliegen muß, daß *im Frühjahr alles Wasser von den Wiesen rechtzeitig beseitigt* wird. Denn wenn die

<sup>1)</sup> Vergl. P. Gerhardt, Das Einlassen von Winter-Hochwasser in die rechtsseitige Elb-Niederung zwischen Wittenberge und Dömitz. Mit 5 Tafeln. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1891.

erwärmende Frühjahrs-sonne noch die Stauwasserdecke treffen sollte, so würden die besseren Gräser leiden, die Erträge nachlassen, die Grasnarbe würde ausfaulen: das Verfahren würde dann mehr Schaden als Nutzen bringen. Ist die Beseitigung der Staudecke nicht durch natürliche Vorflut sicher zu erreichen, so muß künstliche Vorflut zur Anwendung kommen. Die künstliche Vorflut ist in solchem Falle fast stets zinsbringend.

### § 102.

**Stauberieselung.** Die Stauberieselung ist die Überstauung von Flächen mit dauerndem Zu- und Abflufs des Wassers. Ihre Anlagen unterscheiden sich von den Anlagen für die gewöhnliche Überstauung nur dadurch, daß zufolge des fließenden Wassers eine geringere Stautiefe an den höchsten Stellen genügt — sie muß mindestens 0,10 m betragen —

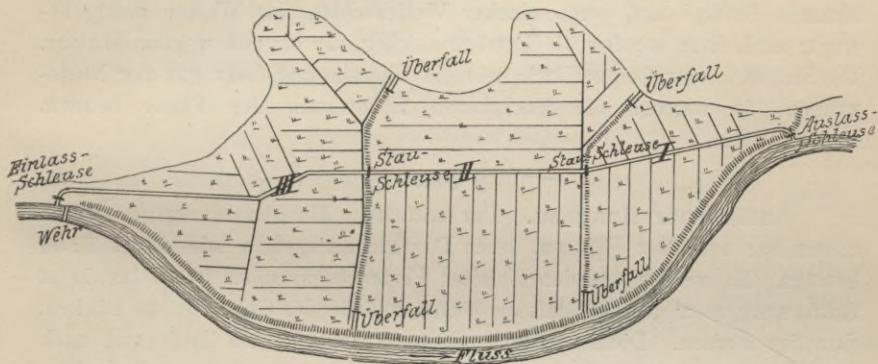


Fig. 439. Stauberieselung.

und daß ferner in den Trennungsdämmen Überfälle oder Überlaufstellen eingerichtet werden müssen, an denen das Wasser von den höheren Abteilungen in die tieferen abfließen kann (Fig. 439).

Die Abteilungen können klein oder groß angelegt werden. Von Hefs wurden sie bis 80 ha groß angelegt; es empfiehlt sich aber, nicht über 10 bis 20 ha zu gehen. Bei größeren Abteilungen sind unter Umständen zur besseren Überführung des fruchtbaren Wassers Leitdämme oder Leitmulden erforderlich. Leitdämme durchschneiden tieferes Gebiet, Leitmulden sind breite Einschnitte in Erhöhungen des Geländes. Beide sind je nach den Umständen geboten, um die Wassermengen gleichmäßig zu verteilen, besonders um tote Ecken und Landstriche mit frischem Wasser zu versorgen.

Der Betrieb der Stauberieselung geschieht derart, daß zunächst alle Stauabteilungen, von unten beginnend, bis zur Normalhöhe jeder einzelnen gefüllt werden. Alsdann wird der Zufluß an der Einlassschleuse nach dem zur Verfügung stehenden Wasser eingestellt, und demnächst der

Abflufs an der Auslafsschleuse so geregelt, dafs die an einem Merkpfafl erkennbare Normalwasserhöhe der unteren Abteilung dauernd erhalten bleibt. Das Wasser durchfliefst die Abteilungen von den Überfällen aus. Die Breiten und Tiefen der Überfälle müssen nach der sekundlich durchfliefsenden Wassermenge bestimmt werden. Dabei ist nach § 92 die Möglichkeit zu wahren, jeder Abteilung auch frisches Wasser zuzuführen. Die Bewässerung im Umlauf ist gleichfalls zulässig.

Der Hauptvorzug des Verfahrens besteht darin, dafs durch die Bewegung des Wassers stets frisches, sauerstoffreiches Wasser mit den Pflanzen und dem Boden in Berührung kommt, daher die Oxydation der Pflanzennährstoffe wirksamer vor sich geht, als bei dem stehenden Wasser der gewöhnlichen Stauwiese. Die Erfolge sind deshalb bei der Stauberieselung gröfser als bei der Überstauung. Bei der Stauwiese treten ähnliche Erfolge auf, wenn starker Wellenschlag das Wasser heftig bewegt; auch dann werden die Erträge reicher, als bei unbewegtem Wasser. Die Stauberieselung eignet sich, wie die Überstauung, sehr gut für Niederungen, in welchen die fruchtbaren Hochwasser der Flüsse benutzt werden sollen.

### § 103.

**Natürlicher Hangbau.** Der natürliche Hangbau (vergl. § 99) ist anwendbar auf allen Flächen, deren Durchschnittsgefälle mindestens 1 : 50 beträgt. Es werden von dem Zuleiter *Verteilungsrinnen* in 40 bis 50 m Entfernung so abgeleitet, dafs die höchsten Teile des Geländes, die Rücken, getroffen werden. Diese Rinne erhalten 20 bis 25 cm Tiefe und nach den Enden abnehmende Breite. Je nach den Umständen können *Zwischenverteiler* eingeschaltet werden (Fig. 440).<sup>1)</sup>

An die Verteilungsrinne schliessen sich mit kleinem Bogen die *Rieselrinnen* an. Diese haben 20 bis 25 m Länge und einen Querschnitt, der von 15 cm Tiefe und 15 bis 20 cm Breite abnimmt bis auf 10 cm Tiefe und 10 bis 15 cm Breite. Über den talwärts belegenen Bord dieser Rinne schlägt das Wasser bei der Berieselung. Diese Kante — die *Überschlagkante* — mufs mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden. Die Rieselrinnen liegen mit sehr schwachem Gefälle von 1 : 500 bis 1 : ∞ in 5 bis 10 m Entfernung. Die Entfernung hängt ab von der Wassermenge, die für die Berieselung zur Verfügung steht, und dem Gefälle der Fläche. Je gröfser die Wassermenge und je stärker das Gefälle der Fläche ist, um so gleichmäfsiger wird sich das Wasser verteilen, um so besser wird es den Aufenthalt überwinden, den starke Grasbüschel oder Unebenheiten bieten, um so gröfser darf daher die Entfernung der Riesel-

<sup>1)</sup> In dieser und den folgenden Abbildungen sind die Bewässerungsrinnen durch ausgezogene, die Entwässerungsrinnen durch gestrichelte Linien angedeutet.

rinnen sein. Die *erste Rieselrinne* muß stets längs des Zuleiters angelegt werden, denn der Zuleiter ist zur Berieselung nicht zu benutzen, weil er

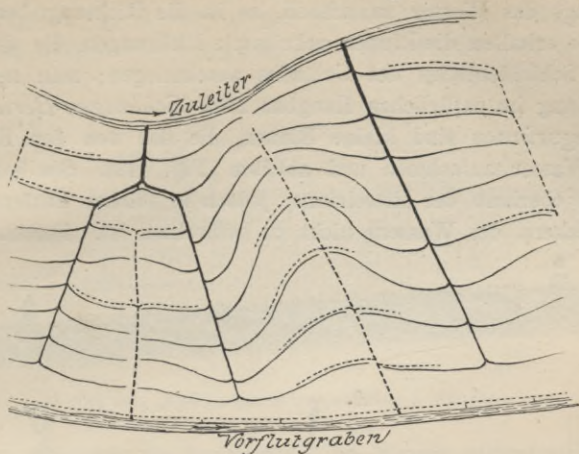


Fig. 440. Natürlicher Hangbau.

nicht zwei Bedingungen, nämlich Wasserführung und Überschlagen gleichzeitig erfüllen kann (s. Fig. 440).

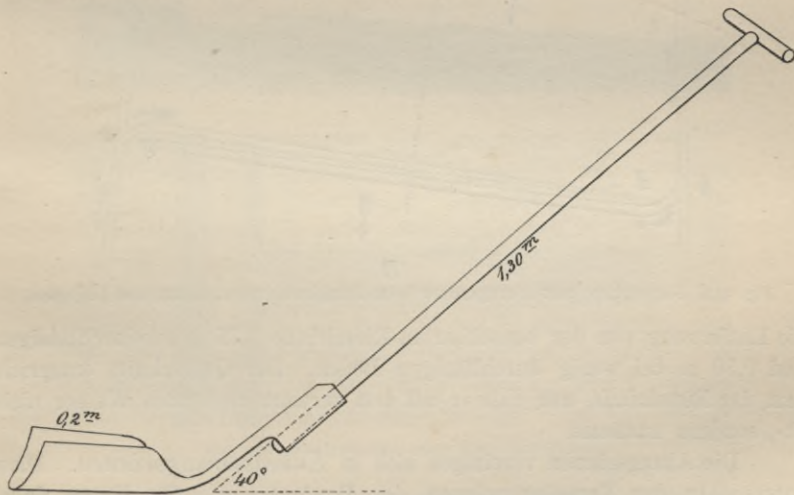


Fig. 441. Rieselrinnenstecher von Zastrow.

Das Ausheben der Rieselrinnen kann ohne Nivellement durch den Zastrow'schen *Rieselrinnenstecher* erfolgen. Es ist dies nach Fig. 441 ein gekrümmter Spaten mit scharfer Schneide, welcher bei der Benutzung vorwärts gedrückt wird. Man folgt hierbei dem Lauf des von der Ver-

teilungsrinne aus eingelassenen Wassers. Fließt es nur langsam in der ausgestochenen Rinne nach, so muß der Spaten mehr talwärts geführt werden; folgt das Wasser zu schnell, so ist die Richtung bergwärts zu nehmen. So erhalten die Rinnen gekrümmte Richtungen, die sich ziemlich genau den Schichtenlinien des Geländes anschmiegen; man nennt daher die Berieselung im natürlichen Hangbau auch *Schlangen-Berieselung*.

*Abzugsrinnen* sind kleine Rinnen, die das von den Hängen abgerieselte Wasser aufnehmen und ableiten (Fig. 442). Sie befinden sich unmittelbar oberhalb der Rieselinne, jedoch in solcher Entfernung, daß ein Durchsickern des Wassers nicht zu befürchten ist. Demnach beträgt

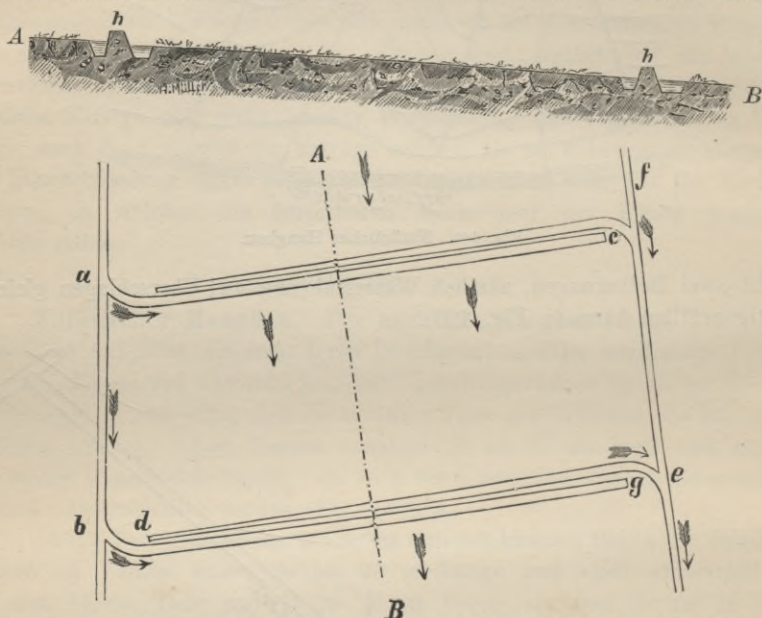


Fig. 442. Rieselinne mit Abzugsrinne beim Hangbau. Querschnitt und Lageplan.

die Entfernung von der benachbarten Rieselinne 0,75 m bei durchlässigem und 0,50 m bei wenig durchlässigem Boden. Der Querschnitt entspricht dem der Rieselinne, nur daß er mit dem vorwärtsfließenden Wasser nicht ab-, sondern zunimmt.

Die Abzugsrinnen vereinigen sich in *Entwässerungsrinnen*. Diese entsprechen den Verteilungsrinnen der Bewässerung. Sie liegen daher gleichgerichtet zwischen den Verteilungsrinnen und füllen in der Regel die Täler des Geländes aus. Der Querschnitt auch dieser Rinnen nimmt stetig zu; sie münden in besondere Zuggräben oder in den Vorfluter selbst.

Die Abzugsrinnen haben den großen Nachteil, einen starken Wasserverbrauch zu veranlassen. Denn während bei fehlenden Abzugsrinnen

das Wasser von neuem den nächsten Hang überrieselt, entführen die Abzugsrinnen das Wasser sofort nach dem Vorflutgraben (vergl. § 88). Demzufolge wird die Anlage solcher Rinnen auf das notwendigste beschränkt, sie werden nur überall da angelegt, wo das örtliche Gefälle so

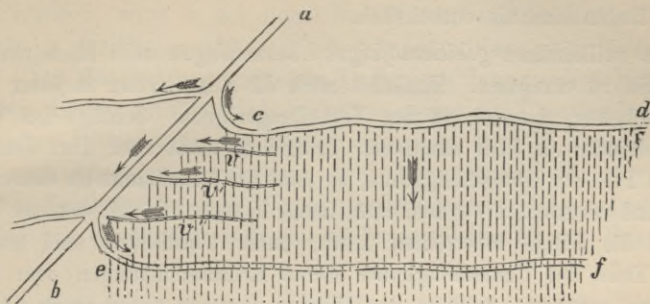


Fig. 443. Schlitzrinnen im natürlichen Hangbau.

schwach ist, daß ohne die Abzugsrinne das Wasser nahezu stehen bleiben, eine Versumpfung sich bilden würde. Die *letzte Abzugsrinne* muß stets am Ufer längs des Vorflutgrabens oder Baches angelegt werden. Ohne diese letzte Rinne würde das Rieselwasser wild die Böschungen abwärts

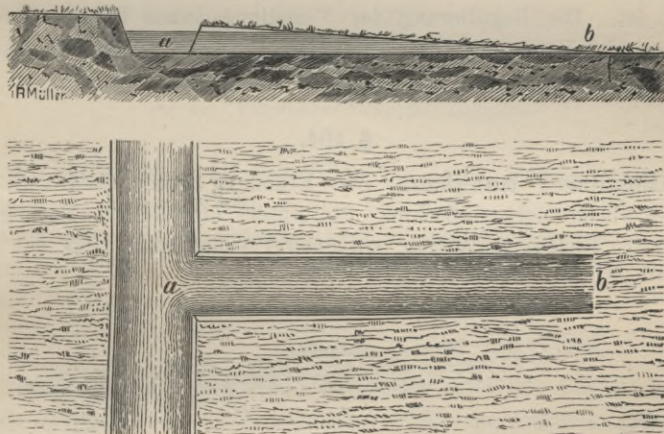


Fig. 444. Entlastungs- oder Einschnittrinne.

laufen und bald Rinnsale und Auswaschungen erzeugen. Die letzte Abzugsrinne dagegen sammelt das Rieselwasser und führt es an bestimmten Stellen dem Vorfluter zu.

*Schlitzrinnen* (Fig. 443) werden bei breiten Hängen und unregelmäßiger, dreieckförmiger Begrenzung zwischen den Rieselnrinnen eingeschaltet, um eine gleichmäßige Verteilung des Rieselwassers zu erzielen.

*Entlastungs-* oder *Einschnittrinnen* werden nach Fig. 444 bei schwerem Boden rechtwinklig gegen die Rieselrinne zu deren Entwässerung angelegt. Sie befinden sich in der Regel nahe dem Ende der Rieselrinne. Während des Riesels werden sie durch ein Rasenstück verschlossen. Bei leichtem Boden sind sie entbehrlich.

Ein vollkommen *gleichmäßiges Überschlagen* aller Rieselrinnen ist nicht leicht zu erreichen. Zunächst muß die Regulierung in jeder Rieselrinne geschehen, darnach in den Verteilungsrinnen. Schlägt das Wasser der Rieselrinne nur über den höher belegenen, nicht aber über den tiefer liegenden Teil der Überschlagkante, so muß die Rieselrinne im oberen Lauf vertieft und vergrößert werden, damit mehr Wasser und mit weniger Widerstand in die Rinne einströmen kann; unter Umständen sind auch die unteren Teile der Überschlagkante durch Erdanschüttungen oder Rasenauftrag zu erhöhen. Schlägt das Wasser dagegen unten stark über und oben nicht, so sind entweder die oberen Kanten zu hoch und müssen durch Abstechen erniedrigt werden, oder es muß der Querschnitt der Rieselrinne im oberen Teile verkleinert werden. Dies geschieht durch Einlegen von Steinen oder Rasenstücken. Diese wirken wie Wehre und heben den Wasserspiegel. Sie sind so zahlreich einzubringen, so lange einander zu nähern, bis ein vollkommen gleichmäßiges Überschlagen erreicht ist. Die Regulierung der Verteilungsrinnen erfolgt durch Erweiterung oder Verengung des Querschnitts, Einstellen kleiner Staubrettchen oder Einlegen von Steinen auf die Sohle des Grabens u. dergl. m.

### § 104.

**Künstlicher Hangbau.** Zur Erzielung guter Gefällverhältnisse wird die Fläche nach Abdeckung des Rasens umgeformt. Es liegt dann ein Teil des Hanges im Abtrag, ein anderer im Auftrag. Für den Abtrag

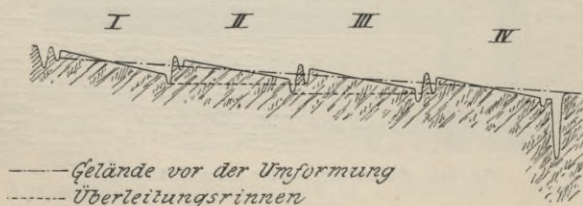


Fig. 445. Künstlicher Hangbau. Querschnitt.

genügt ein Gefälle von 1:50, der Auftrag muß aber 1:20 bis 1:25 erhalten, weil bei schwächerem Gefälle wegen der Lockerheit des Bodens eine zu starke Versickerung des Rieselwassers eintreten würde. Bei dem Abtrag muß stets vermieden werden, nährstoffarmen Boden aufzudecken.

Das erforderliche Gefälle kann gewöhnlich nur dadurch gewonnen werden, daß die Hänge sägeschnittartig einander folgen (Fig. 445). Daraus folgt, daß jeder Hang eine Abzugsrinne erhält, und daß der künstliche Hangbau viel Bewässerungswasser erfordert. Um den Wasserverbrauch einzuschränken, wird in der Regel das Wasser wiederholt benutzt. Dies geschieht in der Weise, daß das von dem ersten Hang abgerieselte Wasser durch einen Zuleiter von geringem Gefälle an dem zweiten Hang vorbei nach dem dritten geführt wird, wo es von neuem zur Überrieselung kommt. In gleicher Weise wird das Wasser von dem zweiten Hang am dritten vorbei nach dem vierten geleitet u. s. f. (Fig. 445 und 446).

Die Zuleitung frischen Wassers auf die tieferen Hänge (vergl. § 92) wird dadurch ermöglicht, daß man die Nebenzuleiter bis zum Hauptzuleiter

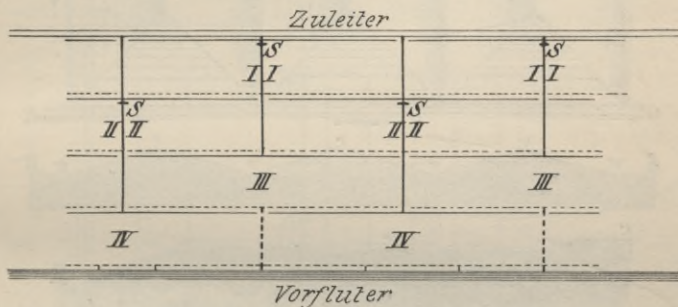


Fig. 446. Künstlicher Hangbau. Lageplan.

verlängert (vergl. Hang III und IV in Fig 446). Durch Benutzung von Schleusen — an den Stellen *S* der Fig. 446 — kann die Zuführung frischen Wassers auf die unteren Hänge III und IV jederzeit wieder aufgehoben, die Bewässerung mit abgerieseltem Wasser wieder eingeführt werden.

## § 105.

**Künstlicher Rückenbau.** Rückenbau (s. § 99) kommt dann zur Anwendung, wenn das durchschnittliche Gefälle des Geländes geringer ist als 1:50. Das Überschlagen findet nach beiden Seiten der Rieselrinne statt; diese liegt daher gleichsam auf der Firstlinie eines Daches (Fig. 447). Das Gefälle der Rieselrinne beträgt 1:500 bis fast 1:∞. Es liegt daher der untere Teil des Rückenberges im Auftrag, der obere Teil des Rückentales im Abtrag. Beim Abtrag ist das Aufdecken unfruchtbareren Untergrundes zu vermeiden. Je stärker das Gefälle der Fläche ist, um so größer wird die Erdbewegung, um so kürzer müssen die Rücken werden. Im allgemeinen beträgt deren Länge 12 bis 50 m.



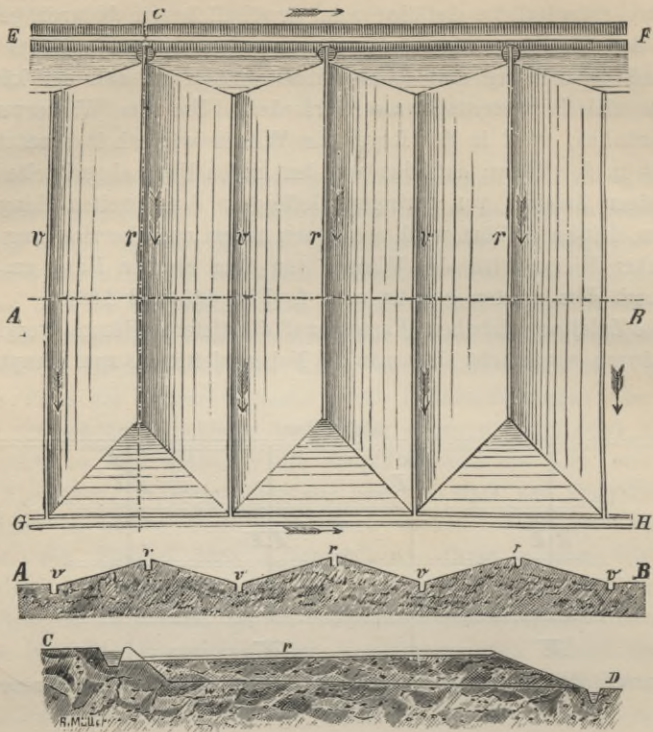


Fig. 447. Rückenbau. Grundrifs, Querschnitt und Längsschnitt.

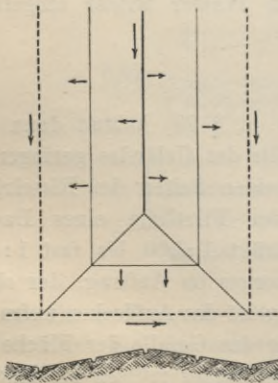


Fig. 448.

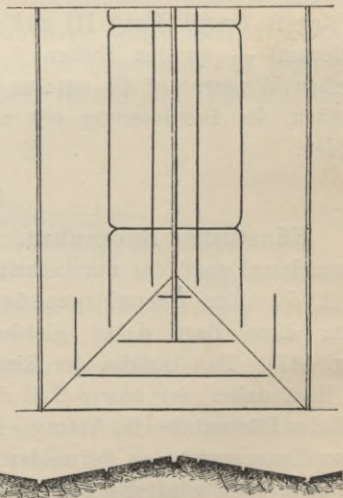


Fig. 449.

Breite Rücken mit Rieserinnen.

Das *Quergefälle* der Rückentafel beträgt durchschnittlich 1 : 20, nämlich 1 : 16 bei schwerem und 1 : 25 bei leichtem Boden. Die Breite der Rücken — das Maß von Berg zu Berg — beträgt 6 bis höchstens 30 m. Die großen Breiten sind aber nur dann zulässig, wenn auf dem Rücken Rieselrinnen gleichlaufend mit dem First angelegt werden. Schmale Rücken, d. s. solche von 6, 8 bis 12 m Breite, werden nach einem Vielfachen der Schwadenbreite bemessen; breite Rücken haben 16 bis 24, höchstens 30 m Ausdehnung.

In jedem Wellental liegt eine Abzugsrinne. Man gibt ihr ein stärkeres Gefälle als der Rieselrinne, nämlich 1 : 100 bis 1 : 200, damit Versumpfungen des Wellentales um so wirksamer vermieden werden. Hieraus folgt, daß

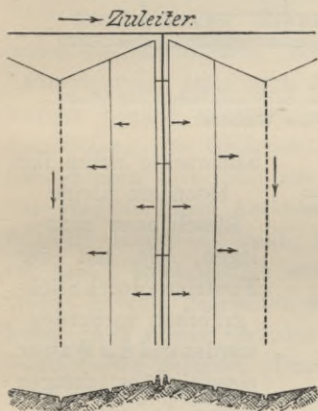


Fig. 450. Breite Rücken mit Rieselrinnen.

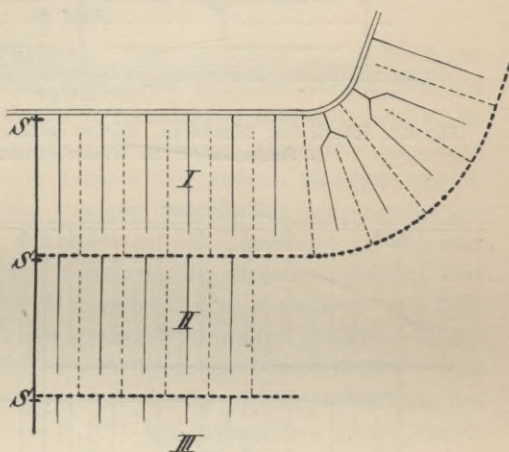


Fig. 451. Künstlicher Rückenbau.  
Rücken im Gefälle der Wiese.

die Rückentafeln nicht ebene, sondern windschiefe Flächen bilden, und daß das Wasser nicht rechtwinklig, sondern schräg die Rückenfläche abwärts fließt.

Um bei *breiten Rücken* ein gleichmäßiges Überrieseln zu erzielen, werden sie mit Fang- oder besonderen Rieselrinnen ausgestattet. Die *Fangrinnen* werden nach Fig. 448 ohne Zusammenhang mit der Rieselrinne auf dem Rücken angelegt. Sie fangen das über den Rücken ungleichmäßig ablaufende Rieselwasser, fassen es zusammen und lassen es von neuem gleichmäßig überschlagen. Bei reichlichem Speisewasser kann auch nach Fig. 449 die Fangrinne durch besondere kleine Zuführungsrinnen vom Rücken aus mit frischem Wasser gespeist und dadurch als Rieselrinne ausgebildet werden. Sind breite Rücken sehr lang, so ist mit der Zunahme der Wassermenge und der Länge der Rieselrinne die Gleich-

mäßigkeit des Überschlagens erschwert worden. Es empfiehlt sich dann nach Fig. 450 die Firstrinne nur als Verteilungsrinne auszubilden und

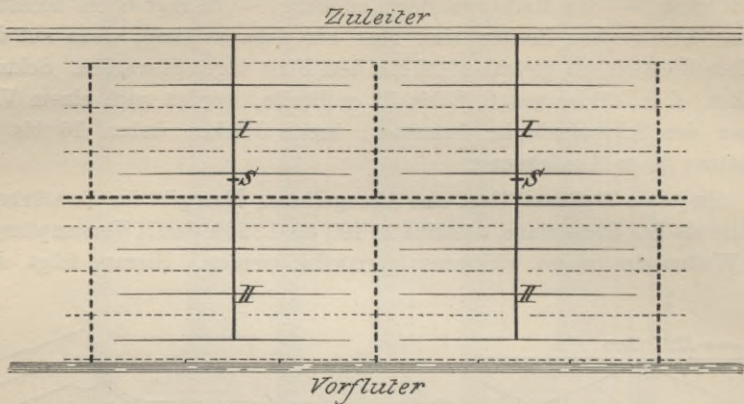


Fig. 452. Künstlicher Rückenbau. Rücken entlang den Schichtenlinien der Wiese. S Schleusen für die Wiederbenutzung des Wassers.

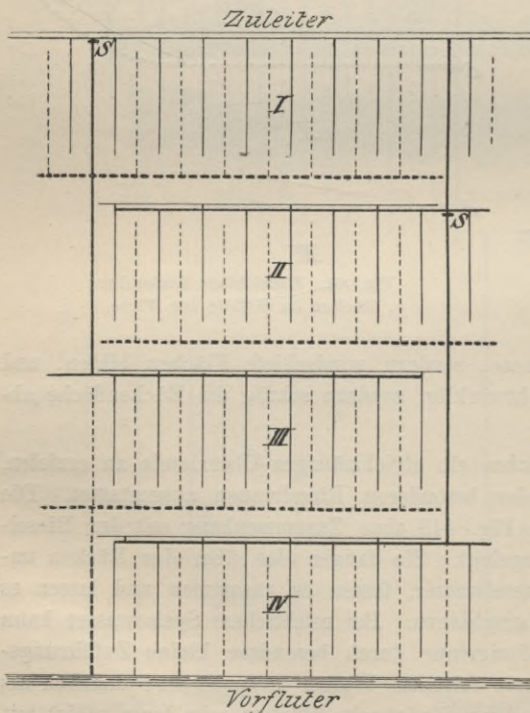


Fig. 453. Künstlicher Rückenbau. Rücken im Gefälle der Wiese mit Hängen als Heufahrten.

beiderseitig neben ihr besondere kleine

Rieselrinnen anzulegen, die mit der Firstrinne durch Stichgräbchen verbunden werden und das Wasser einseitig überschlagen lassen. Außerdem sind in der Mitte des Rückens Fanggräben erforderlich.

Die Richtung der Rücken kann entweder dem Gefälle der Wiese entsprechen (Fig. 451) oder senkrecht dazu, demnach entlang den Schichtenlinien des Geländes verlaufen (Fig. 452). In beiden Fällen wird das abgerieselte Wasser aus den Abzugsrinnen in Entwässerungsrinnen ge-

sammelt und fließt von diesen in die Rieselrinnen der nächsten Abteilung. Ist das Gefälle des Geländes sehr schwach, so empfiehlt sich die Anlage nach Fig. 453. Hier fließt das abgerieselte Wasser der ersten Abteilung an der zweiten vorbei und wird erst benutzt zur Berieselung der dritten Abteilung. In ähnlicher Weise wird das Wasser von II auf Abteilung IV gebracht. Durch Anlage von Hängen zwischen je zwei Abteilungen ist für eine bequeme Henaufuhr gesorgt. Der Bedingung, den Abteilungen III und IV, welche sonst nur abgerieseltes Wasser erhalten, auch frisches Wasser zuzuführen, wird durch die Verlängerung der Nebenzuleiter bis zum Hauptzuleiter genügt. Durch Einstellen der Schützen in den Schleusen bei *S* wird die Bewässerung mit abgerieseltem Wasser wiederhergestellt.

### § 106.

**Stafflrücken (Etagenrücken).** Eine besondere Art von Rücken bilden die Stafflrücken. Bei ihnen werden die einzelnen Rücken nach der Längsrichtung, nicht nach der Breite in Abteilungen zusammengefaßt. Es werden Rücken angelegt, meist in der vollen zur Verfügung stehenden Ausdehnung des Geländes, oft in Längen von einigen Hundert Metern. Sie bestehen aber nicht aus einem einzigen, sondern aus mehreren Rücken mit staffelförmigen Absätzen. Derartige in der Längsrichtung einander folgende lange und breite Rücken erleichtern das Ernten ungemein, weil auf beiden Rückentafeln mit der Mähmaschine, dem Heuwender und Heurechen beliebig gearbeitet, auch mit großen Erntewagen gefahren werden kann. Aus diesen Gründen sind die Stafflrücken besonders für große Wirtschaften geeignet. Dazu kommt, daß sie die wichtigste Bauform des natürlichen Rückenbaues bilden (s. § 107) und daher ohne große Kosten und Umformungen des Geländes hergestellt werden können.

Die Zahl der Einzelrücken und die Anordnung der Absätze ist abhängig von der Neigung des Geländes. Bei flachem Gelände sind die Rücken sehr lang, die Stufen sehr weit voneinander entfernt. Je steiler das Gelände ist, um so kürzer werden die Rücken, um so mehr nähern sich die Stufen. Ihre Entfernung wird allein bestimmt durch Umfang und Kostspieligkeit der Erdarbeiten. Sobald diese zu teuer werden, sobald der Abtrag zu tief, der Auftrag zu hoch werden würde, wird die Länge des Rückens begrenzt und ein neuer Rücken begonnen. Hieraus ergibt sich, daß mit der wechselnden Neigung des Geländes auch die Länge der einzelnen Rücken wechselt. Sowohl die in der Längs- wie in der Quer- richtung benachbarten Rücken können verschieden lang sein.

Bei den breiten Stafflrücken trägt der Rücken auf der First eine flache schalenförmige Verteilungsrinne, gerade wie die breiten künstlichen Rücken nach Fig. 450. Neben der Verteilungsrinne werden auf beiden Seiten Rieselrinnen angelegt, die gute Überschlagenten erhalten. Das

Quergefälle der Rücken kann bis 3 ‰ ermäßigt werden. Die Querschnitte der Gräben müssen in ihrem Lauf nach der Wasserführung zu- oder abnehmen; sie nehmen in der Verteilungsrinne ab, in der Entwässerungsrinne zu. Hier pflegt man bei gleichmäßiger Tiefe nur die Breite wachsen zu lassen.

Die Bewässerung erfolgt mit oder ohne wiederholte Benutzung des Wassers. Bilden die Verteilungsgräben zusammenhängende Linien, die sich

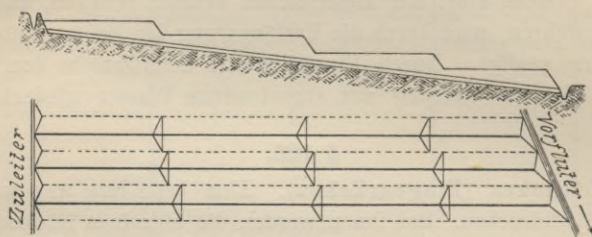


Fig. 454. Stafflrücken ohne Abwasser-Benutzung.

von Rücken zu Rücken über die Staffel fortsetzen (Fig. 454), und zeigen auch die Entwässerungsrinnen ähnliche Linien, die mit fast gleichmäßigem Gefälle in das Gelände einschneiden, so wird das Wasser ohne wiederholte Benutzung die Stafflrücken durchlaufen. Der Wasserverbrauch ist dann sehr groß.

Will man aber bei dieser Rückenform den Wasserverbrauch einschränken, so bringt man in den Entwässerungsrinnen oberhalb der Staffel-

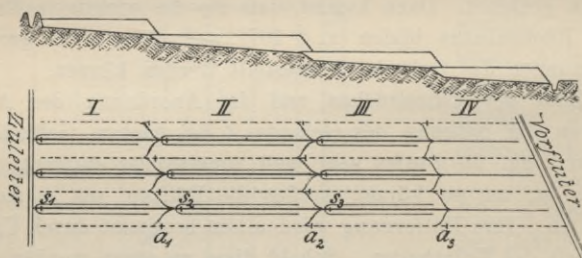


Fig. 455. Stafflrücken mit Flügelgräben.

absätze kleine Stauvorrichtungen an, Steine oder Brettstückchen ( $a_1 a_2 a_3$  in Fig. 455), schneidet oberhalb dieser Staue fast wagrechte Rinnen, die also nur geringes Gefälle in der Sohle erhalten, auf beiden Seiten in den Rasen ein, und führt mit ihrer Hilfe das abgerieselte Wasser um die Staffel herum in die Verteilungsrinne des unterhalb befindlichen Rückens. Diese Rinnen nennt man *Flügelgräben*. Je nachdem man den Stau zur Geltung kommen läßt, oder ihn beseitigt, wird das abgerieselte Wasser wiederholt benutzt, oder es wird nur frisches Wasser verwendet.

Um den Betrieb mit abgerieseltem Wasser wirtschaftlich einzurichten, empfiehlt es sich, neben den kleinen Staubrettchen  $a_1$ ,  $a_2$  etc. (Fig. 455) in den Abzugsrinnen auch kleine Staubrettchen  $s_1$ ,  $s_2$  etc. in den Verteilungsrinnen vorzusehen. Wird nun beabsichtigt, das von den ersten Staffeln abgerieselte Wasser wiederholt, auf den zweiten und weiter auf den dritten Staffeln zu benutzen, so sind nicht allein die Stauvorrichtungen  $a_1$  und  $a_2$  der Abzugsrinnen, sondern auch die Staubretter  $s_2$  und  $s_3$  der Verteilungsrinnen einzustellen. Soll frisches Wasser nicht auf die ersten, sondern auf die zweiten Staffeln geleitet werden, so müssen die Staubretter  $s_1$  der ersten Verteilungsrinnen gezogen werden. Dann fließt das Wasser bis zu den zweiten Staffeln und kann hier durch Einstellen der Staubretter  $s_2$  zum Rieseln gebracht werden. Die dritten Staffeln würden in gleicher Weise frisches Wasser durch Ziehen der Staubretter  $s_1$  und  $s_2$  erhalten.

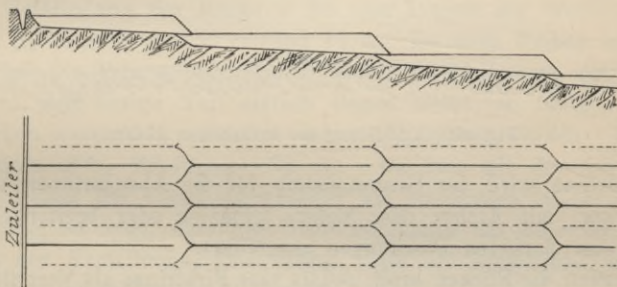


Fig. 456. Staffelrücken mit Abwasser-Berieselung.

Hat man von vornherein die Absicht, nur abgerieseltes Wasser zu benutzen — was bei geringem Wasservorrat geboten ist —, so sind die Staffelrücken nach Fig. 456 anzulegen, d. h. die Flügelgräben bilden die Regel, die Verteilungsrinnen werden nicht über die Staffelabsätze fortgeführt, sondern nur bis an das Ende jedes Rückens; sie können als Rieselrinnen mit zwei Überschlagkanten ausgebildet werden. Der Einwand der Gefällverschwendung, der gegen diese Anordnung erhoben worden ist, ist hinfällig. Man denke sich die Firstrinnen der zweiten Staffel in Fig. 451, statt aus gemeinsamer Entwässerungsrinne, aus je zwei Abzugsrinnen der ersten Staffel gespeist, und man erhält die Staffelrücken nach Fig. 456.

### § 107.

**Natürlicher Rückenbau.** In der Natur ist die Rückenform selten vorhanden; unter natürlichem Rückenbau versteht man daher solche Rückenanlagen, die nicht von vornherein fertig hergestellt werden, sondern die mit der Zeit durch besondere Pflege sich erst ausbilden.

Es geschieht dies nach Fig. 457 dadurch, daß an denjenigen Stellen, wo die Abzugsrinnen liegen sollen, der Rasen auf durchschnittlich 1,5 m Breite gestochen, und ein Graben von durchschnittlich 0,3 m Sohlenbreite und 0,3 m Tiefe mit zweifachen Böschungen ausgehoben wird. Der Rasen wird zum Aufbau der Rieselinne gebraucht, der Boden daneben zur ersten Anlage der Rückenfläche verwendet. Je nach dem Bodenbedürfnis für den Aufbau



Fig. 457. Ausbildung der natürlichen Rücken.

der Rieselinne wird der Grabenaushub für die Abzugsrinnen schwächer oder stärker, mit flacher oder tiefer, schmaler oder breiter Sohle und steileren oder flacheren Böschungen ausgeführt.

Werden die Rücken breit, sodafs eine Firstrinne als Verteilungsrinne und zu beiden Seiten besondere Rieselrinnen angelegt werden, so ist nach Dünkelberg<sup>1)</sup> der natürliche Rücken der Fig. 458 entsprechend anzu-

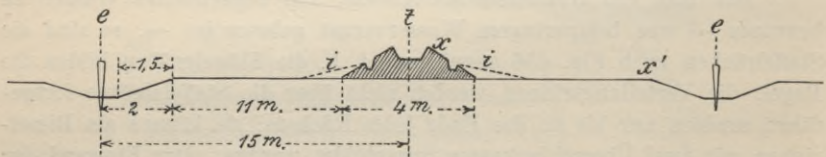


Fig. 458. Ausbildung eines natürlichen Rückens mit Verteilungsrinnen.

legen. Es ist hier ein 30 m breiter Staffelfücken in Aussicht genommen, für welchen die Mittellinien der Gräben *ete* durch Pfähle abgesteckt sind. Werden die Sohlen der beiden Entwässerungsgräben je 1 m breit gewählt und diese bei *ee* 0,5 m unter der Oberfläche angelegt, so erhält jeder Entwässerungsgraben bei dreifacher Böschung einen Querschnitt von  $\frac{4+1}{2} \cdot 0,5 = 1,25$  qm.

<sup>1)</sup> F. W. Dünkelberg, Enzyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik. Braunschweig 1883, II. Band, S. 359.

Da nur die Hälfte der aus beiden Entwässerungsrinnen gewonnenen Erde zur Herstellung der Rückenfirst verwendet werden kann und die andere Hälfte den beiden benachbarten Rücken rechts und links zufällt, so kann ein ebensogroßes oder vielmehr ein um die bleibende Auflockerung vermehrtes Erdvolumen von etwa 1,4 qm in der Mitte aufgetragen werden. Die dann noch beim Ausheben des Verteilungsgrabens und der beiden Rieselrinnen gewonnene Erde dient zum Ausgleich der Winkel nach den punktierten Linien *ii*.

In dieser Weise können von *i* bis *i* etwa 6 m der ganzen Rückenbreite erhöht und leicht bedeckt werden. 2 m fallen rechts und links in Sohle und Böschung jeder Abteilung, es bleiben also rechts und links je 10 m breite Flächen unverändert mit ihrem natürlichen Graswuchs liegen. Wird der Verteilungsgraben 0,75 m und jede Rieselrinne 0,15 m breit, der Damm zwischen Graben und Rinne zu 0,5 m angenommen, so verteilt sich das Gefälle von der Rinne *x* bis zum Beginn der Böschung bei *x'* auf  $15 - (1,025 + 2) = 11,97 = \text{rund } 12 \text{ m}$ . Da kein Umbau stattfindet, nur ein Teil der Wiesen stärker, ein anderer minder stark mit Erde bedeckt wird, der übrige Teil einfach liegen bleibt, so ist das Flächengefälle schon wesentlich verbessert, wenn 3% erzielt werden. Bei 12 m Breite ergibt 3% Erhöhung = 36 cm. Da nun mit der vorhandenen Erde der Damm des Verteilungsgrabens um mindestens 50 cm aufgehöhht werden kann, so folgt, daß die Überschlagkante um  $50 - 36 = 14 \text{ cm}$  tiefer als der Verteilungsgraben liegen, also die Rieselrinne sehr wohl aus der Verteilungsrinne gefüllt werden kann.

Derartige natürliche Rücken können entweder nach Fig. 451 oder als Stafflrücken nach Fig. 454 bis 456 angelegt werden. Diese Bauformen gestatten, die Rückenlinie zu brechen, sobald der Aushub für die Abzugsrinne und der Aufbau für die Rieselrinne zu groß werden würden. Mit der Zeit wird die Rückenform weiter ausgebildet; denn die bei der Berieselung in den Gräben zurückgebliebenen Sinkstoffe werden weggeräumt und auf den Seitenflächen des Rückens verteilt. Das Gras wächst durch den geringen Auftrag hindurch. Durch die alljährliche Wiederholung dieser Arbeit und das Absetzen der im Rieselwasser selbst enthaltenen Sinkstoffe auf der Rückenfläche wird die vollkommene Form nach einigen Jahren gewonnen.

Bei Benutzung der Fig. 451 muß davon abgesehen werden, daß die Sammelrinnen zwischen den Abteilungen parallel dem Zuleiter verlaufen, die einzelnen Rücken untereinander gleich lang werden. Die Lage der Sammelrinne ist vielmehr der Neigung des Geländes anzupassen, sodaß die Erhebung des Rückens über dem Gelände und die Vertiefung des Wellentales an jeder Stelle nahezu gleich groß werden. Der Bau von Stafflrücken nach den Fig. 454 bis 456 gestattet ohne weiteres, die Rücken-



linien zu brechen, sobald der Aushub für die Abzugsrinnen und der Aufbau der Rieselrinnen zu groß werden würden. (Tafel VIII nach S. 414.)

Die Benutzung der Fig. 451 hat den Vorteil, daß, wenn einmal das Wasser aus irgend einer Rinne der höher gelegenen Rücken schlecht überschlägt, oder diese Rinne zu wenig Wasser im Verhältnis zu den benachbarten Rinnen erhalten sollte, die nächst unterhalb befindlichen Rücken nicht darunter leiden. Der Mangel an Wasser wird von den benachbarten Rücken ausgeglichen, die horizontale Sammelrinne zwischen den Abteilungen sorgt für den Ausgleich. Bei Benutzung einer Staffelfückenform nach Fig. 454 oder 455 oder 456 kann ein derartiger Mangel nicht ausgeglichen werden; es muß hier von vornherein für eine durchaus gleichmäßige Zuleitung des Wassers in alle Rieselrinnen Sorge getragen werden.

### § 108.

**Drainierte Wiesen.** Die Wiesendrainage ist nur da anzuwenden, wo eine Drainage wirklich nötig und möglich ist, wo also nasser Boden

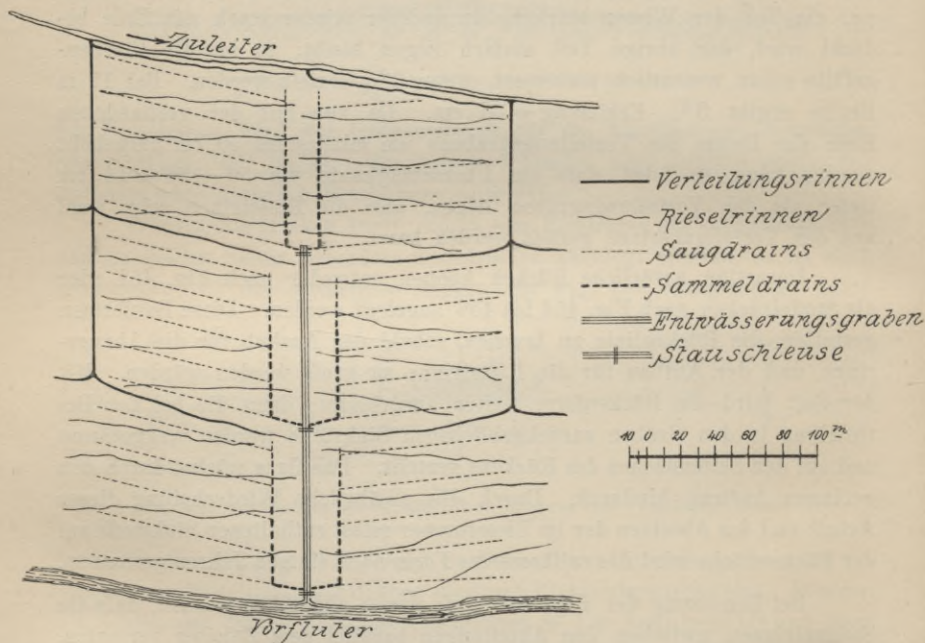


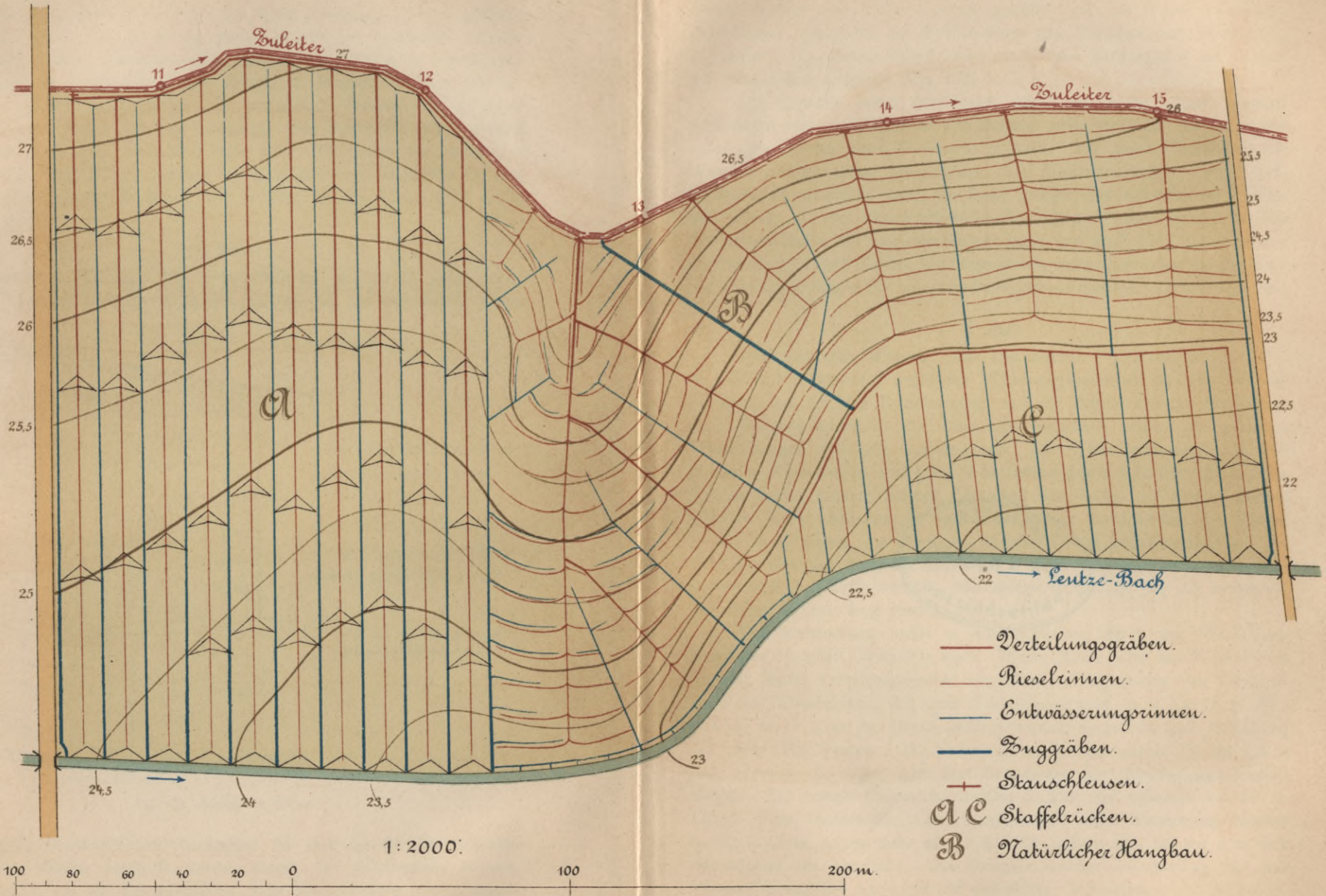
Fig. 459. Drainierte Wiese.

von geringer Durchlässigkeit vorhanden ist und die für die Drainage erforderliche Vorflut beschafft werden kann. Die gewöhnliche Wiesendrainage wird wie die Ackerdrainage, doch mit folgenden Abweichungen



# Wiesen-Melioration

## eines Teiles der Domäne N. N.





ausgeführt: Die Drains werden in geringerer Tiefe, nämlich 0,9 bis 1,1 m tief, verlegt; sie erhalten, da die Wiese meist nur schwache Neigung hat, zur Erzielung des eigenen Gefälles beschränkte Längenausdehnungen. Ferner werden nur kleine Systeme gebildet, um das Wasser in kleinen Abteilungen besser bei der Bewässerung und Entwässerung beherrschen zu können. Zu diesem Zweck wird statt eines Vorflutdrains ein Graben mit Stauwerken angelegt (Fig. 459).

Die Systeme haben gewöhnlich nur 1 ha Gröfse. Jedes einzelne wird durch eine hochbelegene, vom Zuleiter gespeiste Rinne bewässert und unter den Schutz eines Stauwerks gestellt. Zur guten Verteilung des Wassers werden einige Rieselrinnen ohne Zusammenhang mit einer Verteilungsrinne wagrecht über den Hang gelegt. Sie sammeln das Wasser und lassen es von neuem überschlagen. Das Wasser sickert in den drainierten Boden ein und durchtränkt nach und nach die Tafel in ganzer Ausdehnung. Durch Ziehen der Stauschleuse kann demnächst die Drainage zur Wirkung gebracht und eine gute Durchlüftung des Bodens erreicht werden.

### § 109.

**Petersen'sche Wiesen.** Das von Asmus Petersen (1819—1882) in Wittkiel (Schleswig) erfundene Wiesenbauverfahren ist eine Wiesen-drainage, bei der die Entwässerung und die Durchtränkung des Bodens nach Belieben geregelt und besonders gründlich selbst mit geringen Wassermengen vollzogen werden kann. Die Wiese wird nach Fig. 460 in kleine *Abteilungen* von 1 bis 4 ha Gröfse durch 0,10 bis 0,15 m hohe, 0,50 m breite Dämme zerlegt. Je nach der Gröfse der Fläche werden mehrere dieser Abteilungen zum Zwecke der Bewässerung im Umlauf (§ 93) zu *Gruppen* von möglichst gleicher Gröfse zusammengefaßt. Die Zahl der Gruppen wird am besten auf 6 bis 7 bemessen, sodafs das ganze Gebiet in 6 bis 7 Teile zerfällt; jede Gruppe wird einen Tag voll bewässert, demnächst 6 Tage lang entwässert.

Die Bewässerung findet in jeder Abteilung durch eine *Rieselrinne* längs der höchsten Grenzlinie statt. Dieser Rinne wird das Wasser vom Zuleiter durch Verteilungsrinnen zugeführt. *Fangrinnen* oder wagrecht angelegte Rieselrinnen, die ohne Verteilungsrinnen in 8 bis 15 m Entfernung bis 1 m an den Damm geführt werden, sorgen für gute Verteilung des rieselnden Wassers. Die Entwässerung erfolgt durch 0,9 bis 1,2 m tiefe *Drains*, die stets nach dem Grundsatz der Querdrainage verlegt werden. Die Sauger liegen im Gefälle 1:270 und erhalten auf 100 m Länge 4 cm, demnächst 5 cm Durchmesser. Ihre Entfernung beträgt 8—20 m, doch selten mehr als 12 m. Sie nähern sich bis auf 4 m dem Grenzdamm der Abteilung. Die Sammler werden zweckmäfsig für eine Wasserführung von 1,5 Liter auf das Hektar berechnet.

In dem Hauptsammler jeder Abteilung werden sogenannte *Ventile* aufgestellt, um die Wirkung der Drainage nach Belieben regeln zu können.

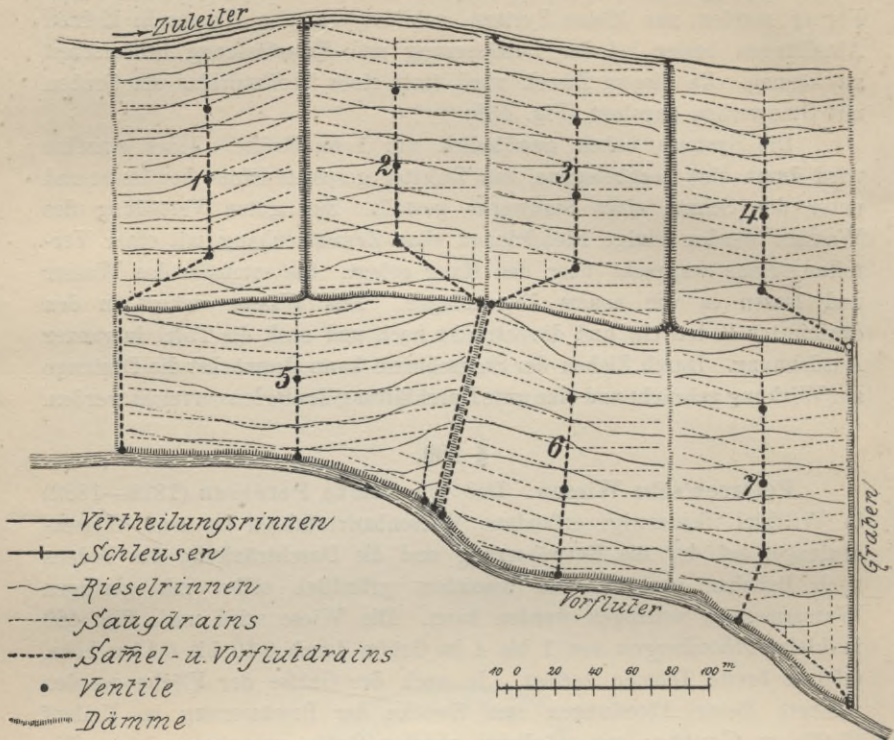


Fig. 460. Petersen'sche Wiese. Lageplan.

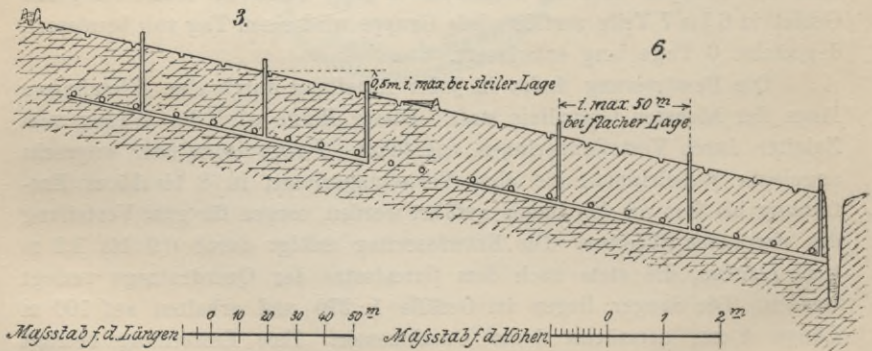


Fig. 461. Petersen'sche Wiese. Querschnitt durch die Abteilungen 3 und 6.

Das letzte Ventil steht am Ende der Abteilung, die übrigen folgen aufwärts in 50 m Entfernung oder bei starker Neigung des Geländes nach

0,5 m lotrechter Steigung. Hat die Drainage einen Vorflutdrain, so wird zu dessen Spülung ein besonderes Ventil am Ende des Vorflutdrains angelegt (vergl. Abteil. 1, 2 und 3 in Fig. 460). Es ist nicht nötig, wie früher geschah, daß die Ventile an den Kreuzungsstellen von Sammlern und Saugern sich befinden oder in oder neben einer Rieselrinne.

Die Bauart der Ventile muß möglichst einfach sein, sie müssen leicht bedient werden können, aus widerstandsfähigem Material bestehen,

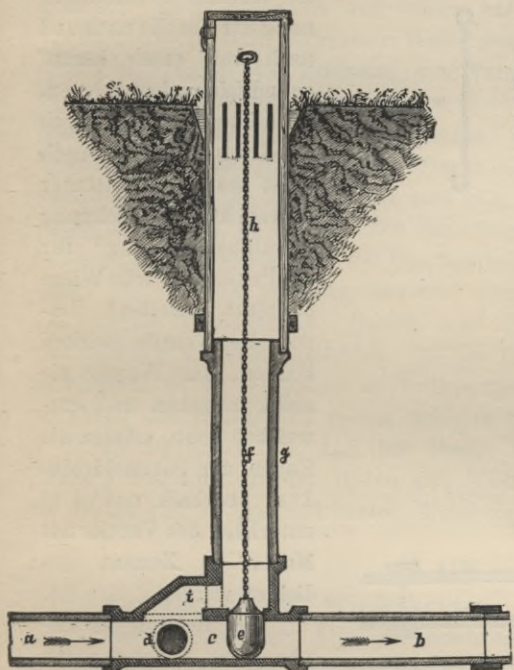


Fig. 462.

Ventil nach v. Raumer. Querschnitt und Ansicht.

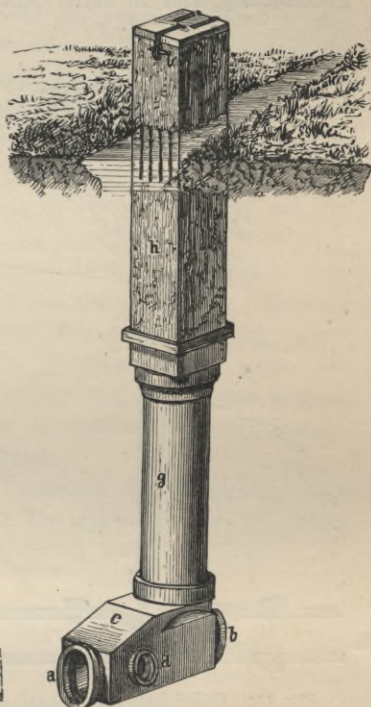


Fig. 463.

einen vollkommenen Verschluss, wenn angängig ohne Gefällverlust bilden und gegen Zerstörung von aussen gut geschützt sein. Der Verschluss erfolgt am besten durch lotrecht bewegliche Tonstöpsel mit geschliffenem tönernen Sitz. Darüber erhebt sich ein Ventilrohr, das im unteren Teil aus Ton, im oberen entweder aus Holz (Fig. 462 und 463) oder aus Eisen besteht (Fig. 464). Als gute Bezugsquelle für Petersen'sche Ventile wird die Tonröhren-Fabrik von Aug. Niemann in Flensburg empfohlen. Dort sind auch die Ventilrohre nach Dr. Schacht erhältlich, die von dem Elmshorner Eisenwerk Joh. Vester in Elmshorn (Holstein) gefertigt werden.

Zur Verbindung des Ventils mit der Oberfläche wurden früher Schlitzte in dem Ventilkasten angebracht (Fig. 462 und 463); dann befand sich eine Rieselinne unmittelbar über dem Ventil, und man erreichte, daß nach Schluß des Ventils das Drainwasser in die Rieselinne aufwärts steigen und den unteren Hang von neuem bewässern konnte. Der Nutzen dieser Einrichtung ist zweifelhaft. Man zieht jetzt vor, auf die Verbindung des Ventils mit der Rieselinne zu verzichten (Fig. 464), die Abteilung vielmehr gleichmäßig und in voller Ausdehnung von oben her zu bewässern, und

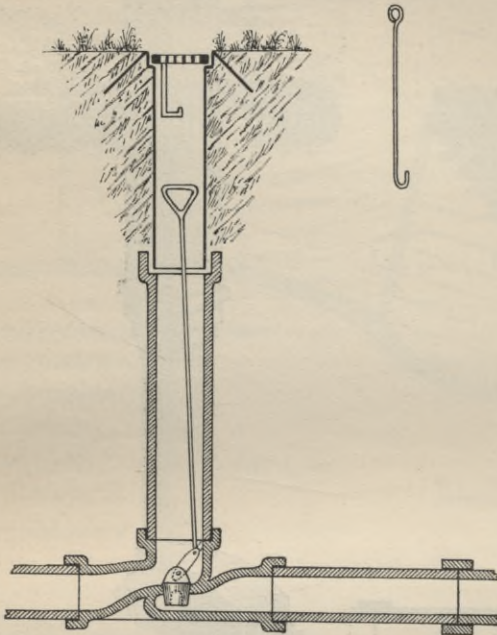


Fig. 464. Gedrücktes Ventil nach v. Raumer mit Ventilrohr nach Dr. Schacht.

sie demnächst durch Öffnung der Ventile nach und nach von unten herauf gründlich trocken zu legen. Eine Bewässerung durch die Drains findet sonach nicht statt, die mitunter gebrauchte Bezeichnung „Drainbewässerung“ für die Petersen'sche Wiese ist nicht zutreffend. Damit die Ventile wirken können, das Wasser sie nicht umgehen und entweichen kann, müssen die Fugen der Sammeldrains 1 m oberhalb und 4 m unterhalb des Ventils mit Muffen in Zement gedichtet werden.

Der Betrieb der Bewässerung findet so statt, daß, nachdem die Ventile in den Abteilungen

der Gruppe 1 (s. S. 416) geschlossen worden sind, alles zur Verfügung stehende Bewässerungswasser auf diese Gruppe geleitet wird. Das Wasser ergießt sich von den oberen breiten Rieselinnen über die Flächen. Es fließt teils oberirdisch ab, teils dringt es in den Boden ein. Das oberirdisch abfließende Wasser wird in den ersten Fangrinnen gesammelt und von neuem zum Überschlagen gebracht. Das in den Boden eingedrungene Wasser durchtränkt ihn nach und nach vollständig bis zur Oberfläche. Die Durchtränkung schreitet in den Abteilungen von oben nach unten fort. Je weiter sie fortschreitet, um so erfolgreicher wird das Überschlagen des Wassers bei den folgenden Fangrinnen. Schlägt das Wasser über die



letzten Fangrinnen und sammelt es sich oberhalb der unteren Dämme, so ist die Durchtränkung des Bodens vollständig erreicht, dann kann das Wasser abgestellt oder zur Bewässerung der Abteilungen der nächstfolgenden Gruppe 2 umgestellt werden.

Hier müssen vorher die Ventile nachgesehen, gereinigt und geschlossen, die Bewässerungsrinnen gesäubert worden sein. Die Bewässerung vollzieht sich genau in der gleichen Weise wie vorher bei den Abteilungen der Gruppe 1.

In der Gruppe 1 werden aber nunmehr die Ventile geöffnet. Dies geschieht nach und nach von unten nach oben. Dadurch werden die Vorflutdrains in sehr wirksamer Weise gespült. Das Absetzen von Sinkstoffen und damit das Eintreten von Verstopfungen wird verhütet. Der Wasserstand senkt sich, von unten nach oben fortschreitend, langsam felderweise bis auf die Tiefe der Drains. *Feld* nennt man die von einem Ventil beherrschte Wiesenfläche. Durch den Schluß der Ventile und die Zementdichtung der Sammler hat man es in der Gewalt, die Felder beliebig lange unter Stau zu halten. Die Entwässerung des Bodens vollzieht sich langsam, viel langsamer als die Bewässerung und Durchtränkung. Es muß daher für die Entwässerung eine viel längere Zeit zur Verfügung stehen als für die Bewässerung. Darum wird die Bewässerung im sechs- bis siebenfachen Umlaufe empfohlen. Ist die Bewässerung der letzten Gruppe geschehen, so ist Gruppe 1 so vollkommen durchlüftet, daß die Durchtränkung des Bodens von neuem erfolgen kann.

Es ist ersichtlich, daß bei diesem Verfahren die Einwirkung von Wasser und Luft auf den Boden und damit die Oxydation der Nährstoffe im Boden sich in ausgezeichneter Weise vollziehen muß.

## § 110.

**Ausführung der Wiesenbauten.** Bei allen Wiesenbauten sind nach den erforderlichen Absteckungsarbeiten zunächst zur Trockenlegung des Geländes die Haupt- und Nebentwässerungsgräben, Zuggräben u. dergl. auszuführen, ferner diejenigen Arbeiten, die eine besondere Gründung oder ein tiefes Aufgraben des Bodens erfordern, wie Stauschleusen, Brücken, Durchlässe, Drains, Petersen'sche Ventile u. dergl. Gleichzeitig ist für die Anlage des Zuleiters und der darin erforderlichen Bauwerke zu sorgen. Demnächst folgen die eigentlichen Wiesenarbeiten: bei natürlichen Bauten die Anlagen der Entwässerungs- und Bewässerungsrinnen, bei Kunstbauten vorher die Umformung des Geländes. Zu diesem Zweck ist der brauchbare Rasen abzudecken, die Erdarbeit auszuführen und der Rasen wieder aufzubringen.

Die *Abdeckung des Rasens* geschieht in Plaggen, Stücken oder in Rollen. Plaggen sind unregelmäßige, schmale Stücke von geringer Dicke die mit der Plaggenhaue, einem hackeähnlichen Gerät, gelöst werden. Da

das Zusammenlegen solcher Stücke im Verbands zu einer gleichmäßigen Rasendecke kaum möglich ist, auch beim Hauen viel Rasen verloren geht, so kann diese Art der Abdeckung nicht empfohlen werden. Viel besser ist das Abstechen des Rasens in quadratischen oder rechteckigen Stücken. Diese erhalten 0,30 bis 0,35 m Gröfse und bei uns in Deutschland gewöhnlich 8 bis 10 cm Dicke. Es ist aber sehr fraglich, ob diese Dicke zweckmäfsig ist. Ein Abstechen in dünneren Schichten mufs vielmehr empfohlen werden. In Holland z. B. werden die Rasen für die Deichbauten nur 4 bis 5 cm dick gestochen. Bei diesen dünnen Stücken werden mehr Wurzeln durchschnitten als bei dicken Stücken. Das Anwachsen des neuen Rasens vollzieht sich rascher und vollständiger, auch das Entnahmefeld — das übrigens um  $\frac{1}{5}$  gröfser sein mufs als die zu berasende Fläche — wird rascher begrünt.



Fig. 465. Rollen des Rasens.

Das Schneiden geschieht gewöhnlich durch ein von einem Arbeiter am langen Stiel geführtes und von einem zweiten am Seil gezogenes Messer, das Schälen durch einen breiten Spaten, der wiederum von einem Arbeiter geführt und von einem oder zwei anderen am Seil gezogen wird. Besondere Rasenschneidemaschinen mit pflug- oder scheibenartigen Messern kommen nur bei großen Anlagen zur Anwendung. Das Rollen erfolgt in 0,25 m breiten Streifen von großer Länge. Es eignet sich nur für dichten Rasen und da, wo nach Umgestaltung der Fläche der Rasen an derselben Stelle wieder aufgebracht werden soll (Fig. 465).

Die *Erdarbeiten* werden meist durch Arbeiter mit Spaten und Schubkarre ausgeführt, nur bei umfangreichen Arbeiten wird das *Muldbrett* oder die *Pferdeschaufel* benutzt (Fig. 466). Dies Gerät wird durch ein Pferd gezogen und entnimmt den Boden in dünnen Schichten der Oberfläche, ist auch zum selbsttätigen Kippen und Entleeren eingerichtet (Doty'sches Muldbrett oder selbsttätige Erdschaufel, erhältlich durch L. W. Gehhaar in Nakel a. d. Netze).

Das *Aufbringen des Rasens* erfolgt durch Abrollen oder durch Zusammenlegen der Plaggen oder Stücke. Die Stücke werden in regel-

mäßigen, geraden Schichten und möglichst im Verbande dicht verlegt. Die Fugen werden gut mit Rasenstückchen verzwickelt und mit Mutterboden

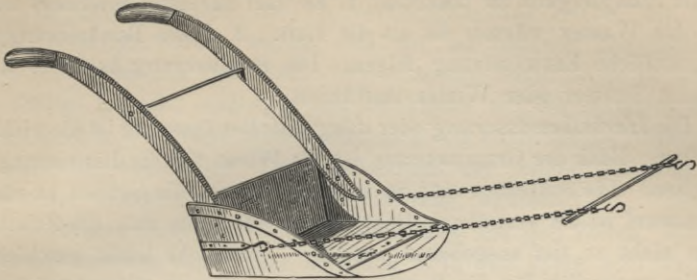


Fig. 466. Pferdeschaufel.

ausgefüllt. Demnächst wird die Oberfläche mit der Rasenklatsche, einem viereckigen Brett am gebogenen Stiel (Fig. 467), festgeschlagen. Von besonderem Nutzen ist es schliesslich, eine Decke von Krümelerde — Garten- oder Muttererde — aufzubringen. Sie dient nicht allein zur Ausfüllung der Fugen und losen Stellen, sondern auch zum Schutz gegen große

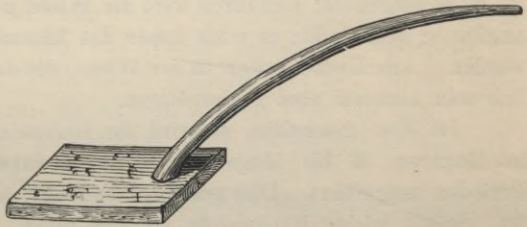


Fig. 467. Rasenklatsche.

Sommerhitze. In Ermangelung von Muttererde kann auch anderer Boden, selbst Sand gute Dienste tun; das Anwachsen des Rasens wird dadurch gefördert.

Das *Siegener Wiesenbeil* (Fig. 468) ist ein Gerät, das nur im Siegenschen gebräuchlich ist. Es wird zum Schneiden der Rasenstücke, zum Abschälen von Rasenstreifen, zum Aushauen der Rieselrinnen nach Schnurschlag, zur Herstellung der Rieselborde, zum Ausrotten von Hecken und Sträuchern, zum Ebnen von Maulwurfshügeln und vielen anderen bei der Ausführung wie bei der Unter-

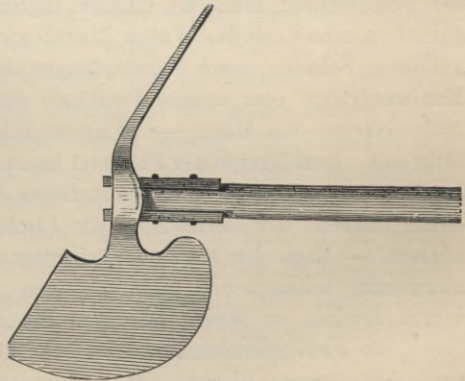


Fig. 468. Das Siegener Wiesenbeil.

haltung von Wiesenbauten vorkommenden Arbeiten gebraucht. Die geübten Siegener Wiesenbauer verstehen es mit großem Geschick zu benutzen.

## § 111.

**Betrieb der Bewässerung.** Für den Betrieb der Bewässerung sind als *Hauptregeln* zu beachten: 1. Es darf nur dann bewässert werden, wenn das Wasser wärmer ist als die Luft. 2. Jeder Bewässerung muß eine gründliche Entwässerung folgen. Die Bewässerung kann im Herbst, Frühjahr, Sommer oder Winter stattfinden.

Die *Herbstbewässerung* oder *düngende* Bewässerung ist die wichtigste von allen. Nach der Grummeternte ist die Wiese für die Berieselung vorzubereiten. Die Schleusen sind in stand zu setzen, die Gräben zu räumen, der Auswurf ist zu verteilen. Dabei ist zu beachten, daß die Zuleitungsgräben nicht zu tief ausgehoben werden — was sehr leicht geschieht —, weil dies nachteilig für die Bewässerung ist. Ein zu tiefes Ausheben der Abzugsgräben ist weniger schädlich. Die Überschlagkanten sind sorgfältig zu begleichen und müssen unter Umständen nach der Schnur gleichmäßig behauen werden. Gewöhnlich werden die Rieselkanten durch die Arbeiter zu stark aufgehöhlt; hierdurch wird die Wiese uneben und die Bewässerung ungünstig beeinflusst; es muß daher das übermäßige Aufhohen vermieden werden. Alle Unebenheiten in der Wiese, die der Wasserbewegung hinderlich sein könnten, sind zu beseitigen.

Ist dies geschehen, so wird die Berieselung im Umlauf anfänglich in längeren, 3 bis längstens 10 Tage dauernden, dann in kürzeren Perioden ausgeführt. Dies geschieht so lange, als das Wasser warm genug ist. Selbst leichte Nachtfröste schaden nicht, sobald nur das Wasser in genügend starker Schicht überrieselt. Je geringer das Gefälle, je schwerer der Boden ist, um so vorsichtiger muß bewässert, um so öfter muß umgestellt, um so wirksamer für Trockenlegung gesorgt werden. Während der Bewässerung muß die Anlage täglich beaufsichtigt werden. Es ist darauf zu achten, ob das Wasser überall gleichmäßig übertritt, und ob keine größeren Schäden durch Verstopfungen der Gräben und Bauwerke, durch Maulwurfgänge oder andere Umstände entstehen. Auf größeren Flächen muß dauernd ein Mann — *Wiesenwärter* — während der Berieselung tätig sein. Zum Nutzen der Fischerei ist zu empfehlen, an den Abzweigungen der Zuleitungsgräben von den natürlichen Wasserläufen Gitter anzubringen, damit während der Berieselung die Fische nicht in die Zuleiter gelangen können. — Nach der Herbstbewässerung muß die Wiese durch Schlammablagerung schwarz und schlüpfrig sein. Bei Eintritt des Frostes ist sie derart trocken zu legen, daß kein Eis auf der Wiese sich bilden kann.

Die *Frühjahrsbewässerung* oder die *erwärmende* Bewässerung ist am schwierigsten auszuführen, und zwar deshalb, weil sehr leicht das Wasser kälter sein kann als die Luft. Die vorbereitenden Arbeiten sind die gleichen wie bei der Herbstbewässerung: Instandsetzung der Schleusen, der Gräben, der Überschlagkanten etc. Besonders wichtig ist die gründ-

liche Reinigung der Wiesenoberfläche durch Egge und Wiesenhobel, sowie das Nacharbeiten mit Rechen und Schaufel, um Steine u. dergl. zu entfernen. Diejenigen Stellen, die im vorangegangenen Herbst mit neuem Grasaushub belegt worden waren, sind mit der Schaufel festzuschlagen, kahle Stellen sind neu einzusäen. Der Grassame kann, wenn es sich um kleine Stellen handelt, eingeeget und die Fläche mit der Schaufel festgeschlagen werden. Größere Stellen sind nach dem Säen mit der Wiesenegge und Walze zu behandeln. Das Aufkommen der jungen Pflanzen wird bei trockener Witterung durch die Berieselung begünstigt.

Im übrigen hat die Frühjahrsberieselung nur den Zweck, die nach der Herbstwässerung und ihrer Düngung früh und üppig vorkommenden Gräser gegen Kälte und Spätfröste zu schützen. Diese Aufgabe wird am besten erfüllt durch Wässern in klaren, hellen Nächten, nicht am Tage und am wenigsten dann, wenn die Sonne auf das Rieselwasser scheint. In diesem Falle bilden sich Algen und Konferven, die den Boden mit einer dünnen Decke überziehen. Ist dieser Fehler einmal vorgekommen, so würde es ein noch größerer Fehler sein, das Wasser abzustellen, weil dann die niederen Pflanzen wie eine dünne, dichte Papierschicht sich auf die Grasfläche legen und sie ersticken. Es muß in solchem Falle mit dem Rieseln fortgefahren werden so lange, bis das Gras durch die Algendecke hindurchgewachsen ist.

Die *Sommerbewässerung* oder die *anfeuchtende* Bewässerung soll nur den fehlenden Regen ersetzen. Es genügt oft ein Anfüllen der Gräben und Rinnen, wirksamer ist immer ein schwaches Wässern. Dies muß nachts oder morgens und abends an trüben Tagen geschehen. Es darf erst dann beginnen, wenn die Schnittflächen vernarbt sind, d. i. ungefähr eine Woche nach der Ernte, muß dann aber kräftig fortgesetzt werden, damit der Boden gehörig durchfeuchtet wird. Die Flächen färben sich nach dieser Anfeuchtung recht bald grün, und der Nachwuchs entwickelt sich rasch. Später bedarf zwar im allgemeinen der zweite Schnitt keiner starken Anfeuchtung. Er bevorzugt warmes Wetter und entwickelt sich mit geringeren Wassermengen als der erste. Aber trotzdem ist auch bei ihm dann eine Anfeuchtung am Platze, sobald die atmosphärischen Niederschläge ausbleiben. Es genügt dann, die Gräben bordvoll zu füllen. Spätestens eine Woche vor der zweiten Ernte muß man mit der Bewässerung aufhören. Zu starke Wässerung vor der Heuernte gibt saures Gras. Nur um das Schneiden zu erleichtern, wird einen Tag vor dem Mähen eine geringe Anfeuchtung gegeben.

Die *Winterbewässerung* oder *zerstörende* Bewässerung wird nur angewandt, wenn Moos, Heidekraut oder dergl. zu vertilgen ist. Das Wasser wird bei Frost aufgeleitet, es gefriert und zerstört beim Auftauen das Moos. Dabei leiden aber auch die guten Gräser. Es darf deshalb dies

Verfahren nicht da zur Anwendung kommen, wo schon eine gute Grasnarbe vorhanden ist.

### § 112.

**Das Rieselwasser der großen Städte.** Die landwirtschaftliche Verwertung der Spüljauche oder des Kanalwassers der Städte wird durch folgende Umstände sehr erschwert: 1. Es besteht ein Mißverhältnis zwischen den in der Spüljauche vorhandenen Nährstoffen und dem Nährstoffbedürfnis der Pflanzen. 2. Es sind übergroße Mengen an diesen Stoffen vorhanden gegenüber den verfügbaren Landflächen. 3. Die Spüljauche enthält zu viel Kochsalz. 4. Sie enthält zu viel Wasser. 5. Sie enthält zu viel feste, zur Berieselung ungeeignete Sinkstoffe. 6. Der im Winter gefrorene Boden ist nicht aufnahmefähig für die Jauche.

*Zu 1.* Die wichtigsten Pflanzennährstoffe: Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, sind durchschnittlich derart in der Spüljauche vorhanden, daß auf ein Hektar die Abfallstoffe von 10 Menschen genügen würden, um den zur Erzielung guter Mittelernten erforderlichen Stickstoff, von 20 Menschen, um die hierzu nötige Phosphorsäure und von 50 Menschen, um die nötigen Kalimengen zu liefern. Der naheliegende Vorschlag, dies Mißverhältnis durch Zugaben von Phosphorsäure und Kali auszugleichen, kommt nicht zur Ausführung, weil ohnehin im Verhältnis zu den verfügbaren Flächen übergroße Mengen selbst von Kali vorhanden sind. Es muß daher ein Überschufs an Phosphorsäure und ganz besonders an Stickstoff in Kauf genommen werden, und dies führt zu einer geilen, einseitigen Entwicklung mancher Pflanzen. Die Stickstoffzufuhr macht z. B. beim Grase durch den Überschufs an Eiweißstoffen das Heuen und auch das Pressen unmöglich. Das Heu wird braun, schwarz und fault sehr leicht. Es kann demnach auf allen Rieselfeldern das gewonnene *Gras nur grün verkauft* und verwendet werden. Die Nähe der großen Städte erleichtert diese Art der Verwertung.

*Zu 2.* Nach obenstehenden Zahlen dürften nicht mehr als die Abfallstoffe von höchstens 50 Menschen auf ein Hektar Rieselfeld gebracht werden. Dies würde bei den hohen Bevölkerungsziffern großer Städte ungewöhnliche Ausdehnungen der Rieselfelder bedingen und die ganze Anlage durch kostspieligen Grunderwerb sehr verteuern. Es kommen daher in Wirklichkeit viel größere Düngmengen auf die Felder. In Berlin rechnet man z. B. *250 Personen* auf ein Hektar, in anderen Städten noch mehr. Daraus folgt aber, daß die landwirtschaftliche Bestellung in gewöhnlicher Weise auf den Rieselfeldern nicht möglich ist. Der Überschufs an Nährstoffen zwingt vielmehr zur intensivsten Kultur, zur Gewinnung großer Ernten um jeden Preis. Das *Gras* z. B. wird während eines Sommers *5, 6, auch 8mal geschnitten*.

*Zu 3.* Der grofse Gehalt an Kochsalz in der Spüljauche verbietet den Bau mancher Kulturpflanzen. Der *Kartoffelbau* z. B. ist auf Rieselfeldern dadurch *unmöglich*. Die Kartoffeln schiefsen zu sehr ins Kraut, setzen wenig Knollen an.

*Zu 4.* Die Kanaljauche enthält nach Berliner Verhältnissen ungefähr nur 8% Abortwasser, 92% Tag- und Strafsenwasser. Sie würde für die Gesamtfläche der Rieselfelder ohne Absickerung und Verdunstung durchschnittlich 1,8 m Höhe jährlich erreichen. Dazu kommt die 0,6 m betragende Regenhöhe der Rieselfelder selbst, sodafs insgesamt 2,4 m Wasserschicht jährlich in den Rieselfeldern absickern muß. Hieraus ergibt sich, dafs *nur durchlässiger Boden* für die Anlage von Rieselfeldern sich eignet, und dafs es nötig ist, die Durchlässigkeit noch durch *Drainage* zu erhöhen.

*Zu 5.* Die grofsen Mengen von unverwendbaren, festen Sinkstoffen, wie Sand, Kaffeegrund, Papier, Tierleichen u. a., welche die städtischen Kanäle abführen, werden nur zum Teil durch die Sandfänge der Pumpstationen zurückgehalten. Damit sie bei der Berieselung den Boden nicht verfilzen und das Wachstum beeinträchtigen, werden sie in *Vorbecken* zum Absetzen gebracht. Es sind dies quadratische Becken von 3 m Seitenlänge, die in gröfserer Zahl nebeneinander erbaut werden. Der in ihnen abgelagerte Schlamm wird in gewissen Zeiträumen — 3 Wochen — geräumt. Diese Vorsicht ist jedoch nur geboten bei Wiesenbewässerungen. Bei Beetbewässerungen (s. § 113) sind die Vorbecken entbehrlich, weil sich hier die Sinkstoffe in den Furchen absetzen.

*Zu 6.* Im Winter bei gefrorenem Boden ist das Rieselfeld nicht aufnahmefähig für die Kanalwässer. Zu dem Ende werden gröfsere *Staubecken* angelegt, in die zu Frostzeiten das Wasser geleitet und 0,6 bis 1 m hoch gestaut wird. Diese Staubecken müssen mit weiten Röhren bei geringer Strangentfernung drainiert werden, damit sie möglichst schnell das entbehrliche Wasser ableiten und ihr Fassungsvermögen dadurch steigern können (vergl. § 113). Der abgesetzte Schlamm wird entweder im Frühjahr als Dung verfahren, oder das Becken wird umgepflügt und als Acker bestellt.

### § 113.

**Die Berieselung mit städtischem Kanalwasser.** Die Spüljauche wird durch eiserne *Druckröhren* von grofsem Durchmesser — in Berlin 1 m — auf das Rieselfeld geleitet, und zwar nach dessen höchstem Punkte. Hier wird ein Standrohr aufgestellt, das oben offen ist und mit dem Rieselwasser bis zur vorhandenen Druckhöhe gefüllt wird. *Zweigrohre* von abnehmendem Querschnitt — 70 bis 20 cm Durchmesser — verteilen das Wasser nach den verschiedenen Gebieten des Rieselfeldes. Von den höchsten Stellen der kleineren Kuppen, welche durch die Zweigrohre

gewonnen werden, gehen *Zuleitungsgräben* nach den Beeten und auf die Felder. *Absperrschieber* und *Wasserschieber* in den Zweigrohren sorgen für richtige Leitung und Verteilung des Wassers.

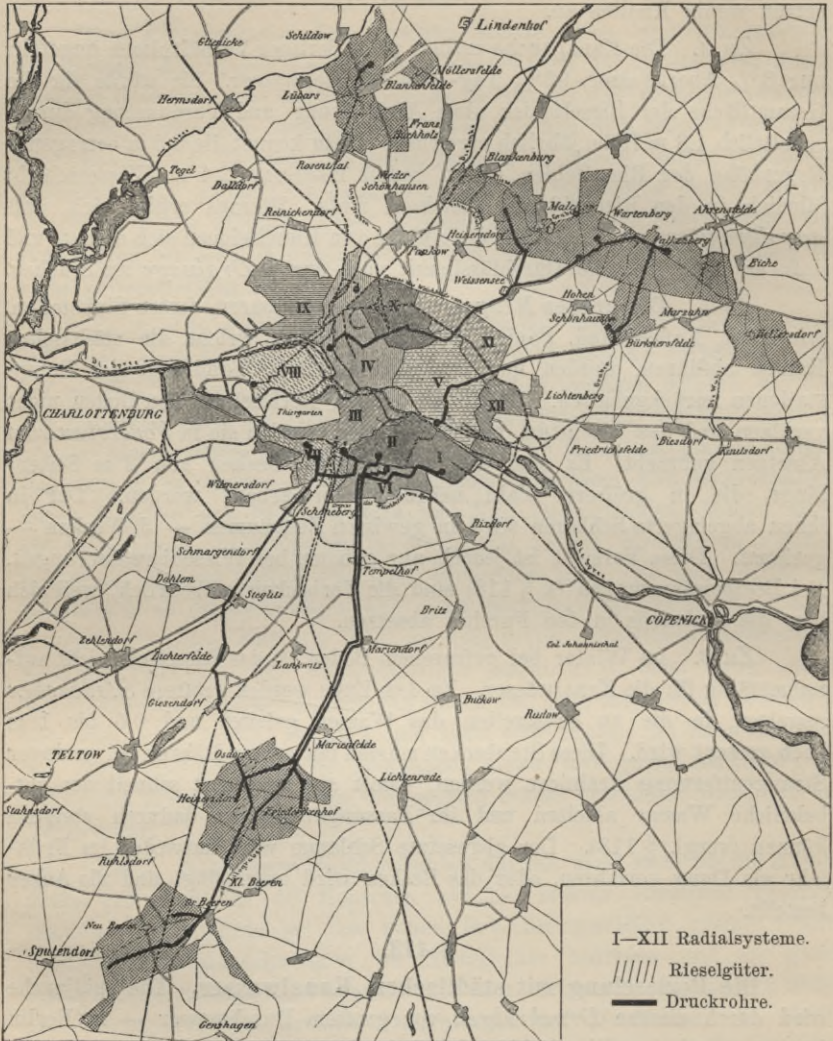


Fig. 469. Lage der Rieselfelder bei Berlin.

Im *Standrohr* darf eine bestimmte Druckhöhe nicht überschritten werden. Diese Grenze wird durch einen Schwimmer mit Fahne für den Tages- und mit Laterne für den Nachtdienst angegeben. Die Laterne muß mit einer zweiten, festen Laterne am oberen Rande des Standrohres



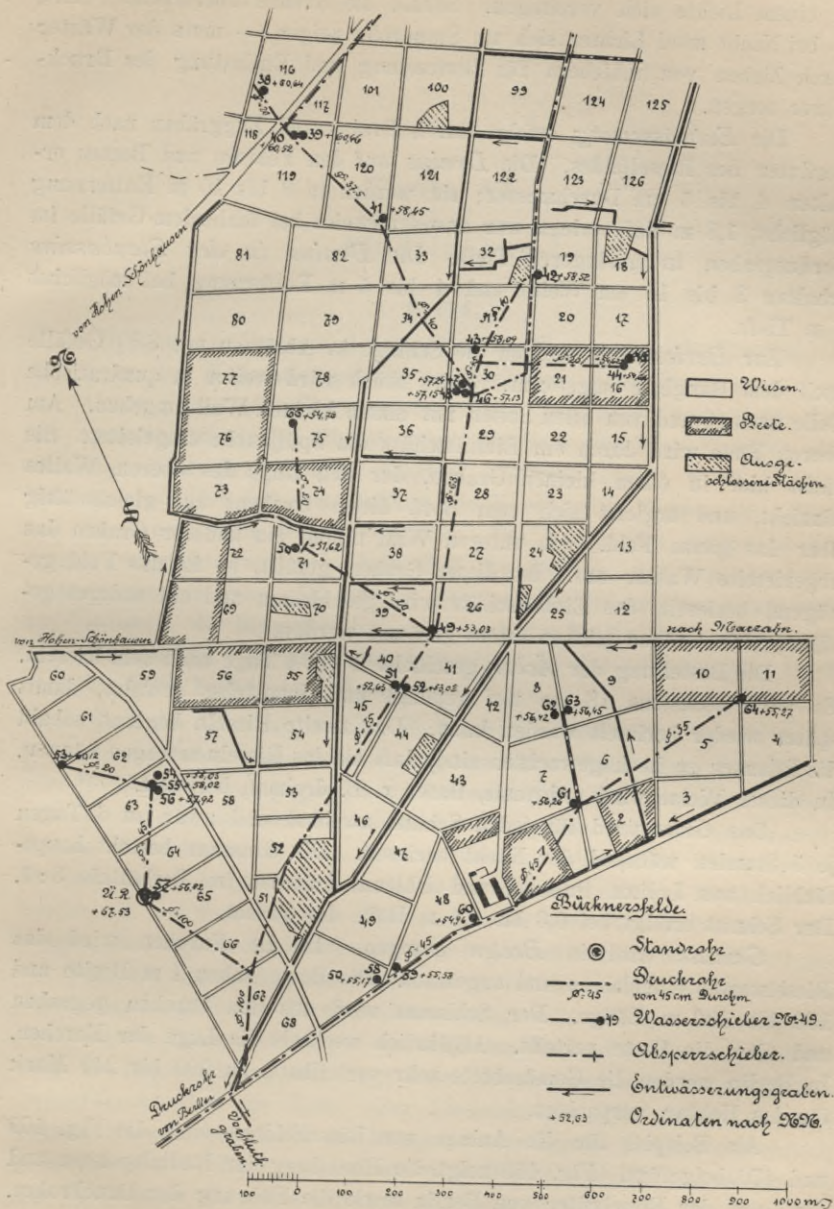


Fig. 470. Rieselgut Bürknersfelde bei Berlin.

zu einem Lichte sich vereinigen. Sobald die Grenze überschritten wird — bei Nacht zwei Lichter sich am Standrohr zeigen — muß der Wärter durch Ziehen von Schiebern für Berieselung und Entlastung des Druckrohres sorgen.

Die *Entwässerung* erfolgt durch Drains und Zuggräben nach dem Vorfluter des Rieselfeldes. Die *Drains* auf den Feldern und Beeten erhalten 4 bis 5 cm Durchmesser; sie werden in 8 bis 10 m Entfernung möglichst 1,8 m tief verlegt, nur ausnahmsweise bei fehlendem Gefälle im Vorflutgraben in geringerer Tiefe. Die *Drains in den Staubassins* erhalten 8 bis 10 cm Weite und 4 bis 5 m Entfernung bei möglichst 2 m Tiefe.

Zur *Berieselung* werden die Schläge in Absätzen mit 8% Gefälle nach dem Hangbau umgeformt. Jedes Stück wird weiter in quadratische Teile zerlegt und von allen Seiten mit einem kleinen Wall umgeben. Am oberen Ende wird durch ein Einlaßschütz die Spüljauche eingeleitet. Sie fließt hier in einen kleinen Graben, der sich längs des oberen Walles hinzieht, und ergießt sich vom Bord dieses Grabens aus gleichmäßig über das ganze Feld. Am unteren Wall nimmt ein anderer Graben das abgerieselte Wasser auf. Ist dieser Graben gefüllt, so ist das Feld genügend berieselt, das Einlaßschütz wird geschlossen und ein anderes geöffnet. Die Gräben müssen öfters geräumt werden.

Die Bestellung der *Äcker* geschieht 3 bis 4 Tage nach dem Rieseln. Es wird höchstens 18 cm tief gepflügt und demnächst gewalzt, damit später wieder berieselt werden kann. Das zweite Rieseln beginnt, sobald die Pflanzen so hoch gewachsen sind, daß sie das Rieseln ertragen können. In dieser Weise wird mehrmals, Hafer z. B. dreimal, berieselt.

Das *Gras* wird für jeden Schnitt zweimal und zwar an 6 Tagen je 5 Stunden während der Nacht berieselt. Die Grassaat besteht hauptsächlich aus *Lolium italicum* und *Phleum pratense* im Verhältnis 3:1. Der Schnitt erfolgt bei 0,3 bis 0,5 m Höhe des Grases.

*Gemüse* wird in *Beeten* gezogen. In die Furchen wird das Rieselwasser eingelassen und angestaut. Die Beete haben 1 m Breite und 150 bis 180 m Länge. Der Schlamm wird aus den Furchen gegraben und über die Beete verteilt. Alljährlich wechselt die Lage der Furchen. In Berlin werden die Gemüsebeete sehr vorteilhaft, zu 200 bis 240 Mark für das Hektar, verpachtet.

Als Beispiel für die Anlage von Rieselfeldern sind die Fig. 469 und 470 beigefügt. Fig. 469 zeigt die Einteilung der Radialsysteme und die Lage der Rieselgüter von Berlin sowie die Führung der Druckrohre. Fig. 470 stellt die besondere Anlage des Rieselgutes Bürknersfelde im Osten von Berlin dar.

## Kapitel VI.

### Eindeichung.

#### § 114.

**Deiche.** Die Deiche sind wasserdicht aus Erde hergestellte Erhöhungen, die längs der Meliorationsgebiete an derjenigen Seite errichtet werden, an welcher Flüsse oder Seen sie begrenzen. Sie sollen verhindern, daß bei Anschwellungen des Flusses oder des Sees die Wassermengen sich ausufernd über das Meliorationsgebiet ergießen (vergl. § 11 S. 228). Man unterscheidet bei den Deichen die Krone oder Kappe, die äußere und die innere oder Binnen-Böschung. Die Krone oder Kappe ist der nahezu wagrecht angelegte obere Teil des Deiches, der begangen oder befahren werden kann. Die äußere Böschung ist der von der Krone nach der Flußseite, die Binnenböschung der nach der Meliorationsseite belegene Teil des Deiches. Vorland oder Aussenland ist das zwischen dem Deich und dem Fluß befindliche Gelände.

Nach der Wirkung, welche die Deiche ausüben sollen, werden sie als *Winterdeiche* oder *Sommerdeiche* angelegt. Die Winterdeiche sollen gegen jedes Hochwasser, auch gegen das im Winter nach der Frühjahrsauswässerung auftretende schützen, die Sommerdeiche nur gegen hohes Sommerwasser. Andere Bezeichnungen, wie Rückstaudeiche, Schardeiche, Schlafdeiche, Flügeldeiche u. dergl., beziehen sich mehr auf die Lage und Richtung der Deiche als auf ihre Bauart. *Rückstaudeiche* oder *Rückdeiche* sind diejenigen, die längs eines Seitenflusses so weit geführt werden, bis die Erhöhung des Geländes die Anlage des Deiches entbehrlich macht. Sie können als Sommerdeiche oder als Winterdeiche angelegt sein. *Schar-* oder *Gefährdeich* ist ein Deich, der wegen zu schmalen Vorlandes oder ungünstiger Lage zur Stromrichtung dem Angriff des Wassers besonders ausgesetzt ist. *Schlafdeiche* sind die Reste alter Eindeichungen, die früher angelegt worden waren, aber durch die Erbauung eines neuen Deiches entbehrlich geworden sind. *Flügeldeiche* sind kurze Deiche, welche im Anschluß an den Hauptdeich für gewisse Zwecke angelegt werden, z. B. zur Aufnahme des Eisschubs an besonders gefährdeten Stellen des Hauptdeiches, zur Absperrung alter Flußarme u. a. m. *Binnendeiche* liegen innerhalb der eingedeichten Fläche und zerlegen sie in mehrere Teile. *Aufsendeiche*

sind Deiche, die höheres Binnenwasser abhalten und gewöhnlich parallel dem Hauptdeich gehen. Die Errichtung und Unterhaltung von Deichen ist fast in allen Ländern durch besondere Gesetze geschützt.

### § 115.

**Winterdeiche.** Winterdeiche, auch *Haupt-* oder *Banndeiche* genannt, sollen die Niederung gegen den höchsten überhaupt vorkommenden Wasserstand des Flusses schützen. Sie sind daher stets höher als die Sommerdeiche. Um die Höhenlage der Krone zu bestimmen, wird der überhaupt vorgekommene höchste Wasserstand nach Pegeln oder nach Wasserstandsmarken ermittelt und die Krone demnächst um ein bestimmtes Maß über diesen Winter-Hochwasserstand (W. H. W.) angelegt. Das Maß ist abhängig von der Höhe und Wichtigkeit der Deiche und der Stärke des Wellenschlages. Es beträgt 0,3 bis 0,5 m bei kleineren, 0,6 m bei

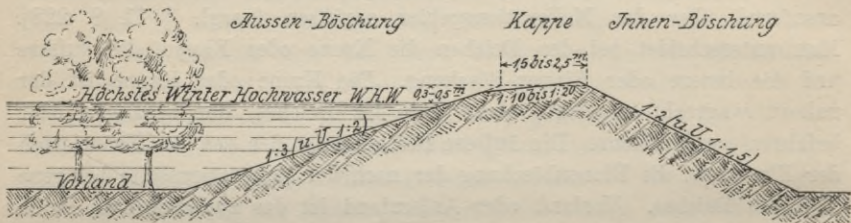


Fig. 471. Querschnitt eines Winterdeiches.

größeren Flüssen. Zieht sich der Deich hinter Ortschaften hin, so wird die Krone bei kleineren Flüssen um 1 m, bei größeren um 1,2 m über W. H. W. geführt.

Die Kappe wird bei Winterdeichen für kleinere Flüsse 1,5 bis 2,5 m breit angelegt, für größere 2,5 bis 4 m. Soll sie fahrbar werden, so ist 3,5 bis 4,5 m Breite nötig und außerdem die Anlage von Verbreiterungen als Ausweichstellen.

Die äußere Böschung erhält bei kleineren Flüssen die Neigung 1:2 bis 1:3, bei größeren Flüssen 1:4 und bei großen Strömen, wie z. B. dem Niederrhein, auch 1:6. Die zweifache Böschung ist bei kleineren Flüssen dann zulässig, wenn nur ein geringer Wasserangriff zu erwarten ist, wenn gutes Material für den Deichbau zur Verfügung steht, und wenn endlich das Vorland sehr breit angelegt werden kann. Die dreifache Anlage ist bei starkem Wasserangriff, weniger gutem Deichmaterial und verhältnismäßig schmalen Vorland geboten. Eine geringere als die zweifache Anlage ist für die äußere Böschung nicht zu empfehlen, weil die aufzubringende Rasennarbe sonst zu wenig Halt haben würde.

Für die Binnenböschung ist aus demselben zuletzt angegebenen Grunde im allgemeinen die Neigung 1:2 am Platze. Die steilere Neigung 1:1,5 ist nur bei sehr gutem Deichmaterial dann zulässig, wenn das Abrutschen der Grasnarbe selbst bei längerem Hochwasser nicht zu befürchten ist.

Den Kronen der Winterdeiche gibt man zur Entwässerung eine Neigung nach aussen im Verhältnis 1:10 bis 1:20. Einen Querschnitt für einen Winterdeich zeigt Fig. 471.

### § 116.

**Sommerdeiche.** Die Sommerdeiche sollen die Niederung nur gegen gewöhnliches Sommerhochwasser schützen. Sie erhalten daher stets eine



Fig. 472. Querschnitt eines Sommerdeiches von 1 m Höhe.

geringere Höhe als die Winterdeiche und werden vom Winterhochwasser, sowie von ungewöhnlich hohen Sommerhochwassern überflutet. Es ist daher die Binnenböschung der wichtigste Teil eines Sommerdeiches. Bei den Winterdeichen dagegen, die das Wasser mit der Außenböschung abhalten sollen, ist die äußere Böschung wichtiger als die innere Böschung.



Fig. 473. Querschnitt eines Sommerdeiches von 2 m Höhe.

Die Höhe der Sommerdeiche ist im allgemeinen nur sehr gering, sie beträgt 0,5 bis 3 m. Über die Bestimmung der Höhe s. § 117. Oft bilden die Sommerdeiche keine durchlaufende Anlage längs des Flusses. Es genügt die Ausfüllung der Senkungen im Gelände, um die Sommerbedeichung herzustellen. In diesem Falle besteht sie aus einer fortlaufenden Reihe von einzelnen längeren oder kürzeren Deichen.

Die Breite der Kappe wird je nach der Höhe des Deiches auf 1 bis 2 m bemessen. Nur dann, wenn der Sommerdeich künftig befahren werden soll, erhält sie 3,5 bis 4,5 m Breite.

Die äußere Böschung wird zwei- bis dreifach angelegt, die Binnenböschung zwei- bis drei-, unter Umständen auch vier- bis sechsfach. Die Neigung der äußeren und inneren Böschung hängt von der Höhe des

Deiches und der Beschaffenheit des Deichmaterials ab. Die nachfolgende Tabelle mag als Anhalt für die Wahl der Abmessungen dienen:

*Abmessungen der Sommerdeiche.*

Bei einer Höhe von . . . . .	0,5 m	1 m	2 m	3 m
Kappenbreite . . . . .	1 "	1 "	1,5 "	2 "
Neigung der Außenböschung	1 : 2	1 : 2	1 : 2 bis 1 : 2,5	1 : 2 bis 1 : 3
"    " Innenböschung .	1 : 2,5	1 : 3	1 : 3 bis 1 : 4	1 : 3 bis 1 : 6.

Bei den höheren Deichen hängt die Abflachung der Böschung von der Breite des Vorlandes, der Lage des Deiches gegen den Angriff des Wassers und ganz besonders von der Beschaffenheit des Deichbodens und der Güte des Rasens ab. Je schmaler das Vorland, je gefährdeter der Deich und je schlechter das Deichmaterial ist, um so flacher müssen die Böschungen angelegt werden. Die Kronen der Sommerdeiche werden am besten rund mit Gefälle nach beiden Seiten abgewölbt. Die Querschnitte von Sommerdeichen von 1 und 2 m Höhe zeigen die Fig. 472 und 473.

### § 117.

**Die Höhe der Sommerdeiche.** Über die Höhe, welche Sommerdeichen gegeben werden muß, findet man vielfach in Lehrbüchern unzutreffende Angaben. Ganz falsch ist z. B. die Vorschrift, die Krone 0,3 m über den höchsten Sommerwasserstand zu legen. Denn das Sommerhochwasser erreicht mitunter eine größere Höhe wie manches Winterhochwasser. Das höchste je vorgekommene Sommerhochwasser darf daher für die Bestimmung der Sommerdeichhöhe nicht maßgebend sein: es würde sonst der Sommerdeich zum Winterdeich werden. Man muß mit dem Umstande rechnen, daß Sommerdeiche auch in gewissen Sommern überflutet werden. Es kommt nur darauf an, zu bestimmen, wie oft eine solche Überflutung in einer gewissen Reihe von Jahren vorkommen darf.

Im allgemeinen genügt es, wenn die Sommerdeiche so hoch angelegt werden, daß ungefähr *in jedem achten Jahre eine*, also in 16 Jahren zwei, in 24 Jahren ungefähr drei *Überflutungen* eintreten können. Eine höhere Lage würde dem Winterdeich entsprechen und die Niederung den Vorteilen der Überflutung während des Winters (s. § 124) entziehen. Eine niedrigere Lage — etwa eine solche, bei der schon in jedem sechsten Jahre eine sommerliche Überflutung eintreten würde — ist nicht zu empfehlen. Denn jede Überflutung bringt nicht allein Schaden an dem Grasertrage des Jahres selbst, sondern auch an den Erträgen der folgenden Jahre. War das Gras zur Zeit der Überflutung bereits geschnitten, so wird es fortgeschwemmt und ist nach dem Sammeln höchstens als Streu zu benutzen. War das Gras noch nicht geschnitten, so kann das Hochwasser aus dem hohen Grase nicht schnell genug abfließen und dieses muß faulen. Aber auch in den der Überflutung folgenden Jahren sind

schädliche Nachwirkungen des Wassers zu spüren. Nach jeder sommerlichen Überflutung pflegen die besseren Gräser zu leiden oder ganz einzugehen; sie stellen sich erst nach einigen trockenen Jahren von selbst wieder ein. Man würde sonach, wenn man den Deich so niedrig anlegt, daß er schon in jedem sechsten Sommer überflutet würde, neben einer gänzlich und zwei teilweise geschädigten Ernten nur auf 3 unbeschädigte Ernten rechnen können, ein Verhältnis, das zu ungünstig ist.

Für die Bestimmung der Höhe eines Sommerdeiches sind die Tabellen des nächst benachbarten Pegels zu Rate zu ziehen. Die in Betracht kommende Sommerzeit ist nach dem Klima der Örtlichkeit zu bestimmen. (Vergl. die Tabelle Seite 249, § 20.) Für den westlichen Teil Deutschlands würde die Zeit von Mitte März oder Anfang April bis Ende Oktober oder Anfang November, für den mittleren Teil Deutschlands die Zeit von Anfang oder Mitte April bis Ende Oktober und für den östlichen Teil von Anfang Mai bis Mitte oder Ende Oktober in Frage kommen. Der höchste Wasserstand, der in jedem Jahre während dieser Zeit aufgetreten ist, wird vermerkt. Dabei sind u. U. Berichtigungen geboten. Fällt z. B. in einem Jahre der höchste Wasserstand auf den ersten Tag des ersten zur Sommerzeit rechnenden Monats, so ist nach den besonderen klimatischen Verhältnissen jenes Jahres zu untersuchen, ob die Frühjahrsschmelze sich damals nicht ungewöhnlich verspätet hatte. Trifft dies zu, so hat der Sommer in jenem Jahre später als gewöhnlich angefangen, der vermerkte Sommerwasserstand ist noch als Winter- oder Frühjahrswasserstand anzusehen, und es ist als höchstes Sommerwasser eine niedrigere Pegelhöhe anzusetzen.

Die gewonnenen Zahlen werden nach der Höhe geordnet. Teilt man demnächst die Gesamtzahl der beobachteten Jahre durch 8, so gibt der Quotient die Zahl derjenigen Pegelhöhen an, die als zu hohe Sommerwasser aufser acht gelassen werden können. Nach der alsdann sich ergebenden höchsten Pegelablesung ist der Sommerdeich anzulegen. Die höheren Wasserstände sind für die Deichanlage nicht maßgebend. Sie zeigen diejenigen Jahre mit ungewöhnlich hohen Sommerwasserständen, in denen eine Überflutung des Sommerdeiches — dessen Bestehen vorausgesetzt — eingetreten wäre.

Um sicher zu sein, daß der Wasserstand, der für die Bestimmung der Sommerdeichhöhe maßgebend blieb, auch wirklich abgekehrt werde, ist für den Einfluß des Wellenschlages ein geringer Zuschlag nötig. Er beträgt 0,15 bis 0,30 m, entspricht sonach 0,3 bis 0,6 m Höhe zwischen Wellental und Wellenberg. Seine Bestimmung richtet sich nach der Längenausdehnung des Deiches, der Breite der Wasserfläche und der Tiefe des Wassers vor dem Deiche, d. h. nach den Umständen, die den Wellenschlag beeinflussen.

### § 118.

**Überlaufstellen.** Bei der Überflutung der Sommerdeiche sind diejenigen Stellen am meisten gefährdet, an welchen das Wasser zuerst überschlägt. Denn hier drängen sich die Wassermassen, hier findet der erste Angriff statt, hier ist auch nach dem Überströmen des ganzen Deiches die Wassertiefe am grössten, also der Angriff des Wassers am stärksten. Um den Deich vor Schaden zu bewahren, zieht man vielfach vor, das erste Überlaufen des Wassers vorher zu bestimmen, indem man gewisse gut befestigte Stellen hierfür einrichtet. Man wählt dazu die Stellen aus, hinter denen hohes Binnenland vorhanden ist, sodafs der Absturz des Wassers bei geringer Deichhöhe nur gering ist, oder solche, an denen die in der Niederung befindliche Grasnarbe besonders fest ist, oder andere, welche ihrer Lage wegen zuerst mit Wasser versehen werden müssen, wie z. B. entlegene Ecken der eingedeichten Niederung.

Die Überlaufstellen erhalten eine Krone, die 0,15 bis 0,30 m tiefer liegt als die Krone des übrigen Teils des Sommerdeiches. Die Breite des Überlaufes wird nach der Schnelligkeit, mit der das Wasser im Fluß erfahrungsmässig nach Angabe der Pegeltabellen in Höhe der Deichkrone steigt, so eingerichtet, dafs eine möglichst grofse Menge Wasser bereits in die Niederung eingetreten ist, bevor der Sommerdeich selbst überflutet wird. Dann findet das über den Deich kommende Wasser eine geringere Fallhöhe und in der Niederung ein Wasserbecken vor, welches den Stofs mildert und die Böschung vor Auswaschungen schützt.

Zur Befestigung der Überlaufstrecken hat man deren innere Böschung mit Steinpflaster versehen. Dies Verfahren ist nicht zu empfehlen, denn sobald nur *ein* Stein aus der Böschung gerissen wird, ist das ganze Pflaster gefährdet. Besser ist es, eine Schüttung von kopfgrofsen Steinen zwischen Flechtzäunen auf Faschinenunterlagen anzuwenden. Noch besser ist es aber, die Überlaufstellen sehr flach abzuböschern und sie nur mit gutem Rasen zu bekleiden. Die Neigung der inneren Böschung mufs in solchem Falle 1:12 betragen. Für die äufsere Böschung ist eine Neigung 1:5 nötig, sobald Eisschub zu befürchten ist.

### § 119.

**Ausführung der Deiche.** Die Richtungslinie der Deiche mufs dem Flußlaufe folgen. Scharfe Ecken sind bei der Führung zu vermeiden. Es ist so viel Vorland zu lassen, als für den Ablauf des Hochwassers nötig. Dies ist besonders dann zu beachten, wenn an *beiden* Seiten eines Flusses Winterdeiche errichtet werden. Dann müssen beide Deiche nahezu parallel verlaufen, ohne dafs plötzliche Erweiterungen oder Verengungen des Hochwasserquerschnitts entstehen. Alle derartigen Unregelmässigkeiten beeinflussen den Hochwasserabflufs ungünstig und gefährden damit die Deiche.



Der Bau der Deiche muß möglichst zeitig begonnen werden, sodafs sie vor Eintritt des Hochwassers vollendet sind. Ist dies in vollem Umfange nicht möglich, so sind die Deiche streckenweise fertig herzustellen. Vor allen Dingen ist darauf zu achten, daß nur guter Baustoff zum Deichkörper verwendet wird. Wurzeln, Rasen, Holzstücke u. dergl. dürfen keinesfalls eingebaut werden, denn sie faulen und geben zu Höhlungen und Quellungen Veranlassung. Humus und Gartenerde sind nicht wasserdicht und locken Maulwürfe und Mäuse an. Moor hat zu geringes Gewicht und ist der Zersetzung unterworfen. Reiner Sandboden gibt zu Durchquellungen Veranlassung und bei großer Feinheit auch zum Abrutschen der Böschungen. Reiner Ton schwindet bei starker Wärme und Frost so sehr, daß sich Risse bilden. Am besten ist ein Gemisch von Ton oder Lehm und Sand, und zwar derart, daß der Sandzusatz mindestens 15 bis höchstens 45<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Masse beträgt. 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> sind nötig, um ein nachteiliges Schwinden zu vermeiden; 45<sup>0</sup>/<sub>0</sub> dürfen nicht überschritten werden, soll der Zusammenhang des Materials nicht leiden. Die Ansprüche an die Wasserdichtigkeit des Deiches werden nach § 6 noch durch 50 bis 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Sandzusatz erfüllt.

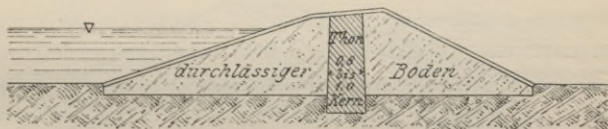


Fig. 474. Dichtung eines Deiches durch Tonkern.

Über die Ausführung der Erdschüttung selbst wird auf die §§ 6 bis 11 im IV. Abschnitt verwiesen. Rasen und Mutterboden sind sorgfältig abzuheben, um eine dichte Verbindung des Deichkörpers mit dem Untergrund zu erreichen. Die Deichmasse selbst ist in tunlichst dünnen Lagen von 0,2 bis 0,4 m Stärke zu schütten, welche entweder mit Neigung nach der Außenböschung oder gewölbartig mit Neigung nach beiden Böschungen angelegt werden. 0,3 bis 0,4 m stark werden die Lagen bei Anwendung von Pferdekarren, 0,2 bis 0,3 m bei Anwendung von Schubkarren hergestellt. Wenn der Boden durch Pferdekarren oder Wagen befördert wird, müssen die Fuhrwerke fortwährend die Spur wechseln. Schüttungen vor Kopf müssen verboten werden. Jede Lage ist durch Stampfen und Rammen gut zu dichten. Statt der Stampfer werden mitunter auch Pferde zum Festtreten verwendet. Bei den holländischen Deichbauten rechnet man einen Stampfer auf 4 Gräber und ein Pferd mit Führer auf 6 Gräber. Ist der Deichboden nicht zweifellos wasserdicht, so kann man die erforderliche Wasserundurchlässigkeit dadurch erreichen, daß man entweder in der Mitte des Deiches einen 0,6 bis 1 m starken wasserdichten Kern aus Tonboden herstellt (Fig. 474), oder dadurch, daß man auf die Außenböschung eine

0,3 bis 0,6 m dicke Lage von Ton aufbringt (Fig. 475).<sup>1)</sup> Der Tonkern hat den Vorzug, daß weniger Tonmasse gebraucht wird und die Dichtungsstelle vor Auswaschungen geschützt ist. Dagegen besteht der Nachteil, daß die eine Hälfte des Deiches vom Wasser durchtränkt wird und daher an Standsicherheit einbüßt. Dieser Umstand wird bei der zweiten Bauweise, der mit Benutzung einer Tonböschung, vermieden; dagegen liegt hier die Gefahr vor, daß bei Beschädigungen der äußeren Böschung die dichtende Schicht selbst leidet.

Nächst gutem Deichboden ist für eine feste Grasnarbe sowohl auf der äußeren wie inneren Böschung zu sorgen. Bäume sind auf dem Deiche selbst nicht am Platze. Ihr Wuchs beeinträchtigt die Entwicklung der Grasnarbe, die Wurzeln gefährden den Deich nach dem Absterben durch Begünstigung von Quellungen; auch können bei heftigen Winden durch Umstürzen der Bäume Deichbrüche entstehen. Dagegen üben Bäume und Weidengebüsch längs des Fußes der Außenböschung einen guten Schutz aus, sowohl gegen Wellenschlag wie Eisschub. Derartige Bäume im Vorland dürfen aber nur in einem 10 bis 20 m breiten Längsstreifen dem Deiche



Fig. 475. Dichtung eines Deiches durch Tonböschung.

folgen, niemals Querreihen bilden, welche die Bewegung des Wassers hindern (vergl. Fig. 471). Zum Schutz gegen das Eis ist es vorteilhaft, die Weiden zu armstarken Bäumen auswachsen zu lassen.

## § 120.

**Deichbrüche.** Deichbrüche kommen vornehmlich bei Winterdeichen, selten bei Sommerdeichen vor. Sie sind nach ihrer Entstehung entweder Grundbrüche oder Kappenstürze.

*Grundbrüche* werden durch Quellungen im Deich bei schlechter Ausführung oder schlechtem Deichboden hervorgerufen. Das Wasser sickert in durchlässigen Schichten oder Gängen durch den Deich nach der inneren Böschung hindurch. Es führt die feineren Bodenteilchen mit sich, erweitert dadurch die Wassergänge, verstärkt die Menge des durchdringenden Wassers und dessen Gewalt so, daß auch schwerere Teile des Bodens mitgerissen werden, bis schließlich ein kräftiger Ausbruch zum Abschwimmen und Abstürzen des ganzen Deiches Veranlassung gibt. Liegen die durchlässigen Stellen nicht als Adern, sondern als wasserführende Schichten in

<sup>1)</sup> Vergl. die Dichtung der Moordämme des holländischen Rheinkanals nach der Abhandlung des Verf. im Zentralbl. d. Bau-Verw. 1894, S. 153.

dem Deich, so bilden sich Rutschflächen, auf denen ganze Teile des Deiches sich verschieben oder abgleiten können.

Die meisten Deichbrüche sind *Kappenstürze*. Das Wasser überströmt den Deich und bricht die Kappe von der Binnenseite ab. Fast bei jedem Deich sind gröfsere oder kleinere Unregelmäfsigkeiten in der Krone vorhanden. Höhere Stellen wechseln mit tieferen. Diese werden zuerst angegriffen. Hier ist beim Überstürzen des Wassers die gröfste Tiefe vorhanden; hier übt es seine gröfste Gewalt aus und bricht die Kante zwischen

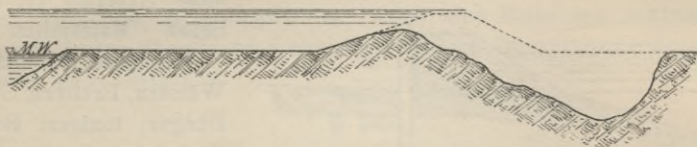


Fig. 476. Querschnitt durch einen Kolk.

Krone und innerer Böschung ab. Dadurch verliert die Krone ihren Halt und stürzt weiter nach. Die Seiten folgen, die Wassermasse und die Gewalt des Wassereintruchs nimmt zu, je mehr Boden abbröckelt. Der blofsgelegte Deichkörper kann dem Einbruch nicht mehr genügend Widerstand entgegensetzen; ein starker, bis zum Fuß des Deiches und noch tiefer gehender Einriß ist die unvermeidliche Folge.

Sowohl bei Grundbrüchen wie bei Kappenstürzen wird durch das einbrechende Aufsenwasser der Boden des Binnenlandes hinter dem Deich tief ausgerissen. Es bildet sich ein *Kolk* von mitunter 10 bis 15 und 20 m Tiefe (Fig. 476). Um die Durchbruchsstelle zu sichern, ihre Verbreitung zu verhindern, müssen die Enden des durchbrochenen Deiches möglichst rasch durch Senkfaschinen und Faschinenaufpackungen befestigt werden.



Fig. 477. Wiederherstellung des Deiches nach dem Deichbruch.

Die Wiederherstellung des Deiches erfolgt selten in der alten Linie. Hier würde die Durchschüttung des Kolkes kostspielige Erdarbeiten erfordern. Man zieht vor, den Kolk zu umgehen und zwar entweder durch eine *Auslage* oder eine *Einlage* (s. Fig. 477). Die *Einlage* ist zweckmäßiger. Denn bei der *Auslage* ist der vorspringende Deich den Wellen, dem Eisschub und der Strömung zu stark ausgesetzt, auch bleibt dicht hinter ihr der tiefe Kolk für alle Zeiten bestehen. Er ist der Benutzung des Landwirtes entzogen und bildet eine dauernde Deichgefahr, da er den Andrang des Qualmwassers (§ 11) vermehrt. Bei der *Einlage* wird die neu zu schüttende Deichlinie zwar gröfser als

bei der Auslage, die Wiederherstellungskosten werden daher höher, aber der Kolk bildet keine Gefahr mehr für die Niederung selbst, seine Verschlickung durch Sinkstoffe des Flusses ist nur eine Frage der Zeit.

Über die Gefahren, welche der Niederung durch die Winter-Eindeichung drohen, siehe § 123.

### § 121.

**Deichverteidigung.** Um Deichbrüche möglichst zu verhindern, müssen die Winterdeiche in Zeiten der Not verteidigt werden. Die für

diese Arbeiten erforderlichen Materialien an

Faschinen, Pfählen, Würsten, Brettern, Stroh, Dünger, tonigem Boden, Sandsäcken, Schiffssegeln, Steinen u. a. m. müssen vorher angefahren und an geeigneten Stellen gelagert werden. Bei beginnender Gefahr ist der *Hochwassernachrichtendienst* einzuführen, die *Deichwachen* sind auszustellen. Jede Unregelmäßigkeit in der Beschaffenheit der Deiche muß sofort erkannt, gemeldet und beseitigt werden.

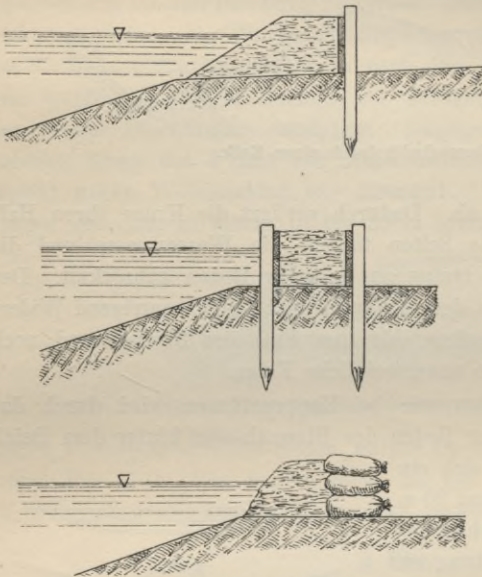


Fig. 478 bis 480. Aufkadenen.

*Quellen* an der

Binnenböschung werden

von der *Außenseite* her gedichtet. Dies geschieht durch Sandsäcke oder durch beschwerte Segelleinwand oder durch Strohdünger, welchen man mit Steinen belastet.

*Beschädigungen* der Außenböschung, die durch Wellenschlag entstanden waren, können durch Aufbringen von Faschinen- oder Strohlagen, die gleichfalls belastet werden müssen, unschädlich gemacht werden. *Sackungen* oder Beschädigungen der Außenböschung in tiefer Lage, welche den Deichfuß zu unterwaschen drohen, werden durch Einwerfen von Senkfmaschinen ausgefüllt.

In den meisten Fällen ist ein *Überlaufen* des Wassers über den Deich zu befürchten. Erreicht das Wasser eine gefährliche Höhe, so sind *Aufkadenen* oder *Aufkastungen* auszuführen.

Derartige *Aufkadtungen* sind selten in größerer Höhe als 0,6 bis 1 m erforderlich. Sie werden mit demjenigen Material hergestellt, welches gerade zur Hand ist: z. B. aus Brettern und Pfählen, die nahe der Aufsenkante der Deichkrone zaunartig aufgestellt werden (Fig. 478). Die Pfähle werden in 1,5 m Entfernung in den Boden getrieben und die Bretter leicht dagegen genagelt; außenseitig vor den Brettern wird Dünger und guter Deichboden geschüttet und festgestampft. Oder es werden nach Fig. 479 zwei niedrige Pfahlwände mit eingestellten Brettern fangdammartig aufgeführt und dazwischen Erde eingefüllt, die der größeren Dichtigkeit wegen gleichfalls zu stampfen ist. Auch eine Reihe von Sandsäcken in mehreren Lagen übereinander nach Fig. 480 mit Düngeranschüttung davor tut sehr gute Dienste.<sup>1)</sup>

## § 122.

**Einpolderungen.** Unter Polderanlagen versteht man niedrige, der Überflutung ausgesetzte Landflächen, die durch Deiche, Schöpfwerke und die zugehörigen Einrichtungen landwirtschaftlich nutzbar gemacht sind. Die Umschließung kann durch Winter- oder Sommerdeiche geschehen. Einpolderungen durch Winterdeiche sind erst dann am Platze, wenn die Niederung zur Einpolderung reif, d. h. durch den Einfluß jahrelanger Überflutungen und das damit verbundene Absetzen des Schlicks genügend in die Höhe gewachsen ist. Einpolderungen durch Sommerdeiche sind früher zulässig, sofern Maßnahmen getroffen werden, um das fruchtbare Winterhochwasser regelmäßig in die Niederung eintreten zu lassen.

An der Nordsee wird die *Polderreife* dadurch künstlich gefördert, daß man zur Ebbezeit auf dem Schlickwatt, sobald es betretbar ist, Gräben und niedrige Dämme (s. Fig. 481) — in Holland auch Flechtzäune und Faschinendämme — planmäßig so anlegt, daß das Flutwasser ungehindert eintreten und zur Ruhe kommen kann, der Abfluß des Ebbewassers dagegen verzögert wird (vergl. Teil I, S. 67, Fußnote 2). Auf diese Weise wird bei jeder Tide eine geringe Menge Schlick auf der Oberfläche des Wats

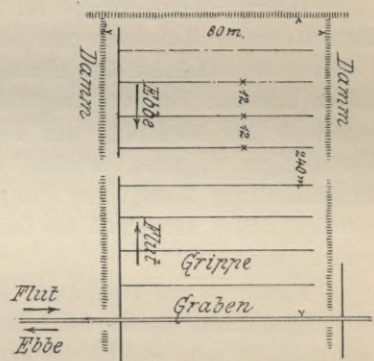


Fig. 481.

Förderung der Polderreife auf dem Watt.

und besonders in den Grippe und Gräben zurückgehalten. Die Grippe und Gräben werden alljährlich geräumt; der Abraum wird zur Er-

<sup>1)</sup> Mit derartigen Aufkadtungen aus Sandsäcken gelang es im Jahre 1881, den Rheindeich bei Ruhrort zu verteidigen.

höhung auf die Beete verteilt. So wird in Ostfriesland 2,5 bis 5 cm Höhe in jedem Jahre gewonnen, sodaß durchschnittlich nach 25 Jahren die Fluthöhe ungefähr erreicht ist. Es müssen aber demnächst noch ungefähr 25 Jahre vergehen, bis das Vorland mit 0,5 m über gewöhnlicher Fluthöhe eingepoldert werden kann. Ohne die künstliche Beförderung der Aufhöhung würde die doppelte Zeit bis zur Polderreife nötig sein.

Auch durch starke, aus Faschinen und Erde hergestellte Dämme sucht man an der Nordsee das Absetzen des Seeschlicks zu erreichen. Die an der Westküste von Schleswig befindlichen, dem Angriff der See stark ausgesetzten Halligen — d. s. niedrige, uneingedeichte kleine Inseln — werden gegenwärtig durch Dämme aus Faschinen, Erde und Pfählen (Schlengen) vor weiterem Verderben geschützt. Diese Dämme begünstigen die Verlandung der seichten, zwischen ihnen liegenden Wattflächen.<sup>1)</sup>

An den Flüssen pflegt man innerhalb des Hochwassergebiets durch Anlage von Schlickzäunen und Querdämmen für eine Ablagerung der Sinkstoffe an denjenigen Stellen Sorge zu tragen, an welchen Vertiefungen und andere Unregelmäßigkeiten vorhanden sind. Dadurch wird der Abfluß des Hochwassers begünstigt, die Polderreife befördert und die wirtschaftliche Ausnutzung des Vorlandes nach der Eindeichung erleichtert.

Die wichtigste Anlage bei Herstellung eines Polders ist der Deich. Es muß unter Belassung genügenden Vorlandes die Deichlinie nach dem Hochwasserquerschnitt des Flusses richtig gezogen und der Deich mit Boden aus dem Vorlande ausgeführt werden. Es ist nicht zu empfehlen, innerhalb der Niederung den Deichboden zu entnehmen, weil dadurch Vertiefungen entstehen würden, die nicht ausgefüllt werden und deren Trockenhaltung kostspielige Pumparbeit verursachen würde. Die Bodenentnahmestellen außerhalb des Deiches im Vorlande dagegen können später verschlickten.

Ferner ist ein Pumpwerk, sowie eine Auslafsschleuse und ein gutes Binnengrabennetz erforderlich (vergl. §§ 19—26). Die Binnengräben dürfen sich nicht zu sehr dem Deiche nähern, weil sie ihn sonst leicht gefährden und zu Durchquellungen von Drängewasser Veranlassung geben. Zur Abhaltung des fremden Höhenwassers sind Randgräben anzulegen.

Polderanlagen mit Sommerdeichen sind selten, solche mit Winterdeichen dagegen überall an größeren und kleineren Flüssen ausgeführt worden, besonders in der Nähe der Mündungen. So an der Weichsel, der Oder, der Elbe, der Weser, der Ems und dem Rhein. In Holland hat man durch Einpolderungen große Landflächen der See abgewonnen. Schon

<sup>1)</sup> Vor kurzem wurden derartige Dämme von der Hallig Oland einerseits nach dem Festlande auf 4,5 km, andererseits nach der Hallig Langenefs auf 3,5 km Länge ausgeführt.

im Anfange des 17. Jahrhunderts wurden nördlich von Amsterdam die vier Polder: Schermer, Beemster, Wormer und Purmer angelegt; in der Zeit von 1840 bis 1853 wurde die Trockenlegung des Haarlemer Meers ausgeführt; dann folgte i. J. 1875 die Trockenlegung des Ij (spr. Ei) und neuerdings plant man sogar eine teilweise Einpolderung der Zuider See.

### § 123.

**Gefahren der Winterpolder.** Bei den Poldern mit Winterdeichen wird eine vollkommene Trockenheit der Niederung erstrebt. Diese Polder zeigen in den ersten Jahren nach der Eindeichung stets vorzügliche Erträge. Der bisher der Überflutung ausgesetzte und landwirtschaftlich noch nicht genutzte Boden ist reich an Pflanzennährstoffen. Er bringt gute Ernten selbst ohne Düngung hervor.<sup>1)</sup>

Die leicht erungenen und blendenden Erfolge reizen zur Nachahmung. Es wird daher die Anlage von Winterpoldern noch heute von vielen Landwirten als die beste Art der Einpolderung angesehen.

Mit Unrecht, denn mit der Zeit ändern sich die Verhältnisse. Die Erträge lassen nach. Die Pflanzennährstoffe sind verbraucht, und die Düngung ist ebenso erforderlich, wie auf dem Höhenlande. Aber nicht genug hiermit, macht sich nunmehr der Nachteil des Kuver- und Drängewassers (s. § 11) bemerklich. Dem Kuverwasser kann durch Dichtung der Deiche bis zu einem gewissen Grade begegnet werden. Aber das Dränge- und Qualmwasser ist sehr gefährlich, es kann nicht zurückgehalten werden, und seine schädliche Wirkung nimmt von Jahr zu Jahr zu. Es kann wohl in Gräben gefangen und abgeleitet oder ausgepumpt werden, aber damit wird sein Auftreten nur gefördert. Es durchdringt den Boden von unten nach oben, laugt ihn aus, nimmt ihm die Nährstoffe und führt sie fort. Auch der Dünger wird in derselben Weise ausgelaugt und seiner Nährstoffe beraubt. Die Menge des Drängewassers nimmt stetig zu, denn die Wasserwege im Boden erweitern sich von Jahr zu Jahr und erleichtern dadurch das Eindringen des Grundwassers. Deshalb nehmen die Pumpkosten bei Winterpoldern mit den Jahren zu.<sup>2)</sup>

Zu diesen schwerwiegenden wirtschaftlichen Nachteilen der Winterpolder kommen die Gefahren, welche durch Brüche der Winterdeiche entstehen (vergl. § 120). Das Wasser wühlt tiefe Kolke in der Niederung neben und unter dem Deiche auf, vermischt sich mit dem Sande und Kies, der den Untergrund der Flusstäler gewöhnlich bildet, und überschüttet die fruchtbare Niederung mit diesen wertlosen Bodenarten, ausgedehnte

<sup>1)</sup> Im Mitteloderbruch hat man unmittelbar nach der Entwässerung drei Jahre hintereinander ohne Düngung Gerste bauen können.

<sup>2)</sup> Das Haarlemer Meer wurde anfänglich allein durch das Schöpfwerk von Cruquius entwässert, jetzt sind 4 Schöpfwerke hierzu erforderlich.

Kulturländereien ertraglos machend. Hinter dem Schutz der Winterdeiche haben die Landwirte sich nach langen glücklichen Jahren in Sicherheit gewöhnt und Wohnhäuser und Wirtschaftsgebäude in der Niederung selbst angelegt: durch das einbrechende Wasser wird das Vieh fortgetrieben, die Häuser werden zertrümmert, die Menschenleben gefährdet.

Derartige Deichbrüche sind leider oft genug entstanden: am Rhein z. B. im Jahre 1881, an der Weichsel und Elbe im Jahre 1888. Durch besondere Notstandsgesetze hat der Staat dem dadurch entstandenen Unglück abzuhelpen gesucht. Wiederholungen können durch die sicherste Bauart der Deiche nicht abgehalten werden. Denn die Deiche sind immer nur Menschenwerk, welches den Naturgewalten nicht zu allen Zeiten widerstehen kann. Erfahrungsmäßig treten Deichbrüche zu ungewöhnlichen Zeiten ein; im Binnenlande besonders dann, wenn der Wasserstand in den Flüssen durch Eisversetzungen zu ungewöhnlicher, vorher nie gekannter Höhe getrieben wurde, und gleichzeitig zufolge äußerer Einflüsse, wie Krieg od. dergl., die Deiche nicht sorgfältig genug unterhalten waren.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Holland selbst, in welchem die Polder so kühn gebaut werden, wie in keinem anderen Lande, bietet in dieser Hinsicht ein beklagenswertes, aber wenig bekanntes Beispiel. Südöstlich von Dortrecht, an der Mündung des Rheines, welcher dort die Namen Waal und Merwede führt, befand sich noch zu Anfang des 15. Jahrhunderts ein fruchtbarer, mehr als 43000 ha großer Polder: die *Groote Zuidhollandsche waard*. An einem einzigen Unglückstage ist dieser Polder vernichtet worden. Es war der 18. November 1421. Die Deiche waren vermutlich wegen der damals herrschenden inneren Kriege vernachlässigt. Eine heftige Sturmflut trat ein. Der südwestliche Teil des Deiches brach und liefs die Nordsee in die Niederung dringen. Bald darauf brach auch der Deich, der den Polder im Norden an der Waal begrenzte. Die Hochwasser des Rheins stürzten sich in die schon überflutete Niederung und verursachten hier eine so heftige Durchströmung, daß 72 Dörfer vernichtet, zum größten Teil wegrasiert und in die Nordsee getrieben wurden und mehr als 100000 Menschen ertranken.

Jetzt findet sich an der Stätte der alten Kultur ein weites, von zahlreichen größeren und kleineren Wasserläufen durchrissenes Land: der *Biesbosch*. Keine einzige menschliche Wohnstätte ist vorhanden. Aber unterhalb des Biesbosch breitet sich als Ergebnis jener Durchströmung eine mehr als 2000 m breite und ungewöhnlich tiefe Auskolkung aus: das holländische Diep.

Auch der *Jade*-Busen, der jetzt von stattlichen Kriegsschiffen befahren wird, war noch vor wenig Jahrhunderten ein fruchtbares, mit zahlreichen Kirchdörfern und Klöstern besetztes Land. Es ist in einer einzigen Nacht des Jahres 1570 von verheerenden Sturmfluten verschlungen worden. Anhaltende Westwinde hatten die Fluten des Ozeans in so gewaltigen Mengen in die Nordsee getrieben, daß die Deichkappe von der Springflut erreicht wurde. Der aufgeweichte Damm konnte die Gewalt der anstürmenden Eisquadern nicht ertragen; er gab nach, öffnete der Flut einen Weg und wurde in seiner ganzen Höhe und Breite weggerissen: das Land wurde zur See.



### § 124.

**Einlassen des Winterhochwassers in die Polder.** Die Mittel zur Milderung der Hochwassergefahren sind im Hoch- und Tieflande sehr verschieden. Im Hochland, dem Quellgebiet der Flüsse, muß das Wasser nach Möglichkeit zurückgehalten, sein Abfluß verlangsamt werden. Dazu dienen Sammelbecken, Stauweiher, Sickergräben, die Aufforstung aller Ödländereien, besonders der kahlen und steilen Gänge, ferner die Bepflanzung und Verbauung aller Wasserrisse und Wildbäche, auch planmäßige Grabenanlagen, bei denen das Wasser wirtschaftlich benutzt wird. Durch derartige Arbeiten in den Quellgebieten der Flüsse kann viel gewonnen werden. Ihre guten Wirkungen erstrecken sich auch auf das Tiefland, denn die hier auftretenden Hochwassergefahren sind abhängig von den Wassermengen, die aus dem Quellgebiet zuströmen. Im Tieflande sind andere Arbeiten erforderlich, die auf eine schnelle, ungehinderte und geregelte Weiterführung des Wassers bis zur See gerichtet sind: der Ausbau der Flüsse, ihre Regulierung zu Stromrinnen mit zunehmenden Tiefen und Breiten, die Befestigung der Ufer und nicht zum wenigsten die Arbeiten zur Förderung des Eisganges.

Durch alle diese Arbeiten wird die Hochwassergefahr gemildert, aber leider nicht vollkommen beseitigt. Unerwartete Naturereignisse können immer wieder zu Deichbrüchen führen. Wenn man sonach die Deichgefahr nicht mit voller Sicherheit beseitigen kann, so folgt, daß es wirtschaftlich richtig ist, mit ihr zu rechnen, die Flusnniederung derart umzugestalten, daß der Schaden eines Deichbruches so gering wie möglich wird. Eine solche Umgestaltung ist ausführbar. Sie kann sogar in der Weise geschehen, daß der Niederungsbewohner von der Überflutung Vorteil gewinnt.

Die gefährlichen Hochwasser treten im Winter und Frühjahr, also in der vegetationslosen Zeit auf. Die Hochwasser, welche der Sommer bringt, sind weniger gefährlich; sie sind nie mit Eisgang oder Eisversetzungen verbunden und erreichen nur selten die Höhe der Frühjahrschmelze (§ 117). Gegen derartige Wasser können die Deiche wohl geschützt werden. Eine Überflutung in der vegetationslosen Zeit ist aber Wiesen und Weiden nie schädlich, sondern nur nützlich.

Eine Minderung der Hochwassergefahren in den Flusnniederungen ist sonach dadurch zu erreichen, daß eine gänzliche Trockenhaltung der Niederung im Winter aufgegeben wird, die Winterdeiche in Sommerdeiche umgewandelt oder wenigstens als solche benutzt werden, die Ackerwirtschaft in den Flusnniederungen aufgehoben und ausschließlich Wiesen- oder Weidewirtschaft betrieben wird. Werden dann Vorrichtungen getroffen, um planmäßig das winterliche schlickreiche Hochwasser in die Niederung einzulassen und es rechtzeitig im Frühjahr dem landwirtschaftlichen Bedürfnis entsprechend zu beseitigen, so werden nicht allein die schädlichen

Folgen der Deichbrüche aufgehoben, sondern es werden auch dem Hochwasser der Flüsse Steigerungen der landwirtschaftlichen Erträge abgewonnen werden.<sup>1)</sup>

Die Vorteile des Verfahrens sind im einzelnen folgende:

a) Die Schlickteile, welche jeder Fluß in besonders reichem Maße bei Hochwasser mit sich führt, und die bei winterlicher Abdeichung ungenützt dem Meere zufließen, werden in dem Polder zurückgehalten und als Düngstoffe verwertet.

b) Durch das Absetzen dieser Schlickteile wird die eingedeichte Niederung allmählich erhöht. Sie wird der Versumpfung entzogen, welcher sie sonst dadurch ausgesetzt ist, daß nur die Vorländer zwischen Winterdeich und Fluß durch Aufnahme von Sinkstoffen zur Verlandung gelangen, die eingedeichte Niederung hiervon ausgeschlossen ist.

c) Weiter vermindert das eingelassene Flußwasser das Eindringen des schädlichen unfruchtbaren Qualmwassers, vermindert dadurch das Auslaugen des Bodens. Es ist hierzu ein vollkommener Ausgleich der Wasserstände binnen- und außenseits nicht erforderlich. Denn die Wasseradern, welche den durchlässigen Boden unterhalb des Deiches durchziehen, müssen diejenige Reibung überwinden, welche die Sand- und Erdkörperchen der Bewegung entgegenstellen. Diese Reibung unterstützt den vom eingelassenen Binnenwasser ausgeübten Gegendruck. Sie ist um so größer, je dichter das Gefüge ist und je feiner die Wasserzüge sind.

d) Das eingelassene Hochwasser trägt zur Verstärkung der Deiche bei. Es übt einen gleichmäßig über die Böschung verteilten Gegendruck von der Binnenseite aus, wirkt daher dem Druck des höheren Außenwassers entgegen, verhindert das Auftreten von Küberwasser, die Bildung von Wasseradern am Fuß des Deiches.

e) Das in die Niederung eingelassene Hochwasser nimmt den vor kommenden Deichbrüchen die verheerende Wirkung. Kommen bei schlecht gebauten Winterdeichen, hohem Außenwasser, Eisversetzung u. dergl. Brüche vor, so findet das in die Niederung stürzende Wasser ein Wasserpolster, welches die Gewalt des Sturzes bricht. Es findet ferner in der ausschließlich zur Grasnutzung angelegten Niederung eine feste Grasnarbe, die dem strömenden Wasser einen sicheren Widerstand entgegengesetzt. Das Aufwühlen tiefer Kolke, die in der losen Ackerkrume sich leicht

<sup>1)</sup> Näheres über diesen Gegenstand siehe: „Wie es hinter unsern Deichen aussehen müßte“ von Georg H. Gerson. Berlin 1889 bei A. Seydel. — „Das Einlassen von Winterhochwasser in die rechtsseitige Elbniederung zwischen Wittenberge und Dömitz“ von P. Gerhardt. Verlag von Paul Parey, Berlin 1891. — „Gutachten des preussischen Wasser-Ausschusses über die zur Vorbeugung gegen Hochwassergefahren empfehlenswerten Maßregeln“ (Zentralbl. d. Bau-Verw. 1898, S. 157).

bilden und mit dem unfruchtbaren Untergrundsand weite Flächen der Niederung verwüsten, wird verhütet. Während das Hochwasser in Acker-  
niederungen die Wintersaat vernichtet, die Erträge durch Auslaugen des  
Düngers schädigt, die Bestellung verzögert, verursacht das Hochwasser auf  
Grasniederungen nicht allein keinen Schaden, sondern wirkt vielmehr  
vorteilhaft durch Absetzen des Schlicks.

### § 125.

**Anlage von Sommerdeichpoldern.** Die Sommerdeichpolder unter-  
scheiden sich von den Winterpoldern dadurch, daß sie nicht wie diese  
während des ganzen Jahres trocken bleiben, sondern daß in der vegetations-  
losen Zeit das fruchtbare Winterhochwasser planmäßig eingelassen wird.  
Wenn vorhandene Winterpolder als Sommerdeichpolder benutzt werden  
sollen, so ist es nicht nötig, den Winterdeich abzutragen und zum Sommer-  
deich zu erniedrigen: es genügt, wenn in dem Winterdeich eine Einlaß-  
schleuse von genügend großer Weite angelegt wird. Dagegen müssen die  
etwa vorhandenen Wohnstätten für Menschen und Vieh entweder nach  
dem Höhenrande verlegt oder durch Umschließung mit *ringförmigen*  
*Deichen* gegen das eingelassene Winterwasser geschützt werden.

Das Wasser in der überfluteten Niederung stellt sich fast wagrecht.  
Wenn die Niederung sehr groß ist, so muß sie durch *Binnendeiche* in  
kleinere Polder zerlegt werden. Diese Deiche sind so anzulegen, daß  
jeder Polder an der höchsten Stelle mindestens 0,3 m Wassertiefe nach  
der Überflutung behält. Sie müssen für den Durchfluß des Wassers *Stau-*  
*schleusen* erhalten.

Ein gutes *Binnengrabennetz* zur schnellen und vollständigen Ent-  
wässerung der Niederung nach der Überflutung im Frühjahr ist wie bei  
jeder Niederung anzulegen. Es mündet wie bei einem Winterpolder in  
einer *Auslaßschleuse* mit *Schöpfwerk*.

Außer den genannten Einrichtungen sind aber bei Sommerpoldern  
unter Umständen Anlagen erforderlich, durch welche in trockenen Sommer-  
monaten eine *Durchfeuchtung* der Niederung geschehen kann. Es muß  
zwar bemerkt werden, daß bei den ausgeführten Sommerpoldern das  
Bedürfnis hierzu sich bisher noch nicht eingestellt hat. Die Niederungen,  
welche in der vegetationslosen Zeit monatelang unter Wasser standen, sind  
so vom Wasser durchzogen, daß sie einen trocknen Sommer viel besser  
ertragen können, als andere Grasflächen, die während des Winters  
trocken blieben. Stellt sich die sommerliche Anfeuchtung als wünschens-  
wert heraus, so wird dies nur bei den höchsten Kuppen nötig sein, sofern  
der Boden stark durchlässig ist. Und auch hier wird, da es sich nur um  
eine Anfeuchtung, also um einen geringen Wasserbedarf handelt (s. § 89),  
ein kleines Schöpfwerk genügen, das nach Bedarf aus einem Brunnen gespeist

werden kann. Solche Anlagen lassen sich nach Herstellung des Sommerpolders jederzeit später einrichten. Verfasser empfiehlt daher, sie erst dann zur Ausführung zu bringen, wenn das Bedürfnis sich einstellt.

Die Sommerpolder finden in Deutschland mehr und mehr Anerkennung. Auf Befürwortung des preussischen Landes-Ökonomie-Kollegiums wird die Erbauung von Sommerpoldern durch das Ministerium für Landwirtschaft staatlich unterstützt. Besonders im Flußgebiet der Oder, an der unteren Oder bei Schwedt und im Oderbruch zwischen Freienwalde und Oderberg sind Sommerpolder teils fertig hergestellt, teils in der Ausführung begriffen.

### § 126.

**Benutzung des Winterwassers in Sommerdeichpoldern.** Das in die Niederung eingelassene fruchtbare Winterwasser wird entweder nach den Grundsätzen der gewöhnlichen *Überstauung* (§ 101) oder der *Stauberieselung* (§ 102) benutzt. In beiden Fällen findet die Füllung des durch die Binnendeiche in mehrere Teile zerlegten Polders von unten nach oben statt. Während aber bei der gewöhnlichen Überstauung die Auslafschleuse und die in den Binnendeichen liegenden Stauschleusen nach und nach geschlossen werden, je nachdem die einzelnen Teile des Polders bis zur Normalhöhe mit Wasser gefüllt wurden, wird bei dem Betrieb der Stauberieselung die Auslafschleuse so weit geöffnet, daß ein gleichmäßiger Durchfluß des Wassers stattfindet. Bei jedem Binnendeich tritt alsdann das Wasser durch Überfälle in den nächsten Polderteil. An der Einlafschleuse ist der Zufluß nach dem Wasserstande des Flusses zu regulieren.

Bei dem Betriebe in gewöhnlicher Überstauung kann man die Schlickgewinnung dadurch vermehren, daß man in einem Winter die Polder nicht nur einmal, sondern zwei-, unter Umständen auch dreimal nacheinander mit Wasser füllt und entleert. Sehr oft tritt nämlich schon im November oder Dezember hohes Herbstwasser ein, welches imstande ist, die Polder zu füllen. Demnächst ein tiefer Wasserstand, der die Entleerung ermöglicht. Alsdann kommen mitunter im Dezember oder Januar nach warmen Tagen so große Wassermengen zum Abfluß, daß der Wasserstand im Fluß hoch genug steigt, um die Polder zur Überflutung zu bringen, und später ein niedriger Wasserstand für die Entleerung. Endlich folgt die Frühjahrsauswässerung im März oder April. Diese bringt die höchsten Wasserstände und die dritte Überflutung des Polders.

In weniger wasserreichen Wintern ist nur auf die Füllung durch das Herbst- und Frühjahrswasser zu rechnen. Aber selbst in den wasserärmsten Wintern ist bei genügend weiter und tiefer Einlafschleuse eine einmalige Füllung des Polders stets ausführbar. Sie erfolgt gewöhnlich durch das Frühjahrswasser, mitunter auch durch das Herbstwasser.

## § 127.

**Berechnung der Bauwerke bei Sommerdeichpoldern.** Die *Einlafsschleuse* muß weit und tief genug erbaut sein, um die zur Überflutung nötigen sehr großen Wassermengen in den wenigen Tagen einzulassen, die in dem wasserärmsten Winter mit ausreichend hohen Wasserständen nur zur Verfügung stehen. Dieser wasserärmste Winter ist nach den Tabellen des nächst benachbarten Pegels zu ermitteln. Gewöhnlich ist es derjenige Winter, in dem das Hochwasser den niedrigsten Stand gehabt hatte. Mitunter kann aber auch der Winter mit dem nächst höheren Wasserstande maßgebend sein, dann nämlich, wenn die Zahl der Tage mit genügend hohem Wasserstande für die Benutzung der Einlafsschleuse in diesem Winter ungewöhnlich klein war, sodaß es schwer ward, die großen Wassermengen rechtzeitig einzulassen. Nach den wirklich vorgekommenen Wasserständen des hiernach ermittelten wasserärmsten Winters, deren Höhe an der Baustelle für die Einlafsschleuse aus den Pegelablesungen und dem Gefälle des Flusses berechnet wird, ist die Breite und Sohlentiefe der Einlafsschleuse zu ermitteln. Durch Versuchsrechnungen kann die Breite und Tiefenlage festgestellt werden, welche nötig ist, um die zur Normalfüllung der Polder erforderliche Wassermenge zum Durchfluß kommen zu lassen, wenn die Verhältnisse des wasserärmsten Winters sich wieder einstellen sollten.

Die Einlafsschleuse kann aus mehreren einzelnen Öffnungen bestehen. Jede dieser Öffnungen muß so eingerichtet sein, daß das Wasser nur in dünner Schicht von 0,8 bis 1 m Stärke der Oberfläche des Flusses entnommen wird. Denn die Flüsse führen in den tieferen Schichten vornehmlich Sand und Kies, in den oberen vornehmlich Schlick. Es kommt darauf an, den fruchtbaren Schlick und nicht den Sand zu gewinnen.

Die Größe der *Auslafsschleuse* ist nach den Pegeltabellen desjenigen Jahres zu bestimmen, in dem bei der natürlichen Entwässerung des Polders das schnellste Fallen im Außenwasser eintrat. Es muß die Schleuse weit und tief genug sein, um bei dem vorteilhaften Fallen des Flußwassers auch das Binnenwasser gleich schnell sich senken zu lassen.

Die Stärke der *Schöpfwerke* muß ermittelt werden nach den Jahren der stärksten Beanspruchung, d. h. nach denjenigen Jahren, in denen das Frühjahrshochwasser sehr spät eintritt, doch aber ein früher Anfang der Vegetation zu erwarten ist. In solchen Jahren stehen nur wenig Schöpfwerkstage zur Verfügung. Es wird daher die Maschine sehr stark beansprucht. Auch hier dienen die Pegeltabellen zur Ermittlung der in Frage kommenden Jahre. Nach der Höhe des Sommerdeiches wird für jedes Jahr der Tag bestimmt, an dem der Betrieb des Pumpwerks begonnen hätte, wenn der Polder schon angelegt gewesen wäre. Aus den unschwer

zu beschaffenden Aufzeichnungen der Temperatur des jeweiligen Frühjahrs kann ein Schluss gezogen werden auf den Beginn der Vegetation und damit auf die Zahl von Tagen, die in jenem Jahre für das Schöpfwerk zur Verfügung gestanden hätte. Unter den Jahren starken Schöpfwerksbetriebes ist dasjenige maßgebend für die Kraft des Schöpfwerkes, in welchem die Beanspruchung am stärksten gewesen wäre.

Man kann die Zahl der Schöpfwerkstage vermehren und damit die Möglichkeit gewinnen, mit einer Maschine von weniger Pferdestärken auszukommen, wenn man den Sommerdeich erhöht. Denn dann ist das Anlassen der Maschine um einige Tage früher möglich, während die Zeit für die Beendigung des Maschinenbetriebes, der Beginn der Vegetation, unverändert bleibt. Die Betriebszeit wird daher größer, die erforderliche Kraft geringer, während es dennoch gelingt, die Niederung an demselben Tage vom Wasser zu befreien. Die Höhe des Sommerdeiches steht sonach in Beziehung zur Stärke der Maschine. Je höher der Deich ist, je mehr Kosten man für seine Anlage aufgewendet hat, um so schwächer darf das Schöpfwerk sein; und umgekehrt, bei niedrigem Deich ist ein um so stärkeres Schöpfwerk erforderlich. Es muß daher nach Ermittlung der Schöpfwerkstärke aus dem Jahre der schwierigsten Entwässerung noch untersucht werden, ob es vorteilhaft ist, die Deichkrone um ein geringes Maß zu erhöhen, und dafür an Anlage- und Betriebskosten für das Schöpfwerk zu sparen.

Bei der Berechnung des Binnengrabenetzes bietet der *Hauptbinnen-graben* besondere Schwierigkeiten. Um ihn zu entwerfen und zu berechnen, ist der obere Teil unterhalb der Einlaßschleuse zu unterscheiden von dem unteren Teile oberhalb der Auslaßschleuse. Der obere Teil dient als Zuleitungsgraben. Er ist nach der Höhenlage des Außenwassers und der Wasserführung in dem wasserärmsten Winter zu berechnen, der für die Einlaßschleuse maßgebend war. Der untere Teil ist ausschließlich Entwässerungsgraben. Er muß sich nach der für die Auslaßschleuse und das Schöpfwerk nötigen Wasserzuführung richten. Es kann vorkommen, daß der obere Teil breiter und tiefer unter Gelände ausgehoben werden muß, als der untere.

---

## Literatur zum V. Abschnitt.

(Vergl. auch Literatur zu den Abschnitten III und IV,  
sowie die Hinweise in den Fußnoten.)

- Akademie des Bauwesens, Das Einlassen von Winterhochwasser in die Reipzig-Schwetiger Niederung. Gutachten. Zentralblatt d. Bauverw. 1894, S. 105.
- Barral, J. A., Les irrigations dans le département des Bouches du Rhône. Paris 1876.
- van Bebber, Lehrbuch der Meteorologie. Stuttgart 1890.
- Berg, Die Entwässerung des Blocklandes im Gebiete der freien Hansestadt Bremen. Hannover 1864.
- Börnstein, R., Leitfaden der Wetterkunde. Braunschweig 1901.
- Braasch, Dr. A., Die Petersen'sche Wiesenbaumethode. Leipzig 1879.
- Brückner, E., Klimaschwankungen seit 1870 u. s. w. Wien und Olmütz 1890. (Pencks Geogr. Abhandl. Bd. IV.)
- Buckley, R. B., The irrigation works of India and their financial results. London 1880.
- Dankwerts, Matz und Hagens, Die Eindeichung und Entwässerung des Memeldeltas. In d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1902, S. 35.
- Dannemann, Die Melioration des Warthebruches. Berlin 1866.
- Delius, Die Kultur der Wiesen und Grasweiden. Halle 1874.
- Dünkelberg, Dr. F. W., Landwirtschaftliche Betriebslehre. Braunschweig 1889.
- Der Kultur-Ingenieur. Vierteljahrsschrift. Braunschweig 1868 bis 1871.
- Kulturtechnische Reiseskizzen aus Ober-Italien. In den Landw. Jahrb. 1881.
- Encyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik. Braunschweig 1883.
- Der Wiesenbau in seinen landwirtschaftl. u. technischen Grundzügen. 3. Aufl. Braunschweig 1894.
- Duponchel, Théorie des alluvions artificielles. Fertilisation des Landes. Paris 1882.
- Eyth, M., Das Wasser im alten und neuen Ägypten. Votr. entn. d. „Nachrichten a. d. Klub d. Landwirte zu Berlin“. Berlin 1891.
- Fecht, H., Das Meliorationswesen in Elsafts-Lothringen. Erweiterter Sond.-Abdr. a. d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1899.
- Flynn, P. J., Irrigation Canals and other Irrigation Works. San Francisco 1892.
- Fragstein v. Niemsdorff, F., Die Entwässerung der Linkuhnen-Seckenburger Niederung in der Prov. Ostpreußen. Sond.-Abdr. a. d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1889.
- Fraissinet, G., Landwirtschaftliche Meliorationen und Wasserwirtschaft. Dresden 1890.

- Fries, Dr. C. F. E., und Dünkelberg, Dr. F. W., Lehrbuch des Wiesenbaues. 2. Aufl. Braunschweig 1866.
- Fuchs, Dr. E., Der Petersen'sche Wiesenbau. Berlin 1885.
- Garbe, H., Die Deiche. Im Handb. d. Ing.-Wissensch. III. Bd. Leipzig 1900.
- Kgl. General-Kommission f. d. Prov. Schlesien, Anweisung f. d. Aufstellung und Ausführung von Drainage-Entwürfen. 3. Aufl. Berlin 1899.
- Gerhardt, P., Die Entwässerung des Mittel- und Niederoderbruchs. Berlin 1891.
- Melioration des Oderbruchs. Berlin 1892.
- Kreislauf des Wassers, Grundwasser und Quellen. Im Handb. d. Ingenieur-Wissenschaften. III. Bd. Leipzig 1892.
- Uferdeckungen durch Binsen, Rohr, Schilf und Weiden. In d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1897, S. 453.
- Gerson, G. H., Flufsregulierung und Niederungs-Landwirtschaft. In d. Landwirtschaftl. Jahrbüchern. Berlin 1893, S. 229.
- Über die Landwirtschaft und die Verbesserung der Wasserstandsverhältnisse des oberen und unteren Spreewaldes. Berlin 1898, Klub der Landwirte.
- Graf, E., Die Deichschau am Niederrhein. Berlin 1899.
- Gravenstein und Dorp, Entwässerungsprojekt für die Niederung Calcar-Nymwegen. Düsseldorf 1883.
- Haffer, Die Melioration der Tuchel'schen Heide. Berlin 1857.
- Hagen, G., Die Trockenlegung des Fucino-Sees. Auszug aus dem 1876 in Rom von A. Brisse und L. de Rotron herausgegebenen Werke: Desséchement du lac Fucino. Halle 1879.
- L., Die Trockenlegung des Haarlemer Meeres. Sonderabdruck a. d. Zeitschr. f. Bauwesen. Berlin 1860.
- Hefs, A., Die Entwässerung des Wietzebruchs und die Bewässerung durch Leinwasser. Im Kultur-Ingenieur. Braunschweig 1869, S. 1.
- Die Meliorationsanlagen in der Feldmark Langlingen. Im Kultur-Ingenieur. Braunschweig 1869, S. 263.
- Die Melioration der Alpe-Niederung. Hannover 1871.
- Die Bewässerungsanlagen Ober-Italiens. Erweiterter Abdruck a. d. Ztschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover. Hannover 1873.
- Die Bewässerungsanlagen im südlichen Teile der Landdrostei Lüneburg, insbesondere die Müden-Nienhöfer Melioration. Hannover 1883.
- Wasserverluste bei Bewässerungen. In der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 165.
- Gutachten betreffend die Melioration der in den Ämtern Bruchhausen, Syke und Thedinghausen belegenen Niederungen. Hannover 1885.
- Fortschritte im Meliorationswesen. Leipzig 1892.
- Meliorationen (Landwirtschaftliche Verbesserungen). Im Handb. d. Ingenieur-Wissenschaften. III. Bd. Leipzig 1897.
- Heuschmid, Landesmelioration, Moorkultur, Arrondierung und Spüljauchenbesieslung. Reisebericht. München 1880.
- Hollenberg, A., Die neueren Windräder, die sogenannten amerikanischen Windmühlen, speziell die Halladay-Windräder. Mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung für Ent- und Bewässerung. Leipzig 1885.



- John, Dr. E., Zeitschrift für die deutsche Drainierung. Berlin 1852 bis 1857.
- Keller, H., Entsempfung der Niederungen in Ober-Italien. In der Zeitschr. für Bauwesen 1887, S. 578.
- Auflandungsanlagen in Italien. Im Zentralblatt der Bauverwaltung. Berlin 1893, S. 528.
- v. d. Knesebeck und Klehmet, Die Melioration der Niederungen der Notte und ihrer Zuflüsse. Berlin 1865.
- Kolkwitz, R., und Marfson, M., Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitteil. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung etc. Heft 1. Berlin 1902.
- Krüger, Die Besiedelung der ostfriesischen Domänen-Moore. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 346.
- Lentz, Die Melioration des Unstruttales von Heldringen bis Bebra. Halle 1867.
- Marcard, E., Über die Kanalisierung der Hochmoore im mittleren Emsgebiete. Osnabrück 1871.
- Markus, Ed., Das landwirtschaftliche Meliorationswesen Italiens. Wien 1881.
- v. Massenbach, Frhr., Praktische Anleitung zur Rimpau'schen Moordammkultur. Berlin 1887.
- Mattern, E., Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft. Berlin 1902.
- Merl, F., Neue Theorie der Bodenentwässerung. Ansbach (Bayern) 1890.
- Meyn, Dr. F., Grundzüge des Wiesenbaus und der Drainage. Heidelberg 1880.
- Michaelis, K., Beschreibung von Wasserbauanlagen in Irland für Entwässerung, Binnenschifffahrt, Nutzbarmachung von Wasserkraft u. s. w. Berlin 1866.
- v. Münstermann, Denkschrift zu dem Entwürfe für die Regulierung der Bartsch, Horle und Massel, sowie für die Be- und Entwässerungen der Niederungen in den Kreisen Militsch, Wohlau, Guhrau und Kröben der Provinzen Schlesien und Posen. Breslau 1887.
- Patzig, Der praktische Rieselwirt. 4. Aufl. Wittenberg 1862.
- Perels, Dr. E., Abhandlungen über Kulturtechnik. Jena 1889.
- Handbuch des landwirtschaftlichen Wasserbaues. 2. Aufl. Berlin 1884.
- Post, Über die verschiedenen Arten von Dampfschöpfwerken zur Entwässerung von Niederungen. In d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1894, S. 267.
- v. Raumer, Das Petersen'sche Be- und Entwässerungssystem. Berlin 1870.
- Rheinhard, Anleitung für die Pflege der Bewässerungswiesen. In d. Zeitschr. f. Baukunde 1883, S. 355.
- Rufs, Das Deichwesen an der unteren Elbe. Berlin 1870.
- v. Saint-Paul, Über Wiesen-Melioration und Kompost-Bereitung. 3. Aufl. Königsberg 1870.
- v. Samson-Himmelstjerna H., Die Wasserwirtschaft als Voraussetzung und Bedingung für Kultur und Friede. Neudamm 1903.
- Scheck, R., Faschinenbauten. Berlin 1885.
- Schickert, Wasserwege und Deichwesen in der Memelniederung. Königsberg i. Pr. 1901.
- Schlichting, Die Deiche am Niederrhein. Zeitschr. f. Bauwesen 1883, S. 283.
- v. Seelhorst, Dr. C., Acker- und Wiesenbau auf Moorboden. Berlin 1892.
- Stockmayer, K., Die Behandlung und Pflege der Wiesen. Leipzig 1888.

- Toussaint, F. W., Anleitung zum rationellen Grasbau mit spezieller Berücksichtigung der Petersen'schen Kulturmethode. Breslau 1870.
- Die Bodenkultur und das Wasser. Breslau 1872.
- Technische und administrative Instruktionen über Einleitung, Ausführung und Unterhaltung landwirtschaftlicher Ent- und Bewässerungsanlagen. Metz 1875.
- Die Wiese, deren Technik, Pflege und ökonomische Bedeutung. Breslau 1885.
- Treuding, F. A., Über Ent- und Bewässerung der Ländereien. Hannover 1866.
- Turrentin, C., Die Petersen'sche Wiesenbaumethode und deren Resultate. Schleswig 1869.
- Verwaltung des Landeskulturfonds. Das Meliorationsgebiet im Tale der oberen Hunte von Dötlingen abwärts bis Oldenburg. Oldenburg 1889.
- Vincent, L., Der rationelle Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis. 5. Aufl. Leipzig 1870.
- Über den Nutzen der Be- und Entwässerung mit Bezug auf das Bremische Gebiet. Bremen 1871.
- Die Drainage, deren Theorie und Praxis. Gekrönte Preisschrift. 6. Aufl. Bearbeitet von G. Abel und O. Vincent. Leipzig 1882.
- Bewässerung und Entwässerung der Äcker und Wiesen. (Thaer-Bibl.) 4. Aufl. Berlin 1899.
- Wurffbain, Nachrichten über Landes-Meliorationen, insbesondere über die Melioration der Boker Heide in der Provinz Westfalen durch Ent- und Bewässerung. Berlin 1856.
- Zajiček, Der Landwirt als Kulturingenieur. (Thaer-Bibl.) 2. Aufl. Berlin 1902.
- Ziegler, P., Der Talsperrenbau. Berlin 1900.

## Sechster Abschnitt.

### Tracieren.

#### EIN BEISPIEL ALS EINLEITUNG.

##### § 1.

**Entwerfen eines Weges auf Grund eines fertigen Lageplanes mit Niveaukurven.** Auf dem Lageplan (Fig. 483 auf S. 454) ist bei A ein neu eröffneter Steinbruch eingetragen, welcher die Steine zu mehreren

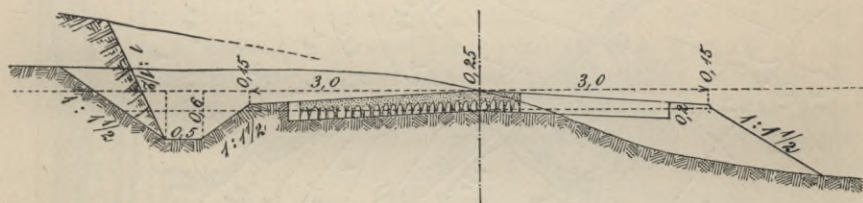


Fig. 482.

Brückenbauten im Flusstal liefern soll. Es handelt sich um eine Verbindung des Steinbruches mit der Chaussee, welche das Tal durchzieht und zur Weiterbeförderung der Steine dient. Außerdem um einen Lagerplatz für Hausteine neben der Chaussee (bei F). Nach Lage der Dinge hat man sich vorerst zu einem guten Fahrweg für das landesübliche Pferdefuhrwerk entschlossen, mit Steigungen nicht über 1:20 und dem Normalprofil der Fig. 482. Die befestigte Fahrbahn nimmt (starke Wegkrümmungen ausgenommen) nur die Hälfte der Wegbreite ein, da die leer aufwärts gehenden Wagen auf die unbefestigte Bahn (den Sommerweg) ausweichen sollen.<sup>1)</sup> In Aussicht auf Erweiterung des Betriebs ist die spätere Anlage einer schmalspurigen Feldbahn auf dem Wege vorgesehen.

<sup>1)</sup> Die punktierte wagrechte *Ausgleichungslinie* in Fig. 482 liegt 0,22 m unter dem höchsten Punkte der Fahrbahn und gilt für nur *einen* Seitengraben und für den Aushub zur Befestigung der *halben* Wegbreite, wie die Figur es darstellt.



$A$  ist als ein Punkt der Sohle des Steinbruchs, d. h. der untersten, zum Lagern und Aufladen der Werksteine dienenden Terrasse, mit Kote 170 eher einige Meter zu hoch als zu tief ausgewählt. Denn baut man später tiefer ab, so kann dadurch die Steigung des oberen Wegendes nur günstiger werden. Da die Chaussee ungefähr auf Kote 117,5 trifft, so muß der Weg im ganzen  $170 - 117,5 = 52,5$  m fallen und mindestens  $20 \cdot 52,5 = 1050$  m lang werden. Versuche, mit dem stärksten zulässigen Gefälle (Zirkelöffnung 100 m) abwärts zu gehen, stoßen jedoch alsbald auf Hindernisse. Sowohl der Zug  $AB$  wie auch  $AC$  geraten auf den felsigen Abhang,  $AC$  zudem in wertvolle Weinberge. Wir müssen daher die Bergspitze auf dem Zuge  $AD$  nördlich umgehen, für den wir eine sanft fallende Linie aus Geraden und Kreisbogen bilden. Von  $D$  nach  $E$  geht es auf der Linie der umringelten Punkte mit dem größtzulässigen Gefälle abwärts. Aber der schieflich dafür eingelegte, aus Geraden und Kreisbogen gebildete Zug mildert auch noch dies Gefälle, zur Schonung der Pferde sowohl als auch des Weges selbst. Die Weglänge ist nun freilich auf 1800 m gewachsen.

Selbst wenn wir von  $A$  aus die Bergspitze südlich umgehen könnten, würden wir wohl tun, zunächst mit geringem Gefälle über das Plateau und den Sattel hinweg  $D$  zu erreichen. Denn auf dem Zuge  $AB$  ist eine starke Holzbrücke, auf  $AD$  sind aber nur 1 bis 2 leichte Durchlässe (in unserm Entwurf nur einer) zu bauen. Die Entscheidung darüber kann nötigenfalls durch einen vergleichenden Kostenanschlag für beide Wegzüge erleichtert werden.

Ist somit die Leitlinie des Weges, mit aller Rücksicht auf ihr Gefälle, der Situation nach festgelegt, so handelt es sich um Feststellung ihres Längenprofils in möglichster Anschmiegun an das Gelände. Zu dem Ende wird das Geländeprofil, dem Zuge  $FDA$  folgend, aus der Karte entnommen und gemäß Fig. 484 (S. 456) aufgetragen, die Leitlinie dann so eingezeichnet, daß sie nicht zu oft gebrochen erscheint, dennoch aber nur geringe Auf- und Abträge vorkommen. Über die Wasserrinnen, deren Einschnittstiefe in das Gelände aus unsrer Karte freilich nicht hervorgeht, muß die Leitlinie in geeigneter Höhe hinwegstreichen. Den vorkommenden Gefällverhältnissen runde Werte zu geben, ist nicht notwendig.

Im allgemeinen wird bei unserm Entwurf die Fahrbahn auf der Bergseite von einem Graben begleitet sein, dessen Sohle der Leitlinie parallel laufen wird, da letztere durchweg genügendes Gefälle hat. Die Grabensohle kann im Längenprofil jedoch vorerst nur in Bleistift eingetragen werden, weil sich erst aus den Querprofilen die Stellen genauer ergeben, wo der Graben etwa tiefer einzuschneiden oder in das nächste natürliche Gewässer einzuleiten ist. Auch dürfte sich gerade in unserm

Entwurf die Zusammenleitung zweier natürlichen Wasserrinnen durch den Weggraben bis zum gemeinsamen Durchlaß empfehlen.

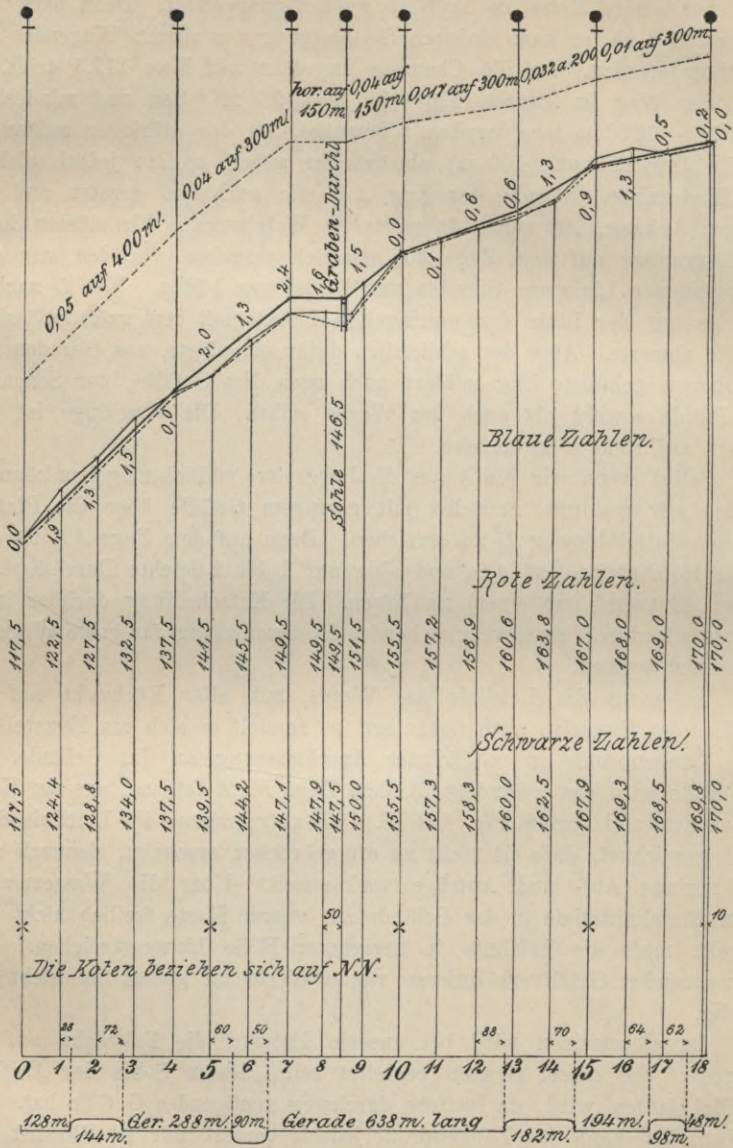


Fig. 484.

Die Leitlinie FDA des Weges ist der Übersicht halber von F aus „stationiert“, d. h. in Strecken von je 100 m wagrechter Länge zerlegt

worden. Weiter zu gehen, etwa bis zu Strecken von nur 50 m Länge, bringt hier keinen Gewinn. Die Höhenlage aller eingeschalteten Punkte kann doch nur aus dem Plan durch Interpolation entnommen werden; eine Verdichtung der Punkte macht daher das Längenprofil nur weniger übersichtlich, aber nicht der Natur entsprechender. Einigermassen zuverlässige Koten können nur den Punkten der Niveaukurven zugesprochen werden, da die unmittelbar aufgenommenen Geländepunkte, aus welchen jene Kurven entwickelt wurden, in unserm Plane fehlen. Dennoch sind für fast alle „Stationspunkte“ die Koten durch Konstruktion besonderer

Verbindungslinien zwischen den zunächst gelegenen Kurven eigens ermittelt und in das Längenprofil eingetragen worden, während daselbst die Geländepunkte, welche auf Niveaukurven liegen, wieder gelöscht wurden, weil der Augenschein die Berechtigung dazu ergab.

Die *Querprofile* des Geländes sind der Karte zwar leicht zu entnehmen, jedoch nur mit geringer Sicherheit,

sowohl in Rücksicht auf die Koten der einzelnen entnommenen Geländepunkte, als auch auf die Zulässigkeit ihrer geradlinigen Verbindung. In Fig. 485 ist nur eine kleine Anzahl charakteristischer Profile in 1:300 gezeichnet.<sup>1)</sup> Nach ihnen ist die Situation des Weges in unserm Plan durch Eintrag der Fahrbahn und der Böschungsschnittlinie vervollständigt. Die Schnittlinien von Dammböschungen sind im Plane punktiert.

Wie man sieht, geben die punktierten Verbindungslinien in Fig. 485 ein vollständiges Bild (und zwar bei der gewählten Reihenfolge der Profile ein Spiegelbild) des Weges im Grundriß, unter der Voraussetzung, daß

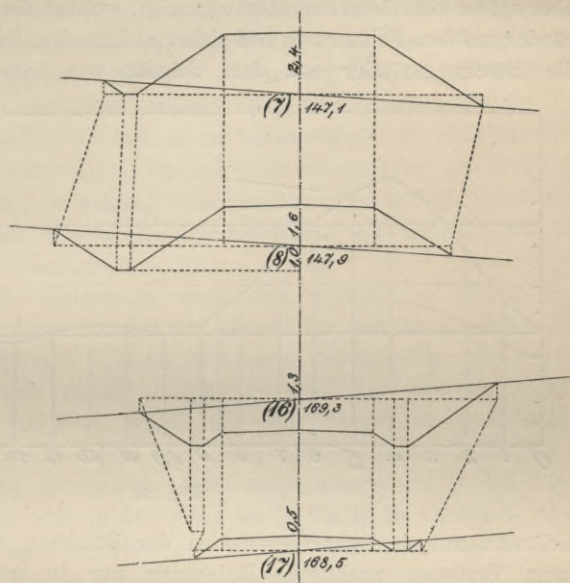


Fig. 485.

<sup>1)</sup> Man bediene sich für den Eintrag der Bauprofile zweckmäßig eingerichteter Schablonen aus Karton oder besser aus Gelatine

die Leitlinie durch Abwicklung in eine Vertikalebene ausgestreckt, und dafs das Gelände von Querprofil zu Querprofil nunmehr durch geradlinige Flächen wiederzugeben sei. Aus diesem Grundrifs läfst sich die Wegbreite an jeder Stelle entnehmen und in den wirklichen Lageplan übertragen. Durch Verbindung der entsprechenden Punkte wird der Böschungsrand der Einschnitte und der Aufträge für die *Zeichnung* aufs bequemste und mit *der* Konstruktionsschärfe gefunden, welche den vorhandenen Messungsgrundlagen entspricht. Zum Eintrag in die Natur reichen diese Grundlagen und darum auch dies Verfahren fast niemals aus. Es wird aber später ein Absteckverfahren gezeigt, welches die wirklichen Böschungsränder auf dem Felde rasch und sicher aufzusuchen lehrt. — Dem Verfahren, die Böschungsränder aus dem Schnitt von Niveaurkurven, denen des

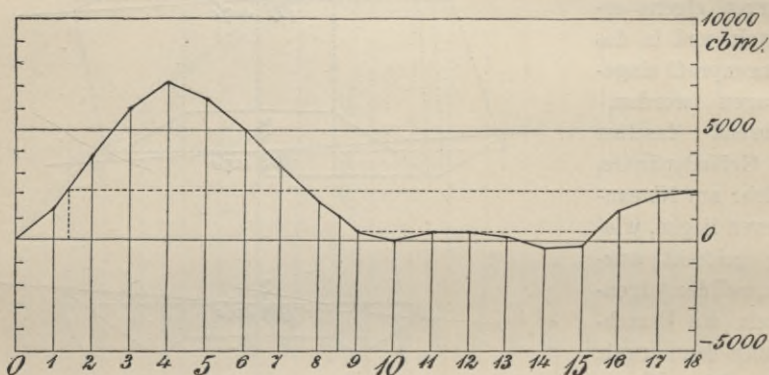


Fig. 486.

Geländes mit den gleichbezeichneten der Böschung selber, zu entwickeln, kann Verfasser praktische Bedeutung nur in seltenen Ausnahmefällen (bei hohen Böschungskegeln auf steilem Ufer zum Beispiel) zuerkennen. Vollends wenn die Niveaurkurven des Geländes erst aus den Querprofilen zu entwerfen wären, würde das umständlichere Verfahren zugleich das minder genaue sein.

Da die Mehrzahl unserer Wegprofile im Auf- und Abtrage liegt, außerdem das Gelände der Quere nach mitunter stark geneigt ist, so kann ein Flächenmaßstab, der den Querprofilinhalt als Funktion der Höhe der Wegkrone über (oder unter) Gelände allgemein darstellt, nicht wohl benutzt werden, man muß vielmehr die Inhalte planimetrisch ermitteln. Hiernach ist die Massenberechnung und das Massennivellement ausgeführt. Letzteres (Fig. 486) zeigt keine völlige Ausgleichung des Auf- und Abtrages. Sie ließe sich durch geringe Veränderung des Profils der Leitlinie weiter treiben, wäre nicht ein Überschufs von Abtrag für Auffüllung des Lagerplatzes bei *F* erforderlich.



## § 2.

**Entwerfen ohne Karte.** Der Besitz eines Lageplanes mit Niveaukurven setzte uns instand, gleich von vornherein *mehrere* Lösungen unsrer Aufgabe ins Auge zu fassen. Einige davon verliesen wir sogleich wieder, andere aber hätten wir bis zur Aufstellung eines Kostenanschlages verfolgen und zur Auswahl des besten Entwurfes miteinander vergleichen können. Darin liegt der Hauptgewinn, den wir aus fertigen Niveaukurvenplänen ziehen können, und je weiter sich ein Bauentwurf auszudehnen hat, desto wichtiger werden solche Pläne. Für den ersten Entwurf einer Sekundärbahn, einer Landstrafse, eines Kanals oder einer Talsperre geben schon die Mefstischblätter der Landesaufnahme, ungeachtet ihres kleinen Mafsstabes 1:25000, eine sehr erwünschte Grundlage. Und wo eine solche noch nicht vorhanden ist oder nicht ausreichend erscheint, da wird man nicht verfehlen, sie sich selbst herzustellen. So wird für den Bebauungsplan eines Stadtgebietes, für den Entwurf des Weg- und Graben-netzes einer Gemarkung, in welcher Zusammenlegungen und Meliorationen der Güter vorgenommen werden, ein Übersichtsplan mit Niveaukurven in 1:10000 oder 1:5000 von großem Nutzen werden.

Aber man würde fehlgreifen, wenn man glaubte, auf Grund von Karten allein einen ganzen Bauentwurf ausarbeiten und dann sorglos ins Feld übertragen zu dürfen. Vollends in unserm Beispiel (Fig. 483) würde man auf Schwierigkeiten genug stoßen. Sogleich das Übertragen der Leitlinie *FDA* auf das Feld würde bei dem Mangel an genügenden *Bestimmungs-* oder *Stützpunkten* höchst ungenau ausfallen. Unter Stützpunkten sind dauerhaft vermarkte, scharf aufgemessene und in den Plan übertragene Punkte in oder in der Nähe der Leitlinie zu verstehen, wie etwa die Brechpunkte eines Polygonzuges, der beim Aufnehmen des Geländes und somit auch beim Kartieren als Messungsgrundlage gedient hat. Aber abgesehen von den Stützpunkten fehlt unserm Plan auch jede Bürgschaft für die Richtigkeit seiner Höhenangaben, sowohl in Hinsicht der Bestimmungsweise der einzelnen Geländepunkte und ihrer Koten, als auch in Hinsicht der Ableitung der Niveaukurven aus ihnen. Und selbst wenn die Karte nach diesen beiden Richtungen allen billigen Anforderungen entspräche, so würden die Unterschiede zwischen Natur und Abbild immer noch groß genug sein, uns zu veranlassen, daß wir unsern papiernen Entwurf auf dem Felde selbst prüfen und, wenn nötig, verbessern.

Wirklich können beim Übertragen von Entwürfen, die nur auf dem Plan entstanden sind, große Fehler zutage kommen. Man glaubte z. B. einem Bergabhang entlang die Leitlinie des Planes dem Gelände dicht anzuschmiegen, sodafs der Weg durchaus im *Anschnitt* läge und Auf- und Abtrag sich im Querprofil ausglich. Statt dessen ist in der Natur die abgesteckte Leitlinie hier ins Tal, dort in den Berg hineingerückt,

verlangt hier einen Damm, dort einen Einschnitt, also große und nutzlose Erdbewegungen. Wenn nun gar ein Kanal, ein Zuleitungsgraben, dessen benetzter Querschnitt ganz im gewachsenen Boden liegen sollte, beim Abstecken sich *darüber* erhebt, sodafs das Bett in einen schwer zu dichtenden Damm zu liegen käme, so wird kein Techniker sich an den papiernen Entwurf gebunden erachten, sondern in der Natur selbst dessen Berichtigung vornehmen.

Man soll eben nach Plänen nur vorläufig oder „generell“ entwerfen, die genaue Ausarbeitung des Entwurfes aber unmittelbar an eine Feldabsteckung knüpfen. Für kleinere Bauten ist die Ausarbeitung auf Grund von Plänen sogar häufig nutzlos. Ist z. B. der Ausgangspunkt *A* eines Zuleitungsgrabens für Wiesenbewässerung und die daselbst zulässige Stauhöhe gegeben, so ist für seinen Lauf die Wahl derart beschränkt, daß man sie am besten gleich auf dem Felde selbst trifft. In der Höhe des Wasserspiegels (oder einige Dezimeter darüber) wird eine gebrochene Linie mit dem angemessenen Gefälle im Gelände aufgesucht, gewöhnlich in Abständen von Meßbandlänge ausgepflockt, dann aber durch Gerade

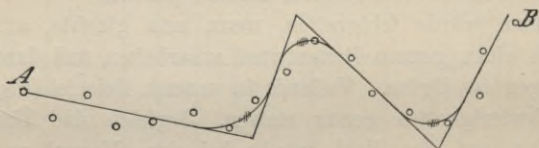


Fig. 487.

und diese berührende Kreise ersetzt (Fig. 487). Die Geraden sind leicht einzulegen, bei den Krümmungen aber kommt in Frage, welches Stück man als gegeben annehmen soll. Am zweckmäßigsten wählt man die ungefähre Lage des Kurvenscheitels in der (durch die Pflockreihe *AB* bezeichneten) Linie konstanten Gefalles, wodurch sich auch der Kreis dieser Linie nahe anschmiegen wird. Man hat nur zu beachten, ob der Kreisradius das kleinstzulässige Maß innehält.

Steht erst die Leitlinie eines solchen Grabens im Grundriß fest, so ist an ihrem Längenprofil nicht mehr viel zu ändern, weil von einer Ausgleichung der Erdmassen hier nicht die Rede sein kann, sondern die ausgehobene Erde zu einem Damm auf der Talseite verwendet oder ausgebreitet oder sonst abgelagert werden muß. Selten wird der Ersatz der gebrochenen Linie durch Gerade und Kreise das Gefälle des Wasserspiegels wesentlich verändert haben.

Die Leitlinie wird jetzt stationiert, d. h. in horizontale Strecken von 50 oder auch 25 m eingeteilt, ihr endgültiges Gefällverhältnis durch eine neue Einwägung festgestellt, wobei die Köpfe der Grundpfähle der

Stationspunkte mit eingewogen werden. Neben die Koten dieser Pflöcke trägt man die Koten der Leitlinie, sowie die Differenzen beider (Kote der Leitlinie minus Kote des Grundpflockes) unmittelbar in das Feldbuch ein und kann nun auf Grund dieser Zahlen sofort zum Abstecken der *Profilbreiten* übergehen, vorausgesetzt, daß nicht wegen abzusetzender Erdmengen an manchen Stellen eine Profilseite vorerst unbegrenzt bleiben muß. Spielen nicht Grunderwerbsfragen hinein, so kann das Ausheben des Grabens jetzt sogleich beginnen, ohne daß auch nur ein Strich gezeichnet worden ist. Man hat gewissermaßen die Erdoberfläche selbst als Reißboden benutzt, darauf alles im Maßstab 1:1, also recht genau und die Natur vor Augen, entworfen und mit dem Eintragen in Pläne und Zurücktragen ins Feld weder Zeit noch Genauigkeit verloren. Wäre es allgemein anwendbar, so wäre dies ohne Frage das beste Verfahren. Auf eigenem Besitz oder mit genügender Vollmacht der Auftraggeber ausgerüstet kann man so vorgehen.

### § 3.

**Einteilung der Traciarbeiten.** Gewöhnlich verlangen die Umstände ein gemischtes Verfahren: Zuerst einige vorläufige Entwürfe auf Grund vorhandener, zu vervollständigender oder neu herzustellender Pläne; Auswahl eines oder einiger von ihnen zur Absteckung auf dem Felde, zum Zweck ihrer Prüfung und Verbesserung und zur Vervollständigung der Geländeaufnahme; endgültige Ausarbeitung des besten Entwurfes und Übertragen desselben in das Gelände. Einzelne dieser Arbeitsstufen abzukürzen, können zwei Wege eingeschlagen werden: entweder die Herstellung möglichst umsichtig und vollständig bearbeiteter kotierter Pläne, sodafs die auf das Feld übertragenen Entwürfe nur unwesentlich von der Natur abweichen; oder geschicktes Entwerfen vorläufiger Leitlinien für das geplante Bauwerk unmittelbar auf dem Felde, sodafs die Geländeaufnahmen sich auf wenige schmale Streifen beschränken lassen und nur zum näheren Studium und zur Verbesserung der vorläufigen Entwürfe dienen. In aller Strenge verfolgt, würde der erste Weg zum Entwerfen auf Grund von Plänen allein, der zweite zum Entwerfen auf dem Gelände selbst führen.

Man pflegt die Geschäfte des Tracierens einzuteilen in Vorarbeiten, Entwerfen, und Übertrag der Entwürfe aufs Gelände.

*Die Vorarbeiten* enthalten jene grundlegenden Aufnahmen, welche den Entwürfen als Unterlage dienen, die aber darum, wie wir schon gesehen haben, nicht allemal zu ausgearbeiteten Plänen führen müssen. Zu den Vorarbeiten kann man auch Untersuchungen über die Beschaffenheit des Baugrundes, die Bezugsquellen und den Wert des Baumaterials, die Menge und Geschwindigkeit des Wassers in den Wasserläufen rechnen,

welche für unsre Entwürfe in Frage kommen. Indessen sollen derlei Untersuchungen, weil in früheren Abschnitten behandelt, als erledigt gelten.

*Das Entwerfen* betrifft die Feststellung der Leitlinie des Bauwerkes nach Grundriß und Höhenlage, die Wahl des Normalprofils, die Anordnung der „Kunstbauten“ (Brücken, Durchlässe u. s. w.), Herstellung des Massennivellements, der Transporttabelle und des Kostenanschlags. Diese Gegenstände sind fast vollständig im IV. Abschnitt „Baukunde“ behandelt und sollen fürderhin nur dort gestreift werden, wo Ergänzungen sich ungewungen einfügen lassen, die am früheren Orte den Zusammenhang gestört haben würden.

*Der Übertrag der Entwürfe aufs Gelände* umfaßt das Festlegen der Bestimmungspunkte für die Leitlinie, die sich bekanntlich in ihrem Grundriß aus Geraden und Kreisbogen zusammensetzt, das Abstecken dieser Linien unter verschiedenen Verhältnissen, das Aufsuchen der Schnitte mit der Geländeoberfläche sowohl für die Leitlinie als auch für die Damm- und Grabenböschungen, also das Abpflocken der Querprofilbreiten und das Schlagen von Lattenprofilen; endlich das Errichten der Schnurgerüste für die Kunstbauten.

---

## Kapitel I.

### Geometrische Vorerhebungen.

#### § 4.

##### Grundlegende Anschauungen bei Aufnahme des Geländes.

Anstatt das wirkliche Geländere relief aufzunehmen und durch Pläne wiederzugeben, müssen wir uns darauf beschränken, einen der physischen Erdoberfläche eingeschriebenen Körper, das *Reliefpolyeder*, zum Gegenstand unsrer Messungen zu machen. Die Ecken dieses Polyeders liegen auf der Erdoberfläche; die geradlinigen Kanten fallen mit ihr so nahe als erforderlich zusammen, für technische Zwecke bis auf einige Dezimeter, und begrenzen entweder (ebene) Dreiecke oder unebene (windschiefe) Vierecke als Seitenflächen des Polyeders.

Die Einführung windschiefer Vierecke als Polyederflächen trägt wesentlich dazu bei, das Reliefpolyeder der wirklichen Geländeoberfläche möglichst anzuschmiegen. Man versuche auf freiem Felde ein Viereck von 50 bis 100 m Länge der Seiten abzustecken, dessen Fläche dem Augenschein nach eine wagrechte oder geneigte *Ebene* ist. Die Eckpunkte und den Schnittpunkt der Diagonalen nehme man nach Lage und Höhe auf. In einer wirklichen Ebene müßte die Kote des Schnittpunktes der Diagonalen, aus den Koten ihrer Endpunkte je zweimal nach Proportion der Abstände berechnet, mit der beobachteten Kote  $q$  übereinstimmen. In der Regel werden aber zwei verschiedene Werte  $q_1$  und  $q_2$  aus der Rechnung hervorgehen. Stimmt *einer* derselben mit der beobachteten Kote überein (z. B.  $q_1 = q$ ), dann würde das Viereck am besten in 2 Dreiecke zerlegt, mit der (ersten) Diagonale als gemeinsamer Seite. Liegt aber  $q$  zwischen  $q_1$  und  $q_2$ , wie bei einem unebenen Viereck immer, dann gibt dieses im allgemeinen die Fläche besser wieder. Und in allen Fällen, wo das Auge nicht erkennt, welche von beiden Diagonalen eines anscheinend ebenen Vierecks dieses am besten in zwei Dreiecke zerlegt, geht man sicherer, seine Fläche als windschief zu betrachten.

Der eben beschriebene Versuch kann uns überzeugen, daß das unebene Viereck ein sehr brauchbarer Ersatz für *anscheinend ebene* Flächen ist. Die Aufnahme von vier Geländepunkten nach Lage und Höhe gibt oft große Stücke der Bodenoberfläche mit gewünschter Schärfe wieder.

Aber auch *anscheinend sehr unebene* Geländeteile, nämlich alle sattelförmigen Gebilde, sind durch windschiefe Vierecke gut wiederzugeben. Die Sattelform kennzeichnet sich durch doppelte Wölbung, konkav nach der einen, konvex nach der andern Richtung, quer zur ersten. So ist auch ein windschiefes Viereck gegen seine beiden Diagonalen gewölbt, gegen die untere nach oben, gegen die obere nach unten. Man lege daher die Diagonalen des aufzunehmenden unebenen Vierecks in die Richtung der beiden Hauptwölbungen. In Fig. 483 sind einige ausgeprägte Stellen, die sich durch unebene Vierecke richtig wiedergeben lassen, durch punktierte Vierecke umgrenzt.

Also nicht die Diagonalen, wohl aber alle Geraden, welche je zwei Gegenseiten nach gleichem Verhältnis teilen, fallen mit dem unebenen Viereck zusammen; so alle Geraden, welche je zwei Gegenseiten halbieren, vierteilen u. s. w., und es ist leicht, durch wiederholte Mittelbildungen *die Koten ihrer Endpunkte* zu bestimmen, sobald die Koten der vier Eckpunkte gegeben sind. (Zwei Gerade, welche je zwei Gegenseiten halbieren, halbieren sich gegenseitig u. s. w.) Vergl. Fig. 488.

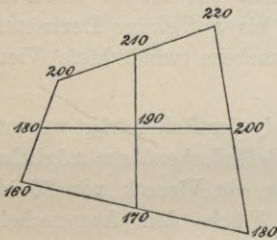


Fig. 488.

Die Schnitte von Ebenen mit windschiefen Vierecken sind entweder Gerade, und dann von den eben bezeichneten Eigenschaften, oder Hyperbeln. Daher sind auch die Niveaulinien im allgemeinen Hyperbeln. Entweder in dem windschiefen Viereck oder in seiner Erweiterung (zu einem „hyperbolischen Paraboloid“) lassen sich zwei sich schneidende (also gleich hohe) wagrechte Gerade aufsuchen: die Asymptoten aller Niveaulinien des Vierecks. Im allgemeinen setzen sich daher die Niveaulinien des Reliefpolyeders aus geraden Strecken (auch auf den Dreiecksflächen des Polyeders) und Hyperbelbogen zusammen, die man indessen, wo es nötig scheint, nicht im Winkel, sondern durch Abrundungen zusammenstoßen läßt, um sie unsrer Vorstellung vom wirklichen Gelände-relief näher zu bringen.

Übrigens halte man fest, daß in einem Plane die Kanten des Reliefpolyeders (durch Aufnahme der Polyederecken) das eigentlich Festgelegte sind, die Niveaulinien hingegen das daraus Abgeleitete, die Ausnahmefälle abgerechnet, wo die Niveaulinien selbst auf dem Felde abgesteckt und aufgenommen werden (die Kanten des Reliefpolyeders also zum Teil wagrecht gelegt sind), was sich in flachen Flusstälern nicht selten empfiehlt. Bei allen Konstruktionen auf Grund eines Planes soll man möglichst wieder an die ursprüngliche Aufnahme, nicht an das daraus Abgeleitete anknüpfen. Somit müssen die Polyederkanten in blasser Farbe

(Gummigutt) und wenigstens in Endstrichen in den technischen Plänen sichtbar bleiben, ebenso die Koten der Polyederecken (blau oder in Sepia), während die Niveaukurven nur zur Förderung der Übersicht dienen sollen. Sie werden in Sepia oder in blasser Tusche mit wenig Karmin ausgezogen, den Hauptkurven ein schmales, blasses Farbenband (Karmin) nach dem Berginnern hin beigelegt, Zwischenkurven oftmals nur punktiert. Die Koten schreibt man an geeigneten Stellen bei, und zwar in Sepia dicht an den Kurven, nach dem Berginnern hin. So kann niemals ein Zweifel obwalten, nach welcher Seite hin das Gelände steigt.

Wenn die Kanten des Reliefpolyeders in den Plan eingetragen werden sollen, so ist es klar, daß sie sich auch in den Feldskizzen vorfinden müssen. Verläßt man sich auf das Gedächtnis, so werden oft sehr unrichtige Verbindungslinien zwischen den Polyederecken gezogen und dem Gelände so eine ihm fremde Gestalt beigelegt. Ganz sinnlos ist es, wenn man die Kote irgend einer Geländestelle aus den aufgenommenen Polyederecken ableiten will, dann alle jene Verbindungslinien je zweier Ecken zu ziehen, welche zufällig über die fragliche Stelle hingehen, und aus den interpolierten Koten das Mittel zu nehmen. Dies Verfahren fußt nicht auf klaren Vorstellungen von dem, was man mittels der über das Feld zerstreuten Geländepunkte aufnehmen *soll* und *kann*.

Hat man noch keine Übung im Entwerfen und Skizzieren des Reliefpolyeders im Felde, so schütze man sich vor fehlerhafter Verbindung der aufgenommenen Geländepunkte durch den Eintrag von Niveaukurven in die Feldskizze nach dem bloßen Augenschein. Zwar gehört auch hierzu Übung, die man sich indessen bald erwirbt. Es ist dies das Verfahren der Topographen, welche mit dem Mefstisch arbeiten.

Wem die Forderung fremdartig erscheinen möchte, daß man nicht nur die Polyedereckpunkte, sondern auch die Kanten des Reliefpolyeders im Felde festzustellen und in Skizzen und Pläne einzutragen habe, der bedenke, daß dies Verfahren allgemein geübt wird, wenn man das Gelände auf Grund eines Quadratnetzes aufnimmt. Die Netzlinien sind die Kanten, und die unebenen Vierecke, welche von jenen eingeschlossen werden, die Flächen des Reliefpolyeders. Doch geschieht die Auswahl der Linien zu mechanisch, als daß sie sich dem Gelände innig anschmiegen könnten. Minder schablonenhaft ist die Aufnahme nach Längen- und Querprofilen, wenigstens dann, wenn man die Querprofile durch die Brechpunkte des Längensprofils legt. Die Polyederkanten, welche in das Querprofil fallen, werden im Felde sowohl als in den Plänen deutlich markiert. Seltener sieht man auch jene Kanten aufgezeichnet, welche zwei Punkte aufeinanderfolgender Querprofile über das Gelände hin miteinander verbinden. Bleibt die Anzahl der Brechpunkte in beiden Querprofilen sich gleich, dann besteht über die Längskanten in der Regel kein Zweifel; doch sollten diese

angegeben werden, sobald die Anzahl der Brechpunkte von Profil zu Profil wechselt.

Von jeher sind auf Grund der Quadratnetze sowohl als auf Grund der Längen- und Querprofile *alle Konstruktionen auf dem Plane und die Berechnung der Erdmassen* unter der Voraussetzung erfolgt, daß das Erdreich von ebenen Dreiecken und unebenen Vierecken begrenzt werde. Man verfährt daher nur folgerichtig, wenn man auch bei der Aufnahme „nach zerstreuten Punkten“, derjenigen, die ohnehin die Geländeformen am natürlichsten wiederzugeben vermag, die gleiche Voraussetzung macht und diese in den Plänen zum Ausdruck bringt.

Dem widerspricht es nicht, wenn man die Niveaukurven, die sich ja eigentlich nur aus Geraden und Hyperbelstücken zusammensetzen sollten, durch freihändige Abrundungen etwas mehr dem Gesamtbild anzupassen sucht, das unserm Auge das vorliegende Geländere relief erweckt. Nur die Eckpunkte des Reliefpolyeders liegen unbedingt auf der Erdoberfläche; schon die Kanten, wenn auch mit Sorgfalt aufgesucht, müssen Unebenheiten bis zu einigen Dezimetern unberücksichtigt lassen. Im Innern der Polyederflächen kommen dann noch größere Abweichungen vor. Ihnen Rechnung zu tragen, indem man die Niveaukurven ab und zu an den eingeschalteten Höhenpunkten ausßen oder innen vorbeiführt, ist wohl zu billigen, aber nur, wenn der unmittelbare Vergleich mit der Natur oder eine gute, von geübter Hand entworfene Niveaukurvenskizze die Ablenkungen begründet und einschränkt. Fehlt ein solcher Regulator, dann muß man sich an die Niveaukurven des Reliefpolyeders halten und sich genügen lassen, sie an den Kanten, wie oben bereits angeraten, etwas abzurunden, ohne diese selbst zu zerstören; wie man sieht, dürfen dann die Kurven an den interpolierten Höhenpunkten der Kanten nicht vorübergehen. Die notwendige Folge ist eine gewisse Starrheit des entstehenden Schichtenplans, der eben das Reliefpolyeder, nicht die Natur darstellt. Aber so ein Plan ist immer noch weit richtiger als Kartenbilder, die aus trügerischer Erinnerung, nach Vermutung oder gar nach dem Schönheitsgefühl „verbessert“ worden sind. Darum kann auf den Wert guter *Niveaukurvenskizzen* nach der Natur, unterstützt von *Profilzeichnungen*, nicht nachdrücklich genug hingewiesen werden.

## § 5.

**Aufnahme nach Längen- und Querprofilen.** Gewöhnlich wird die vorläufige Absteckung eines Weg-, Bahn- oder Kanalzuges vorhergegangen sein, und zwar mittelst einer Linie, die sich aus Geraden und Kreisbogen zusammensetzt. Der Grundriß der Querprofile pflegt rechtwinklig (nur ausnahmsweise schief) und in den Krümmungen radial zum Grundriß der (vorläufigen) Leitlinie abgesteckt zu werden. Die Radien-



richtung eines Kreises findet man, wenn auf dem Felde zwei seiner Punkte,  $A$  und  $B$ , gegeben und die Radienlänge  $r$  bekannt, für  $A$  durch ein Lot zur Berührenden  $AF$  (Fig. 489).

Es ist bekanntlich

$$AD : AB = AB : AE$$

oder wegen  $AD = BF = y$ :

$$y = s^2 : 2r. \tag{1}$$

Legt man nun durch  $A$  eine Gerade im Abstand  $BF$  an  $B$  aufsen oder durch  $B$  eine Gerade im Abstand  $AD$  an  $A$  innen vorbei und errichtet in  $A$  ein Lot auf  $AF$  oder fällt von  $A$  ein Lot auf  $BD$ , so ist die Aufgabe gelöst.

Wenn drei Punkte  $A, B, C$  abgesteckt sind, so braucht der Kreisradius  $r$  nicht bekannt zu sein. Man messe die Höhe  $h$  des Dreiecks  $ABC$  (Fig. 490) und setze wegen Ähnlichkeit zweier Dreieckspaare, in

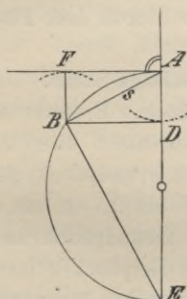


Fig. 489.

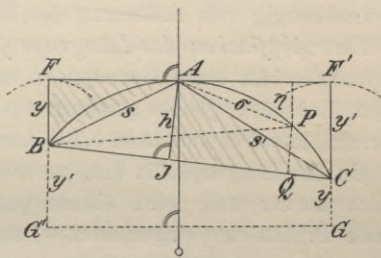


Fig. 490.

denen je ein rechter und ein Peripheriewinkel übereinstimmt, nämlich  $ABF \sim CAJ$  und  $ACF' \sim BAJ$ , die Proportionen an:

$$y : h = s : s'; \quad y' : h = s' : s, \tag{2}$$

woraus  $y = hs : s'$  und  $y' = hs' : s$  folgt. Die Fußspunkte  $F$  und  $F'$  müssen mit  $A$  in eine Gerade, die Berührende des Kreises, fallen. Eine Parallele  $G'G$  dazu läßt sich *innerhalb* des Kreises in der angedeuteten Weise (oder in ähnlicher) abstecken, worauf *in*  $A$  ein Lot auf der Berührenden  $FF'$  errichtet oder *von*  $A$  ein solches auf die Parallele  $G'G$  gefällt wird. Es gibt die radiale Richtung an.

Wenn man aus (1) und (2)  $y$  eliminiert, so folgt:

$$\frac{1}{2r} = \frac{h}{s s'}, \tag{3}$$

eine Beziehung, die zum Einschalten von Kurvenpunkten benutzt werden könnte. Es liefse sich z. B.  $P$  durch  $\eta$  abstecken, wenn die Sehne  $\sigma$  gegeben, denn nach (1) ist:

$$\eta = \frac{\sigma^2}{2r} = \sigma^2 \cdot \frac{h}{s s'}. \tag{4}$$

Wird (3) nach  $h$  aufgelöst, also in die Form gebracht:

$$h = \frac{ss'}{2r}, \quad (5)$$

so enthält auch diese eine Anleitung zum Einschalten von Punkten des Kreises, da z. B. nach derselben Rechenregel für den Punkt  $P$

$$PQ = h' = BP \cdot PC : 2r \quad (6)$$

gefunden wird. Freilich kennt man, wenn etwa  $PC$  gegeben,  $BP$  noch nicht, nimmt aber dafür einstweilen näherungsweise  $BC - PC$  in die Rechnung, steckt  $P$  durch  $PC$  und den vorläufigen Betrag von  $h'$  ab, worauf  $BP$  genau genug für die endgültige Rechnung und Verbesserung der Absteckung meßbar ist.

Selbstverständlich darf in (6)  $1 : 2r$  gemäß (3) ersetzt werden. Man benutzt damit, wenn drei Punkte des Umfanges gegeben, den wirklichen Radius des abgesteckten Kreises, nicht etwa dessen Sollwert. Auch gemäß (2) wird die Berührende an einen Kreis, der durch drei Punkte geht, unabhängig vom Sollbetrag des Radius gelegt.

Das *Abpflocken des Längenprofils* ist eine wichtige Sache. Jeder Profilverpunkt erhält einen Grundpflock und einen Beipflock. Ersterer wird mit dem Erdboden gleich geschlagen oder so, daß er nicht über 2 cm hervorragt, letzterer kommt in 0,2 m Abstand *hinter* den Grundpflock, gegen das Ende des Längenprofils hin, zu stehen, ragt 0,25 bis 0,5 m aus dem Erdreich hervor und wird ebenso peinlich als der Grundpflock in die vertikale Profillfläche eingerichtet. Das Oberende des Beipflockes ist abgeschält oder auch flach geschnitzt und enthält auf der dem Grundpflock zugekehrten Seite den Abstand des letzteren vom Ausgangspunkt in gemeinen Zahlen oder in zusammengesetzten Zeichen, z. B. 4175 oder **41** + 75, oder, weniger leicht, namentlich für Arbeiter schwer lesbar, IV + 175 oder endlich XLI + 75, da man zuweilen die Kilometerpflocke, zuweilen auch schon die Hunderterpflocke römisch beziffert. Ordnung, Richtigkeit und Deutlichkeit sind bei dieser Bezeichnung unbedingt erforderlich. In den Feldausweisen für das Nivellement genügt diese Standortsangabe völlig zur Unterscheidung der Punkte.

Das *Einwägen* des Längenprofils hat durchaus mit eingreifenden Meßproben für alle Profilverpunkte zu geschehen, da diese nicht nur die Brechungspunkte der Profillinie, sondern auch Festpunkte zum Einwägen der Querprofile darstellen. Man hat eigens für solche Profilaufnahmen das *Einwägen mit doppelten Wechselpunkten* erfunden, weil der Kopf des Beipflockes einen zweiten geeigneten Aufsatzpunkt für die Ziellatte bietet. Aber einmal gewährt dies Verfahren für *Zwischenpunkte* keine Probe — man wird doch nicht zwischen je zwei Profilverpunkten das Instrument neu aufstellen — und dann ist das Nivellieren mit einer *Wendellatte* oder in deren Ermangelung mit Ablesen *dekadischer Ergänzungen* an der ein-

fachen Zielskala<sup>1)</sup> bequemer. Aber keines dieser Mittel prüft zugleich die *Einstellung der Libelle*, die sogar unbemerkt ganz versäumt werden könnte. Darum soll man die Einwägung des Längenprofils *wiederholen*, entweder jeden Stand unmittelbar mit veränderter Aufstellung der Peilwage,<sup>2)</sup> oder noch unabhängiger das ganze Nivellement vom Endpunkte gegen den Ausgangspunkt zurück. Nicht ganz so eingreifend ist der Abschluß des Nivellierzuges zu einer Schleife auf andern Wege oder das bloße Einlegen des Profils zwischen bekannte Höhenmarken. Gewöhnt man sich aber, vor Ablesen der dekadischen Ergänzung oder der zweiten Seite der Wendelatte die Libelle jedesmal absichtlich zu verstellen und zum zweitenmal einspielen zu lassen, so kann das Vergessen der ersten Libelleneinstellung nicht unbemerkt bleiben.

Während das Auspflocken des Längenprofils für längere Dauer, oft bis zum Beginn des Baues, vorgesehen ist, geschieht *das Auspflocken der Querprofile* erst kurz vor dem Einwägen derselben und nur für kurze Weile. Durch kleine, flache Merkpfähle werden die Brechpunkte der Geländelinien angegeben, zunächst *ihre wagrechten Abstände* von dem Grundpflock des Längenprofils (meist Achspflock genannt) gemessen, worauf eine zweite Horizontalmessung, an einem Ende des Querprofils, jedoch mit unrunder Anlage des Meßbandes oder der ersten Meßlatte beginnend, bis zum andern Ende fortschreitet und so eine Meßprobe gewährt. Es folgt das *Einwägen des Querprofils* von einem Ende zum andern und, zur Meßprobe, mit veränderten Aufstellungen der Peilwage wieder zurück, wobei jedesmal der Achspflock als Festpunkt mit einzuwägen ist. Beim Standwechsel muß die Ziellatte auf einem eingetretenen Stein oder einem tief

<sup>1)</sup> *Wendelatten* tragen zwei Skalen von gleicher Einteilung, deren Nullpunkte aber um einen *unrunden* Betrag gegeneinander verschoben sind und dadurch eine sofort zu vollziehende *Ableseprobe* gewähren. Wendelatten, deren Nullpunkte um eine *runde Zahl*, z. B. eine Anzahl ganzer Meter voneinander abstehen, verdienen diesen Namen eigentlich nicht, da sie ebensowohl durch Latten mit *einer* Skala, aber doppelter Bezifferung vertreten würden. Von letzterer Art ist die einkalige Latte, welche nach dem Vorbild der preussischen Landesaufnahme neben der gewöhnlichen Bezifferung eine solche nach *dekadischen Ergänzungen* führt. Und wenn auch diese zweite Bezifferung *fehlt*, so lassen sich gleichwohl nach kurzer Übung dekadische Ergänzungen ablesen. In allen diesen Hilfsmitteln, am meisten in Wendelatten, liegt ein wirksamer Schutz gegen *Ablesefehler*. Es sei hierzu auf des Herausgebers *Praktische Geometrie*, 2. Teil, sowie auf den jährlich erscheinenden Kalender für Geometer und Kulturtechniker von Schleich verwiesen, da eine Abhandlung über das Einwägen nicht in dies Werk gehört.

<sup>2)</sup> Peilwage für Nivellierinstrument in dem Sinne, daß die gewöhnliche Art des Einwägens ein Peilen des Geländes vom Niveau des Instrumentes aus darstellt, ganz entsprechend dem Peilen eines Seegrundes vom Wasserspiegel aus.

eingeschlagenen Pflöck stehen, damit ein guter Abschluss auch wirklich als Probe gelten kann.

Von vielen wird eine zweite Einwägung der Querprofile nicht für nötig gehalten, trotzdem sie wissen, daß dann grobe Ablesefehler von mehreren Metern vorkommen und verborgen bleiben können. Wenn es aber auf solche nicht ankommt, dann spare man das Abstecken und Einwägen der Querprofile überhaupt und rechne, wie bei generellen Projekten, mit wagrechten Geländelinien. Die Abneigung gegen Mefspalten beim Querprofileinwägen ist übrigens vielfach nur in der Schwerfälligkeit im Aufstellen des Nivellierinstrumentes begründet. Eine Peilwage aber, die mit einer *Dosenlibelle* zum Einloten ihrer Stehachse verbunden ist, kann in 30 Sekunden zur Arbeit bereit stehen. Man trete ohne weiteres zwei Stativfüße ein und halte nun den dritten schwebend, bis die Luftblase der Dosenlibelle nahe einspielt. Jetzt läßt man seine Spitze sachte zu Boden, schiebt sie noch ein Stück gegen die Mitte des Stativs hin und drückt sie sanft ein. Gewöhnlich fehlt dann nur noch ganz wenig am Einspielen der Luftblase, und eine geringe Drehung der Dreifußschrauben besorgt den Rest. Die Feineinstellung der Fernrohrlibelle hat für jeden Blick einzeln zu geschehen, entweder mit einer Kippsschraube oder mit einer der Fußschrauben. Man steht nahe dem einzuwägenden Profil, benutzt also kurze Zielweiten, liest außerdem nur bis auf Centimeter ab und läßt daher die Fernrohrlibelle (die jedoch in Bezug auf die Visierachse *berichtigt*, d. h. ihr parallel sein soll) nicht allzu peinlich einspielen. Wer so verfährt, spart gegenüber dem, der sein Stativ ohne Regel aufstellt und die Stehachse scharf lotrecht richten zu müssen glaubt, reichlich Zeit genug für eine zweite Einwägung.<sup>1)</sup>

Der *Feldausweis* für die Längenprofile wird am besten tabellarisch, der für die Querprofile weit zweckmäßiger *graphisch* geführt. Fig. 491 und 492 stellen die Feldskizzen eines Querprofils nach zwei Aufnahmen dar. Nicht maßstäblich, sondern bloß nach dem Augenschein wird das Profil während des Ausplöckens entworfen (und kopiert), dann mit den Streckenzahlen (untere Linie) ausgefüllt, worauf am Nivellierinstrumente die Zielhöhen (oben) unmittelbar eingeschrieben werden, an Wechsellpunkte selbstverständlich doppelte Zielhöhen. Die oberen wagrechten Linien stellen die Niveaus der Peilwage vor und werden erst beim Instrumente eingezeichnet. Von diesen Niveaus aus wird auch die Reinzeichnung (Fig. 493)

<sup>1)</sup> Eine Dosenlibelle mit dem *Stativkopf* zu verbinden, ist weniger zweckmäßig. Nicht den Stativkopf wagrecht, sondern die Stehachse lotrecht zu stellen, ist die Aufgabe. Bei dem oben beschriebenen Verfahren wird freilich auch der Stativkopf immer nahezu wagrecht, wenn man von vornherein die drei Fußschrauben in ungefähr gleiche Stellung am Dreifuß brachte. Aber notwendig ist dies nicht.

des Querprofils vorgenommen, und zwar ist die Darstellung unsrer Figur für alle *Baukonstruktionen* völlig ausreichend und selbst für das Entwerfen von Niveaurven durch einige Horizontallinien leicht zu ergänzen. (Die punktierten Linien rot.) Eine Behandlung nach Art der Längenprofile mit eingeschriebenen Koten und gar in verschiedenem Maßstab für Strecken und Höhen erscheint daher unwesentlich, wird aber mitunter von Behörden verlangt. So mag sich denn auch das Festhalten an tabellarischen Feld-

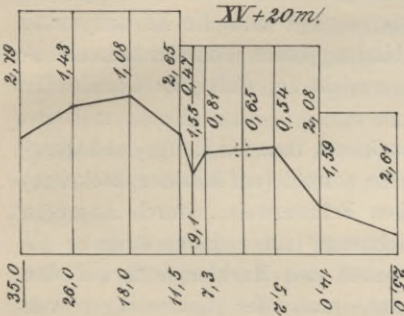


Fig. 491.

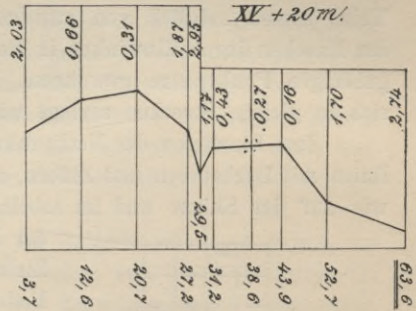


Fig. 492.

ausweisen für Querprofile erklären, denn Koten berechnen sich bequemer tabellarisch.

Als Maßstab für Querprofile pflegt 1:100 oder 1:200 gewählt zu werden. Fig. 493 ist wegen Raummangels in 1:500 entworfen. Die zweite Aufnahme wird in dem gleichen Maßstab wie die erste auf Pausleinwand gezeichnet und zur Probe mit jener zur Deckung gebracht, dann aber nicht zerstört, sondern auch zum Eintrag des Bauwerks, zur Er-

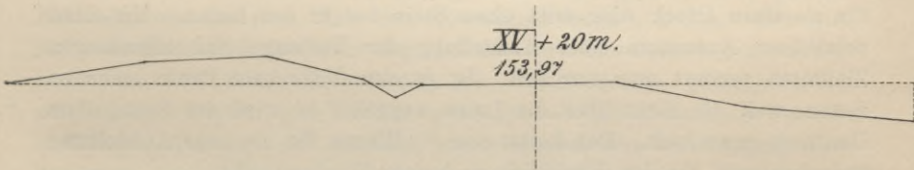


Fig. 493.

mittlung der Profilfläche u. s. w. als zweites Exemplar selbständig bearbeitet und zur Prüfung des ersten benutzt.

Nicht üblich ist, *sollte* es aber sein, die Aufnahme einer Grundriss-skizze neben den Profilskizzen, versehen mit den Verbindungslinien je zweier aufgenommenen Punkte von Profil zu Profil (den Kanten des Reliefpolyeders), sowie mit Niveaurven nach dem Augenschein. Will man später Niveaurven *entwerfen*, so sind solche Einträge kaum zu entbehren, wenn man nicht fortwährend auf Widersprüche und Rätsel stoßen soll.

## § 6.

**Aufnahme auf Grund eines Liniennetzes oder Rostes. Entwerfen von Niveaurkurven.** Netze, wie in Fig. 494, lassen sich leicht über das Gelände legen und aufnehmen, die mit rechteckigen Maschen durch Abgleichen zweier sich schneidenden Hauptdiagonalen, unter Umständen noch einfacher mit dem Winkelspiegel, die mit schiefwinkligen durch Abstecken der vier Seiten und nachträgliches Messen der Diagonalen. In allen Fällen werden je zwei Gegenseiten in gleich viele unter sich gleiche Teile, soweit möglich von *rundem* Maß, zerlegt und die Knotenpunkte der Maschen durch Einwinken in die Verbindungslinien je zweier zusammengehörigen Punktpaare gewonnen. Man erreicht so, daß jede Gerade für sich in gleiche Strecken zerlegt wird.

Zum Einwägen der Netzpunkte bezeichnet man die Längs- und Querlinien mit Buchstaben und Ziffern, im Felde sowohl (auf Markierpflockchen) wie auf der Skizze und im tabellarischen Feldausweis. Durch Ausrufen der Bezeichnung, immer dann, wenn er die Ziellatte neben den Markierpflock auf den Boden setzt, muß der Lattenträger von seinem Standort den Beobachter am Instrument benachrichtigen. Manche Beobachter ziehen es vor, die Zielhöhen unmittelbar in die Feldskizze zu schreiben, müssen dann aber den Bezirk, der von *einem* Niveau, also von *einer* Aufstellung des Instruments aus gepeilt wurde, sorgfältig und deutlich umgrenzen. *Wechselpunkte* fallen in je zwei

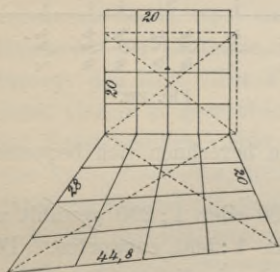


Fig. 494.

Bezirke, brauchen aber nicht zugleich Geländepunkte zu sein. Man schlägt für sie einen Pflock oder tritt einen Stein fest in den Boden. Mit allzu peinlichem Ausnutzen einer Aufstellung der Peilwage und allzulangen Ziellatten verliert man nur Zeit. Ist *in der Nähe* kein Punkt mehr zu fassen, weil die Sicht über die Latte weggeht, so wird der Stand ohne Umstände gewechselt. Das kostet nur  $\frac{1}{2}$  Minute für die neue Aufstellung und ebensoviel für den Rückblick nach dem Wechselpunkt.

Für Anschluß des Nivellements an Festpunkte ist zu sorgen, und eine zweite Einwägung hat von Festpunkt zu Festpunkt über sämtliche Wechselpunkte wegzugehen, um die Richtigkeit ihrer Knoten festzustellen. Ohne den Anschluß an Normalnull würden Schichtenpläne, die getrennt aufgenommen sind, später aber erweitert und vereinigt werden sollen, in ihren Niveaurkurven nicht zusammentreffen, also einer vollkommenen Umarbeitung bedürfen.

Damit sind jedoch die einzelnen Geländepunkte noch nicht geprüft, und es gilt hier, was bei den Querprofilen gesagt ward: die beste Probe

ist wiederholtes Einwägen mit veränderten Standorten der Peilwage, auch hat es keine Schwierigkeiten, die neue Flächeneinwägung mit dem eben erwähnten Nivellierzug zu verbinden, der die Wechsellpunkte zu prüfen hat. Ohne eingreifende Mefspalten darf man sich auf schwere Fehler gefafst machen, die völlig unbemerkt bleiben können.

Zum *Entwerfen der Niveaukurven* sollen die Knoten berechnet, geprüft und in der Reinzeichnung (blau oder in Sepia) neben die Knotenpunkte des Netzes, und zwar in einheitlicher Anordnung, gesetzt sein. Das Netz selbst ist in blasser Farbe (Gummigutt, Sepia) zu halten, auch brauchen die Netzlinien nicht völlig ausgezogen zu sein. Wohl aber müssen sie erkennbar bleiben, denn es gilt hier, was über Darstellungen des Reliefpolyeders im allgemeinen gesagt ward, daß nämlich die nachträglich daraus abgeleiteten Niveaukurven *für Konstruktionen auf dem Plan* nicht denselben Wert haben, wie die unmittelbar der Feldaufnahme entnommenen Stücke.

Das Aufsuchen der Niveaukurven im Gelände selbst ist darum, wo nicht der Pflanzenwuchs die Übersicht behindert und das Abschreiten erschwert, ein zweckmäßiger Ersatz für das Einwägen der Knotenpunkte. In den Seiten, nötigenfalls auch auf den Diagonalen der abgesteckten Vierecke, sucht man Punkte von gleichen (runden) Höhenknoten auf und schreitet die Teile ab, in welche die abgesteckten Strecken dadurch zerfällt werden. Die Verwandlung des Schrittmafses in Metermafs samt Eintragen der eingewogenen Punkte in den Rost des Planes besorgt dann, worauf Merl hingewiesen hat, der leicht zu handhabende *Schichtensucher* (s. unten). Bei dieser Art der Niveaukurven*absteckung* dient der Rost also nur zur bequemen *Aufnahme* ihrer Gestalt und Lage.

Anders, wenn nur die Knotenpunkte eingewogen wurden und die Niveaukurven auf dem Plan erst konstruiert werden sollen. Der Rost stellt dann ein *Relieffpolyeder* dar, das die wirkliche Geländeform zu vertreten hat und dessen Seitenflächen wir, damit dies in günstigster Anschmiegung und frei von Willkür geschieht, als lauter unebene Vierecke auffassen. Aber bei der Auswahl seiner Kanten wog die Rücksicht auf bequemes Abstecken und Aufnehmen vor, dem wirklichen Geländere relief wird sich daher das Polyeder noch nicht nahe genug anschmiegen. Man hilft der Starrheit seiner Form dadurch ab, daß man in einzelnen Maschen des Netzes besonders ausgeprägte Punkte einmifst und einwägt, womit dann das Viereck in vier Dreiecke übergeht. Ebenso werden scharfe Kanten im Gelände an den Netzlinien bezeichnet und aufgenommen, wobei aus *einem* Netzviereck ihrer zwei oder ein Viereck und ein Dreieck hervorgehen.

Man hat daher schließlic in Dreiecken und unebenen Vierecken die Niveaulinien aufzusuchen, selbstverständlich solche, auf welche runde Höhenzahlen treffen.

Niveaulinien in der Ebene, also auch im ebenen Dreieck, sind parallele Gerade von gleichem Abstand. Um sie zu ziehen, fertigt man nach älteren Vorschriften<sup>1)</sup> den „Mafsstab der Lage“ an, d. h. man sucht die Richtung des größten Falles der Ebene und auf ihr die Schnittpunkte mit den verlangten Niveaus. Senkrechte zu jener Richtung, durch die Schnittpunkte gelegt, geben die Niveaulinien. In Fig. 495 sei aus den beigeschriebenen Koten der Ecken ein „Mafsstab der Lage“ für Niveaulinien im Dreieck, die auf ganze Meter treffen, zu entwickeln. Man sucht einen Punkt von der Kote 8,5 auf der längsten Seite, indem man diese im Verhältnis der Höhenunterschiede, also 3,2 : 5,4 einteilt, graphisch oder nach Rechnung. Die Verbindung der beiden gleich hohen Punkte gibt die Richtung der Niveaulinien, eine Normale dazu die Richtung des größten Falles an. Parallele zur Niveaulinie durch die anderen Ecken stellen die Punkte *A* und *B* mit den Koten 5,3 und 10,7 fest. Zerlegt

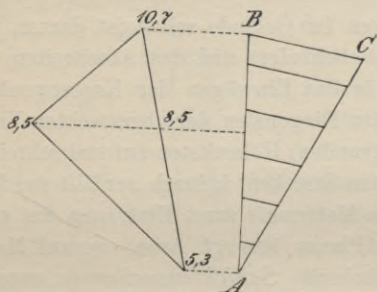


Fig. 495.

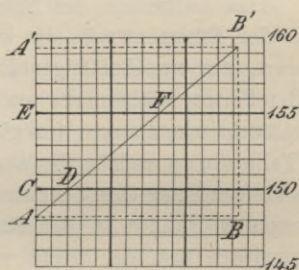


Fig. 496.

man nun *AB*, was hier graphisch geschieht, von *A* aus im Verhältnis der Zahlenreihe (aus Höhenunterschieden)

$6 - 5,3 = 0,7$ ;  $7 - 5,3 = 1,7$ ;  $\dots$   $10 - 5,3 = 4,7$ ;  $10,7 - 5,3 = 5,4$ ,  
so stellt *AB* den Mafsstab der Lage vor.

Man erreicht aber auf kürzere Weise dieselbe Genauigkeit, wenn man sogleich die längste Dreiecksseite im Verhältnis der Zahlenreihe

$$0,7; 1,7; 2,7; 8,5 - 5,3 = 3,2; 3,7; 4,7; 5,4$$

teilt, die erste Niveaulinie wie vorhin zieht und zu ihr Parallele durch die übrigen Teilpunkte legt.

Da im unebenen Viereck die Niveaulinien Hyperbelstücke sind, so bedürfen wir für jedes, praktisch genommen, mindestens drei Punkte, je zwei auf den Vierecksseiten, einen auf einer Geraden, welche der Innenfläche angehört, also zwei Gegenseiten nach gleichem Verhältnis teilt (§ 4).

<sup>1)</sup> Z. B. nach Michael Lenkers Praktischer Geometrie, des zweiten Teiles dritter Abteilung von dessen Lehrbuch der reinen Mathematik, Wien 1838.



Um auf diesen Geraden die Schnittpunkte mit den verlangten Niveaus zu finden, ist jede einzelne nach einer leicht angebbaren Zahlenreihe zu zerlegen, ganz nach dem Vorbild der Linie  $AB$  in Fig. 495. Es ist also begreiflich, daß man für solche häufig wiederkehrende Zerlegungen abkürzende Verfahren eronnen hat.

1. Auf Millimeterpapier wird (Fig. 496) ein willkürlicher Höhenmaßstab gewählt und nach den im Plane vorkommenden Höhen beziffert. Senkrecht dazu trägt man die zu zerlegenden Strecken  $AB = A'B'$  im Maßstabe des Planes ab. So läßt sich für jede gegebene Gerade ein Profil  $AB'$  konstruieren. Man greift  $CD$  und  $EF$  ab und überträgt sie von  $A$  aus auf  $AB$  des Planes. Ist das quadrierte Papier durchsichtig, so kann man den Zirkel sparen.

2. Man denke,  $AB'$  in Fig. 496 sei die einzuteilende Strecke, dann braucht man  $D$  und  $F$  nur durchzustechen. Das Anlegen des Pauspapiers

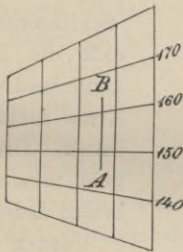


Fig. 497.

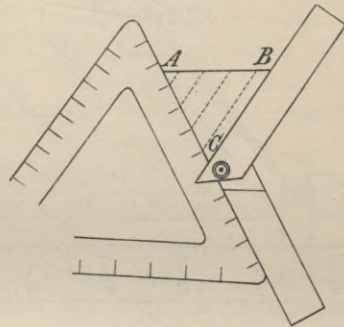


Fig. 498.

in dieser Weise ist ein wenig mühsamer als vorhin, und da  $AB'$  nicht kleiner als  $AA'$ , der Höhenunterschied der Endpunkte in dem gewählten Maßstab, sein darf, so muß man Pauspapiere mit *verschiedenen* Höhenmaßstäben bereit halten.

3. Man ziehe auf Pauspapier (Fig. 497) eine Schar von Parallelen, teile die äußersten nach verschiedenem Maßstab gleichmäßig ein und verbinde entsprechende Skalenpunkte geradlinig. Jede gezogene und jede dazwischen eingeschaltete Parallele stellt nun einen *Höhenmaßstab* dar, für den die seitlich angeschriebenen Koten gelten, und der so auf die Zeichnung gelegt wird, daß die Endpunkte von  $AB$  ihre Koten erhalten. Die Punkte mit den Koten der verlangten Niveaukurven werden durchgestochen. Bei 1. und 2. war  $A$  als gegebener Punkt auf dem Pauspapier sofort auffindbar, was für 3. freilich nicht gilt.

4. In Nachahmung der bekannten, auch in Fig. 495 angewandten Konstruktion wird ein Höhenmaßstab  $AC$  schief an  $AB$  angelegt, mit der

richtigen Kote für *A*. Ein verschiebliches und drehbares Lineal rückt (nach Baumeister Richard) bis zur Kote von *B* vor und wird dort um den entsprechenden Teilungspunkt *C* gedreht, bis seine Kante durch *B* geht, dann aber sich selbst parallel zu den gewünschten Niveaunkoten verschoben. Auf demselben Gedanken fußt der Apparat, den Kreiskulturingenieur Merl in der Zeitschr. f. Verm. 1892, S. 316 beschreibt, sowie der *Schichtensucher* von Oberingenieur Sikorski (Fig. 498 und Zeitschr. f. Verm. 1894, S. 421), endlich „ein neuer Schichtensucher“ vom Mechaniker Ch. Hamann zu Friedenau bei Berlin (Fig. 499), unter vorstehendem Titel beschrieben von Landmesser M. Lange in der Zeitschr. f. Verm. 1898, S. 230. Von Sikorski übernimmt Hamann das Dreieck, dessen beide Seiten 6 verschieden weite Teilungen darbieten, unter denen man eine für den augenblicklichen

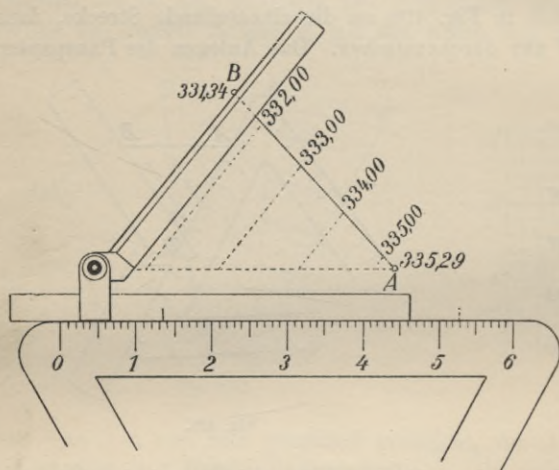


Fig. 499.

Gebrauch auswählt und als Höhenmaßstab verwertet. Den Mangel des Sikorski'schen Schichtensuchers, daß die Zeichenkante des drehbaren Arms nicht durch dessen Drehpunkt geht, vermeiden die beiden anderen, von denen der Hamann'sche noch den Vorzug hat, daß sein Scharnier zentrisch durchbrochen ist und sich scharf auf den Punkt *A* einstellen läßt. Nachdem dies geschehen, bringt man den gewählten Dreiecksmaßstab zur Anlage mit der Ablesung (5,29), die der Kote von *A* (335,29) entspricht, schiebt das Lineal mit dem Zeiger auf die Ablesung (1,34) für *B*, deckt *B* durch die Zeichenkante des drehbaren Arms und stellt den Zeiger nach und nach auf die gewünschten Ablesungen (2, 3, 4, 5) am Maßstabe ein. Bei Merl versichert eine Klemme, bei Hamann bloß schwerer Scharniergang die Parallelstellung der Zeichenkante beim Verschieben. Daher auch der billige Preis von Hamanns Schichtensucher (aus Neusilber mit Skalendreieck in Etui 15 Mark).

Geht, wie bei Sikorski, die Zeichenkante nicht durch die Scharniermitte, so muß man, nachdem jene auf *C* scharf und auf *B* näherungsweise eingestellt worden ist, das Ganze um *A* ein wenig drehen, bis die Kante

scharf durch *B* geht. Ähnlich läßt sich ein noch wohlfeileres Gerät handhaben, nämlich ein eingeteiltes Lineal nebst festem, verschiebbarem Dreieck.

Für die *Höhe der Schicht* zwischen je zwei Niveaukurven gilt, daß man sie *so klein als noch zweckmäÙsig* wählen wird, um das Gelände möglichst naturgetreu darzustellen. Aber die untere Grenze wird nach mehreren Gesichtspunkten festzustellen sein: nach der Genauigkeit der Aufnahme, dem Charakter des Geländereiefs und nach dem Maßstab des Plans.

Die *Schichthöhe* muß wenigstens das Doppelte des möglichen Höhenfehlers betragen, da sonst der Fall eintreten könnte, daß zwischen *tatsächlich gleich hohen Punkten* zwei Niveaukurven eingeschaltet werden. Dabei handelt es sich nicht bloß um Höhenfehler der Eckpunkte des Reliefpolyeders, sondern auch um die Beträge, die zwischen seinen Kanten und Flächen und der wahren Bodenoberfläche liegen und welche die Aufnahme vernachlässigt. Eckpunkte lassen sich im allgemeinen wohl auf 0,1 m aufnehmen und *wiederfinden*, die andern erwähnten Beträge aber erreichen leicht einige Zehntelmeter. Niveaukurven in Plänen sollten also nie enger als mit 0,5 m Schichthöhe gelegt werden. Nur unmittelbar im Gelände abgesteckte Niveaukurven lassen Schichthöhen bis zu 0,2 m herab zu; noch kleinere nicht, weil auch bei ihnen die wagrechten Polyederkanten (von Punkt zu Punkt der nämlichen Kurve) vom wirklichen Gelände auf- oder abwärts abweichen.

Bei *steilem Gelände* ist auch die Schichthöhe von 0,5 m noch zu klein. Die Ungenauigkeit der *Situation* der aufgenommenen Geländepunkte bewirkt hier einen neuen Höhenfehler. Dazu würden die Niveaukurven bis zur Undeutlichkeit eng aneinander rücken. An steilen Stellen dürfte daher 2 m die kleinste Schichthöhe sein. An Stellen abnehmender Steilheit hilft man sich durch Einlegen von Zwischenkurven mit geringerer Schichthöhe. Der Abstand der Hauptkurven muß nach den steilsten Stellen gewählt werden.

Die Rücksicht auf die Deutlichkeit der Planzeichnung ist es auch, welche *für kleine Maßstäbe* gröÙere Schichthöhen verlangt. Folgende Schichthöhen empfehlen sich für Hügelland:

1	bis	2 m	im Maßstabe	1 : 1000,
2,5	"	5 "	" "	1 : 5000,
5	"	10 "	" "	1 : 10000,
10	"	20 "	" "	1 : 25000.

Jedoch soll man kleinere Schichthöhen, als sie sonst zulässig wären, dort nicht ausschließen, wo die Lesbarkeit des Planes sie fordert. Eine lang sich hinstreckende Talsohle bleibt z. B. rätselhaft, wenn sie innerhalb des Planes nirgends von Niveaukurven überschritten wird.

## § 7.

**Geländeaufnahme auf Grund eines fertigen Lageplanes.** In Ländern, wie Württemberg und Bayern, wo gedruckte Katasterpläne jedermann zugänglich sind, ist der Aufnahme des Geländereiefs eine wertvolle Unterlage gegeben, die man sich sonst durch Kopieen der Katasterblätter, oft unter Reduktion aus verschiedenen Maßstäben auf einen einheitlichen, erst mühsam schaffen muß. Man konstruiert in solche Übersichtspläne das Reliefpolyeder, indem man zwar nicht seine Kanten, wohl aber seine

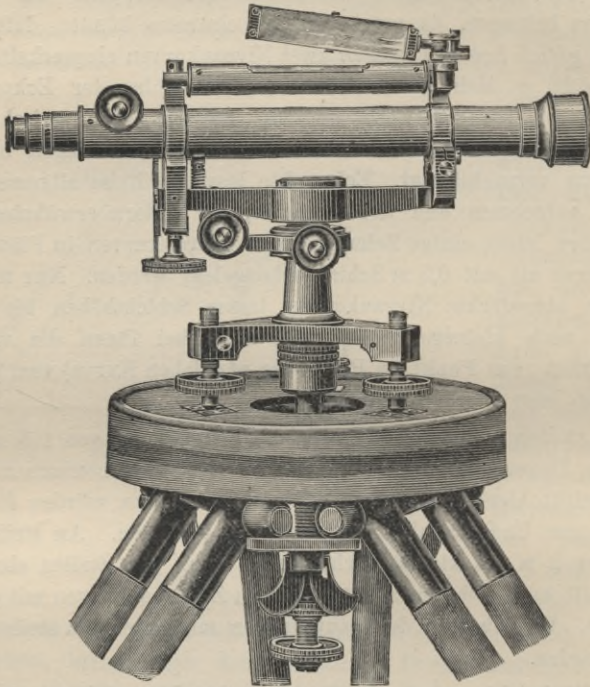


Fig. 500. Nivellierinstrument mit Hogrewes Gefällschraube.

Eckpunkte möglichst an die vorhandene Situation der Geländeteile anzuschließen sucht. Wo dies nicht unmittelbar angeht, treten Hilfskonstruktionen für einzelne Punkte oder Punktreihen ein, wobei man mit den einfachsten Werkzeugen auskommen soll. So können Flurgrenzen als Messungslinien für die *Koordinatenaufnahme* der Geländepunkte dienen oder, um diese festzulegen, unter sich durch neue *Bindelinien* verknüpft werden. Man kann auch einzelne Punkte durch *Bogenschnitt* auf zwei im Plane gegebene Punkte einmessen, oder endlich durch eine *Richtung mit Bogenschnitt*.



nach Punktreihen halten, welche den charakteristischen Geländelinien folgen, den Rücken, den Mulden und Tälern, wo nötig noch Zwischenreihen einlegen, um dann durch Längsverbindungen gewissermaßen Längenprofile, durch Querverbindungen Querprofile zu gewinnen, wobei jedoch sorgfältig darauf geachtet werden muß, daß die Verbindungslinien sich dem Gelände genügend anschmiegen und im Handriß als Polyederkanten vermerkt werden. Wirkliche Brechungskanten im Gelände, wie sie am Fuß und oberen Rand von Rainen, an Terrassen, an den Rändern und in der Sohle von Schluchten auftreten, müssen stets durch je eine Punktreihe aufgenommen werden.

Wo ein Bergrücken (nach oben) konkav, eine Talsohle konvex verläuft, eine Bergwand eben erscheint, da suche man Vierecke, nicht Dreiecke zu umgrenzen, immer darauf bedacht, die Seiten geradlinig und in den beiden ersten Fällen die Diagonalen von entgegengesetzter Krümmung auszuwählen, die eine in der Rücken- oder Sohlenrichtung, die andere quer dazu. An solchen Stellen läßt sich Arbeit ersparen. Wo aber das Gelände ganz flach und die Richtung des Wasserablaufs zweifelhaft ist, da suche man Punktreihen von gleicher Höhe auf, am besten in *den* Niveaurkurven, die die Karte enthalten soll.

Zu dem Aufsuchen der Polyederpunkte und ihrem Eintrag in den Feldhandriß gehört mehr Umsicht, als zur Bedienung des Nivellierinstruments. Der verantwortliche Leiter der Aufnahme überlasse dieses einem geübten und als sorgfältig erprobten Gehilfen und weise selbst den Lattenträger an, begleitet von einigen Gehilfen mit Stahlband oder Messlatten und Winkelprisma, einem Blockbuch für Nebenskizzen und einem Feldtischchen, auf welchem der Lageplan aufgespannt ist.

## § 8.

**Barometrisches Einwägen.** In unsern deutschen Wäldern findet sich meist ein ausgebildetes Weg- und Schneisennetz, von dem es auch brauchbare Karten zum Übertragen auf den Plan des Bauentwurfes gibt. War die Landesvermessung weit genug vorgeschritten, so sind die Dreieckspunkte dritter und vierter Ordnung versteint und trigonometrisch nach ihrer Höhenlage bestimmt. Es brauchen dann nur noch einige Nivellierzüge den Niederungen entlang geführt zu werden, um die genügende Anzahl tief und hoch gelegener Festpunkte zu gewinnen, auf welche sich die *barometrische Einwägung* stützen kann. Auch im offenen Gelände findet der Techniker zuweilen Anlaß, sich des Barometers zu bedienen. — Hier soll nur das Einschalten von Höhenpunkten mittels des Aneroids zwischen gegebene behandelt werden, als das leichteste Verfahren, das auch nur *eines* Beobachters bedarf. Im Anschluß daran wird dann noch beschrieben, wie Taschenaneroide das Entwerfen vorläufiger Niveaurkurven in Handrissen oder Lageplänen wirksam unterstützen können.

*Naudets Aneroid* ist aus Fig. 503 in den Grundzügen seines Baues erkennbar. Die dünnwandige, luftleere Kapsel *a* wird durch eine breite und starke, gekrümmte Feder *b* gespannt, die ihrerseits unter einem vierkantigen Querstift am Mittelsäulchen der Kapsel angreift. Zunehmender Luftdruck sucht die Kapsel und damit die Feder zusammenzupressen und erzeugt eine Bewegung, die sich durch einen langen Arm von der Spannfeder auf das Hebelgestänge *cc* und von da auf ein Kettchen *e* überträgt. Das Kettchen wickelt sich unter der leichten Zugwirkung einer Spiralfeder auf die stehende Welle auf, und diese bewegt den Zeiger *z*, sodafs dessen Spitze an der Randskala hingeleitet. In das Zifferblatt eingelassen ist ein Quecksilberthermometer mit ebenfalls gebogener Röhre und Skala, dessen Gefafs in den inneren Raum des Gehäuses hinabreicht.

Über dem Zifferblatt ist das Gehäuse durch einen Glasdeckel, nach unten durch einen Metallboden verschlossen. Der innere Mechanismus aber ruht auf einer starken Metallplatte und erst durch diese an drei Berührungspunkten auf dem Gehäuseboden. Durch ein Loch im letzteren

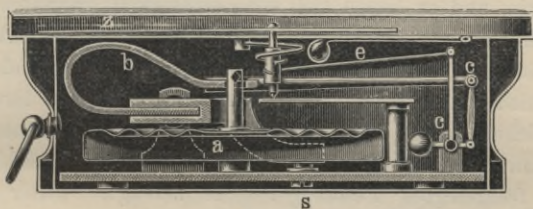


Fig. 503.

gelangt man bei *s* an einen Schraubenkopf, dessen Gewindeteil einen starken, gekrümmten Winkelhebel um eine Welle zu drehen vermag. Da in den oberen Arm des Winkelhebels die Spannfeder *b* eingeklemmt ist, so bewirkt die Drehung der Schraube *s* eine Verstellung des Zeigers *z* am Zifferblatt. Man macht davon aber blofs selten und wohl nur bei den Zimmeraneroiden Gebrauch, die als Wetteranzeiger dienen und nicht allzu sehr von den Angaben des Quecksilberbarometers abweichen sollen. Bei Aneroiden für Messungen kommt es blofs darauf an, dafs die Zeigerspitze den *Änderungen* des Luftdruckes *empfindlich und stetig folgt*. Und obwohl man der Übersicht wegen die Teile der Aneroidskala nach Millimetern der Quecksilbersäule benennt und beziffert, so ist doch auch dies nebensächlich. Für wichtig aber gilt, dafs die Temperaturwechsel im Mechanismus nicht Standänderungen des Zeigers hervorrufen, wenn der Luftdruck sich gleich blieb. Man nennt so günstig gebaute Aneroide für Temperaturwechsel ausgeglichen oder *kompensiert*, darf aber einer entsprechenden englischen oder französischen Aufschrift noch lange nicht trauen. Bis auf unbedeutende Beträge wirklich kompensierte Aneroide fertigt zur Zeit

Otto Bohne zu Berlin an. Die preußische Landesaufnahme hat mit seinen Instrumenten gute Erfahrungen gemacht.

Selbstverständlich müssen alle inneren Metallteile gleichzeitig ein und dieselbe Temperatur haben, wenn der Zeiger sich regelmässig bewegen, insbesondere die Kompensiervorrichtung wirken soll. Daher hüllt man alle Aneroide in Etuis und die Bohne'schen in Kästchen ein, die mit Filz ausgelegt sind. Außerdem sollen sie beim Gebrauch der unmittelbaren Bestrahlung durch die Sonne so wenig als möglich ausgesetzt werden. Es sei noch erwähnt, daß man Aneroide bei wagrechter Lage ihres Zifferblatts abliest, weil sonst das kugelförmige Gegengewicht am Gestänge *cc* (Fig. 503) nicht wirkt; ferner daß man vor dem Ablesen des Zeigers durch leichtes Klopfen auf den Gehäusedeckel etwaige Verspannungen des Mechanismus aufhebt.

Eigentliche Mefsaneroide sind keine Tascheninstrumente, sondern haben einen äußeren Durchmesser von 13 cm. Dafür entspricht auch der kleinste Skalenteil von etwa 1 mm Länge einem halben Millimeter der Quecksilbersäule, und es lassen sich mit Leichtigkeit Zwanzigstelmmillimeter der Luftdruckänderung abschätzen. Freilich ist zu bedenken, daß je nach der Seehöhe, in der man sich befindet, 1 mm Druckänderung einem Höhenunterschied von 10 bis 15 m entspricht, 0,05 mm Druckänderung also einem solchen von  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  Meter; und man wird sich nicht wundern, wenn bei Aufnahmen im großen der *mittlere* Nivellierfehler für den barometrisch festgelegten Punkt  $\pm 1\frac{1}{2}$  m beträgt. Unter schwierigen Verhältnissen ist man aber froh, eine solche Genauigkeit mit wenig Mühe zu erreichen, unter Vorbehalt späterer schärferer Messungen an jenen Geländestellen, die für den endgültigen Entwurf wichtig werden.

Bohne verfertigt übrigens für Messungszwecke auch bequeme Taschenaneroide von zweierlei Größe, die jedoch selbstverständlich eine geringere Genauigkeit der Höhenbestimmungen gewähren.

Wir würden das Aneroid zum Einschalten von Höhenpunkten zwischen gegebene benutzen können, auch wenn wir nur zweierlei Erfahrungen gemacht hätten, einmal daß sein Zeigerstand *mit der Höhe* sich stetig ändert, dann daß auch an ein und demselben Orte die Zeigerangaben *mit der Zeit* stetig wechseln. Wir könnten daraus schließen, daß die Aneroidablesung *A* eine Funktion der Höhe *h* und der Zeit *z* sei:

$$A = f(h, z). \quad (1)$$

Gehen wir von Anfangswerten  $A_0$ ,  $h_0$  und  $z_0$  aus und zu den nahe dabei liegenden  $A_1$ ,  $h_1$  und  $z_1$  über und bedienen uns der Taylor'schen Reihe, so wird

$$A_1 - A_0 = \left(\frac{\partial f}{\partial h}\right)_0 \cdot (h_1 - h_0) + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)_0 \cdot (z_1 - z_0) + R,$$



wobei wir uns die Ausgangswerte  $h_0$  und  $z_0$  in die partiellen Differentialquotienten eingeführt und unter  $R$  alle Glieder höherer Ordnung denken. Wir brauchen nur  $h_1 - h_0$  und  $z_1 - z_0$  klein genug zu wählen, dann wird  $R$  gegen die ersten Glieder der Reihe verschwindend klein und vorstehende Gleichung von der linearen Form:

$$A_1 - A_0 = p(h_1 - h_0) + q(z_1 - z_0). \quad (2)$$

Hieraus liefse sich, wenn  $p$  und  $q$  bekannt wären, unter Beobachtung des Aneroids und der Uhr die Gröfse  $h_1 - h_0$  berechnen.

Die Rechnung kann aber noch einfacher werden, wenn wir uns hinsichtlich der *Beobachtung* die Bedingung auferlegen:

$$\frac{z_1 - z_0}{h_1 - h_0} = v, \quad (3)$$

d. h. die zum Auf- oder Abstieg verwandten Zeiten sollen zu den zugehörigen Höhenunterschieden in konstantem Verhältnis stehen. Dann wird:

$$A_1 - A_0 = (p + qv)(h_1 - h_0),$$

und für das Wertepaar  $A_n, h_n$ , d. h. die Aneroidablesung  $A_n$  auf der Höhe  $h_n$ :

$$A_n - A_0 = (p + qv)(h_n - h_0),$$

woraus durch Division folgt:

$$\frac{A_1 - A_0}{A_n - A_0} = \frac{h_1 - h_0}{h_n - h_0}$$

und daraus sehr einfach

$$h_1 = h_0 + \frac{h_n - h_0}{A_n - A_0} (A_1 - A_0). \quad (4)$$

Nach dieser Formel, in welcher man den Zeiger 1 der Reihe nach mit 2, 3 . . .  $n - 1$  vertauscht, wird man rechnen, wenn die Höhen  $h_0$  und  $h_n$  eines tief und eines hoch gelegenen Punktes bekannt sind und man von  $h_0$  ausgehend in stetigem Anstieg die Zwischenpunkte 1 . . .  $n - 1$  erreicht, worauf auch noch  $h_n$  erstiegen wird.

Die Bedingung (3) ist im allgemeinen nur mit Zeitverlust inne zu halten, und gar nicht mehr, wenn die Zwischenpunkte nur durch abwechselnden An- und Abstieg erreichbar sind, denn eine Umkehr der Zeit gibt es nicht. Doch lehrt uns Gleichung (2), daß durch Rückkehr zum Ausgangspunkt am Schlusse einer Messungsreihe, wobei dann  $h_1 - h_0 = 0$  wäre,  $q$  bestimmt werden könnte, worauf sich auch  $p$  durch zwei bekannte Höhen und die zugehörigen Aneroidablesungen ermitteln liefse. Man soll also auch beim barometrischen Einschalten von Höhenpunkten entweder beobachtend hin- und zurückgehen oder, eine Schleife bildend, zum Ausgangspunkt zurückkehren.

Für nicht kompensierte Aneroide (s. o.) gilt noch die Vorsichtsmaßregel, dafür zu sorgen, daß die Temperatur des Instruments während des Anstieges oder des Abstieges in ihrem Gange nicht umkehrt. Aber auch solche

Umkehrungen werden unschädlich, wenn man die *Temperaturkorrektion* des Aneroides kennt und anbringt. Sie ist verhältnismäßig leicht bestimmbar, indem man von *zwei* Aneroiden das eine *sehr verschiedenen* Temperaturen aussetzt, das andere aber in *unveränderlicher* Temperatur erhält und stets mit jenem zugleich abliest. Trägt man die Temperaturen des untersuchten Instruments als Abscissen, die Ablesungsunterschiede beider als Ordinaten graphisch auf, so erhält man ein Bild von den Änderungen im Aneroidstand, welche die wechselnde Temperatur hervorrief.

Bis zu welchen Höhen- und Zeitunterschieden man unter Vernachlässigung von  $R$  die Formel (2) anwenden darf, das hängt weniger von der Gestalt der höheren Glieder in  $R$ , als davon ab, ob das Aneroid bei der Umkehr vom Auf- und Abstieg nicht Unstetigkeiten zeigt. Nicht alle, aber viele Aneroide machen infolge elastischer Nachwirkungen bei der Umkehr einen Sprung im Zeigerstand, der sich erst allmählich wieder ausgleicht, und dessen Gröfse mit dem erstiegenen Höhenunterschied und der Raschheit des Anstieges wächst.<sup>1)</sup> Man darf Formel (2) nur bis zu Höhenunterschieden anwenden, innerhalb deren jener Sprung verschwindend klein bleibt. Dies trifft bei den meisten Aneroiden innerhalb 10 mm und selbst 20 mm Druckunterschied zu. Man überzeuge sich davon durch ein zweites Aneroid (Standbarometer), das man am Ausgangspunkt zurückläfst, wö möglich in einem Raum von unveränderter Temperatur. Mit dem Feldbarometer aber ersteige man eine Höhe von 100 bis 200 m und sehe zu, ob der *Unterschied der Angaben* beider Aneroide sich inzwischen merklich verändert hat.

*Beispiel einer Aneroidaufnahme.*

Aneroid I. 5. Okt. 1878, nachmittags.

Punkt	Zeit	Aneroid	Druck- unter- schie- de	Höhen- unter- schie- de	Koten	Sollwerte
No.	St. M.	mm	mm	m	m	m
1	3 50	<b>750,85</b>			<b>179,0</b>	179,0
2	3 59	750,50	— 0,35	4,0	183,0	183,4
3	4 14	747,05	— 3,45	39,5	222,5	221,4
4	4 46	744,40	— 2,65	30,4	252,9	252,6
5	5 01	<b>743,35</b>	— 1,05	12,0	<b>264,9</b>	264,9
6	5 19	745,80	+ 2,45	×72,3	237,2	236,8
1	5 37	<b>750,95</b>	+ 5,15	×41,8	<b>179,0</b>	179,0

<sup>1)</sup> Nach Dr. Guido Grassi setze man:

$$\text{Aneroidstand} + \text{Verbesserung} = \text{Luftdruck.}$$

Dann nimmt nach der Umkehr die positive Korrektion zu (oder die negative ab), wenn eine *Druckverminderung* vorherging, d. h. wenn man vom Anstieg zum Abstieg überging; umgekehrt im entgegengesetzten Falle. Vergl. des Verf. „Erfahrungen über Naudet'sche Aneroide“, Zeitschr. f. Verm. 1877, S. 475 u. ff.

Vorstehendes Beispiel ist nach der einfachsten Interpolationsformel (4) berechnet. Es würde sich auch nur wenig ändern, wenn man nach (2) rechnen wollte. Das beobachtete Aneroid war nicht für Temperaturwechsel unempfindlich, seine Angaben sind jedoch auf konstante Temperatur übertragen. Die Druckunterschiede, von Zeile zu Zeile berechnet, haben die entgegengesetzten Vorzeichen der zugehörigen Höhenunterschiede, welche das *Steigen* von Punkt zu Punkt darstellen. Wem es bequemer ist, der mag in der Spalte der Höhenunterschiede statt der dekadischen Ergänzungen ebenfalls negative Zahlen aufführen. Als *Rechenproben* sollen in den beiden Spalten der Druck- und Höhenunterschiede von *Festpunkt zu Festpunkt* (deren Aneroidstände und Koten fettgedruckt sind) die Summen gebildet und zur Ausgangszahl hinzugefügt werden, wodurch die nächste fette Zahl entstehen muß. Die Spalte der Sollwerte ist selbstverständlich, außer bei Versuchsmessungen wie die vorstehende, unausfüllbar.

Die beiden (immer negativen) Quotienten  $\frac{h_n - h_0}{A_n - A_0}$ , welche für vorstehende Rechnung zu bilden waren, lauten:

$$-11,45 \quad \text{und} \quad -11,30.$$

Sowohl um diese Quotienten, als auch um die Produkte in der Spalte der Höhenunterschiede zu bilden, ist der *Rechenschieber* oder Ludwig Zimmermanns *Rechentafel*, große Ausg., 2. Aufl., Liebenwerda 1901, sehr brauchbar.

Für schärfere Messungen mit dem Aneroid und die zugehörigen Rechnungen empfiehlt Verfasser die von ihm herausgegebenen, von Hugo Feld sehr sorgfältig entworfenen *Graphischen Barometertafeln* zur Bestimmung von Höhenunterschieden durch eine bloße Subtraktion, nebst Gebrauchsanweisung, Braunschweig 1880. Auch von des Verfassers Sechs graphischen Tafeln zum Schnellrechnen etc. (Sonderausgabe, Berlin 1877) sind die zweite und dritte zusammengenommen in ähnlichem Sinne zu gebrauchen, während Tafel IV zur Rechnung nach Babinets bequemer Formel dient.

Wenn man schon bei Verwendung der Meßaneroide von 13 cm Durchmesser auf einen mittleren Nivellierfehler von  $\pm 1,5$  m rechnen muß, so könnte es scheinen, als ob Taschenaneroide von 8 und 5 cm Durchmesser und mit  $\pm 2$  bis 2,5 m mittlerem Fehler für ernste Messungszwecke ganz außer Frage blieben. Dennoch sind solche Instrumente von Wert, um *Niveaukurven in den Feldhandrissen* oder auch in den Katasterplänen zu *skizzieren* und so einen Anhalt zu gewinnen für die strengere Entwicklung der Niveaukurven aus einer gleichzeitig ausgeführten Einwägung mit Peilwage oder Tachymeter. Und nichts hindert, die skizzierten Niveaukurven schon zu ersten rohen Entwürfen, z. B. eines Wegnetzes, zu verwenden, wenn man sich nur der zugelassenen Messungsfehler dabei bewußt bleibt.

Auf Seite 465 wurde zum vorläufigen Eintrag von Niveaukurven in die Feldhandrisse oder Lagepläne *nach dem bloßen Augenschein* geraten.

Dafs man dabei nicht wirkliche Niveaukurven, sondern nur ähnlich geformte Linien erhält, ist keinem Kundigen zweifelhaft. Sehr viel näher schon kommen die im Felde skizzierten Linien dem, was sie bedeuten sollen, wenn in geschickt gewählten Abständen Punkte von annähernd bekannter Kote über das Mefsgebiet verstreut werden. Wer den Handriß führt, soll daher an geeigneten Punkten das Taschenaneroid ablesen und die zugehörige Kote sofort in den Plan einschreiben. Das Einschalten der Niveaukurven zwischen je 2 kotierten Punkten geschieht an Ort und Stelle selbstverständlich nach dem Augenmafs, das Einlegen der Kurvenzüge mit stetem Blick auf die sich darbietenden Oberflächenformen.

Dazu ist nun aber nötig, dafs die Aneroidablesungen ohne Zeitverlust in Koten verwandelt werden. Wenn wir beachten, dafs in Gleichung (4) der Koeffizient  $(h_n - h_0) : (A_n - A_0) = m$  sich nicht nur in unserm Beispiel (S. 484), sondern bei ruhigem Wetter überhaupt als wenig veränderliche Zahl erweist, so können wir die Gleichung

$$h - h_0 = m (A - A_0) \quad (5)$$

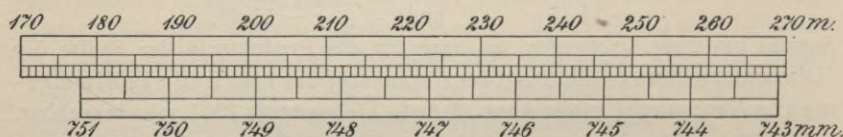


Fig. 504.

durch eine Doppelskala darstellen, welche gemäß Fig. 504 im Nu entworfen ist und oft für mehrere Stunden Geltung behält, vorausgesetzt, dafs man sie nur auf Meter genau ablesen will.

Zu dem Zweck bringen wir am Rande des Feldtischchens, auf dem der Lageplan aufgespannt oder der Handriß zu entwerfen ist, in Tusche ausgezogen eine Millimeterskala an, die als Höhenmafsstab in 1 : 1000 gilt (1 mm für 1 m Höhe), und beziffern sie nach den Höhenzahlen, die für unsere Aufnahme in Frage kommen; so für das Gelände unseres Beispiels von 170 bis 270 m. Die Einheit für die Aneroidablesung ist das  $m$ fache der für die Höhen, und da in unserm Beispiel (S. 484) im Mittel  $m = -11,4$ , so liegen die Teile der zweiten, im Felde und nur in Bleistift zu entwerfenden Skala 11,4 mm auseinander. Der Ableseung  $h_0 = 179,0$  muß die Aneroidablesung  $A_0 = 750,9$  entsprechen, folglich liegt der Teilstrich für  $A = 751$  um  $m \cdot 0,1 = -11,4 \cdot 0,1 = -1,1$  mm von jener Stelle entfernt, d. h. gegenüber der Höhenablesung  $h = 177,9$ . Hier setzt man den Zirkel mit der Spannweite 11,4 mm ein und erhält so, oder auch durch Addition von mehrmals 11,4 zu 177,9, neben dem Höhenmafsstab die Aneroidskala.

Etwas anders hilft man sich, wenn nicht, wie in unserm Beispiel, zur Bestimmung von  $m$  zwei günstig gelegene Punkte von bekannter Höhe

gegeben sind und zu Beginn der Arbeit besucht werden können. Stimmt die Aneroidskala mit der des Quecksilberbarometers nahezu überein und kann man die Lufttemperatur  $t$  durch ein Schleuderthermometer messen, dann darf man  $m$  der Formel

$$m = 16000 (1 + 0,004 t) : (A_0 + A_n) \quad (6)$$

entnehmen, worin  $A_0$  und  $A_n$  die Aneroidablesungen an der tiefsten und höchsten Stelle des Mefsgebietes der nächsten Stunden bedeuten. Und wenn für keinen einzigen Punkt, den das Aneroid besuchen könnte, die Seehöhe bekannt ist, dann darf man ein  $h_0 = m (A_0 - 760)$  ausrechnen und (abgerundet) in die Doppelskala nach Fig. 504 einführen. Die auf S. 485 erwähnte graphische Tafel IV liefert  $m$  der Formel (6).

Es darf ausgesprochen werden, dafs durch Verwendung eines Taschenaneroids das mühsame Werk des Handrißentwurfes nicht nur für die spätere Geländedarstellung wertvoller, sondern für den Aufnehmenden auch befriedigender und darum erfreulicher wird. Selbstverständlich soll nicht jeder Punkt des Geländereiefs, der der genaueren Einwägung unterliegt, auch barometrisch bestimmt werden.<sup>1)</sup>

## § 9.

**Aufsuchen von Linien begrenzten Gefalles.** Im § 2 war betont, dafs es oft vorteilhaft sei, die Grundzüge eines Bauentwurfes in der Natur selber festzulegen, statt sie auf dem Plan zu bearbeiten und darauf erst in das Feld zu übertragen. Dazu gehört vor allem das Aufsuchen von Linien von konstantem oder wenigstens beschränktem größtem Gefälle auf dem Gelände.

Bei geringem Gefälle verwendet man dazu die einfache Peilwage. Sie wird so aufgestellt, dafs der Beobachter den mutmaßlichen Verlauf der Linie im Bereiche günstiger Zielweite überblickt; dann wird, selbstverständlich mit einspielender Libelle, ein Rückblick  $l_0$  nach dem Ausgangspunkte genommen. Man spannt von ihm aus das Mefsband oder eine besonders vorbereitete Schnur von der gewünschten Länge  $s$  aus und berechnet

$$l_1 = l_0 - vs,$$

<sup>1)</sup> Was hier für kulturtechnische Zwecke nur als vorläufiges, ziemlich rohes Verfahren gelten kann, könnte den Ansprüchen des Topographen schon völlig genügen. Man betrete einen Aussichtspunkt des Mittelgebirges und denke sich die Oberfläche der Umgegend durch eine andere ersetzt, welche in etwa 25 gut gewählten Punkten auf ein Quadratkilometer (100 ha), den eigentlich aufgenommenen Punkten, *innerhalb* 5 m mit der wirklichen Oberfläche übereinstimmt und sich im übrigen *nicht mehr* als 25 m von ihr entfernt: das Gesamtbild, selbst der näheren Umgebung, würde sich kaum verändert zeigen, und eine Karte, welche die Ersatzfläche wiedergäbe, sich zur ersten Orientierung in der Gegend nach Lage und Höhe, selbst für einzelne technische Vorfragen, vortrefflich eignen.

wenn  $v$  das Gefällverhältnis (z. B.  $+0,01$  bei der *Steigung* 1:100) ist. Am Ende des Bandes rückt nun die Ziellatte über das Gelände hin auf und nieder, bis die Ablesung  $l_1$  auf dem Querfaden des Fernrohrs erscheint; die gefundene Stelle bezeichnet man durch einen Merkpflöck. Von hier aus wird das Band neuerdings ausgespannt und an seinem Ende die Lattenablesung  $l_2 = l_1 - vs$  aufgesucht u. s. w. Muß der Stand der Peilwage gewechselt werden, so schlägt man zuvor neben dem letzten Merkeinen Grundpflöck genau für die berechnete Lattenablesung (bei scharf einspielender Libelle) ein, was nicht schwierig ist und den Beobachter jeder Umrechnung überhebt, die ein Wechsellpunkt von beliebiger Höhe fordern würde. Bei den Zwischenpunkten braucht die Ablesung  $l$  immer nur innerhalb einiger Centimeter zu stimmen.

Diese Arbeit geht sehr rasch von statten und bedarf, wenn das Gefälle  $v$  nicht wechselt, so gut wie gar keiner Feldbuchführung. Die Bodengestalt zwingt indessen zuweilen, sei es zur Ermäßigung des bisher abgesteckten größtzulässigen Gefälles, sei es zum Übergang von einem erwünschten mittleren zum Maximalgefälle, da man sich sonst dem Gelände nicht hinreichend anschmiegen oder weite Umwege machen würde.

Für stärkere Steigungen ist häufiger Standwechsel nötig, für  $v = 1:20$ , ein Zwanzigmeterband und Ziellatten von 3 m Länge z. B. nach jedem zweiten Punkt. Nun scheut zwar ein *geschickter* Beobachter einen Standwechsel nicht, denn er kostet ihn nur  $\frac{1}{2}$  Minute für die Neuaufstellung und nicht viel über  $\frac{1}{2}$  Minute für den Rückblick.<sup>1)</sup> Lästig aber wird das Einwägen mit stets wagrechter Sicht in Busch und Wald, wo Zweige oft den Blick nach der Latte behindern, lästig auch der Zirkelschlag mit dem Bandmaß, da Stämme und Sträucher ihm in den Weg treten. In solcher Lage ist es vorzuziehen, wenn die Visierlinien selbst um das Gefälle  $v$  geneigt werden und man die Linien konstanten Gefälles *unmittelbar und ohne Streckenmessung* über den Boden hin aufsuchen kann. Man nennt Instrumente, an denen man der Sicht das Gefälle  $v$  erteilen kann, *Gefällmesser*.

Der zuverlässigste und brauchbarste Gefällmesser ist unbedingt wieder die *Peilwage mit Gefällschraube*, wie die Fig. 500 auf S. 478 und 517 auf S. 508 sie darstellen. Namentlich gestattet die *Trommelkippschraube* der Fig. 517 jedes Gefälle innerhalb  $v = \pm 1:10$  und etwas darüber sofort und ohne Reduktion einzustellen. Dafs die Gefällschraube außerdem *Distanzmessung* zuläfst, ist eine wertvolle Zugabe. Denn wenn es auch gerade ein Vorteil der Gefällmesser ist, dafs sie beim Aufsuchen der konstant geneigten Linie der Streckenmessung entraten *können*, so wird

<sup>1)</sup> Es kann nicht oft genug hervorgehoben werden, dafs die Aufstellung eines Nivellierinstrumentes von jedem nach kurzer Übung, ausweislich der Uhr, bequem in 30 Sekunden vollzogen werden kann.

man gleichwohl die Strecken von Punkt zu Punkt messen *wollen*, und dies geschieht eben sehr schnell und genau genug durch die Gefällschraube (§ 13).

Es gibt zweierlei *Verfahren bei der Linienabsteckung*. Nach dem *ersten* stellt man sich über dem Ausgangspunkt auf, mißt die Instrumenthöhe  $h$  mittels der Ziellatte und trägt die letztere um eine beliebige, zweckmäÙig erscheinende Strecke weiter. Am neuen Ort geht sie im Gelände auf und nieder, bis sie in der Höhe  $h$  von der Visierlinie getroffen wird, welche bei streng lotrechter Stehachse auf das Gefälle  $v$  eingestellt ist. Der gefundene Punkt wird ausgepflöckt und als Ausgang für die nächste Gefällstrecke benutzt. Somit werden beim ersten Verfahren nur *Vorblicke* angewandt. Das *zweite* jedoch nimmt auch kurze Rückblicke nach dem Wechsellpunkt und *vermeidet so das schwerfällige und rohe Messen der Instrumenthöhe*. Die Peilwage wird in kurzer Entfernung vor dem Ausgangs- oder dem Wechsellpunkte aufgestellt und die Visierlinie, wieder bei streng lotrechter Stehachse,<sup>1)</sup> unter dem Gefälle  $v$  rückwärts zur Ziellatte gerichtet, woselbst man  $h_0$  ablesen möge. Dann richtet sich die Visierlinie unter  $+v$  vorwärts und verfolgt dort die auf- und abrückende Ziellatte, bis auch an ihr die Ablesung  $h_0$  erscheint. Nur bei dem zweiten Verfahren lohnt es sich, die Wechsellpunkte so auszupflöcken, daß  $h_0$  bis auf das Zentimeter scharf wieder abgelesen wird.

Auch Theodolite lassen sich mit der Gefällschraube versehen, und diese in Amerika vielverbreitete Form verdiente auch bei uns allgemeinere Aufnahme, da sie unter geringstem Aufwand von Mitteln aus jedem Theodolit einen Gefäll- und Distanzmesser schafft. In Deutschland hat sich namentlich die Werkstätte von M. Hildebrand zu Freiberg in Sachsen dieser Einrichtung angenommen. Auch Th. Rosenberg zu Berlin hat Theodolite mit Gefällschraube geliefert.<sup>2)</sup>

Neben den vorgenannten zuverlässigen Instrumenten, mit deren Handhabung jeder Vermessungstechniker unsrer Tage bald vertraut ist und die ihn auch zu vielen sonstigen Messungen begleiten, gibt es noch eine große Zahl *Gefällmesser zum Freihandgebrauch* oder auf leichten Stativen, die zwar nur geringe Genauigkeit bieten, auch keineswegs sonderlich bequem zu handhaben sind, aber durch ihren mäÙigen Preis, ihr geringes Gewicht und ihren niedlichen Bau viele Anhänger geworden haben.

Man muß zugeben, daß manche dieser Instrumentchen, wie z. B. die *Pendelwage mit Gefällmesser* von Baumeister Bohne, Berlin (Fig. 505), durch ihre scharfsinnige Einrichtung sehr für sich einnehmen. Ein Pendel

<sup>1)</sup> Zur Aufstellung der Peilwage unter strenger Lotrechtstellung der Stehachse braucht man anderthalb Minuten.

<sup>2)</sup> Vergl. Wilhelm Wolf, Zur Polygonstreckenmessung vermittelt der Feinbewegung des Theodolits; Zeitschr. f. Verm. 1899, S. 233.

in Cardanischer Doppelgelenkaufhängung enthält ein kleines galiläisches Fernrohr, das also zum Anbringen eines Fadenkreuzes unbrauchbar wäre, hätte nicht Bohne das Okular aus einer Konvex- und einer Konkavlinse (achromatisch) zusammengesetzt und letztere in der Mitte durchbohrt; die Durchsicht durch die bloßgelegte Lupe gewährt nun dem Auge den Blick nicht nur auf ein Fadenkreuz, sondern auf eine ganze Gefällskala, die in ein vorgelegtes Glasplättchen eingeritzt ist.<sup>1)</sup>

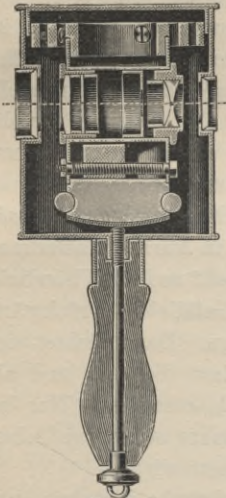


Fig. 505. Bohnes Pendelwage.

Nicht ohne Interesse ist auch der Gefällmesser von Tesdorpf in Stuttgart (Fig. 506), der nach Jordan (Zeitschr. f. Verm. 1887, S. 2 u. ff.) kurz beschrieben sein möge. In der Figur ist  $L$  eine Libelle, welche samt der Alhidade  $A$  um den Mittelpunkt  $C$  eines Halbkreises vom Durchmesser  $DE$  gedreht werden kann. Die einspielende Luftblase wird dabei durch einen schräg gestellten Spiegel  $S$ , der jedoch nur die rechte Hälfte des Gesichtsfeldes  $G$  ausfüllt, im Diopterrohr sichtbar, während das Auge durch ein Visierloch bei  $V$  über ein Fadenkreuz bei  $K$  hinweg nach dem Ziele  $Z$  blickt. (Das Spiegelbild des Punktes  $C$  soll wenigstens nahezu auf  $K$  treffen.) Dabei weist der

Halbmesser  $CO$  des Halbkreises auf den Nullpunkt der Kreisteilung und steht auf der Visierachse  $VK$  normal. Während die rechte Hand das Visierrohr unterstützt und dieses nach dem Ziele richtet, faßt die linke eine geränderte Scheibe  $R$  an, mit welcher Alhidade und Libelle zugleich

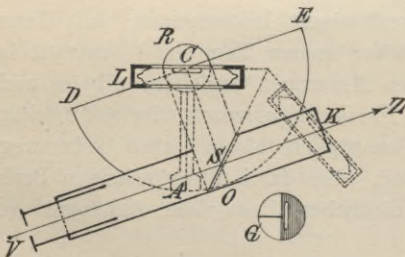


Fig. 506. Gefällmesser von Tesdorpf.

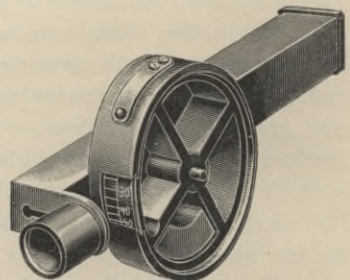


Fig. 507. Gefällmesser nach Brandis.

gedreht werden, bis die Luftblase im Spiegel sichtbar und vom Querfaden des Fadenkreuzes halbiert wird. Die Teilung wird nach Belieben in Graden oder nach Gefällprozenten ( $100 \text{ tg } \alpha$ ) ausgeführt.

<sup>1)</sup> Näheres über den Bau des Instrumentchens in des Verfassers Praktischer Geometrie, 2. Teil, S. 176.



In freier Hand gehalten, kommt das Instrument und seine Luftblase niemals ganz zur Ruhe. Auf einem Stock oder leichten Stativ sind die Ergebnisse besser, doch hat Jordan auch beim Gebrauch in freier Hand einen mittleren Fehler im Höhenwinkel von nur  $\pm 7'$  gefunden. Das würde  $\pm 0,2\%$  entsprechen.

Ausschließlich zu freihändigem Gebrauch fertigt Wolz in Bonn einen Gefällmesser nach Dr. Brandis, vorm. General-Inspektor der indischen Forsten, an. Ein metallenes Rad mit Teilung auf seinem Reifen ist einseitig beschwert und schwingt sehr leicht um eine dünne Welle. Durch Wegfeilen von Metall kann der Schwerpunkt im Rade verlegt und das Werkzeug ein- für allemal justiert werden; daher eine kleine Unsymmetrie in den Radspeichen. Mit dem Gehäuse des Rads ist ein Diopterrohr verbunden, und während das Auge durch den Visierspalt nach dem Ziel blickt, kann es dicht daneben durch eine Lupe die Ablesung (in Graden oder Gefällprozenten, je nach Bestellung) auf der zylindrischen Teilung nehmen.

Die Bewegung des Rads ist in der Regel gehemmt und wird beim Gebrauche durch leichten Druck auf einen Knopf ausgelöst. — Auf dem (in Fig. 507 abgenommenen) Deckel des Gehäuses sind einige zweckmäfsig für den Feldgebrauch ausgewählte Hilfstafeln angebracht.

Alle Gefällmesser, welche in freier Hand gebraucht werden, bedürfen Ziellatten von derber Teilung, gewöhnlich nach Dezimetern. Doch kann man sich sehr gut mit beliebigen Lattenstücken oder mit Baken helfen, an denen in Augenhöhe eine deutlich sichtbare Zielmarke, z. B. ein Papierstreifen, festgeheftet wird. Gewöhnlich wird man mit Freihand-Gefällmessern das erste der oben S. 489 geschilderten Verfahren zum Aufsuchen der Linie konstanter Steigung anwenden. Doch ist auch das zweite von geübten Beobachtern, und dann noch vorteilhafter zu verwerten.

Gefällmesser können außerdem zur Aufnahme von *Querprofilen* (§ 5) verwandt werden, namentlich wenn man sich auf je *eine* mittlere Geländeneigung rechts und links der Leitlinie beschränkt, was ja oft genügt, z. B. beim Entnehmen von Querprofilen aus Schichtenplänen, wie in dem Beispiel der Einleitung, meist genügen *mufs*.

Endlich können freihändig gebrauchte Gefällmesser auch zum vorläufigen Eintrag von Niveaukurven in fertige Lagepläne und damit zur Unterstützung einer genaueren Einwägung dienen, denn Gefälle mal Zielweite gibt den Höhenunterschied von Stand- und Zielpunkt; die Zielweiten entnimmt man dem Plan. Zu solchem Zweck gebührt jedoch dem Taschenaneroid (§ 8) im allgemeinen der Vorzug.

Über den Gebrauch des Gefällmessers zum Abstecken von Profildbreiten vergl. § 27.

## Kapitel II.

### Vorerhebungen durch Tachymetrie.

#### § 10.

**Das tachymetrische Aufnehmen.** Man versteht darunter die *gleichzeitige Aufnahme der Situation und der Höhe* des Geländes und seiner Teile, und man vollzieht die Festlegung der einzelnen Punkte im Grundriss in der Regel durch Strahlen von einem Festpunkte aus, deren wagrechte Länge (die Zielweite) und deren Richtungen, von einer festliegenden Anfangsrichtung aus gezählt, mittelst des *Tachymeters* gemessen werden.

Der Name Tachymetrie (Schnellmessung) betont ein wenig zu sehr die *Raschheit* des Verfahrens, welches zwei sonst getrennte Geschäfte, die Aufnahme nach Lage und Höhe, vereinigt. Man darf aber unter keinen Umständen mit solcher Hast arbeiten, daß für die zweckmäßige Wahl der aufzunehmenden Punkte, ihre Bezeichnung und ihren Eintrag in den Feldhandriss nicht genügende Zeit mehr bleibt. Man muß ferner die Zeit anwenden, welche die *Messproben* erfordern, denn kein Punkt darf, weder der Lage noch der Kote nach, ungeprüft bleiben. Strebt man, ohne Rücksicht auf zweckmäßige Punktauswahl, Handrissführung und Messproben, nur nach Erledigung von möglichst viel Punkten in der Stunde, so gewähren die Tachymeter auch darin große Leistungen, 60 bis 100 Punkte bei Verwendung von 2 bis 3 Ziellatten zugleich, aber die Punkte werden regellos hingestreut, unnütz zusammengedrängt liegen und für die Entwicklung von Situation und Relief doch nur mangelhaft zu verwerten sein. Bei verständigem Vorgehen kann man es jedoch immerhin bis zu 30 geprüften und zweckdienlichen Punktaufnahmen in der Stunde bringen, und wenn dieser oder jener in günstigem Gelände und nach großer Übung mehr leistet, so braucht seine Arbeit darum noch nicht für minderwertig zu gelten.

Mehr als die Raschheit des tachymetrischen Verfahrens sollte man seine *Anpassungsfähigkeit* betonen. Was bei Vorerhebungen am häufigsten verlangt wird, das sind Übersichtspläne mit eingehender Behandlung einzelner Geländeteile, und zwar derjenigen, auf welche sich die abändernden Entwürfe voraussichtlich beziehen werden. *Außerhalb* dieser Teile braucht Lage und Höhe oft nur flüchtig, mit geringer Genauigkeit aufgenommen

zu werden, während *im* Gebiet der Entwürfe die Sorgfalt einer Katasteraufnahme erwünscht sein kann, namentlich dort, wo Gebäude in den Entwurf einbezogen werden müssen. Allem dem kann die Tachymetrie unter zweckentsprechender Regelung des Zeitbedarfs Rechnung tragen; und mehr als das, ihre vielseitig ausgestatteten Meßgeräte können ebensowohl auf freiem Feld arbeiten, als in die engen Gassen der Dörfer, in Schluchten und Buschwerk der Wälder eindringen. Ob ferner draussen die Frucht noch auf dem Halm steht oder die Ernte vorüber ist, das macht wenig Unterschied, da die Streckenmessung meist durch einen Blick über die Felder weg vollzogen wird.

Zur Festlegung der Geländepunkte im Grundriß sind die *Tachymeter*, wie schon erwähnt, mit Horizontalkreis und Alhidade versehen, mit welcher letzteren sich das Fernrohr in Azimut dreht. Gleichen hierin *alle* Tachymeter dem Theodolit, so tun es *viele* auch in Hinsicht der Kippbewegung des Fernrohrs. Bei andern wieder, den sogenannten Nivelliertachymetern, ist die Kippbewegung beschränkter; mit ihnen bestimmt man Situation und Höhe der Geländepunkte nur bei wagrechter oder schwach geneigter Sicht. Nivelliertachymeter eignen sich daher nur zu Aufnahmen (und Absteckungen) im Flach- und Hügelland; tachymetrische Theodolite lassen sich auch im Mittel- und Hochgebirge verwenden. Obwohl in ihrer Anwendung beschränkt, haben Nivelliertachymeter doch ihre Vorzüge; sie sind leichter, einfacher zu handhaben und auch billiger als Theodolite, was alles jene für den Kulturtechniker beachtenswert macht.

In Hinsicht der Einrichtung zur Messung der Zielweiten und -Höhen gibt es reiche Auswahl, und jede der verschiedenen Bauarten hat lebhafte Fürsprache gefunden, was nicht hinderte, daß einzelne Konstruktionen doch wieder ganz beiseite gesetzt worden sind, während für andere eifrig um den Vorrang gestritten wird. In diesen Meinungsstreit einzutreten wäre hier nicht der Ort, vielmehr werden hier nur drei längst bewährte Verfahren und Einrichtungen zum gleichzeitigen Distanz- und Höhenmessen vorgeführt:

1. Einwägung bei wagrechter Sicht und Distanzmessung nach Reichenbach (einfaches Nivelliertachymeter).

2. Distanz- und Höhenmessung durch die Gefällschraube, welche das Fernrohr derart auf und ab bewegt, daß die Ziellinie bei jeder ganzen Schraubenumdrehung gleiche Stücke an der Zielskala durchläuft (Gefällschraubentachymeter).

3. Distanzmessung nach Reichenbach und Messung des Höhenwinkels oder besser der Zenitdistanz der Sicht (tachymetrischer Theodolit).

Zu allen drei Konstruktionen gehört als Ziellatte eine auf gewöhnliche Art eingeteilte Nivellierlatte, welche *lotrecht* gehalten, daher zweckmäßig mit einer Dosenlibelle verbunden wird, oft aber außer der gewöhnlichen

Nivellierskala noch eine gröbere Teilung für große Zielweiten bei flüchtiger Aufnahme besitzt.

Gewöhnlich versieht man Tachymeter auch mit einem *Orientierkompass*, entweder am Horizontalkreis oder an der Alhidade. Man macht sie dadurch fähig, zur Feststellung der Standpunkte *Kompasszüge* auszuführen, und diese Fähigkeit bedarf ein Tachymeter um so mehr, je weniger es zu Polygonzügen nach Art des Theodolits sich eignet, also namentlich bei beschränkter Fernrohrneigung. Ein tachymetrischer *Theodolit* kann ganz wohl den Kompass entbehren, ohne im offenen Feld viel an Verwendbarkeit zu verlieren. Oft überschätzt wird die Möglichkeit, durch den Kompass den *Horizontalkreis* in jedem Stand so zu orientieren, daß unmittelbar *Richtungswinkel* (Azimute) der Zielstrahlen abgelesen werden können. Man rechnet dabei zu sehr auf die Unveränderlichkeit des Instruments. Es wird dann nämlich von Konstanten Gebrauch gemacht, die man *vor* der Feldaufnahme bestimmte, statt die Feldaufnahme so anzuordnen, daß aus ihr die eben gültigen Konstanten hervorgehen und in den Ergebnissen berücksichtigt werden können. Verzichtet man auf die Limbusorientierung, dann ist die unmittelbare Verbindung des Orientierkompasses mit der *Alhidade* vorzuziehen.

Bei tachymetrischen Aufnahmen ist zwischen dem *Stationieren*, dem Festlegen der Standpunkte des Tachymeters nach Situation und Höhe, und der *Kleinaufnahme* zu unterscheiden, dem Festlegen der Geländepunkte im einzelnen Stand. In die Kleinaufnahme greift die Bauart des Tachymeters bestimmend ein, aber auch das Stationieren wird, obwohl mehr mittelbar, der Bauart sich anpassen müssen. Die Maßnahmen zum Festlegen eines Tachymeterstandes und die Kleinaufnahme von diesem Stande aus folgen sich unmittelbar, denn beide Arbeiten werden durch ein und dasselbe Meßgerät besorgt. Im Gegensatz dazu wird bei der gewöhnlichen Fluraufnahme mit Theodolit und Meßband das Legen und Aufnehmen des Meßliniennetzes von der Stückvermessung zeitlich getrennt.

In eigentümlicher Weise knüpft sich bei dem tachymetrischen *Meßtischapparat* an die Stationierung und Kleinaufnahme sogleich auch das Entwerfen des Planes einschließlich der Niveaukurven. Damit wird die Gelegenheit gegeben, alle Gegenstände des Planes sofort noch einmal mit der Natur zu vergleichen, grobe Fehler zu entdecken und auszumerzen, Lücken zu erkennen und auszufüllen. Die Richtungen der Zielstrahlen werden gezeichnet, nicht abgelesen, die Ablesungen am Distanzmesser und Höhenkreis der Kippregel alsbald reduziert und verwertet. Was tagsüber aufgenommen worden ist, liegt abends fertig gezeichnet vor Augen. Dazu kommt eine große Unabhängigkeit in der Wahl der Standpunkte (§ 11 No. 5), die keinerlei Rechnung erfordern, freilich auch keinerlei Ausgleichung zulassen. Größere Abhängigkeit von der Witterung, Gebundensein an den

einmal gewählten Maßstab, der wegen der nötigen Zahl der Festpunkte auf dem Tischblatte klein sein muß, sehr verminderte Brauchbarkeit im *bedeckten* Gelände (im Wald, in Dörfern), Verbrauch der Feldarbeitszeit zu Verrichtungen, die sich ebensowohl zu Hause erledigen ließen, das sind die Bedenken, die man der Verwendung des Meßtisches zu Vorarbeiten entgegenhält. Auch die für das Tischblatt ungeeignete langgestreckte Gestalt des Meßgebietes von Ingenieurbauten, Eisenbahnen, Kanälen u. dergl. mag den Meßtisch zurückgedrängt haben. Bei kulturtechnischen Entwürfen auf geschlossenem, wenig bedecktem Gebiet mögen einige dieser Bedenken wegfallen und dürfte der tachymetrische Meßtischapparat<sup>1)</sup> mitunter sich zu Vorerhebungen recht wohl eignen. Doch nicht ohne daß die Lage der Standpunkte und der Zielstrahlen geprüft und die Ablesungen für Distanz und Höhe zur Nachprüfung niedergeschrieben und nach Art der Theodolitablesungen mit Meßproben versehen werden.<sup>2)</sup>

## § 11.

**Tachymetrisches Stationieren.** Wenn, wie bei Erd- und Wasserbauten meistens, das aufzunehmende Gelände sich langhin ausdehnt, dann sind es hauptsächlich *Polygonzüge*, welche die Standpunkte des Tachymeters miteinander verknüpfen. Erstreckt sich aber das Aufnahmegebiet, etwa zum Zweck größerer Meliorationsanlagen, nach allen Richtungen hin nahezu gleich weit, so kommen auch Standpunktbestimmungen durch *Kleintriangulation* vor, z. B. durch Rückwärtseinschneiden nach drei Punkten. — Neben den Standpunkten müssen auch Anbindepunkte für die *Höhenaufnahme* festgelegt werden.

1. *Strenger Theodolitzug.* Die Streckenmessung geschieht mit Latten oder Stahlband je zweimal, die Brechungswinkel werden mit dem Theodolit in zwei Fernrohrlagen, in der zweiten bei veränderter Limbusstellung, gemessen.<sup>3)</sup> Der strenge Theodolitzug gewährt den Vorteil einer sehr

<sup>1)</sup> Beschrieben in des Verf. Praktischer Geometrie, Braunschweig 1885, I, S. 323 ff. und dessen Abbildungen geodätischer Instrumente, Berlin 1892, § 29, Tafel 11.

<sup>2)</sup> Den Einwand der Zeitvergeudung durch Reduktionsrechnungen suchen Konstruktionen zu entkräften, wie die Tachymeter-Kippregeln nach Wagner-Fennel und neuerdings nach Hammer-Fennel, welche durch mechanische oder optische Hilfsmittel Reduktionsrechnungen ganz umgehen. Vergl. Literatur zum VI. Abschnitt.

<sup>3)</sup> Ist der Theodolit zum Repetieren oder überhaupt zur Limbusdrehung nicht eingerichtet, so lese man, zum Schutz gegen grobe Fehler, zu jeder Richtung, aufser an beiden Nonien, noch an einem Hilfszeiger ab, der in unrundem Winkelabstand vom Zeiger des ersten Nonius eigens angebracht werden muß, aber auch durch den letzten Strich der Überteilung vertreten werden kann. Am Hilfszeiger wird die Kleinablesung nur durch Schätzung bewirkt.

sicheren Punktverbindung, namentlich wenn der Zug zwischen zwei Festpunkte eingelegt werden konnte. Durch den Rückblick nach dem vorhergehenden Brechungspunkt ist die *Kleinaufnahme* gut orientiert. Die *Bestimmungspunkte* für die Absteckung der entworfenen *Leitlinie* des Bauwerkes können auf Grund des strengen Theodolituzuges meist sehr sicher in das Gelände abgesetzt werden. Aber in engen Tälern mit gewundenen Wasserläufen sind die Zugseiten mit Band oder Latten oft schwierig zu messen.

Noch wertvoller ist der von Geheimrat Nagel in Dresden eingeführte *Theodolitzug mit Meßprobe durch Seitenblicke*. Von je drei Brechungspunkten des Zuges  $AB$  wird nach einem gemeinsamen, seitswärts gelegenen Ziele  $Z$  (z. B. einem Kirchturm) visiert (Fig. 508) und der mittlere Zielstrahl aus den Zugseiten und den anliegenden Winkeln doppelt abgeleitet. Die Zielstrahlen nach den Hilfspunkten und ihre Rückwärtsverlängerungen sind beim Abtragen von Bestimmungspunkten für die Leitlinie

$CD$  des Bauwerkes besonders nützlich.<sup>1)</sup>

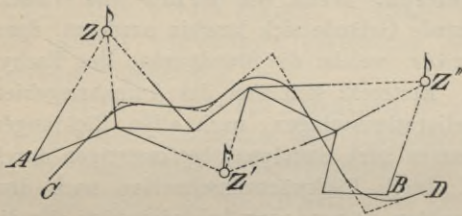


Fig. 508.

2. *Theodolitzug mit Distanzmessung*. Die Hindernisse, welche sich der Streckenmessung mit Band oder Latte entgegenstellen, sind durch Distanzmessung meist leicht zu überwinden.

Es liegt nahe, bei der Messung

der Brechungswinkel des Zuges, da man ohnehin nach den beiden Nachbarpunkten zielen muß, gleichzeitig die Zugseiten (jede also zweimal) mit dem Distanzmesser zu überspannen, indem man Ziellatten an jenen Punkten aufrichtet. Doch ist es vorteilhafter, jede Zugseite  $AB$  (Fig. 509) in zweimal zwei Strecken  $Aa$  und  $aB$ ,  $Ab$  und  $bB$  zu zerlegen und diese von den Polygonpunkten  $A$  und  $B$  aus zu messen. Denn kürzere Strecken liefert die Distanzmessung genauer, obendrein etwas bequemer, und außerdem können  $a$  und  $b$  als Wechsellpunkte für die Höhenübertragung dienen.

<sup>1)</sup> A. Nagel, Die Saalevermessung im Herzogtum Sachsen-Altenburg, Sonderabdruck aus dem Zivilingenieur, Bd. 38, S. 97. Es war für die Vermessung des Saaletales eine Dreieckskette geplant, auf welche die Stückvermessung sich stützen sollte, für beides zusammen aber ein viel zu geringer Geldbetrag ausgeworfen. Prof. Nagel griff daher zu einem Polygonzug von durchschnittlich 550 m Seitenlänge der Saale entlang, mit Kontrollschnitten nach festen Seitenpunkten, und gelangte so bei großer Sparsamkeit zu einer völlig befriedigenden Grundlage der Stückvermessung. Diese selbst ist mit einfachen Theodolitziügen und Stahlbandmessung nach Koordinaten ausgeführt worden.

Es kommt dabei nicht allzuviel darauf an, daß  $a$  und  $b$  scharf in die Gerade  $AB$  eingerichtet sind. Selbst 2 Punkte  $a'$  und  $b'$  in einigem Abstand von  $AB$  (Fig. 510) können den gleichen Zwecken wie  $a$  und  $b$  dienen, wenn sie vermöge der angedeuteten Winkel, die aus den gemessenen Richtungswinkeln hervorgehen, sich auf  $AB$  projizieren lassen.

Auch durch den Distanzmesser läßt sich eine beträchtliche Genauigkeit der Streckenmessung gewinnen. Sie ist weniger von den Neigungen des Bodens, aber mehr von Tageszeit und Witterungsverhältnissen abhängig, als Band- und Lattenmessung. Distanzmesser, wie der von Reichenbach, welche auf Abschätzung von Bruchteilen des Centimeters an der Ziellatte angewiesen sind, finden ihre Genauigkeitsgrenze in der Schärfe dieser Schätzung. Weiter jedoch reicht unter günstigen Umständen die Einstellung des Fernrohrs auf zwei Zielmarken, z. B. mittelst einer guten Gefällschraube auf zwei Centimetergrenzen. Stützt man die lotrechte Ziellatte dabei mit zwei Streben (z. B. Baken, die man mit der Hand anstemmt), wählt den Abstand der Zielmarken groß (Einstellung auf die untere Marke,  $n$  volle Schraubendrehungen und noch so viel, um

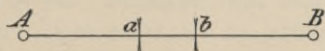


Fig. 509.

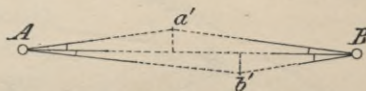


Fig. 510.

die nächste obere Centimetergrenze zu treffen) und ist die Tageszeit günstig, so stehen die Ergebnisse denen der Streckenmessung durch Stahlband oder Meßlatten nicht nach.

Im allgemeinen wird man freilich bei Ersatz von Band oder Latte durch den Distanzmesser bereit sein, zugunsten der Einfachheit und Raschheit der Aufnahme auf die höchste erreichbare Genauigkeit der Streckenmessung zu verzichten.

3. *Kompafszug mit Distanzmessung.* Theodolitzüge verlangen die Vorausbestimmung des nächsten Standpunktes oder wenigstens der Richtung nach ihm. Nur *in* dieser Richtung darf man bei Ankunft auf dem neuen Standort das Tachymeter noch verschieben, sei es, um die beste Aussicht zu gewinnen, sei es bloß, um die zentrische Aufstellung zu erleichtern. Daher pflegt man Theodolitzüge nur nach sorgfältiger Vorauswahl der Standpunkte anzuwenden, mitunter selbst von der Kleinaufnahme zeitlich ganz zu trennen. Soll aber zur Zeitersparnis das Stationieren mit der Kleinaufnahme verbunden werden, dann ist es erwünscht, den neuen Standort erst zu betreten und genauer auszuwählen, wenn man die Kleinarbeit auf dem vorigen völlig beendet hat.

Das gestattet uns der Kompafszug. Wir brauchen nach der Gegend des neuen Standortes  $II$  hin nur einen *Wechselpunkt*, oder wie in Fig. 511

deren zwei,  $a$  und  $a'$ , vorzulegen, um durch Rückblicke  $IIa$  und  $IIa'$  bei orientiert zu denkendem (aber während der Aufnahme selbst in der Regel nicht wirklich orientiertem) Limbus die Verbindung mit Standpunkt  $I$ , und durch neue Vor- und Rückblicke den Kompafszug  $I \dots IV$  in sogenannten *Springständen* herzustellen. (Vergl. S. 494.) Standpunkt  $II$  kann dabei mit vornehmlicher Rücksicht auf die von ihm auszuführende Kleinaufnahme gewählt werden, solange nur noch die Rückblicke nach den Wechsellunkten  $a$  und  $a'$  zulässig sind. Bekanntlich darf ein Kompafszug, da die Magnetnadel gegenüber dem Theodolit ein roher Winkelmesser ist, nicht die langen Strecken eines Theodolitzuges enthalten. In dieser Rücksicht und um die Distanzen genauer zu messen, wird man nur kurze Zielweiten nehmen. Andererseits kommt die Unabhängigkeit der einzelnen Azimutbestimmung dem Kompafszug zu statten, während Winkelfehler im Theodolitzug sich auf eine Reihe von Azimuten übertragen.

Durch die doppelten Wechsellunkte  $a, a'$  und  $b, b'$  u. s. w. (Fig. 511), welche paarweise wenige Meter voneinander und etwas ungleich hoch

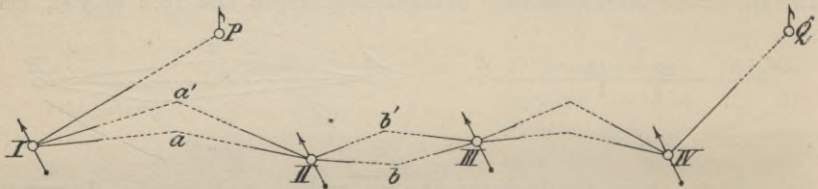


Fig. 511.

liegen sollen, werden zwei Kompafszüge nebeneinander ausgeführt, zur Messprobe von Standpunkt zu Standpunkt. Kann der Doppelzug zwischen gegebene Endpunkte eingehängt werden, so wird deren Abstand, verglichen mit dem Abstand der äußersten Polygonpunkte, eine neue Messprobe liefern. Sehr wertvoll ist es, wenn vor und nach Beendigung eines Kompafsuges das Fernrohr in Gerade von bekanntem Richtungswinkel eingestellt werden kann, wie es durch die Sichten  $IP$  und  $IVQ$  angedeutet wird. Man bestimmt dadurch zweimal die *Mifsweisung  $\sigma$  der Sicht*, d. h. den Richtungswinkel der Visierebene des Fernrohrs bei einspielender Magnetnadel. Aus der doppelten Bestimmung kann man entweder einen Mittelwert bilden, oder besser ihre Differenz proportional der Zeit auf die Standpunkte  $II, III, IV \dots$  verteilen, wobei angenommen wird, sie sei allmählich entstanden, zum Teil aus kleinen Veränderungen des Instruments, zum Teil aus den täglichen Schwankungen des magnetischen Meridians.

In Fig. 512 mögen  $OM$  und  $OP$  die Fernrohrsichten bei einspielender Magnetnadel und beim Zielen nach  $P$  sein,  $m$  und  $p$  die zugehörigen Limbusablesungen,  $(OP)$  der Richtungswinkel für  $OP$ , dann ist

$$\sigma = (OP) - (p - m) \quad (1)$$



und hieraus, wenn  $O$  und  $P$  Festpunkte, also  $(OP)$  bekannt,  $\sigma$  bestimmbar. Umgekehrt folgt aus

$$(OP) = p - m + \sigma, \tag{2}$$

dafs, wenn  $\sigma$  bekannt,  $P$  aber kein Festpunkt ist, dennoch  $(OP)$  leicht aus der Kreisablesung  $p$  abgeleitet werden kann.

Der Limbus heifst nach den Koordinatenachsen orientiert, wenn  $m = \sigma$ , mithin auch  $p = (OP)$ , wonach man also unmittelbar Richtungswinkel der Zielstrahlen ablesen würde. Man klemme, um dies zu erreichen, auf jedem Stand die Alhidade bei der Ablesung  $\sigma$  fest und drehe Limbus und Alhidade vereint, bis die Magnetnadel einspielt, worauf der Limbus dauernd geklemmt wird. Doch wurde schon erwähnt, dafs  $\sigma$  nicht unveränderlich ist (vergl. S. 494).

Ist der Orientierkompaß mit dem Limbus fest verbunden, so gelten (bei einspielender Nadel) die Gleichungen (1) und (2) für  $m = 0$ . Um einen solchen Limbus nach Koordinatenachsen zu orientieren, dreht man ihn (mit Hilfe der Alhidade) um  $\sigma$  zurück oder um  $-\sigma$  vor. Nunmehr läßt sich gewöhnlich der Orientierkompaß so justieren, dafs die Nadel auf Null weist. Aber aus den angeführten Gründen hält die Justierung nicht lange vor.

4. *Porros Theodolitzug mit Springständen.* Nur ungern wird man Kompaßzüge anwenden, wenn Theodolitzüge zulässig sind, und nur bei solchen Instrumenten, welche, wie die Nivelliertachymeter, durch

die geringe Kippbewegung ihres Fernrohres im Hügelland alsbald auf kurze Zielweiten angewiesen sind, bildet der Kompaßzug zum Stationieren die Regel, der Theodolitzug die Ausnahme. Mancher tachymetrische Theodolit wird daher gar keinen Orientierungskompaß tragen oder ihn nur für solche Fälle besitzen, wo die Örtlichkeit zu kurzen Zielweiten zwingt.

Um aber dem Theodolit auch für lange Zielweiten und ohne Beihilfe des Kompasses eine möglichst ungebundene Auswahl neuer Standpunkte zu sichern, hat Porro das Verfahren der Fig. 513 erdacht.

Die Standpunkte  $II, III \dots$  sind hier Springstände, denn die Wechselpunkte  $aa', bb' \dots$  dienen nur als Ziele. Sie liegen *weit* auseinander und begrenzen die gemeinsame Basis je zweier Dreiecke, von denen die Winkel an der Spitze (bei  $I, II, III \dots$ ) und die anliegenden Seiten (diese durch Distanzmessung) gegeben sind. Durch Auflösen der Dreiecke werden die Winkel an der Basis, sowie letztere selbst und zwar doppelt bestimmt. Damit sind auch die Brechungswinkel der beiden Polygonzüge

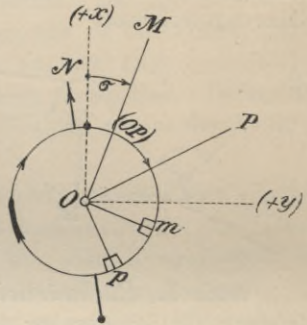


Fig. 512.

*Ia I Ib III . . .* und *Ia' I Ib' III . . .* sämtlich bekannt und die Züge berechenbar. Die Auflösung der vielen Dreiecke aus je 2 Seiten und dem eingeschlossenen Winkel ist indessen eine nicht unbedeutende Arbeit, die man nicht ohne Not auf sich nehmen wird.

5. *Stationieren durch Rückwärtseinschneiden nach 3 Punkten.* Für die tachymetrische *Mefstischaufnahme* ist diese Art des Stationierens die am häufigsten verwendbare, sobald das Mefsgebiet sich nicht blofs einseitig, sondern auch in die Breite ausdehnt. Und zwar führt nach des Verfassers Erfahrungen kein anderes Hilfsmittel so rasch zur Aufstellung und Orientierung des Mefstisches, als Lehmanns fehlerzeigende Dreiecke und die auf sie gegründete Näherungsmethode. Selbst ohne Orientierkompass ist die Tischplatte nach 4 Minuten orientiert, mit Kompass weit rascher, weil schon die ersten fehlerzeigenden Dreiecke klein werden. Jede andere Methode, auch die mit dem Collins'schen Hilfspunkte, verlangt, wenn die Schlufsprobe nicht vollkommen stimmt, eine Verbesserung durch Lehmanns Näherungsverfahren.

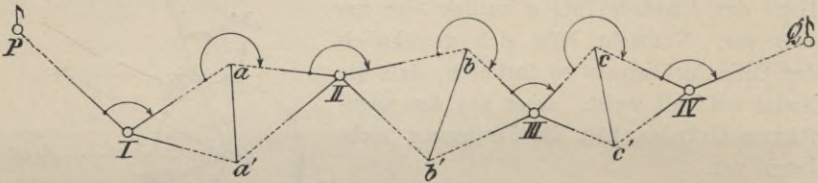


Fig. 513.

Auch das *Rückwärtseinschneiden nach 2 Punkten* kommt bei dem Mefstisch für Standpunkte untergeordneter Bedeutung vor. Auf der mit Kompass orientierten Tischplatte werden von zwei daselbst gegebenen Festpunkten aus die Zielstrahlen rückwärts gezogen, deren Schnitt den Standpunkt liefert.

Im Wald, in engen Tälern u. s. w., wo der Mefstisch kein bequemes Werkzeug mehr ist, kann man sich doch mit Polygonzügen helfen, die den Theodolithzügen oder häufiger den Kompasszügen mit Springständen nachgebildet sind, wird auch Mefsproben durch doppelte Wechsellpunkte, durch einzelne Zielstrahlen nach gegebenen Fernpunkten und dergl. mehr verwenden können.<sup>1)</sup>

Für Instrumente, wie Theodolit und Nivelliertachymeter, welche die Winkel nicht durch Zeichnung, sondern zahlenmäfsig aufnehmen, würde das

<sup>1)</sup> Mit dem Orientierkompass überspringt der Mefstisch einen Polygonpunkt, der ohne Kompass Standpunkt werden müfste. Man erreicht den neuen Stand durch Überspringen und nennt ihn darum von alters her Sprung- oder Springstand. Für diese Art Sprung hat man neuerdings den wenig bezeichnenden Namen „Lattenüberschlag“ aufgebracht.

Rückwärtseinschneiden nach 3 Punkten für tachymetrische Zwecke zu viel Rechnung mit sich führen, könnte man sich nicht zur Konstruktion der Standpunkte auf dem Plan des *Standpeilers* bedienen, eines Vollkreistransporteurs mit einem festen und zwei beweglichen Linealen, deren Zeichenkanten durch den Kreismittelpunkt gehen und unter denselben Winkeln wie die drei Zielstrahlen des Rückwärtseinschnittes zu einander eingestellt werden. Man legt die drei Kanten durch die drei zugehörigen Festpunkte auf dem Plan und sticht im Zentrum des Transporteurs den Standpunkt ein. Umständlicher schon ist es, in Ermangelung eines Standpeilers sich mit der Zeichnung der Zielstrahlen auf Pauspapier zu helfen, welches so gedreht und verschoben wird, daß die Strahlen durch die entsprechenden Festpunkte gehen, worauf man den gemeinsamen Scheitel durchsticht. Aber *einen* Gewinn bietet dieses ursprünglichere Verfahren doch: es gestattet, mehr als 3 Zielstrahlen zugleich zu berücksichtigen. Man legt z. B. von 4 Strahlen die drei günstigsten, d. h. die, welche die beste Schnittfigur bilden,<sup>1)</sup> zuerst auf die Festpunkte. Die Abweichung des vierten Strahls von dem seinigen sucht man nun zu verkleinern, indem man jene drei, aber alle so wenig als möglich, aus ihrer Lage verschiebt. — Pauspapier ist bei langen Zielstrahlen schlecht verwendbar. Dafür stört bei kleinen Maßstäben und darum kurzen Strahlen wieder der Vollkreis des Standpeilers sehr.

*Zum tachymetrischen Stationieren gehört*, wie schon oben erwähnt, auch die *Bestimmung hinreichender Anbindepunkte für die Höhenaufnahme*. Dazu muß bei allen Theodolit- oder Kompasszügen ein *Nivellierzug* nebenher gehen, meist vereinigt mit der Festlegung der Stationspunkte. Diese selbst zu Höhenmarken zu wählen, ist unpraktisch, weil sich kein Rückblick nach ihnen nehmen, sondern nur die Instrumenthöhe über ihnen abschätzen läßt. Dagegen sind die Wechsellpunkte der unter 2. bis 4. vorgetragenen Stationierverfahren auch als Wechsellpunkte der tachymetrischen Einwägung vorzüglich geeignet und liefern, weil paarweise angeordnet, wertvolle Meßproben.

Wie der tachymetrische Polygonzug wenn irgend möglich zwischen zwei trigonometrisch bestimmte Festpunkte eingehängt wird, so der tachymetrische Nivellierzug zwischen zwei Höhenmarken, die im voraus durch eine geometrische Einwägung mit der Peilwage bestimmt wurden. Ähnlich also wie vor der Flächeneinwägung mittelst Rostes oder auf Grund

<sup>1)</sup> Je 2 Strahlen und die Punkte, auf welche sie zielen, stellen einen Kreis als geometrischen Ort des gesuchten Neupunktes fest. Alle diese Kreise, die sich somit im Neupunkt schneiden, bilden die Schnittfigur, und jene beiden Kreise, die sich, zu drei Strahlen gehörig, am nächsten unter einem rechten Winkel schneiden, dürfen als günstigste Schnittfigur gelten.

fertiger Situationspläne (§§ 6 und 7) muß auch der tachymetrischen Aufnahme die Festlegung eines Netzes von Höhenmarken in weiten Maschen (etwa von je 1 qkm) vorausgehen. Man hüte sich sehr vor dem Versehen, die tachymetrischen Nivellierzüge (die also durchaus nicht immer *vollständig* mit den Polygonzügen zusammenfallen werden) von Höhenmarke zu Höhenmarke einmal zu unterbrechen, da sonst eine Hauptprobe der Höhenübertragung verloren geht.

Neben dem selbstgelegten Netz von Höhenmarken nahe dem Erdboden liefert die Landesvermessung meist noch eines hoch darüber, die Spitzen der Kirchtürme und andere weithin sichtbare Punkte enthaltend. Beim Stationieren nach 5. dieses Paragraphen wird man durch trigonometrische Höhenmessung von ihnen die Kote des Instrumentalniveaus herleiten.

## § 12.

**Kleinaufnahme mit dem Nivelliertachymeter** bei wagrechter Sicht. Das einfache Nivelliertachymeter (Fig. 514), welches schon auf S. 493 erwähnt ward, zeigt die Libelle mit den Fernrohrstützen durch Schrauben verbunden, von denen diejenige bei  $k$  samt einer ihr entgegenwirkenden Feder als Justiervorrichtung dient. Die Okularblende bei  $n$  trägt einen aufrechten und drei Querfäden und bildet einen etwas drehbaren Ring, um die Querfäden normal zur Stehachse des Instruments zu stellen, wobei an den Knöpfchen unten und oben angefaßt wird. Damit sind zugleich die beiden allein wesentlichen Justiervorrichtungen des Nivelliertachymeters aufgeführt.

Von den beiden Fernrohrstützen  $ff$  dreht sich die vordere bei  $g$  um eine Spitzenachse, die hintere wird durch eine Kippschraube  $d$  mit Gegenfeder bewegt und dadurch das Fernrohr im ganzen um etwa  $4^{\circ}$  gehoben oder gesenkt. An der vorderen Stütze ist ein Libellenspiegel  $h$  in Kugelenk drehbar, in unserer Figur, aber nicht in der Gebrauchsstellung, abgebildet.

Der Träger  $ee$ , in welchen die Spitzenachse eingreift und gegen den der Kopf der Kippschraube sich von unten anlehnt, ist mit der Alhidadenachse starr verbunden und nimmt, damit diese rasch annähernd lotrecht gestellt werden kann, vorn eine justierbare Dosenlibelle auf.

Unter dem Träger  $ee$  hat das Instrument die Gestalt eines einfachen Theodolits und ist wie dieser auf dem Stativ etwas verschiebbar. Die Alhidadenachse ruht in der Büchse des Dreifußes, mit welcher der Horizontalkreis starr verbunden ist, während der Limbusdeckel und die Nonien fest mit der Alhidadenachse vereinigt sind und sich um diese drehen. Klemme  $m$  hemmt die Drehung, worauf Schraube  $a$  noch eine Feinbewegung zuläßt.

Über dem Fernrohr, auf den nach oben verlängerten Fernrohrstützen, ruht der Orientierkompaß, der selbstverständlich eine Hemmvorrichtung für die Nadel besitzt.

Die *Berichtigung* des Nivelliertachymeters als *Theodolit* beschränkt sich auf die Dosenlibelle, die bei lotrechter Steh- oder Alhidadenachse einspielen muß. Außerdem muß der mittlere Querfaden des Okulars einen und denselben Punkt decken, während wir das Fernrohr langsam um die Alhidadenachse drehen. Als *Peilwage* wird das Nivelliertachymeter einzig daraufhin geprüft, ob bei nahezu lotrechter Stehachse und scharf einspielender

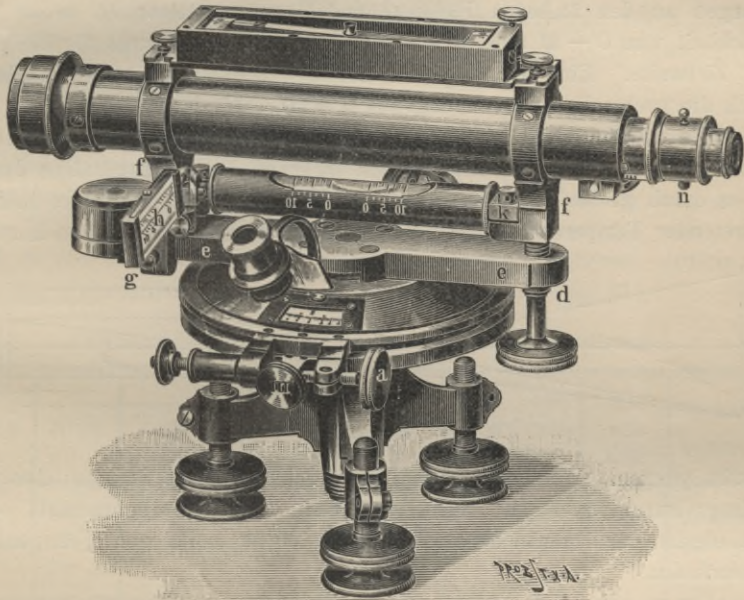


Fig. 514. Nivelliertachymeter für wagrechte Sicht, von Breithaupt & Sohn.

Röhrenlibelle die Visierachse wagrecht ist, was in bekannter Weise geschehen kann, indem man unter gleichen Zielweiten den Höhenunterschied zweier Pflockköpfe einwägt und dann, in neuer Aufstellung über einen Pflockkopf weg nach dem andern blickend, bei einspielender Libelle den gefundenen Höhenunterschied nochmals feststellt. — Die geringe Zahl der Justiervorrichtungen setzt das Nivelliertachymeter, wenn einmal berichtigt, auch nur geringen Änderungen aus.

Zur *Kleinaufnahme* muß das Nivelliertachymeter zunächst stationiert sein, wozu nach § 11 gehört, daß durch verbindende Messungen nicht nur die Situation seines Standortes und die Höhe seiner Sicht bekannt sei, sondern auch der Richtungswinkel der Sicht bei der Kreisablesung Null.

Nun können die einzelnen Geländepunkte aufgenommen werden. Man liest die *Zielrichtung* am Kreis, die *Zielhöhe* bei einspielender Libelle am mittleren Querfaden des Okulars, die Mafse für die *Zielweite* an den äußeren Querfäden ab. *Ohne Mefssprobe jedoch darf man nicht arbeiten.* Die Zielrichtung lese man daher an *einem* Nonius (den zweiten decke man zu), außerdem aber an einem *Hilfszeiger* durch Schätzung ab.<sup>1)</sup> Für die Zielhöhe brauchte der Mittelfaden nur auf Centimeter, ja nur auf Dezimeter genau abgelesen zu werden; der Probe wegen liest man ihn aber, wie die beiden Distanzfäden, auf Millimeter genau ab. Heifsen die Ablesungen an den äußeren Fäden  $O$  und  $U$ , am mittleren  $M$ , so ist die Gleichheit von  $O - M$  und  $M - U$  eine wertvolle *Mefssprobe* für Zielhöhe und Zielweite. Eine *Rechenprobe* für  $a = O - U$  findet sich zugleich durch die nochmalige Berechnung aus  $a = (O - M) + (M - U)$ .

Die erwähnten Mefssproben für jeden Einzelpunkt würden aber nicht aufdecken, wenn etwa der Limbus sich während der Kleinaufnahme dreht, sei es durch grobes Ungeschick, wie Anstoßen ans Stativ, sei es infolge eintretender Temperaturwechsel, welche langsame Stativdrehungen hervor-

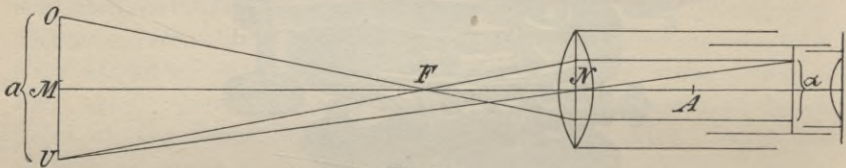


Fig. 515.

zurufen pflegen. Wir müssen daher am Schlusse jedes Standes eine der Anfangsvisuren, z. B. die Sicht nach dem vorigen Polygonpunkt, oder eine eigens dazu genommene Sicht nach einem beliebigen Fernpunkte, *wiederholen.*

Um zu erkennen, wie aus dem Skalenstück  $a$  die Zielweite gewonnen wird, verfolgen wir in Fig. 515 die Lichtstrahlen, welche von den Distanzfäden aus parallel zur (wagrechten) mittleren Visierlinie des Fernrohrs gezogen werden. Sie schneiden sich im vorderen Brennpunkt  $F$  des Objektivs und begrenzen den (lotrechten) Lattenabschnitt  $OU = a$ , der im Fernrohr zwischen den äußeren Querfäden erscheint. Und zwar gilt dies für alle Zielweiten und die zugehörigen Okularstellungen, weil die Okularfäden sich nur entlang den erwähnten Parallelstrahlen verschieben.<sup>2)</sup> Aus den beiden gleichschenkligen Dreiecken, welche ihre gemeinsame Spitze in  $F$  haben, folgt:

$$FM : a = FN : \alpha$$

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung 3 auf S. 495.

<sup>2)</sup> Jeder dieser Strahlen stellt durch seinen Weg *einen* geometrischen Ort für die Lage der Punkte  $O$ ,  $M$ ,  $U$  und ihrer Bilder dar. Einen zweiten können die *Hauptstrahlen*, wie  $UN$ , abgeben.

und, da das zweite dieser Verhältnisse unveränderlich ist und gleich  $k$  gesetzt werden kann,

$$FM = ak.$$

Nun setzt sich die ganze Zielweite  $z$  aus  $FM$  und  $FA = c$  zusammen, wenn  $A$  den Schnittpunkt der Alhidadenachse mit der mittleren Visierlinie vorstellt. Daher ist

$$z = c + ak.$$

Gewöhnlich wird  $k = 100$  gewählt, während  $c$  sich aus der Brennweite  $FN$  des Objektivs und dem Abstand  $NA$  des letzteren von der Alhidadenachse zusammensetzt, also Größen, die mit hinreichender Genauigkeit leicht bestimmbar sind. Die Konstante  $k$  prüft man durch *Ablesen* einiger Skalenabschnitte  $a$  zu Zielweiten  $z$ , die man durch unmittelbare *Längenmessung* feststellte.

$$k = (z - c) : a.$$

Folgender *Feldausweis* enthält *einen* Stand einer Aufnahme mit dem Nivelliertachymeter, also sowohl die Anschlußmessungen als auch die Kleinaufnahme. Diese bezieht sich auf eine Niveaukurve, welche für die gegebene Kote 56,0 im Felde aufzusuchen und zugleich aufzunehmen war (vergl. § 4, S. 464 und § 6, S. 473).  $O, M, U$  bedeuten die oberste, mittlere und unterste Fadenablesung *an der Latte*, entsprechend Fig. 515.

*Feldausweis zur Aufnahme mit dem Nivelliertachymeter.*

Ziel	Kreis o ' "	Ziellatte			$a =$ $O-M$ $M-U$	Ziel- weite $z$	Steigt und Kote	Bemer- kungen:
		$M$ $-M_v$	$O$ $-M$	$-U$ $M$				
Nord	40 15							bei ein- spielender Nadel
	(55 43)							
	220 15							
$w_2$	263 40	<b>0,400</b>	0,590	×,790	0,190	38,1	57,504	Wechsel- punkt
	279 12	×,554	×,600	0,400	0,190			
$w_2'$	259 06	0,446	0,648	×,756	0,202	40,6	×,954 57,458	desgl.
	274 37	×8,111	×,554	0,446	0,202			
$a$	187 06	1,889	2,069	×8,292	0,180	36,3	×8,557 56,015	Gelände- punkt
	202 35	×8,078	×8,111	1,889	0,181			
$b$	157 36	1,922	2,283	×8,443	0,361	72,5	×,967 55,982	desgl.
	173 03	×8,100	×8,078	1,922	0,365			
$c$	120 27	1,900	2,305	×8,507	0,405	81,0	0,022 56,004	desgl.
	136 00	×7,642	×8,100	1,900	0,407			
$w_3$	88 24	2,358	2,597	×7,881	0,239	47,8	×,542 55,546	Wechsel- punkt
	103 55	×7,728	×7,642	2,358	0,239			
$w_3'$	94 40	2,272	2,522	×7,981	0,250	50,3	0,086 55,632	desgl.
	110 12		×7,728	2,272	0,253			





Sowohl die wagrechte Sicht  $KH$ , als auch die beiden geneigten  $KO$  und  $KU$  mögen, rückwärts verlängert, auf Millimetergrenzen treffen,  $o$  und  $u$  nur durch ein Millimeterfeld getrennt sein. Dann ist  $\alpha = 1$ ,  $\zeta : \alpha = 100$ ,  $\beta : \alpha = \beta$  eine ganze Zahl. Hieraus folgen für  $z$  und  $b$  die einfachen Formeln:

$$z = 100a \quad \text{und} \quad b = \beta a.$$

Für  $a$  setzen wir nun  $O - U$ , für  $\beta$  ebenso  $h - u$ , und verstehen unter  $O$  und  $U$  Lattenablesungen, unter  $h$  und  $u$  Ableesungen an der Hilfsskala. Dann wird die Zielweite  $z$  und die Zielhöhe  $FH$  für wagrechte Sicht (obwohl die Latte nicht bis zu ihr hinanreicht) gefunden aus:

$$z = 100 (O - U); \quad (1)$$

$$FH = (h - u)(O - U) + U. \quad (2)$$

Bei Hogrewes Gefällschraube ist die Hilfsskala nur da, um die Schraubenumdrehungen zu zählen, durch welche die Visierlinie von der wagrechten Lage  $KH$  in die geneigten  $KO$  und  $KU$  übergeht, und es kann die Einrichtung getroffen werden, daß jedem Schraubengang 1 mm der lotrechten Hilfsskala im Abstand 100 mm von  $K$  entsprechen würde. Für ein derartiges Instrument gelten die Formeln (1) und (2) ohne weiteres. Vorausgesetzt wird nur, daß die Bezifferung der Hilfsskala von  $u$  gegen  $o$  hin wächst. Die Formeln (1) und (2) liefern, wie es sein muß,  $FH$  negativ, sobald  $F$  über  $H$  gelegen ist. Hogrewes Gefällschraube verlängert also die Ziellatte nicht bloß aufwärts, sondern auch abwärts über die wirkliche Skala hinaus, und fügt ihr eine negative Skala bei.

Wichtiges *Kennzeichen* für die Gefällschraube ist, daß bei gleichen Schraubenumdrehungen gleiche Abschnitte an lotrechter Ziellatte durchlaufen werden. Die *Konstante*  $\zeta : \alpha$  wird durch entsprechende Proben auf bekannten, mit Stahlband oder Rute abgemessenen Zielweiten festgestellt.

Fig. 517 zeigt ein Gefällschraubentachymeter von Th. Rosenberg zu Berlin. Sein unterer Teil, Dreifuß, Büchse und (fester) Horizontalkreis, Alhidadenachse und Alhidade, sind ganz dem einfachen Theodolit nachgebildet. Auf den Kopf der Alhidadenachse aber ist ein *wagrechtlicher Träger* aufgeschraubt und vernietet, aus dem rechts und links die Zapfen der *Kippachse* hervorragen, und um diese schwingt eine *Wiege*, über welcher auf kurzen Stützen in Yförmigen Lagern das Ringfernrohr ruht. Das Okularende der Wiege wird durch die *Gefällschraube*, das Objektivende durch einen *Federbolzen* (in abwärtsragender Büchse) bewegt. Gefällschraube und Federbüchse haben ihre Muttern in dem erwähnten Träger, der unter der Wiege nur zum Teil sichtbar wird. Auf ihm ruht außerdem noch eine ebenfalls kaum sichtbare Dosenlibelle. Mit dem Fernrohr selbst verbunden ist einerseits eine *Wendelibelle*, andererseits ein *Orientierkompafs*.

Die Gefällschraube gestattet 20 und etliche Umdrehungen. Jeder Schraubengang ist ein Millimeter hoch, der Abstand der Schrauben von

der Kippachse wird sorgfältig vom Mechaniker justiert, daher  $\zeta : \alpha = 100$ . Bei lotrechter Stehachse und wagrechter Sicht soll die Gefällschraube auf Null weisen, wozu ihre Trommel etwas (gegen den Kopf der Schraube) verdreht werden kann.

Ein *Ringfernrohr* ist nicht eben durchaus nötig, man könnte auch ein Fernrohr anbringen, das in den Stützen feststeckte, dann natürlich

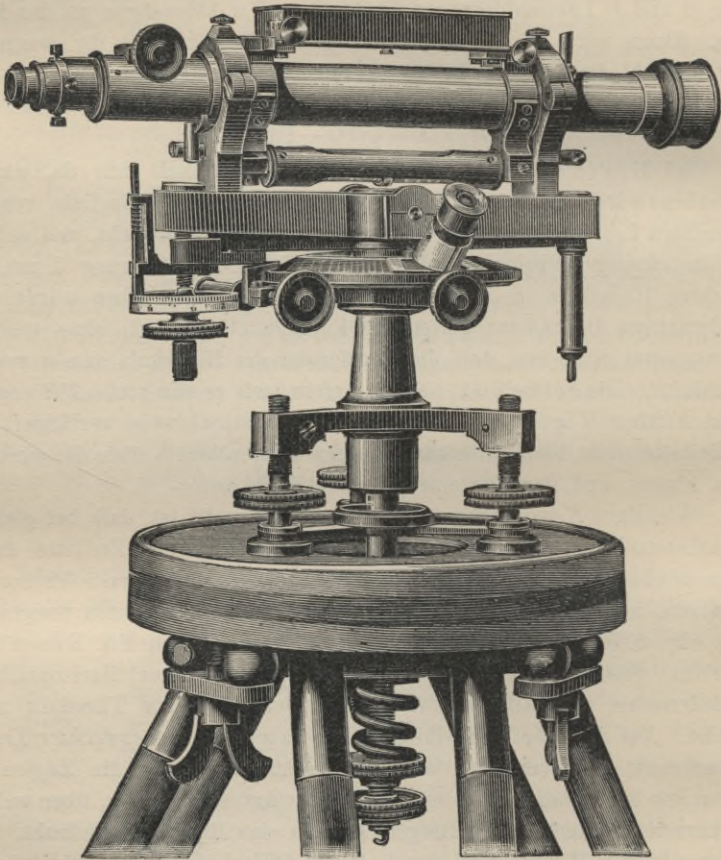


Fig. 517. Gefällschraubentachymeter von Th. Rosenberg.

ohne Wendelibelle. Die Bequemlichkeiten aber, welche diese bei Prüfung des Instruments bietet, empfehlen sie für Instrumente mittlerer Feinheit sehr. Es sei daran erinnert, daß nach Amsler das Fadenkreuz im Fernrohr feststehen, seine Justierschrauben sogar ganz wegfallen dürften und dennoch die Prüfung auf wagrechte Sicht bei einspielender Libelle von der Stelle aus vorgenommen werden könnte. Man lasse nur die Wende-

libelle einmal über, einmal unter dem Fernrohr einspielen und lese jedesmal an einer Zielskala ab, auf die das Fernrohr gerichtet ist. Auf das arithmetische Mittel der Ablesungen gerichtet, ist die Sicht wagrecht. Schlägt dabei die Libelle aus, so bringe man sie mittelst *ihrer* Justierschraube zum Einspielen. Dabei sollen die *Anschläge* des Fernrohrs dafür sorgen, daß in beiden Lagen der Querfaden des Okulars normal zur Alhidadenachse stand, wovon man sich durch eine Drehung um diese überzeugt. Der Querfaden muß in seiner ganzen Länge den nämlichen Zielpunkt decken.

Da das Nivelliertachymeter der Fig. 517 eine größere Kippbewegung zuläßt, als jenes der Fig. 514, so wird man beim *Stationieren* nicht ausschließlicly auf den Kompafszug mit Springständen angewiesen sein. Doch ist es erwünscht, zu diesem Verfahren greifen zu können, daher der Kompafs nicht wohl zu entbehren.

Die *Kleinaufnahme* hat wieder den *Zielstrahl* durch Ablesen am Kreis, die *Zielweite* und *Zielhöhe* durch die Ablesungen  $O$  und  $U$  an der Ziellatte (Fig. 516),  $u$  und  $h$  an der Gefällschraube und ihrer Hilfsskala festzulegen. Dabei ist zu bemerken, daß die Ablesung  $h$  konstant bleibt und an unserm Instrument die runde Zahl 10 darstellt, falls die Stehachse jedesmal streng lotrecht gestellt und die Trommel der Kippschraube, so wie oben angedeutet, für wagrechte Sicht justiert worden ist. Denselben Dienst wie die Justierung der Trommel kann auch deren Ablesung für wagrechte und Wiedereinstellung auf die nämliche Ablesung für die geneigten Sichten leisten; allein es arbeitet sich bequemer mit justierter Trommel.

*Mefsproben* können bei diesem Instrument für die Kreisablesung durch deren Wiederholung an einem *Hilfszeiger*, für die Skalenmaße nur durch Ablesen *dekadischer Ergänzungen* gewonnen werden, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind und Weitläufigkeiten vermieden werden sollen. So könnte man wohl nach *Wendelatten* zielen und auch an der Hilfsskala zwei Zeiger anbringen, man könnte den Lattenabschnitt  $a$  durch *zwei Schraubenumgänge* mit drei Fadenablesungen feststellen u. s. w., aber einfacher bleibt das Ablesen dekadischer Ergänzungen. — Die Probe für die unveränderte Limbusstellung muß am Schlusse eines Standes durch Rückkehr zu einem anfangs benutzten Fernziel oder dergl. vollzogen werden.

Hier folgt der Feldausweis für einen Stand des Gefälltachymeters.

(Siehe Tabelle auf S. 510.)

Abstand des Hilfszeigers vom Hauptzeiger  $17^{\circ} 54'$ . Die Zielweiten folgen aus  $z = 100 (O - U)$ , bedürfen daher keiner besonderen Spalte. Weicht die Formel von dieser etwas ab, dann setzt man die Verbesserungen rot über  $O - U$ , ebenso das Komma rot an die richtige Stelle.

## Feldausweis einer Aufnahme mit dem Gefälltachymeter.

No.	Kreis	$U$ — $O$	$u$ — $u$	$O$ — $U$	$O-U$ $h-u$	$(O-U)$ $\cdot (h-u)$ $U$	Vorblick Rückblick	Steigt Kote	Bemer- kungen.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nord	0 117 49 (135 43) 297 40	Standpunkt $P$							
	$w_3$ 166 29 184 23	1,693 $\times 7,308$	9 $\times 1$	2,692 $\times 8,307$	0,999 1	0,999 1,693			Wechsel- punkt
	$w_3'$ 166 58 184 50	1,701 $\times 7,289$	8 $\times 2$	2,711 $\times 8,299$	1,010 2	2,020 1,701	$\times 6,279$ 3,721	$\times 8,971$ 58,478	desgl.
7	162 47 180 40	1,767 $\times 7,632$	10 $\times 0$	2,368 $\times 8,233$	0,601 0	0,000 1,767	$\times 8,233$ 1,767	1,954 60,432	Gelände- punkt
8	231 09 249 04	0,578 $\times 0,093$	13 $\times 87$	0,907 $\times 4,22$	0,329 — 3	$\times 0,13$ 0,578	<b>0,409</b> $\times 5,91$	2,176 62,608	desgl.
$F$	231 46 (249 40) 51 45	Anschlussicht zum Fernpunkt $F$ .							

Die fünf ersten Spalten, die nur Ablesungen enthalten, sind für sich begreiflich. Aus Spalte 5 wird  $O-U$  gebildet, in 6 eingetragen und durch  $U-O$  aus 3 geprüft;  $h-u$  (für  $h=10$ ) wird aus 4 entnommen und geprüft. Nachdem  $(O-U) \cdot (h-u)$  im Kopfe gerechnet und dabei in Spalte 7 eingetragen worden, vereinigt man dies Produkt mit  $U$  und trägt es neben  $U$  als Rückblick nach Spalte 8 und gleich darüber dekadisch ergänzt als Vorblick. Die Steigungen werden durch Addition je zweier über und unter der Linie stehenden Zahlen in 8 ermittelt und in Spalte 9 vorgetragen. Die Kotenberechnung in 9 wird dadurch geprüft, dass die fetten Zahlen, zur Anfangskote gefügt, die Endkote zu liefern haben.

Nur die Produkte in Spalte 7 sind ungeprüft. Man dividiert sie durch  $h-u$  und muss wieder  $O-U$  erhalten.

## § 14.

**Kleinaufnahme mit dem tachymetrischen Theodolit.** Zum Tachymeter wird ein Theodolit, wenn er einen Höhenkreis besitzt und das Fernrohr einen Reichenbach'schen Distanzmesser darstellt, d. h. auf der Okularblende drei Querfäden trägt, einen mittleren und, in gleichen Abständen von ihm, zwei äußere. Letztere stehen meist um 0,01 der Brennweite des Objektivs voneinander ab, sodass  $k=100$  (vergl. S. 505). Der Orientierkompass ist kein notwendiger Bestandteil, aber eine erwünschte

Zugabe. Denn man kann genötigt sein, sich im Walde, in Schluchten u. s. w. zu stationieren, wobei der Zusammenhang mit den früheren Aufstellungen bequem nur mit dem Kompaß, durch Springstände zu vermitteln ist.

Der Theodolit von Max Hildebrand in Freiberg in Sachsen, den Fig. 518 darstellt, ist zum Repetieren eingerichtet, mit einem Höhenkreis und Reichenbachs Distanzmesser versehen und gestattet auch, nach Ab-

nahme der Reitlibelle, über der Kippachse einen Orientierkompaß, ebenfalls rittlings, aufzusetzen.<sup>1)</sup> Der dem Beschauer zugekehrte Nonius *A* des Horizontalkreises ist mit einem zweiten Zeiger, dem Hilfszeiger, versehen, ebenso der Nonius *A* des Höhenkreises, nämlich der dem Okular in erster Fernrohrlage zunächst stehende. In dieser ersten Lage werden am Nonius *A* Zenitdistanzen von 0 bis  $180^{\circ}$ , in der zweiten desgleichen von  $180^{\circ}$  bis  $360^{\circ}$  abgelesen; der Höhenkreis ist also „durchlaufend“ beziffert.

Fig. 518 zeigt den Höhenkreis durch die Alhidade vollkommen verdeckt, den Nonien gegenüber nur mit Glas. Die Alhidade bildet nämlich, ähnlich der des Horizontalkreises, eine Scheibe mit Rand, an der die Nonien befestigt sind, nur ist die Alhidade des Höhenkreises zwar *um* die Kippachse, aber nicht *mit* ihr drehbar. Vielmehr wird sie unten durch

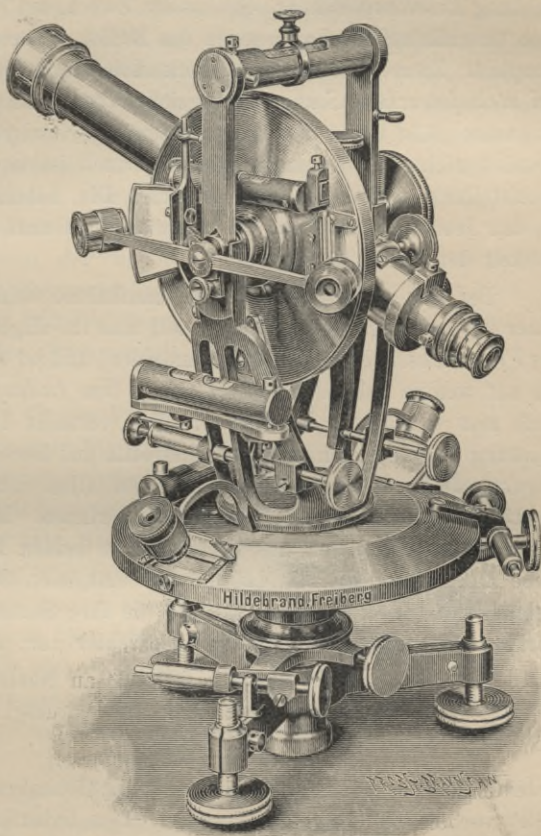


Fig. 518. Tachymeter von Max Hildebrand.

<sup>1)</sup> Auf Bestellung z. B. den ausgezeichneten Röhrenkompaß, welcher in des Verfassers „Abbildungen geodätischer Instrumente“ Tafel 31 und Seite 42 beschrieben ist.

einen kurzen Klemmarm festgehalten, denn dieser reicht abwärts zwischen die Spitze einer feingewindigen Schraube und den entgegenwirkenden Federbolzen. Somit läßt sich der Alhidade, unabhängig vom Höhenkreis, eine Feinbewegung um die Kippachse erteilen, durch welche eine mit der Alhidade verbundene Libelle (über der Achse) zum Einspielen kommt. Hildebrand nennt diese, bei astronomischen Instrumenten längst übliche Vorrichtung *Libellenalhidade*. Sie hat den Zweck, den Zeigern des Höhenkreises eine unveränderliche Lage gegen das Erdlot zu erteilen, sobald die Libelle einspielt. Zwar wird derselbe Zweck auch durch eine unbewegliche Alhidade *bei stets lotrechter Stehachse* erreicht, aber eben die Lotrechtstellung der Stehachse läßt sich für die stundenlange tachymetrische Arbeit eines Standes nicht genau genug erhalten, auch ist im übrigen peinliche Lotrechtstellung meist nicht erforderlich. Die Libellenalhidade gehört also zu den Instrumententeilen, die zugleich die Genauigkeit und die Bequemlichkeit der Arbeit fördern.

Bei der tachymetrischen Kleinaufnahme wird der Theodolit nur in *einer* Fernrohrlage gebraucht, er soll also im allgemeinen *berichtigt*, d. h. der *Visierachsenfehler* (Kollimationsfehler) und der *Kippachsenfehler* sollen bis auf wenige Sekunden getilgt sein. Den *Indexfehler* des Höhenkreises muß man wenigstens *bestimmen*. Man versteht darunter die Höhenkreisablesung bei einspielender Alhidadenlibelle und lotrecht aufwärts gerichteter Fernrohrsicht. Diese Ablesung ist von allen sonstigen abzuziehen, um richtige *Zenitdistanzen* aus ihnen zu gewinnen. Man bestimmt den Indexfehler durch Einstellen des Fernrohrs in beiden Lagen auf ein und dasselbe Ziel, wobei die Alhidadenlibelle einspielen soll. Beide Ablesungen, welche man dabei gewinnt, müssen als ihre Summe  $360^0$  ergeben. Was darüber ist, stellt den doppelten Indexfehler dar; z. B.:

Erste Lage:  $66^0 32'$  an Nonius A,

Zweite Lage:  $293^0 24'$  desgl.

---

$359^0 56'$

Indexfehler =  $-2'$ , d. h. es müssen jeder Höhenkreisablesung an Nonius A  $+2'$  verbessernd beigelegt werden. Den Indexfehler für Nonius A bestimmt man nämlich nur durch Ablesungen an diesem Nonius, doch zweckmäßig mit Benutzung mehrerer verschieden hoher Ziele. — Auch *berichtigen* läßt sich der Indexfehler. Man stelle die Libellenalhidade, während das Fernrohr auf ein solches Ziel gerichtet bleibt, mit der Feinschraube auf die berechnete Sollablesung ein und bringe die Libelle wieder, und zwar mit ihrem eigenen Justierschraubchen, zum Einspielen.

Die *Kleinaufnahme* setzt sich für jeden Geländepunkt aus der Ablesung der drei Okularfäden, des Höhen- und des Horizontalkreises zusammen. Letztgenannte Ablesungen prüft man durch Schätzung am Hilfszeiger, die



Ferner: 
$$O'U' = a \cdot \frac{FL}{FM} = a \cos \alpha.$$

Setzt man diesen Wert von  $O'U'$  in (1) und (2) ein, so folgt:

$$z = c \cos \alpha + a k \cos^2 \alpha, \quad (3)$$

$$h = c \sin \alpha + a k \sin \alpha \cos \alpha. \quad (4)$$

$h$  wird  $\geq 0$ , wenn  $\alpha \geq 0$ . Damit aber wie in §§ 12 und 13 die Zielhöhe dann als positiv zählt, wenn der Lattenfußpunkt *unter* dem Niveau des Beobachters liegt, müssen wir setzen:

$$\text{Zielhöhe} = M + h \text{ und } \alpha = \zeta - 90^\circ,$$

unter  $\zeta$  die Zenitdistanz verstanden, denn nun wird  $\alpha > 0$  für Zenitdistanzen  $> 90^\circ$ . — Die bequemste Berechnungsweise für  $z$  und  $h$  soll später zur Sprache kommen.

*Beispiel* (siehe die Tabellen auf S. 515 bis 517).

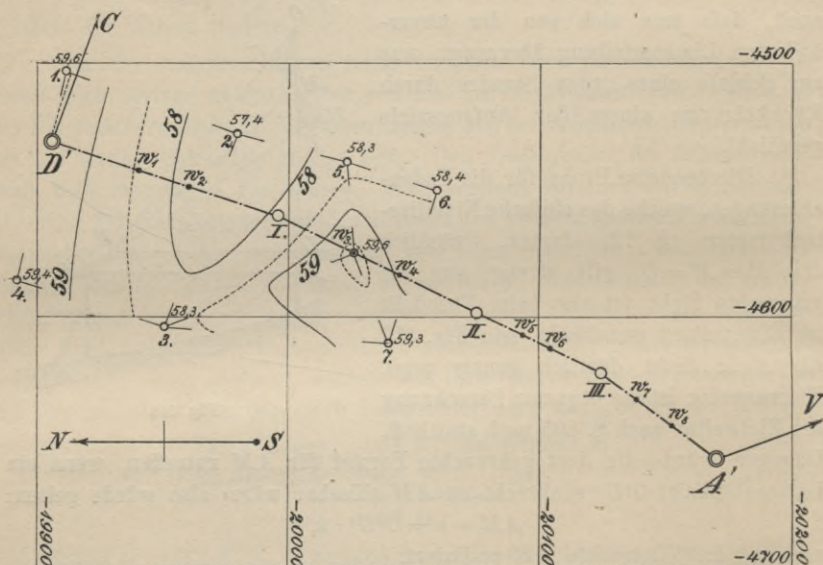


Fig. 520.

Die Berechnung von Polygonzügen und das dabei gebräuchliche Formular der S. 517 ist jedem Landmesser vertraut. Zu dem nachstehenden Auszug aus dem Feldbuch (S. 515 bis 517) sei folgendes bemerkt.

Die 7 ersten Spalten müssen unbedingt noch auf dem Felde ausgefüllt und die Messproben gezogen werden;  $O_1 - U_1$  und  $O_2 - U_2$  müssen innerhalb weniger Millimeter übereinstimmen. Der Abstand zwischen Haupt- und Hilfszeiger beträgt für Horizontal- und Höhenkreis  $17^\circ 43'$  und muß unmittelbar nach dem Eintrag der Ablesungen in Spalte 6 oder 7 zur ersten Zeile addiert werden. Die Summe soll innerhalb  $3'$  mit der zweiten Zeile übereinstimmen.





Feldausweis einer tachymetrischen Theodolitaufnahme. Vergl. Fig. 520.

(Fortsetzung der Tabelle von S. 515.)

Ziel	Ziellatte			$O_1 - U_1$ $O_2 - U_2$	Zenit- Distanz 0 ' ,	Richtung 0 ' ,	Ziel- weite z	Höhen- unter- schied — h h	Steigt Kote	Bemer- kungen.
	M	$O_1$ $O_2$	$U_1$ $U_2$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	1,400	1,800 1,770	1,131 1,100	0,669 0,670	89 19 107 03	324 46 342 30	67,6	<b>0,82</b>	58,28 0,92 59,20	Gelände- punkt
I	Standpunkt II					0 31,0 (18 15) 180 30,5				
$w_3$	1,400	1,600 1,645	1,052 1,100	0,548 0,545	90 49,5 108 33		55,2	<b>0,79</b>	59,67	
$w_4$	1,400	1,500 1,538	1,161 1,200	0,339 0,338	92 20 110 03		34,4	×8,60 1,40	×,39 59,06	
$w_5$	1,400	1,500 1,505	1,293 1,300	0,207 0,205	85 50 103 33		21,1	1,53 ×8,47	2,93 61,99	
$w_6$	1,400	1,500 1,525	1,173 1,200	0,327 0,325	87 01,0 104 45		33,1	<b>1,72</b>	0,19 62,18	
III						180 00,5 (197 42) 0 00,0				
II	Standpunkt III					161 43,5 (179 27) 341 43,0				
$w_5$	1,400	1,600 1,531	1,271 1,200	0,329 0,331	90 37,0 108 21		33,5	<b>0,36</b>	61,99	
$w_6$	1,400	1,500 1,511	1,289 1,300	0,211 0,211	90 30,5 108 12		21,6	×,81 0,19	0,17 62,16	
$w_7$	1,400	1,500 1,479	1,320 1,300	0,180 0,179	88 50,0 106 33		18,4	0,37 ×,63	0,56 62,72	
$w_8$	1,400	1,600 1,553	1,248 1,200	0,352 0,353	89 21,0 107 03		35,8	<b>0,41</b>	0,04 62,76	
A'						352 21,5 (370 03) 172 21,5				
III	Standpunkt A'					34 07,5 (51 51) 214 07,0				

Feldausweis einer tachymetrischen Theodolitaufnahme. Vergl. Fig. 520.

(Fortsetzung der Tabelle von S. 516.)

Ziel	Ziellatte			$O_1-U_1$ $O_2-U_2$	Zenit- distanz 0' i	Richtung 0' i	Ziel- weite z	Höhen- unter- schied -h h	Steigt Kote	Bemer- kungen.
	M	$O_1$ $O_2$	$U_1$ $U_2$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$w_7$	1,400	1,600 1,597	1,207 1,200	0,393 0,397	90 24,5 108 09		40,1	0,29	62,72	
$w_8$	1,400	1,500 1,519	1,279 1,300	0,221 0,219	90 41,5 108 24		22,5	×,73 0,27	0,02 62,74	
□ VII		1,900 1,917	0,889 0,900	1,011 1,017	90 33,5 108 18		102,1	×,00	×,27 62,01	Höhen- Anschlufs
V						158 24,0 (176 06) 338 23,0		Soll: Verb:	61,96 -0,05	Anschlufs- sicht.

Berechnung der Standpunktkoordinaten.

	Brechungs- winkel $\beta$	Richtungs- winkel $\alpha$	Strecke s	$lg \sin \alpha$ s $lg \cos \alpha$	$lg (s \sin \alpha)$ $lg (s \cos \alpha)$	s sin $\alpha$	s cos $\alpha$	Ordinaten	Abscissen			
C	0' " "	0' " "										
D'	287 53 28 + 2 89 49 00	287 53 28						-4270,0	-19 990,3	C		
I		197 42 30	93,3	9,4831 <sub>n</sub> 1,9699 9,9789 <sub>n</sub>	1,4530 <sub>n</sub> 1,9488 <sub>n</sub>	- 28,4	- 88,9	- 4530,8	- 19 906,1	D'		
I	+ 1 188 18 00			9,6420 <sub>n</sub> 1,9509 9,9536 <sub>n</sub>	1,5929 <sub>n</sub> 1,9045 <sub>n</sub>	- 39,2	- 80,3	- 28,4	- 88,8			
II		206 00 31	89,3					+ 1 - 4559,2	- 19 994,9	I		
II	+ 2 179 29 30			9,6340 <sub>n</sub> 1,7376 9,9555 <sub>n</sub>	1,3716 <sub>n</sub> 1,6931 <sub>n</sub>	- 23,5	- 49,3	- 39,2	- 80,2			
III		205 30 03	64,65					- 4598,4	- 20 075,1	II		
III	+ 1 190 38 15			9,7707 <sub>n</sub> 1,7664 9,9072 <sub>n</sub>	1,5371 <sub>n</sub> 1,6736 <sub>n</sub>	- 34,4	- 47,2	- 23,5	- 49,3			
A'		216 08 19	58,4					+ 1 - 4621,9	- 20 124,4	III		
A'	+ 2 124 16 15							- 34,4	- 47,1			
V		160 24 36						- 125,5	- 265,7	- 4656,3	- 20 171,5	A'
Soll:	160 24 36					Soll:		- 125,5	- 265,4	- 4549,1	- 20 472,6	V

Nur bei den Schenkeln der Brechungswinkel liest man auch Zeiger  $B$  ab, sonst nur  $A$  und den Hilfszeiger. Die Formeln (3) und (4) lauten zahlenmäÙig:

$$z = 0,43 \cos \alpha + 100,3 a \cos^2 \alpha$$

$$h = 0,43 \sin \alpha + 100,3 a \sin \alpha \cos \alpha,$$

worin

$$a = \frac{O_1 - U_1 + O_2 - U_2}{2}.$$

Es wird  $a$  im Kopfe aus Spalte 5 berechnet und sofort nebst der Zenitdistanz als zweites Argument zum Eingang in die tachymetrische Hilfstafel oder den Rechenschieber benutzt, worauf sowohl Spalte 8 als auch 9 ausgefüllt werden kann. Und zwar ist in die erste Zeile von Spalte 9 der Wert  $-h$ , in die zweite  $h$  einzutragen. Solange die Ablesungen  $M$  sämtlich gleich sind, kann  $h$  als „Zielhöhe“ aufgefaÙt werden, ganz wie beim Gefälltachymeter der „Rückblick“. (Vergl. den Feldausweis auf S. 510, Spalte 8.) Daher lassen sich auch Steigungen und Koten ganz wie dort berechnen. Ist man ausnahmsweise genötigt, statt der bleibenden Ablesung  $M$  eine andere  $M' = M + p$  zu wählen, so ist als Höhenunterschied  $h + p$  und  $-(h + p)$  anstatt  $h$  und  $-h$  einzusetzen. Solche Ausnahmefälle streiche man im Feldbuch rot an, um sie ja nicht zu übersehen. Die Koten berechnet, prüft und (wenn nötig) verbessert man wie beim Gefälltachymeter.

Es könnte lästig scheinen, daÙ am Höhenkreis Zenitdistanzen  $\zeta$  abgelesen werden, während die Argumente der Tafeln und des Rechenschiebers Höhenwinkel  $\alpha$  zu sein pflegen. Aber in den Zenitdistanzen liegt die Hauptbürgschaft gegen Vorzeichenfehler bei der Feldaufnahme und nur eine sehr geringe Unbequemlichkeit beim Eingang in die Tafel oder den Rechenschieber. Auch führt die vorhin eingeführte feste Rechenregel, daÙ  $h > 0$ , wenn  $\zeta > 90^\circ$ , nicht leicht zu Versehen. Immerhin ist es unumgänglich nötig,  $z$  und  $h$  unabhängig zweimal zu ermitteln, mit zweierlei Rechenhilfsmitteln oder durch zwei verschiedene Rechner.

### § 15.

**Flüchtige Kompaszüge.** Es kann vorkommen, daÙ zwischen zwei Linienzügen, die zum Stationieren des Tachymeters dienen, ein schwer durchdringlicher Landstreifen liegt, z. B. ein Tal mit dicht bewaldeten oder felsigen Hängen, ein Streifen Laubwald mit viel Unterholz. In solches Gelände mit dem eigentlichen Tachymeter einzudringen, kostet viel Arbeit und dürfte sich vielleicht erst lohnen, wenn der Bauentwurf so weit feststeht, daÙ man die wichtigsten Stellen kennt, bei denen sorgfältige Aufnahme angebracht erscheint. Jordan hat in solchen Fällen flüchtige Kompaszüge aushilfsweise angewandt und sich damit einzelne Querprofile des schwer zugänglichen Geländestreifens verschafft. Er hängte jeden solchen Querzug zwischen zwei festliegende, gut nach Lage und Höhe bestimmte Punkte  $A$  und  $B$  ein und hatte somit zwei Mefßproben, da der Kompaszug, auf Pauspapier im Maßstabe des Planes gezeichnet, zwischen  $A$  und  $B$  passen, d. h. Strecke  $AB$  richtig ergeben mußte, und ebenso den Höhenunterschied von  $A$  und  $B$ .

Jordan empfiehlt für solche Fälle das freihändige Beobachten, verwendet also einen Freihandkompafs und einen Höhengradbogen in freier Hand. Obwohl Verfasser mit solchen Werkzeugen bei topographischen Aufnahmen vormals auch gute Erfahrungen gemacht hat, verwendet er doch weit lieber ein leichtes Stativinstrument, also einen leichten Feldkompafs mit Höhenkreis, weil man damit seiner Überzeugung nach ebenso schnell, aber weit sorgloser arbeiten kann, als aus freier Hand, wozu unbedingt gröfsere Übung und Geduld gehört. Mit dieser Abweichung und den Folgerungen, die sie nach sich zieht, gestalten sich Jordans flüchtige Kompafszüge wie folgt.

Zwei Baken werden in mittlerer Instrumenthöhe mit einer Zielmarke versehen, z. B. mit Bindfaden oder rotem Band umschnürt. Sie bilden die Wechsellpunkte für die Springstände des Kompasses und kommen immer zwei Mefsbandlängen voneinander zu stehen; in der Mitte dazwischen das Instrument. Nachdem im Rück- und Vorblick das magnetische Azimut und die Zenitdistanz abgelesen ist, wird die Nadel gehemmt und zum nächsten Stand vorgeschritten. Die schärferen Wendungen des Zuges verlegt man nach den Wechsellpunkten. Beim Standpunkt des Instrumentes sollen die Brechungswinkel nur flach sein, damit man sorglos über der zuvor auf dem Boden eingerissenen Quermarke aufstellen kann, ohne die gleichen Abstände von den Baken peinlich zu erstreben. Das Mefsband wird bei solchen Zügen nicht wagrecht, sondern über das Gelände hin gespannt.

Demnach berechnen sich die horizontalen Zielweiten  $z_r$  und  $z_v$  des Rück- und Vorblickes, wenn *Zenitdistanzen*  $\zeta_r$  und  $\zeta_v$  beobachtet wurden, gemäfs

$$z_r = m \sin \zeta_r; \quad z_v = m \sin \zeta_v,$$

worin  $m$  die Mefsbandlänge. Die Kote  $Q_v$  des Vorblickes entsteht aus der Kote  $Q_r$  des Rückblickes gemäfs

$$Q_v = Q_r - m \cos \zeta_r + m \cos \zeta_v.$$

Diese Rechnungen werden nicht etwa logarithmisch, sondern auf Grund einer vierstelligen oder selbst dreistelligen Tafel der natürlichen Winkel-funktionen ausgeführt, z. B. bei 25 m Mefsbandlänge durch Multiplikation mit 100 und Division mit 4.<sup>1)</sup>

Zum Auftrag auf Pauspapier dient ein Halbkreistransporteur, der entlang der Reifsschiene von Punkt zu Punkt, sich selbst parallel, verschoben wird. Ist der Zug zwischen seine Endpunkte auf dem Plane eingepafst, so sticht man seine Brechpunkte durch und überträgt auch deren Koten.

<sup>1)</sup> Ludwig Zimmermann, *Numerische Werte der goniometrischen Funktionen* auf vier Stellen von Minute zu Minute. Liebenwerda 1897. — Dr. F. G. Gaußs, *Fünfstellige vollständige trigonometrische und polygono-metrische Tafeln für Maschinenrechnen*. Halle 1901.

Bedenklich ist bei solchen flüchtigen Kompafszügen die geringe Anzahl der Meßproben. Man könnte wohl Proben für die Ablesungen am Instrumente einführen, doch nicht ohne das Verfahren schwerfälliger zu machen.

Man beachte, daß auch über dem Ausgangs- und Endpunkt des Zuges die Zielmarken der Baken gleich hoch und in mittlerer Instrumenthöhe stehen sollen. Es werden gleichsam Kompafs- und Nivellierzüge in der Luft ausgeführt, parallel den Linien, in denen das Meßband über den Boden gespannt wird.

### § 16.

**Ausarbeiten der Pläne. Rechenhilfsmittel.** Je nach der Größe des Meßgebietes und dem Zweck der tachymetrischen Aufnahme wird der Maßstab der Pläne zwischen 1:1000 und 1:5000 schwanken. Das Ent-

werfen topographischer Karten steht hier nicht in Frage, für diese sind

Maßstäbe zwischen 1:10000 und 1:25000 im Gebrauch. Für vorläufige oder generelle Entwürfe ist der Wert topographischer Karten kein geringer, Pläne aber, die eigens zu kulturtechnischen Entwürfen *hergestellt* werden, wird man ungern in so kleinen Maßstäben ausführen.

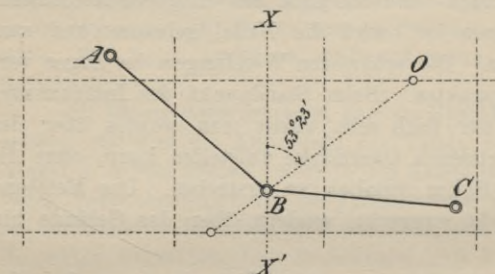


Fig. 521.

Wenn irgend tunlich, schließt man die tachymetrischen Messungen an die Landesaufnahme an, woraus folgt, daß die Pläne mit einem Koordinatennetz in geeigneten Maschen zu überziehen sind. Dies hat auch zu geschehen, wenn die Aufnahme auf Grund einer eigenen Triangulation oder in sich geschlossener Polygonzüge zu stande kam. In das Netz werden alle durch ihre Koordinaten bestimmten Dreiecks- und Polygonpunkte eingetragen.

Das nächste ist nun, für die Standpunkte des Tachymeters die *Nullrichtung des Transporteurs* einzuzichnen, der, wenn er dem tachymetrischen Kleinauftrag dient, sehr zutreffend auch *Strahlensieger* genannt wird. Es steht uns frei, die Konstruktion sehr zu erleichtern, indem wir den Transporteur ein- für allemal so anlegen, daß seine Nullrichtung parallel der Abscissenachse fällt. Dann sind wir aber gezwungen, allen Kreisablesungen der Feldaufnahme eine Konstante beizufügen, nämlich das Azimut der Nullrichtung des Tachymeters für den fraglichen Stand.

Das nächste ist nun, für die Standpunkte des Tachymeters die *Nullrichtung des Transporteurs* einzuzichnen, der, wenn er dem tachymetrischen Kleinauftrag dient, sehr zutreffend auch *Strahlensieger* genannt wird. Es steht uns frei, die Konstruktion sehr zu erleichtern, indem wir den Transporteur ein- für allemal so anlegen, daß seine Nullrichtung parallel der Abscissenachse fällt. Dann sind wir aber gezwungen, allen Kreisablesungen der Feldaufnahme eine Konstante beizufügen, nämlich das Azimut der Nullrichtung des Tachymeters für den fraglichen Stand.

Es sei z. B.  $ABC$  in Fig. 521 ein Teil eines Polygonzuges, der zur Festlegung des Standpunktes  $B$  diente und für dessen Brechungspunkte die Koordinaten fertig berechnet sind. Aus diesen folge:

$$\operatorname{tg}(BA) = \frac{y_a - y_b}{x_a - x_b} = \operatorname{tg} 312^\circ 37'.$$

Im Felde sei jedoch bei Einstellung nach  $A$  abgelesen worden  $259^\circ 14'$ . Es folgt daraus, daß dieser Ablesung und jeder anderen desselben Standes  $53^\circ 23'$  zugezählt werden müssen, damit aus den Feldablesungen Azimute oder Richtungswinkel hervorgehen, deren gemeinsamer linker Schenkel eine Parallele  $BX$  zur positiven Richtung der Abscissenachse ist. Mit  $X'X$  fällt nun auch die Nulllinie des Transporteurs zusammen.

Wir können aber auch als Nulllinie des Transporteurs die Nullrichtung  $BO$  des Tachymeters wählen. Azimut  $(BO)$  betrug in unserm Beispiel  $53^\circ 23'$ . Die Gleichung der Geraden  $BO$  lautet demnach:

$$y = y_b + (x - x_b) \operatorname{tg} 53^\circ 23'.$$

Nach dieser Gleichung werden zwei (*umringelte*) Punkte des Koordinatennetzes berechnet, durch eine Gerade (welche  $B$  enthält) verbunden, und diese Gerade dient zum Anlegen des Transporteurs. Nunmehr können die Feldablesungen des Horizontalkreises unmittelbar auf dem Transporteur eingestellt werden.

Die hier angedeuteten einfachen Rechnungen erfolgen vierstellig, müssen aber durchaus von einem zweiten Rechner unabhängig geprüft werden, weil auf ihnen die richtige Orientierung des Transporteurs beruht. Man kann aber, und das ist das beste, den Transporteur auf beiderlei Art anlegen, einmal zum Auftragen, das andere Mal zum Prüfen der aufgetragenen Richtungen. Das Zuzählen einer Konstanten zu allen Feldablesungen geschieht mit Hilfe eines Schiebzettels im Kopfe. Dem Zeichner müssen die abzusetzenden Maße *diktirt* werden. Ebenso diktiert er wieder die zu prüfenden Ablesungen. — Daß man den Transporteur auch durch seine eigene Teilung orientieren kann, liegt ja auf der Hand, aber auch, daß damit an Schärfe preisgegeben wird. Zur Prüfung auf grobe Auftragefehler aber reicht dies Verfahren aus.

Der *drehbare Transporteur* von Horn oder Zelluloid, ganz aus einem Stück mit einem Bohrloch im Zentrum, wird so gebraucht, daß eine feine Nadel seinen Mittelpunkt auf  $B$  festhält. An der festen Linie  $X'X$  (Fig. 522) liest man die eingestellten Richtungswinkel ab, weshalb der Gradbogen *rückläufig* beziffert sein muß.

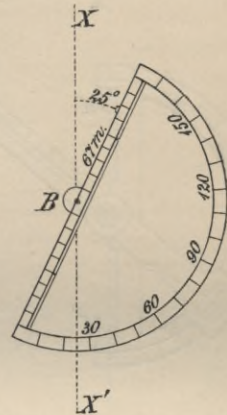


Fig. 522.

Der *Alhidadentransporteur* (Fig. 523) liegt dagegen fest (die Marken  $MM'$  auf  $XX'$ , die durchscheinende Zentrumsmarke auf dem Standpunkt), ist also *rechtläufig* beziffert. Der Zeiger  $Z$  der Alhidade ist häufig mit einem Nonius verbunden. Das Lineal mit Skala für die Zielweiten kann hier einen *Läufer*  $L$  mit Einstellmarke und Tupferradel  $T$  tragen, während bei dem vorigen Transporteur die Pikiernadel freihändig an der diametralen Randskala entlang geführt wird und die abzusetzenden Zielweiten einsticht. Die eingestochenen Punkte müssen sofort (halb) umringelt und mit ihren Nummern oder noch besser gleich mit ihren Koten beschrieben werden. In Fig. 522 hat der halb umringelte Punkt die Polarkoordinaten  $25^{\circ}$  und 67 m.

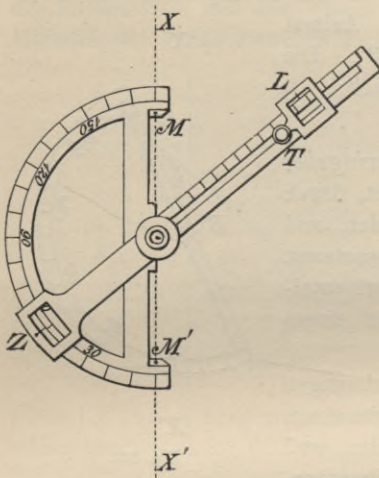


Fig. 523.

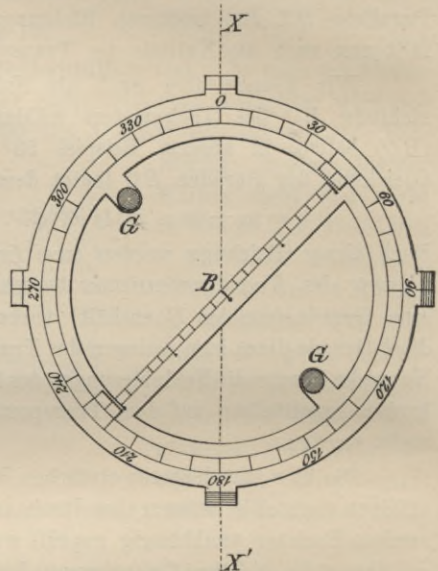


Fig. 524.

*Vollkreisstrahlenzieher*, deren Alhidade in Form einer Drehscheibe mit einem eingeteilten Durchmesser an Griffen  $G$  nahe ihrem *Umfang* geführt wird, sind zuerst und mit einigen wohl durchdachten Zutaten, die hier jedoch wegbleiben, von Prof. Schlesinger in Wien<sup>1)</sup> konstruiert worden

1) Josef Schlesinger, *Der geodätische Tachygraph und das Tachygraph-Planimeter*. Wien 1877, bei Faesy & Frick. Vergl. auch *Zeitschr. f. Verm.* 1878, S. 281. Neuerdings fertigen Ch. Hamann zu Friedenau bei Berlin und A. Meißner zu Berlin derartige Vollkreisstrahlenzieher an. Hamann läßt die Alhidade auf kleinen Kugeln rollen, die in einer geschlossenen Rinne laufen. Vom Papier bis zur Oberfläche von Limbus und Alhidade ist sein Transporteur nur 6 mm hoch. Vergl. Semmler, *Auftragapparat für tachymetrische Aufnahmen*, *Zeitschr. f. Verm.* 1898, S. 145, und G. Jatho, *Über drei neuere Auftragapparate für Polarkoordinaten*, ebenda 1899, S. 647.



(Fig. 524 in schematischer Darstellung). Sie liegen sehr fest, weil sie bei großer Reibungsfläche genügend schwer sind, während die Transporteure der Fig. 523 nur mühsam festgelegt werden können, in der Regel nicht ohne das Zeichenpapier der Karte mehrfach zu durchstechen. Und solche Stiche werden durch die unvermeidlichen Zerrungen am Instrument meist unschön und störend erweitert. (Versuche, leichte Transporteure durch Luftdruck an das Reifsbrett zu heften, sind fehlgeschlagen.)

Einen *Strahlenzieher mit Nadelpol und Rolltransporteur* haben Starke & Kammerer zu Wien 1894 bekannt gegeben und fertigen ihn seitdem in 2 Formen von verschiedener Ausstattung an.<sup>1)</sup> Denselben Gedanken nahm später Ch. Hamann zu Friedenau auf, dessen Strahlenzieher mit Mefsrolle der kleineren Wiener Form nahesteht und in Fig. 525 abgebildet ist.<sup>2)</sup> Nachdem der Pol *C* zentrisch auf den Standpunkt eingestellt

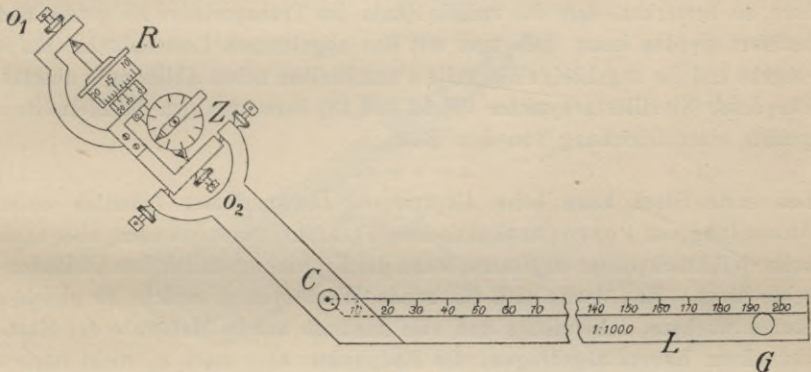


Fig. 525.

worden, wird er durch Einschieben des Nadelröhrchens auf der Karte unverrückbar festgelegt. Mit dem Griff *G* dreht man das Lineal *L* um den Pol, der in der Verlängerung und im Nullpunkt der eingeteilten Linealkante liegt. Bei einer Drehung des Lineals um  $360^\circ$  vollzieht die Mefsrolle *R* neun Umdrehungen, bei deren jeder sie einen Bogen von  $40^\circ$  durchläuft. Dementsprechend ist ihre Trommel in 120 Teile, also bis auf Drittelgrade geteilt und mittels des Nonius auf einzelne Minuten ablesbar. Die Zähscheibe *Z*, die sich nach 9 Umwälzungen der Laufrolle einmal ganz umgedreht hat, zerfällt in 9 entsprechend bezifferte Sektoren. — Dafs das ganze Zählwerk sich um eine Spitzenachse klappen läßt, verbürgt

<sup>1)</sup> Starke & Kammerer, Auftragapparat mit Rolltransporteur, Zeitschr. des Österreich. Ingenieur- und Architektenvereins 1894, No. 20. Mit 5 Figuren. Vergl. auch Preisverzeichnis der Firma von 1898 mit Abbildung beider Formen.

<sup>2)</sup> Aus Jathos vorhin angeführtem Aufsatz. Unter 3 von Hamann der Landw. Hochschule zu Berlin gelieferten Strahlenziehern verschiedener Bauart erweist sich der mit Nadelpol und Mefsrolle als der beste und billigste.

die gleichmäßige Berührung der Laufrolle mit dem Papier. Die Spitzenachse der Laufrolle selbst ruht zwischen den gekörnten Schräubchen  $O_1$  und  $O_2$  und kann durch diese, nach Lockern der zugehörigen Reibungsmuttern, dem Pol  $C$  etwas genähert oder von ihm entfernt werden, falls das Zählwerk bei einer vollen Umdrehung des Lineals  $L$  nicht genau  $360^\circ$  angäbe. Diese Justierung ist viel weniger schwierig, als es scheint. — Bei dem leichten Gang dieses Strahlenziehers wird das Loch des Nadelpols im Papier geschont. Droht am Rand der Karte die Meßrolle vom Papier herab auf den Tisch zu gleiten, so legt man dort mit bestem Erfolg ein anderes Papierstück an. Ein solch tadelloses Verhalten des Apparates setzt indessen voraus, daß die beiden Spitzenachsen in ihren Körnern leicht, aber ohne Spielraum laufen.

Zum *Auftragen der Zielweiten* ist bei *Nivelliertachymetern* nur noch zu bemerken, daß die radiale Skala des Transporteurs so geteilt und beziffert werden kann, daß man mit den abgelesenen Lattenabschnitten  $a$  eingeht und die zugehörige Zielweite  $z$  unmittelbar neben Ablesung  $a$  absetzt. Für *beide* Nivelliertachymeter (§§ 12 und 13) berechnet sich die Zielweite  $z$  gemäß einer Gleichung von dem Bau:

$$z = c + ak. \quad (1)$$

Das erste Glied kann beim dioptrischen Distanzmesser (nämlich unter Anwendung von Porros anallaktischem Fernrohr) *verschwinden*, aber auch beim Gefälltachymeter *auftreten*, wenn die Kippachse seitlich der Alhidadenachse liegt. Man denke sich für runde Werte von  $a$ , welche in gleichen Stufen wachsen,  $z$  berechnet und vom Zentrum aus im Maßstabe der Karte auf einem Radius abgetragen, die Endpunkte aber nach  $a$ , nicht nach  $z$  beziffert. So erhält man einen gleich geteilten Maßstab mit dem Anfangspunkt im Zentrum, wenn  $c = 0$ , immer aber nur für ein gegebenes Instrument gültig.

Um die Zielweiten, die mit dem *tachymetrischen Theodolit* gemessen sind, aufzutragen, kann man sich des *Distanzenzirkels* (Fig. 526) bedienen, den Verfasser in seiner „Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln“<sup>1)</sup> beschreibt.  $A$  ist ein Halbkreistransporteur mit Alhidade,  $D$  eine radial verschiebbliche Tupfnadel an elastischem Stab (Fischbein), der durch 2 Ösen  $EE$  gesteckt ist und mit diesen längs einer Stricknadel gleitet, welche sich über das drehbare Lineal  $F$  ausspannt. An der hintersten Öse ist eine Querleiste  $C$  von durchsichtigem Stoff (Glas, Horn, Zelluloid) angebracht, auf deren Unterseite ein scharf eingerissener Strich den Zeiger zum Einstellen auf das System von Distanzmaßstäben abgibt, welche auf dem Diagramm  $B$  nebeneinander aufgetragen sind. Jede dieser Parallelskalen ist nach der soeben zu (1) vorgetragenen Weise entworfen, jede entspricht aber gemäß

$$z = c \cos \alpha + ak \cos^2 \alpha \quad (2)$$

1) Anleitung zum Entw. graphischer Tafeln. Berlin 1877, S. 165.

einem besonderen Betrag des Höhenwinkels  $\alpha$ . Wie solche Diagramme nur aus Geraden angefertigt werden, und daß sie durch Interpolation einen Distanzenmaßstab für *jeden* Winkel  $\alpha$  enthalten, kann aus dem angeführten Werke entnommen werden.

Wenn, wie gewöhnlich, die Distanzenskala nach Millimetern oder besten Falles nach Metern im verjüngten Maßstabe der Karte geteilt ist, dann muß man  $z$  nach (2) wirklich ausrechnen, was man mit der Berechnung von  $h$  nach (4) des § 14 zu vereinigen streben wird. Gewöhnlich bringt man die Formel für Distanz und Höhe mit einer unbedeutenden Abänderung ihres ersten Gliedes auf die Form:

$$z = \left( \frac{c}{k} + a \right) k \cos^2 \alpha \quad (3)$$

$$h = \left( \frac{c}{k} + a \right) k \sin \alpha \cos \alpha. \quad (4)$$

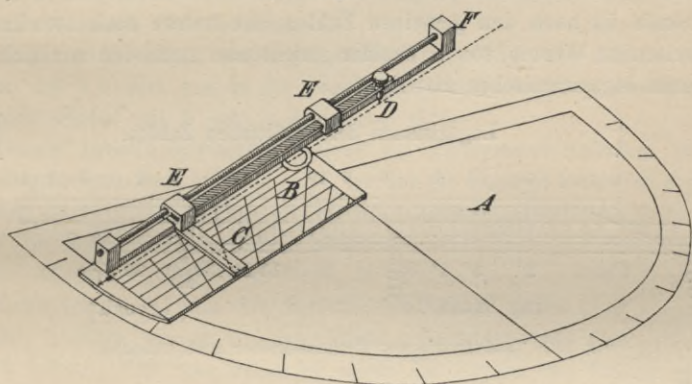


Fig. 526. Distanzenzirkel.

In sehr geschickter Weise hat Jordan numerische Tafeln zur Entnahme der Werte  $z$  und  $h$  entworfen.<sup>1)</sup> Für  $k = 100$  läßt er  $c : k + a = a'$  von Centimeter zu Centimeter fortschreiten und widmet jedem dieser Werte eine Buchseite mit der Überschrift  $100 a'$ . Auf dieser Seite findet sich  $100 a' \sin \alpha \cos \alpha$  in kleinen,  $100 a' \cos^2 \alpha$  in größeren Stufen von  $\alpha$  tabuliert. Wenn aber  $k$  von 100 verschieden, so berechnet der Besitzer der Tafel Größen  $a''$  aus

$$100 a' = c + k a'' \text{ oder } a'' = (100 a' - c) : k,$$

indem er für  $a'$  alle in der Tafel aufgenommenen Werte einführt. Nun werden die Überschriften  $100 a'$  der Tafel ausgestrichen und durch  $100 a''$  ersetzt, die unmittelbar abgelesenen Lattenabschnitte für das gegebene Instrument in Centimetern. Damit sind zwar im allgemeinen die Überschriften nicht mehr in ganzen Centimetern der Zielskala ausgedrückt, die Tafel

1) W. Jordan, Hilfstafeln für Tachymetrie. Stuttgart 1880.

aber dem besonderen Instrumente angepaßt und in ihren Ergebnissen ebenso genau wie für ein Tachymeter, dessen Konstante  $k = 100$ . Jordan will, daß man beim Gebrauch seiner tachymetrischen Hilfstafeln überhaupt nicht interpolieren solle.

Sehr wertvoll für Rechnungen nach den Formeln (3) und (4) ist auch der *tachymetrische Rechenschieber*, namentlich in der Form, die ihm der 1881 verstorbene Prof. Culmann in Zürich gegeben hat und die durch Fig. 527 veranschaulicht wird. Er besteht aus zwei aneinander verschieblichen Skalen. Auf der einen sind die Logarithmen der natürlichen Zahlenreihe von 1 bis 100 aufgetragen (diese Skala also zwei Einheiten lang, von 0 bis +2), auf der andern finden sich, in derselben Einheit ausgedrückt, die Mafse für  $\log \cos^2 \alpha$  von  $\alpha = 0^\circ$  bis  $\alpha = 45^\circ$ , und für  $\log (\sin \alpha \cos \alpha)$  von  $\alpha = 45^\circ$  bis  $\alpha = 0^\circ 34' 23''$ . Sonach reicht die Skala der  $\log \cos^2 \alpha$  von 0 bis  $-0,30103$ , die der  $\log (\sin \alpha \cos \alpha)$  von  $-0,30103$  bis  $-2$ . Die obere Skala ist nach den gemeinen Zahlen, die untere nach zweckmäßiger vorschreitenden Werten von  $\alpha$  beziffert, nicht also nach den wirklich aufgetragenen logarithmischen Beträgen.

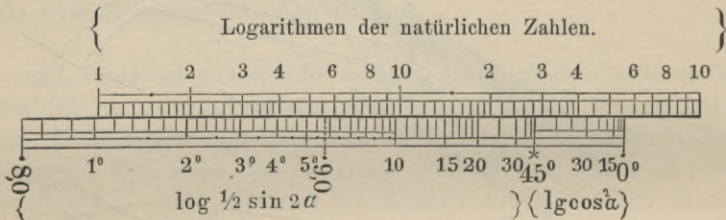


Fig. 527. Tachymetrischer Rechenschieber nach Culmann.

Wenn ich, wie in der Figur, den mit  $0^\circ$  bezifferten Zeiger gegenüber der gemeinen Zahl 56 einstelle, dann bis zum Teilstrich  $15^\circ$  der Skala für  $\log (\sin \alpha \cos \alpha)$  nach links gehe, so finde ich ihm gegenüber die gemeine Zahl 14. Ich habe nämlich zu  $\log 56 = 1,7482$  den  $\log (\sin 15^\circ \cos 15^\circ) = -0,6021$  graphisch addiert und dadurch  $1,1461 = \log 14$  gebildet. Hieraus ist ersichtlich, wieso gegenüber dem Teilstrich  $15^\circ$  der Skala für  $\log \cos^2 \alpha$  die Zahl  $52,25 = 56 \cos^2 15^\circ$  erscheinen muß.

Daher die Gebrauchsregel: Ist mir 100 ( $c : k + a$ ) gegeben (z. B. = 56), so stelle ich den Zeiger auf diesen Betrag an der oberen Skala ein. Dann suche ich die Stellen für  $\alpha$  (z. B.  $15^\circ$ ) in den beiden unteren Skalen auf und lese ihnen gegenüber oben die Beträge  $h$  und  $z$  ab.

So für  $k = 100$ . Für einen anderen Wert von  $k$  habe ich noch  $\log (k : 100)$  den angesetzten logarithmischen Beträgen beizufügen oder den Zeiger um  $\log (k : 100)$  vorzuschieben. Ich tue dies, indem ich einen neuen Zeiger bei  $-\log (k : 100)$  auf der unteren Skala anbringe.<sup>1)</sup>

1) Verfasser möchte hier auf § 71 seiner *Praktischen Geometrie*, Braun-

Ein tachymetrischer Rechenschieber von 0,60 m Länge kann in guter Ausführung in Buchholz von Starke & Kammerer in Wien bezogen werden. Von dem in Werners Tachymetrie<sup>1)</sup> abgebildeten unterscheidet er sich nur durch einen Läufer mit Zeigerstrich, zur Erleichterung der Ablesungen. Eine kleinere, wesentlich billigere Art, 0,46 cm lang, auf weißem Holz geteilt, entbehrt diesen Läufer oder „Einstellschieber“, wie das Preisverzeichnis ihn nennt. Von Günther u. Tegetmeyer zu Braunschweig wird ein tachymetrischer Schieber gefertigt, der zu Culmanns Skalen noch eine logarithmische Skala der Tangenten beifügt, sodafs auch  $h = z \operatorname{tg} \alpha$  berechnet werden kann. Bei tachymetrischen Mefstischaufnahmen ergibt sich nämlich die Zielweite  $z$  nach einem Punkte von bekannter oder zu bestimmender Höhe öfters durch Vorwärtsabschneiden oder Rückwärts-einschnitt. Mit den Culmann'schen Skalen ist dann  $h$  gemäß  $\log h = \log z - \log \cos^2 \alpha + \log (\sin \alpha \cos \alpha)$  zwar ebenfalls zu berechnen, aber weniger bequem, namentlich ohne Läufer.

Noch sei erwähnt, dafs man, um für  $\alpha < 34'$  die Höhe  $h$  zu berechnen, mit  $2\alpha$  oder  $p\alpha$  in die zugehörige Skala eingehen, das Ergebnis aber auch wieder mit 2 oder  $p$  dividieren mufs.

Sobald *sämtliche Punkte*, welche das Tachymeter aufnahm, *in den Plan eingetragen und geprüft sind*, werden sie dauernd kenntlich gemacht und wird ihnen an einer bestimmten, konsequent festgehaltenen Seite (oben rechts) die Kote beigeschrieben. Gehören die Punkte zur Situation von Grenzen, Wegen, Gebäuden u. dergl., so werden sie schon dadurch auf dem Plan kenntlich, dafs man die betreffenden Linien nicht über die Stiche wegzieht, sondern ein wenig unterbricht. Geländepunkte aber hebt man dadurch hervor, dafs man dicht bei ihnen die Kanten des Reliefpolyeders bruchstückweise (ein bis zwei Millimeter lang) andeutet, wiederum ohne Zudecken des Stiches. Auch bei den Punkten, welche die Lage von Grenzen bestimmen, müssen, falls sie zugleich zum Reliefpolyeder gehören, dessen Kanten angedeutet werden. Wer jedoch das Reliefpolyeder nicht aufnimmt, sondern sich mit einer Feldskizze der Niveaukurven nach dem Augenschein behilft, der gebe den Geländepunkten vier kleine Beistriche in der Richtung der Koordinatenachsen.

Wie die Niveaukurven zu entwerfen sind, ist schon im § 6 dargelegt worden.

schweig 1885, verweisen, worin das *allgemeine Prinzip* des Rechenschiebers so dargestellt wird, dafs der oben behandelte tachymetrische als Spezialfall leicht zu begreifen ist.

<sup>1)</sup> C. Werner, Die Tachymetrie und deren Anwendung bei Tracestudien. Wien 1873. Werner wiederholt die Skalen der gemeinen Zahlen zu beiden Seiten seines Rechenstabs und versetzt von den trigonometrischen Skalen je eine an die beiden Ränder des im Stab gleitenden Schiebers.

## Kapitel III.

### Übertrag der Entwürfe aufs Gelände.

#### § 17.

**Bestimmungspunkte.** Ist ein Entwurf auf dem Plane vollendet, so handelt es sich darum, ihn aufs Feld zu übertragen, wobei man mit dem *Grundrifs der Leitlinie* beginnen muß. Dieser setzt sich aus Geraden und sie berührenden Kreisbogen zusammen. Je besser die Plangrundlagen für den Entwurf gewesen sind, um so genauer soll der entworfenene Grundrifs in die Natur zurückgetragen werden, weil sonst die Mühe, welche Auswahl und Ausarbeitung des Projektes verursachten, sich wenig belohnt. Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß die Konstruktionslinien, auf welche sich die Planaufnahme gegründet hat, z. B. der Polygonzug und einzelne von den Brechpunkten ausgehende Seitenstrahlen, vorzüglich geeignet sind, die entworfenene Leitlinie auf dem Felde abzustecken. Denn die Schnittpunkte der Leitlinie oder ihrer Verlängerungen mit jenen Konstruktionslinien sind es, die sich so scharf, als man zeichnen kann, vom Plane abgreifen und mit beliebiger, also jedenfalls ausreichender Meßscharfe auf dem Gelände absetzen lassen. Sie bilden die eigentlichen *Bestimmungspunkte*. Neben ihnen können auch Abstände von gegebenen Festpunkten, sowie abzusetzende Winkel und Schenkellängen als Bestimmungsstücke dienen.

Verlängern wir die Geraden der Leitlinie, bis jede die benachbarten schneidet, so entsteht anstatt des abgerundeten ein gebrochener Zug ( $CD$  in Fig. 508, S. 496), und es läge am nächsten, die Brechpunkte dieses Zuges aufs Gelände zu tragen. Leichter ausführbar aber ist es meist, von jeder der Geraden zwei andere Punkte festzulegen, die, wie oben gesagt, durch den Schnitt mit den Konstruktionslinien der Aufnahme oder deren Verlängerungen entstehen. Nun erst verbindet man im Felde selbst je zwei zu einander gehörige Punkte und sucht die Brechpunkte des Zuges  $CD$  auf, was ja in einfacher Weise mittelst Baken geschehen kann. In der Regel werden dann von den Brechpunkten aus die weiteren Vorgänge zur Kreisabsteckung eingeleitet.

Es kann sich aber auch als vorteilhaft ergeben, zuerst die Kreisbogen aufs Feld und darauf die Geraden berührend daran zu legen. Sollen

z. B. zwei parallele Gerade durch einen Kreisbogen verbunden werden, so ist der Halbkreis durch seine beiden Endtangente augenscheinlich nicht festgelegt, wohl aber durch *eine* der Endtangente und eine zweite Berührende etwa senkrecht dazu, oder deren Berührungspunkt selbst. Zuvor wird also der Kreis von seinen Bestimmungstangente aus und dann erst die zweite Endberührende abgesteckt. Kurven von einem Viertelkreis und darüber haben oft schwierige Hindernisse zu umgehen. Es kommt dann mehr darauf an, daß der Kreis der im Plane oder auch in der Natur sorgfältig ausgewählten Lage entspricht, als daß die Endberührenden genau mit dem Entwurf übereinstimmen.

Als Regeln für die *günstigste Lage der Bestimmungstücke* für Gerade und Kreise können folgende gelten.<sup>1)</sup>

Zur Absteckung von Geraden fallen die Bestimmungspunkte  $P_1$  und  $P_2$  am besten auf die Endpunkte. Die mittleren Verschiebungsfehler  $\mu$  beider Bestimmungspunkte als gleich angenommen, werden die mittleren Seitenverschiebungen von Punkten zwischen  $P_1$  und  $P_2$  kleiner, außerhalb  $P_1P_2$  größer als  $\mu$ . Die kleinste mittlere Seitenverschiebung  $0,7\mu$  tritt mitten zwischen  $P_1$  und  $P_2$  ein, unabhängig von der *Größe* der halbierten Strecke.

Für Kreisbogen von weniger als  $90^\circ$  wähle man als Bestimmungstücke die Berührenden der Endpunkte. Für Bogen von  $90$  bis  $180^\circ$  sind Berührende, welche sich normal schneiden und *symmetrisch* zu den Endpunkten liegen, die besten Bestimmungstücke. Bogen von  $180^\circ$  an bestimme man durch eine Endtangente und eine zweite, die zu jener normal liegt. Ist eines der Bestimmungstücke durch einen Punkt ersetzt, so gilt für dessen Lage dasselbe, als ob er der Berührungspunkt der zweiten Tangente wäre. Jedoch sind Tangente dann vorzuziehen, wenn der Berührungspunkt zwischen ihren beiden Bestimmungspunkten liegt, was fast immer zu ermöglichen ist.

*Die Festlegung der Leitlinie* sollte die Bauzeit überdauern und die Wiederherstellung der Leitlinie auch am fertigen Bau zulassen. Denn ihre geraden Strecken sind die natürlichen Meßlinien für die Schlußvermessung zur Aufnahme in das Kataster, sowie für alle Erneuerungsarbeiten. In den Krümmungen aber versehen Sehnen oder Tangentestücke einen ähnlichen Dienst. In Geraden und Kurven müssen daher geeignete Punkte der Leitlinie in Bezug auf die Umgebung scharf und für lange Dauer festgelegt sein. Wo also eine wohlvermarktete Grenze quer zum Bauwerk läuft, da mißt man ihren Schnitt mit der Leitlinie auf die nächsten Grenzsteine

<sup>1)</sup> Des Herausgebers Praktische Geometrie Band I, S. 672 und 680. Braunschweig 1885. Vergl. Helmer's grundlegenden Aufsatz in der Zeitschr. des Hannov. Arch. und Ing.-Vereins, Band 21, Heft 3.

ein, und an Stellen, wo das Bauwerk vom Abtrag zum Auftrag übergeht, da bringt man unterirdische Vermarkungen eigens an.

Alle vermarkten Punkte der Leitlinie werden in Bezug auf die „Stationspunkte“, welche diese Linie in gleiche Abschnitte („Stationen“) von 100 m Länge zerlegen, scharf eingemessen. Es leuchtet aber ein, daß die Stationen des Entwurfes auf dem Papier nicht genau mit den endgültigen im Felde übereinstimmen können. Diese darf man erst auspflocken, wenn die Krümmungen eingelegt, die Bogenlängen also genau bekannt sind. Dabei zeigt sich mancher Unterschied gegen den Entwurf, selbst wenn man ihn so getreu als möglich ins Feld überträgt. Oft aber sind, wie schon früher betont, noch wesentliche Verrückungen nötig. Eine neue Einwägung zeigt vielleicht, namentlich wenn die Leitlinie entlang steilen Hängen zieht, daß sie seitlich verschoben werden muß, um die Ausgleichung der Erdmassen zu erzielen, welche der Entwurf vorsieht. Das ist aber wichtiger als die kunstgerechte, getreue Übertragung des Entwurfes. Die „Stationspunkte“ sollen daher nach Lage und Höhe erst bei der endgültigen Absteckung eingemessen und eingewogen werden, ein neues Längenprofil ist zu entwerfen und darein das Profil der Leitlinie, auch wenn daran nichts mehr geändert wird, einzutragen.

### § 18.

**Abstecken von Geraden.** Hand in Hand mit dem Stationieren geht das *Einschalten von Zwischenpunkten* in die Geraden der Leitlinie, eine Arbeit, die bei kürzeren Linien durch Visieren mit dem freien Auge oder besser mit Hilfe eines Opernglases über die Endbaken hin, bei längeren Geraden besser mit dem Theodolitfernrohr ausgeführt wird. Man stellt in diesem Falle den berechtigten Theodolit zentrisch über einem Endpunkte  $A$  auf, richtet die Stehachse lotrecht und die Visierachse des Fernrohrs nach dem zweiten Endpunkte  $B$ , sodafs sich beim Kippen des Fernrohrs die Visierachse in der lotrechten Ebene über  $AB$  bewegt. Die Zwischenpunkte werden, von  $B$  aus beginnend, in gemessenen Zwischenräumen gegen  $A$  hin abgesteckt, wobei nach dem vorläufigen Eintreiben der Pfähle zuerst ein Bake und, nach kleinen Verbesserungen, zuletzt der Hohlbohrer aufgesetzt wird, den das Fernrohr scharf einrichtet, ehe man das Loch zum Einsetzen der Baken bohrt. Viel kommt bei dieser Arbeit auf unzweideutig verabredete Zeichen mit Tüchern oder Fahnen an, damit durchaus kein Zeitverlust entsteht.

Für Gerade von mehreren Kilometern Länge empfiehlt es sich, nach Aufstellung des Theodolits über  $A$  zunächst einen Punkt  $M$  etwa in die Mitte einzuschalten und von  $M$  gegen  $A$  hin Zwischenpunkte in kleineren Abständen abzustecken, dann mit dem Instrument nach  $B$  zu gehen und die zweite Hälfte der Strecke von  $M$  gegen  $B$  hin auszapflocken.



Der *unberichtigte* Theodolit verlangt, wenigstens wenn das Fernrohr, nach den verschiedenen Zwischenpunkten blickend, stark auf und nieder gekippt werden muß, bei stets lotrechter Stehachse den Gebrauch des Fernrohrs in zwei Lagen, wobei es durchgeschlagen werden muß, ohne daß die Kippachse ihre Lager vertauscht. Zwischen je zwei so nebeneinander bestimmten Pflöcken wird der endgültige Pfahl in der Mitte eingetrieben. Die Gründe aller dieser Regeln liegen nahe.

Das *Verlängern von Geraden* über einen Endpunkt hinaus kann mit Baken und freiem Auge in kurzen Absätzen, jedesmal etwa um Strecken

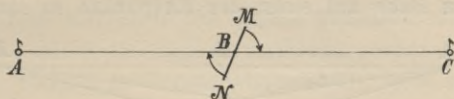


Fig. 528.

bis zu 200 m Länge, geschehen, wobei die Richtfehler einer Strecke sich auf alle folgenden übertragen. Um große Strecken auf einmal vermag das *Theodolitfernrohr* eine Gerade  $AB$  zu verlängern. Der Theodolit sei über  $B$  aufgestellt und nach  $A$  gerichtet. Man legt die Kippachse in ihren Lagern  $M$  und  $N$  um, so daß das Fernrohr rückwärts schaut. (Fig. 528.) Ein in  $C$  eingerichtetes Ziel steht jetzt in der Verlängerung von  $AB$ , denn beim Umlegen der Kippachse ist  $\sphericalangle NBA$  in die Lage  $MBC$  gekommen, und wegen Unveränderlichkeit der Richtung  $MN$  (auch bei ungleich dicken Achszapfen)  $BM$  die Verlängerung von  $NB$ , also auch  $BC$  von  $AB$ , vorausgesetzt, daß  $A$  und  $C$  mit  $MN$  in einer Ebene liegen. Trifft dies nicht

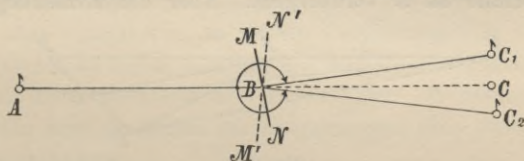


Fig. 529.

wenigstens annähernd zu, dann ist selbst ein berichtigter Theodolit (weil niemals vollständig und für diesen Zweck fein genug berichtigt) bei lotrechter Stehachse in zwei Lagen des Fernrohrs zu gebrauchen, welches durchgeschlagen wird, ohne daß man die Kippachse umlegt. Man bekommt so zunächst einen Punkt  $C_1$ , führt das Fernrohr auf  $A$  zurück, wobei  $MN$  in die Lage  $M'N'$  gelangt, schlägt abermals durch und erhält  $C_2$ , zwischen denen  $C$  in der Mitte und in der Verlängerung von  $AB$  liegt. (Fig. 529.)

Schwieriger gestaltet sich sowohl das Einschalten der Zwischenpunkte als auch das Verlängern von Geraden, wenn die abgesteckten *Endpunkte*  $A$  und  $B$  *gegenseitig nicht sichtbar* sind. Aber selbst dann kann man sich

noch mit Einrichten von Baken durch das unbewaffnete Auge helfen. Erkennt man nämlich von  $A$  aus, nach irgend einem hochragenden Merkzeichen, die ungefähre Richtung nach  $B$ , so steckt man sie durch Einweisen ab, soweit es geht, und verlängert die abgesteckte Gerade streckenweise. Neben  $B$  angekommen, mißt man ihren Abstand von  $B$  und trägt von den abgesteckten Zwischenpunkten aus kürzere, aus einer Proportion berechnete Stücke in gleicher Richtung seitwärts, sodafs deren Endpunkte alle in der Geraden  $AB$  liegen.

Sehr bekannt ist ein Verfahren, nach dem von zwei Beobachtern jeder des anderen Bake auf einen der Endpunkte so lange wechselweise

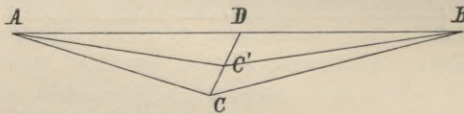


Fig. 530.

einwinkt, bis beide Baken zwischen  $AB$  eingeschaltet sind. Es setzt voraus, dafs, obwohl  $A$  und  $B$  nicht gegenseitig sichtbar, am Ort der Einschaltung sowohl  $A$  als  $B$  sichtbar seien. Ist  $C$  einer der eingeschalteten Punkte, so wird man den Winkel  $ACB$  auf solche Art nicht genauer, als auf  $180^\circ \pm 1'$  treffen können, das zweite Glied im Sinne eines mittleren Fehlers genommen.

Genauer arbeitet in gleichem Falle der Theodolit. Man wird zunächst an öfter wiederholtes Einstellen auf  $A$ , Umlegen der Kippachse und versuchsweises Verrücken des Theodolits denken, wenn die rückwärts verlängerte Visierlinie an  $B$  vorübergeht. Aber die Erfahrung lehrt, dafs

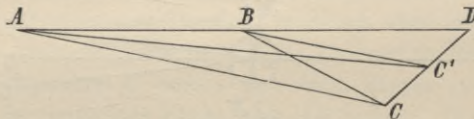


Fig. 531.

dazu sehr viel Zeit verbraucht wird, selbst wenn man die Verrückung des Theodolits schätzungsweise proportional dem Vorübergang der Sicht am Ziel vornimmt. Unmittelbar führen dagegen zwei Winkelmessungen in die Gerade, in welcher dann zur Probe eine dritte erfolgt. Das Verfahren kann auch in besonderen Fällen zur *Verlängerung* von Geraden dienen.

Die Inhalte der Dreiecke (Fig. 530 und 531) mit den Spitzen in  $A$  und in  $B$  und den Basen  $CD$  und  $C'D$  verhalten sich wie diese Basen; Summen oder Differenzen von zugeordneten Dreiecksinhalten desgleichen wie entsprechende Aggregate der Basen. Daher gilt für beide Figuren:

$$\begin{aligned} CD : C'D &= \triangle ABC : \triangle ABC' \\ &= AC \cdot CB \sin ACB : AC' \cdot C'B \sin AC'B. \end{aligned}$$

Sehr nahe gilt aber auch  $AC \cdot CB = AC' \cdot C'B$ , weshalb:

$$CD : C'D = \sin ACB : \sin AC'B$$

und durch Bildung einer neuen Proportion hieraus:

$$(CD - C'D) : CD = (\sin ACB - \sin AC'B) : \sin ACB.$$

Wegen der sehr stumpfen Winkel in Fig. 530 und der sehr spitzen in Fig. 531 können die Sinus dort den Nebenwinkel, hier den Winkel proportional gesetzt werden, woraus folgt:

$$CD = CC' \cdot \frac{180^\circ - ACB}{AC'B - ACB} \text{ und } CD = CC' \cdot \frac{ACB}{ACB - AC'B}.$$

Außer den Winkeln soll auch  $CC'$  genau gemessen sein. Die Winkelmessung mag man durch das Repetierverfahren verfeinern.

Diese Art, Punkte in Gerade einzurichten, tritt auch dann in ihr Recht, wenn die gegebenen Endpunkte soweit auseinander liegen, daß von einem zum andern nicht oder nur unter besonders günstigen Luftverhältnissen scharf gezielt werden kann.

Bei kulturtechnischen Anlagen tritt der Fall wohl seltener auf, daß die gegebenen Endpunkte  $A$  und  $B$  einer abzusteckenden Geraden durch Wälder oder ähnlich wirkende Bedeckungen des Geländes getrennt sind.

Kommt dies aber einmal vor, so ist ein Polygonzug von  $A$  nach  $B$  nahe an der Geraden hin zu legen, von dem aus man einzelne Punkte der Geraden absetzen, auch deren Richtung übertragen kann. In besonderen dazu geeigneten Fällen tritt an Stelle des Polygonzuges eine zwischen  $A$  und  $B$  eingelegte Dreieckskette.

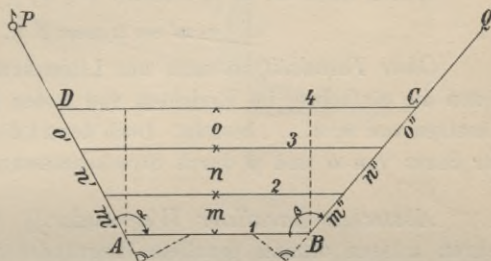


Fig. 532.

Nicht selten sind mit kulturtechnischen Aufgaben Neuaufteilungen von Grund und Boden verknüpft, wobei die *Absteckung paralleler Geraden* von ansehnlicher Länge nötig werden kann. Die Gerade 1 (Fig. 532) sei z. B. durch ihre Endpunkte  $A$  und  $B$  abgesteckt, oder durch einen Endpunkt  $A$  und den Winkel mit einer beliebigen Richtung  $AP$  gegeben. Parallel zu ihr sollen in den Abständen  $m, n, o$  die Geraden 2, 3, 4 bis zur Geraden  $BQ$  geführt werden. Ein Theodolit stehe zur Verfügung.  $P$  sei von  $A$  einige Kilometer entfernt.

Man messe, wenn er nicht schon gegeben ist,  $\sphericalangle \alpha$  in  $A$ , bilde  $m' = m \operatorname{cosec} \alpha$ ,  $n' = n \operatorname{cosec} \alpha$  u. s. w. und setze diese Maße in der Richtung  $AP$  ab, stelle sich in den Teilungspunkten von  $AP$  auf und trage  $\alpha$  an,

zuletzt in  $D$  den Winkel  $PDC = \alpha$  an  $DP$ , wobei  $C$  in der Geraden  $BQ$  verschoben wird, bis es im Visierstrahl  $DC$  erscheint. Durch die große Länge von  $AP$  werden die Exzentrizitätsfehler der Theodolitstandpunkte unschädlich. Zur Probe messe man auch  $\sphericalangle \beta$  in  $B$ , berechne  $m'' = m \operatorname{cosec} \beta$ ,  $n'' = n \operatorname{cosec} \beta$  u. s. w. und trage diese Maße auf  $BQ$  ab. Ihre Endpunkte müssen in die abgesteckten Parallelen fallen. Selbstverständlich kann man auch mit der Messung von  $\alpha$  und  $\beta$ , der Berechnung von  $m'$ ,  $n'$  . . . und  $m''$ ,  $n''$ , . . . sowie dem Absetzen dieser Strecken beginnen, worauf die Winkelmessung in den Teilungspunkten zwischen  $A$  und  $D$  als *Probe* dient. Das Einschalten von Zwischenpunkten in die Parallelen kann damit verbunden werden. — Man beachte, daß einem Winkelfehler von  $\pm 1'$  eine Querverschiebung des Strahls um  $\pm 3$  cm auf 100 m Zielweite entspricht, Sorge demnach dafür, daß die Winkelmessung der Streckenmessung ebenbürtig ausfällt.

Waren nicht  $m$ ,  $n$ ,  $o$ , sondern  $m'$ ,  $n'$ ,  $o'$  gegeben, so findet sich

$$m'' = m' \sin \alpha \operatorname{cosec} \beta \text{ u. s. w.}$$

*Ohne Theodolit* ist man auf Linienkonstruktionen angewiesen, von denen die einfachste im Errichten von Loten auf  $AB$  in  $A$  und  $B$  und im Absetzen von  $m$ ,  $n$  . . . besteht. Doch deutet die Figur auch die Ermittlung der Sinus von  $\alpha$  und  $\beta$  durch Streckenmessung an.

*Abstecken paralleler Wegränder.*<sup>1)</sup> Im Auseinandersetzungverfahren müssen oftmals parallele Wegränder abgesteckt werden, wenn im Flachland die neuen Feldwege über den gewachsenen Boden hinführen und weder Gräben noch Böschungen zu veränderlicher Profildbreite Anlaß geben (§ 27). Breitenwechsel treten dann nur an den Brechpunkten auf. Eine der Wegkanten liegt gewöhnlich schon als zusammenhängender Grenzzug fest, ehe die zweite, diese aber in rascher Aufeinanderfolge ihrer Brechpunkte, abgesteckt werden soll. — Das Abstecken der *Wegbreiten* auf den Normalen am Anfang und Ende jeder Zugseite nebst Aufsuchen der Schnittpunkte der so bestimmten Parallelen (auf dem Papier das natürlichste Verfahren) macht dem Landmesser, weil es ihm für jeden Schnitt Geschäfte an weit voneinander entfernten Punkten auflädt, mehr Mühe als die unmittelbare Absteckung eines Brechpunktes nach dem andern. Nachfolgendes Verfahren setzt keine andere Beihülfe voraus, als daß der festliegende Grenzzug durch Baken abgesteckt ist, vermeidet also das Einwinken von Zwischenbaken u. dergl., wozu eine zweite Person erforderlich wäre (Fig. 533).

Man verlängert  $LM$  und  $NM$  je um 5 m über  $M$  hinaus und mißt die Verbindungslinie  $a$  der neuen Endpunkte. Aus den schraffierten ähn-

<sup>1)</sup> Aus des Verfassers „Geodätischen Übungen“, 1. Teil, 2. Aufl. Berlin 1899.





woraus folgt:  $x : h = 2t : (2t + a)$

und:  $p : h = a : (2t + a),$

also auch:

$$x = h \frac{2t}{2t + a}; \quad p = h \frac{a}{2t + a}. \quad (1)$$

Man setzt  $TS = x$  ab und hat in  $S$  den Scheitel des Kreisbogens  $ASE$  gewonnen. Selbstverständliche Rechenprobe:  $x + p = h$ . Mefssprobe: Man fällt von  $S$  das Lot auf  $TA$  und  $TE$  und muß beiderseits finden:  $SL = p$ .

Nach Prof. Hegemann kommt man bei flachem Winkel  $ETA$  auch fast ohne Rechnung sehr schnell zum Ziel, wenn man  $FT$  halbiert und vom Halbierungspunkt gegen  $F$  noch ein wenig heranrückt, bis man von  $AE$  und  $AT$  gleich weit absteht. Denn je näher  $2t = a$ , desto mehr näherte sich  $p$  dem Werte  $\frac{1}{2}h$ . Streng richtig, nur minder rasch, ist das Verfahren auch dann, wenn Winkel  $ETA$  klein.<sup>1)</sup>

Nun könnte man die Sehne  $s$  aus dem rechtwinkligen Dreieck  $ASF$  als Hypotenuse berechnen, schneller jedoch und zugleich als Mefssprobe mißt und halbiert man  $AS$  und  $SE$  und errichtet in den Halbierungspunkten Lote, auf denen die Pfeile  $p'$  abzusetzen sind. Diese aus  $p$  zu berechnen, ziehen wir als Hilfslinie die Scheitelberührende  $SM$  und finden, wie oben für  $p$ , so jetzt für  $p'$ :

$$p' : h' = s : (2AM + s),$$

während die Ähnlichkeit der Dreiecke  $AMS$  und  $ASE$  liefert:

$$h' : p = (2AM + s) : (2s + a);$$

multipliziert man diese Proportionen, so folgt:

$$p' : p = s : (2s + a),$$

woraus hervorgeht, was man die „strenge Viertelmethode“ nennen könnte, nämlich:

$$p' = p \frac{s}{2s + a}. \quad (2)$$

Denn je stumpfwinkliger das Dreieck  $ASE$ , desto näher wird der Bruch neben  $p$  ein Viertel.

Nach dem Absetzen des Pfeiles  $p'$  fällt man von seinem Endpunkte ein Lot auf  $AT$ , welches gleich  $p'$  sein muß. Wollte man die gleiche Mefssprobe nach  $SM$  hin ausführen, so müßte zuvor  $M$  wirklich abgesetzt werden, wozu man  $AM$  berechnen könnte aus:

$$AM = \frac{s^2}{a} \text{ oder } AM = \frac{p}{h} t = \frac{at}{a + 2t}, \quad (3)$$

von welchen Formeln die erste aus  $AMS \sim ASE$ , die zweite aus  $ATF \sim MTS$  leicht abzuleiten ist. Indessen braucht man die Scheitelberührende nicht, wenn man alle Kleinsehnen nachmißt, und dies muß ohnehin geschehen,

<sup>1)</sup> Vergl. Hegemann, Kreisabsteckung durch Streckenmessung, Zeitschr. f. Verm. 1895, S. 417.

falls man noch einmal Zwischenpunkte nach der (wenn nötig strengen) Viertelmethode einschalten will.

Den Schluß sollte immer die „Sekantenprobe“ machen, d. h. jede verlängerte Kleinsehne sollte von dem nächsten Kurvenpunkt immer um gleichviel, und zwar sehr nahe um das Doppelte der letzten Pfeilhöhe, abstehend gefunden werden. Absteckungsfehler in radialer Richtung deckt die Sekantenprobe sicher auf.

Den *Radius*  $r$  des abgesteckten Kreises, den man indes meist gar nicht oder nur ungefähr zu kennen braucht, kann man finden aus:

$$r = \frac{at}{2h} = \frac{s^2}{2p}, \quad (4)$$

die *Bogenlänge*  $ASE = u$ , solange  $\sphericalangle ETA$  nicht kleiner als  $90^\circ$ , mit grosser Annäherung aus:

$$u = a + \frac{2t-a}{3} - \left(\frac{2t-a}{3}\right)^2 \cdot \frac{1}{t}. \quad (5)$$

Für kleinere  $\sphericalangle ETA$  berechne man nach Anleitung von (5)  $\frac{1}{2}u$  aus  $s$  und  $AM$  anstatt  $u$  aus  $a$  und  $t$ .

## 2. Gegeben die Haupttangente und die ungefähre Lage der Scheitelberührenden.

Wie in Fig. 487 auf S. 460 angedeutet, ist in der kulturtechnischen Praxis außer den Haupttangente gewöhnlich nur der ungefähre Ort des Scheitelpunktes gegeben. Durch Aufsuchen des Schnittpunktes  $T$ , Abschreiten gleicher Strecken  $TM$  und  $TN$  auf  $TA$  und  $TE$  und mehrmaliges Versuchen, ob  $M$ ,  $S$  und  $N$  nahe in einer Geraden, bekommt man (Fig. 535) die vorläufigen Endpunkte der Scheitelberührenden, worauf in aller Schärfe  $TN = TM$  gemacht,  $MN = b$  gemessen und halbiert und damit  $S$  genau festgelegt wird. Jetzt setzt man  $MA = NE = \frac{1}{2}b$  ab, worauf auch  $AS = SE = s$  gemessen und halbiert werden. Nachdem noch die Höhe  $h'$  der kongruenten Dreiecke  $AMS$  und  $SNE$  gefunden worden, folgt, wie früher  $x$ , so jetzt  $x'$  aus einer Proportion:

$$x' : h' = 2AM : (2AM + s)$$

oder aus:

$$x' = h' \frac{b}{b + s}. \quad (6)$$

Ebenso findet sich, wenn man will,

$$p' = h' \frac{s}{b + s}. \quad (7)$$

Weitere Kurvenpunkte können nach der (strengen) Viertelmethode eingefügt werden. Ebenso kommen die früheren Messproben zur Anwendung. Die Formeln (6) und (7) sind denen in (1) völlig gleich gebildet. Auch kann wieder Prof. Hegemanns Verfahren zum Aufsuchen der Bogenmitte durch Probieren dienen.







näherung ans Instrument verkleinern, so auch bei dem Kreis, und wie dort die Gerade, so muß hier die Kurve, trotz vorgekommener Absteckungsfehler, zuletzt durch den Standpunkt des Theodolits gehen. (Beim Abstecken vom Theodolit weg, also von  $E$  gegen  $A$  hin, wäre es dagegen nicht verbürgt, daß die Kurve durch  $A$  ginge.)

Hierzu noch einiges über technische Ausführung und Proben. Offenbar kann man den konstanten Peripheriewinkel  $\omega$  willkürlich wählen, entweder, wie oben angenommen, als ein Vielfaches des kleinsten Limbusteilcs, oder so, daß  $\omega$  in  $\sphericalangle AET$  ohne Rest aufgeht, oder endlich so, daß Sehne  $s$  ein rundes Maß wird. Letzteres hat wenig Zweck, weil z. B. der Meßbandlänge leicht noch ein kleines Über- oder Untermaß für jede Lage beizufügen oder abzuziehen ist. Aber daß dieses Maß klein sei, ist erwünscht und kann jedenfalls erreicht werden. Wenn  $\omega$  in  $\sphericalangle AET$  aufgeht, so fallen *alle* Kleinbogen gleich aus, und das ist ein wirklicher Vorteil; aber  $\omega$  wird unrund, was bei der Absteckung aufhält und leicht Fehlgriffe erzeugt, selbst wenn man die Sollablesungen  $\alpha + \omega$ ,  $\alpha + 2\omega \dots$  *im voraus* aufgeschrieben hatte. Ist dagegen  $\omega$  ein rundes Winkelmaß wie  $\alpha$ , so braucht man den *Nonius* gar nicht abzulesen, sondern stellt dessen Zeiger unmittelbar auf Limbusstriche ein, in denen man sich *dann* schwerlich vergreifen wird, wenn man sich trotz der Einfachheit der Aufgabe die eben erwähnte kleine Tabelle angelegt hatte. Nun erst hat der Beobachter am Theodolit die Gewißheit, daß er mit den Gehilfen, welche die Sehnen absetzen, gleichen Schritt halten kann. Daß ein runder Wert für  $\omega$  auch die Berechnung von  $s$  erleichtert, sei nur erwähnt.

Das Absetzen der Sehnen wird sehr beschleunigt, wenn man das Maß  $y = s \sin 2\omega$  berechnet (oder aus den drei ersten Kurvenpunkten auf dem Felde entnimmt), um welches jeder dritte Kurvenpunkt von der Sekante durch die beiden vorigen absteht. So kann z. B. in Fig. 536 Punkt 4 vorläufig aufgefunden werden, um nach ihm hin zu messen, was namentlich bei Lattenmessungen wichtig. Man braucht dann beim scharfen Einwinken des Punktes vom Theodolit her nur noch die letzte Latte ein wenig zu verschwenken.<sup>1)</sup>

Wenn  $n$  eine ganze Zahl und  $n\omega + \rho = \sphericalangle AET$ , demnach  $\rho < \omega$  den Winkelrest zwischen dem letzten Zielstrahl  $En$  und der Berührenden

<sup>1)</sup> Vergl. § 22, das Einrücken von der Sekante aus. Das Verfahren vertritt streckenweise die Methode der gleichen Peripheriewinkel und Sehnen, wenn die Aussicht behindert ist, wenigstens vorläufig. Denn es bietet die wichtige Gewähr, daß das abgesetzte Sehnenpolygon zwar in den Winkeln nicht ganz zuverlässig, aber in den Strecken völlig streng ist, weshalb der erste Punkt, der wieder durch eine Fernrohrsicht eingerichtet werden kann, so gut als vollkommen richtig abgesetzt wird. Die strenge Absteckung ist also nur örtlich unterbrochen, aber nicht durchgreifend gestört worden.

$ET$  bedeutet, dann ist die Sehne des Restbogens aus  $2r \sin \varrho$  zu berechnen. Dies ist der Sollabstand des Punktes  $n$  von  $E$ . Eine zweite Probe erfolgt durch Aufstellen des Theodolits auf  $A$  und Nachmessen aller Peripheriewinkel über den Kleinbogen zwischen  $E$  und  $A$ , sowie ihrer Summe, nämlich  $TAE$ . Endlich empfiehlt es sich, die „Sekantenprobe“ (§ 19) von  $E$  gegen  $A$  hin auszuführen. — Alle diese Proben würden keinen Widerspruch aufdecken, falls man mit einem unrichtigen  $\log r$  sowohl  $TA$  als auch  $s$  und  $En$  berechnet hätte. Man berechne daher eine dieser Größen, z. B.  $s$ , mit dem gemeinen Zahlenwert des Sinus, den man u. a. aus Albrechts 5stelligen Logarithmentafeln (S. 152 bis 156) vierstellig entnehmen kann Vergl. auch Anm. auf S. 519.

Nicht immer reichen, wie in Fig 536, zwei Hauptpunkte, nämlich die Berührungspunkte  $A$  und  $E$ , zum Anknüpfen der Kleinabsteckung mittelst gleicher Peripheriewinkel und Sehnen aus. Wenn z. B. von  $A$  nach  $E$

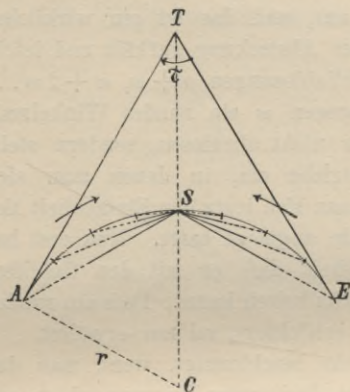


Fig. 537.

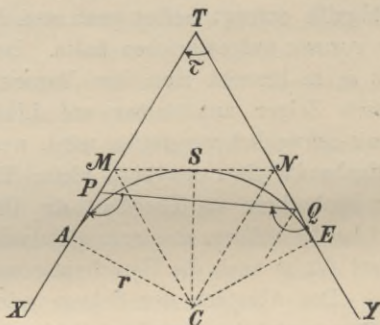


Fig. 538.

keine Sicht möglich ist, so bedarf man noch des Scheitelpunktes  $S$  (Fig. 537). Man steckt dann von  $A$  und  $E$  aus gegen  $S$  hin ab.

Die Berechnung und Absteckung der Hauptpunkte geschieht, einschliesslich der notwendigen Proben, wie folgt. Ausser

$$TA = TE = r \cot \frac{1}{2}\tau$$

hat man

$$TS = r \operatorname{cosec} \frac{1}{2}\tau - r$$

zu berechnen und abzusetzen, nachdem man  $\tau$  wie früher gemessen und gleich darauf halbiert, dabei die Halbierungslinie zum Gebrauch bei der Winkelprobe lang genug abgesteckt hatte. Sofort überträgt man den Theodolit nach  $S$  und misst zur Probe die Winkel

$$AST = TSE = 135^\circ - \frac{1}{4}\tau.$$

Erst wenn diese Probe nicht stimmen will, braucht man die *Rechnung* zu prüfen gemäß der aus Dreieck  $ATS$  abgeleiteten Formel:

$$TS = AT \sin(45^\circ - \frac{1}{4}\tau) \operatorname{cosec}(45^\circ + \frac{1}{4}\tau)$$

$$\text{oder } TS = AT \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{1}{4}\tau).$$

Stimmt die Rechnung, dann kann Rückwärtsmessung von  $AT$ ,  $ET$  (bei größeren Radien ohnehin, auch neben der Winkelprobe, zu empfehlen) und  $ST$ , Nachprüfung der Winkelhalbierung in  $\tau$ , die aber besser vor dem Verlassen des Standpunktes  $T$  geschehen wäre, den begangenen *Messungsfehler* aufdecken.

Es kann vorkommen, daß  $T$  nicht unmittelbar als Schnittpunkt der Haupttangenten  $TA$  und  $TE$  des Bogens herzustellen ist. Dann lasse man sich nicht auf künstliche, mittelbare Konstruktionen von  $T$  ein, die meist dahin führen, daß man in  $T$  den eigentlichen Winkel  $\tau$ , dessen Schenkel durch zwei Fernpunkte gehen sollten, gar nicht mehr vorfindet. Man messe vielmehr über  $P$  und  $Q$ , von denen aus die Fernpunkte  $X$  und  $Y$  noch sichtbar sind, die in Fig. 538 angedeuteten Winkel, deren Summe, vermindert um  $180^\circ$ , den Winkel  $\tau$  liefert, wie die Parallele zu  $PX$  durch  $Q$  beweist. Dabei mußte in der Richtung  $PQ$  der Theodolit gut zentriert werden. Man messe ferner  $PQ$  und löse Dreieck  $PTQ$  auf.

$$TP = PQ \frac{\sin Q}{\sin \tau}; \quad TQ = PQ \frac{\sin P}{\sin \tau};$$

Wird nun  $TA$  und  $TE$  wie früher aus dem gegebenen Radius und  $\tau$  berechnet, dann ist auch  $PA$  und  $QE$  leicht zu bilden und abzutragen. Den Scheitelpunkt  $S$  kann man auf mehrerlei Wegen, aber wohl am zweckmäßigsten durch Halbieren der Scheitelberührenden  $MN$  gewinnen. Zum Abstecken von  $M$  und  $N$  und zur Probe für  $S$  mag der Hinweis darauf genügen, daß

$$AM = MS = SN = NE = r \operatorname{tg} (45^\circ - \frac{1}{4} \tau).$$

Eine Winkelprobe läßt sich von  $S$  aus derart ausführen, daß das Theodolitfernrohr nach  $A$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $E$  und selbst nach  $C$  gerichtet wird, wobei schon bekannte Winkel zum Vorschein kommen müssen. Denn obwohl  $C$  niemals abgesteckt wird, so halbiert doch  $SC$  den  $\sphericalangle \tau$  und teilt darum  $PQ$  nach dem Verhältnis  $PT:QT$ , sodaß der Schnittpunkt — worauf Prof. Hammer hingewiesen hat — absteckbar wird und von ihm aus, falls erwünscht,  $S$  selber.

Nach allem vorangegangenen wird der Leser auch für Fälle gerüstet sein, wo nicht  $r$  gegeben, sondern  $A$  oder  $M$ , einerlei ob sich  $T$  herstellen läßt oder nicht.

Die *Länge* des Kreisbogens  $ASE$  berechnet man zweckmäßig aus dem analytischen Maß  $\pi - \tau$  des Zentriwinkels, indem man es mit dem Radius multipliziert. Diese Rechnung wird geprüft, wenn man auch das Maß der Kleinbogen selbständig berechnet und mit dem Gesamtmaß aller vergleicht. Bedeutet  $\omega_1$  die Sekundenzahl,  $\omega$  die Minutenzahl des Peripheriewinkels  $\omega$ ,  $b$  die Bogenlänge des zugehörigen Kleinbogens, so ist offenbar

$$b = 2r \frac{\omega_1}{206265} = 2r \frac{\omega}{3437,7}.$$

Ähnlich berechnet man auch, welches Bogenstück die Peripheriewinkelprobe nicht mehr nachzuweisen vermag, falls sie selbst um  $\delta$  Minuten unsicher blieb. Die Unsicherheit des Bogens beträgt dann  $2r\delta:3438$ . Macht auf je 100 m des Radius und jede Minute Winkelfehler 0,06 m. Hieraus läßt sich beurteilen, in welchen Fällen Streckenmessung, z. B. Nachmessung von Tangentenstücken oder Sehnen, die Winkelprobe zu ergänzen hat.

### § 21.

**Kreisabsteckung nach Koordinaten.** Dieser Art der Absteckung kann Verfasser nur die Bedeutung einer Aushilfe beilegen, falls die Absteckung nach gleichen Peripheriewinkeln und Sehnen versagt. Würden z. B. die Zielstrahlen durch Buschwerk unterbrochen, sodafs man einzelne Kurvenpunkte ausfallen lassen oder richtiger vorläufig von der Sekante aus abstecken muß, so können diese, und wenn ihrer viele sind, so kann ein ganzer Kurvenzweig, z. B.  $AS$  in Fig. 537 (S. 542), von Tangente oder Sehne aus nach Koordinaten abgesteckt werden. Denn durch bloßes Versetzen des Theodolits nach einem bereits scharf abgesteckten Kreis-

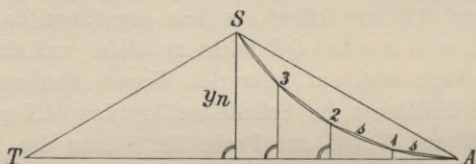


Fig. 539.

punkte, welcher der schwierigen Stelle näher liegt, und Wiederaufnahmen des vorigen Verfahrens läßt sich zwar oft, aber nicht immer abhelfen.

Auch beim Abstecken nach Koordinaten sollte die Länge der Kleinbogen bekannt und schon darum *gleich* sein. Andere Gründe dafür sind die günstigen Mefspalten und die Bequemlichkeit beim Einschalten von Stationspunkten, Querprofilen u. s. w. Ist *ein* Ast der Kurve nach gleichen Peripheriewinkeln und Sehnen abgesteckt, so steht die Länge des Kleinbogens bereits fest und ist auch für die Koordinatenabsteckung beizubehalten, und zwar in symmetrischer Anordnung der etwaigen *Bogenreste*. Daß der Peripheriewinkel  $\omega$  über dem Kleinbogen ein rundes Maß habe, ist übrigens hier nur für die Rechnung, nicht für die Absteckung günstig.

Beim *Abstecken von der Tangente aus* legen wir den Koordinatenanfang in den Berührungspunkt  $A$  und die positive Richtung der Abscissenachse in die Berührende  $AT$  (Fig. 539). In dem *Sehnenpolygon*  $AS$  ist der erste Richtungswinkel  $\omega$ , alle folgenden um je  $2\omega$  größer. Daher bildet man zunächst  $s = 2r \sin \omega$ , sodann:

$$y_1 = s \sin \omega; \quad y_2 = y_1 + s \sin 3\omega \dots y_n = y_{n-1} + s \sin (2n-1)\omega;$$

$$x_1 = s \cos \omega; \quad x_2 = x_1 + s \cos 3\omega \dots x_n = x_{n-1} + s \cos (2n-1)\omega;$$

Die Sehne  $AS$  reiche bis zum  $n$ ten Punkte. Dann ist  $\sphericalangle TAS = n\omega$ , ferner  $AS = 2r \sin n\omega$  und

$$y_n = 2r \sin^2 n\omega, \quad x_n = 2r \sin n\omega \cos n\omega.$$

Diese Koordinaten prüfen die Endwerte und damit die beiden Reihen der zuvor berechneten.

Man richte die Fußpunkte der Ordinaten scharf in die Meßlinie  $AT$  ein und lege ihre Endpunkte nicht bloß durch Winkeln und Messen, sondern auch durch Nachprüfen ihres konstanten Abstandes  $s$  von dem nächstvorhergehenden fest.

Um von der Sehne  $AB$  aus Punkte von gleichem Bogenabstande abzustecken, berechnen wir (Fig. 540), wenn der Peripheriewinkel  $\alpha$  über dem ganzen Bogen bekannt ist, die Richtungswinkel des Sehnenpolygons, nämlich

$$\alpha - \omega, \alpha - 3\omega \dots \alpha - (2n - 1)\omega$$

und die Koordinaten

$$y_1 = s \sin(\alpha - \omega); y_2 = y_1 + s \sin(\alpha - 3\omega) \dots y_n = y_{n-1} + s \sin(\alpha - (2n - 1)\omega);$$

$$x_1 = s \cos(\alpha - \omega); x_2 = x_1 + s \cos(\alpha - 3\omega) \dots x_n = x_{n-1} + s \cos(\alpha - (2n - 1)\omega).$$

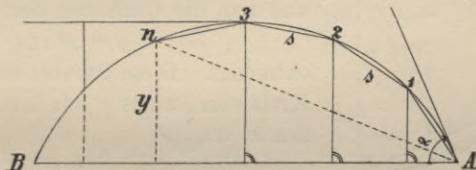


Fig. 540.

Man übersieht leicht, daß man sich mitunter einige Glieder von diesen Reihen zu berechnen sparen kann, wenn nämlich die Punkte 1, 2 ... symmetrisch gegen  $A$  und  $B$  liegen, doch lehrt die Erfahrung, daß in der an sich so einfachen Ersatzberechnung, die sich auf diese Symmetrie gründet, leicht Fehler unterlaufen. Dasselbe gilt, wenn man von Koordinaten, die sich auf die Scheitelberührende beziehen, zu den Koordinaten übergeht, die sich auf die Sehne beziehen, wie es die Fig. 540 als ausführbar darstellt. Macht man von solchen Erleichterungen keinen Gebrauch, dann muß die letzte Ordinate vorstehender Reihe Null werden und die letzte Abszisse gleich  $AB$ . Außerdem können die unmittelbar berechneten Koordinaten des  $n$ ten Punktes als Rechenprobe für vorstehende Reihen dienen:

$$y = 2r \sin n\omega \sin(\alpha - n\omega); \quad x = 2r \sin n\omega \cos(\alpha - n\omega).$$

Es wird zuweilen von *Näherungslösungen* der Kreisabsteckung nach Koordinaten Gebrauch gemacht, wozu eigentlich, bei der Einfachheit vorstehender Rechnungen, kein Bedürfnis vorliegt, zumal es an Tabellenwerken nicht fehlt, welche die Rechnung beim Kurvenabstecken fast ganz ersparen,

dem Benutzer freilich auch eine gewisse Starrheit der Maßverhältnisse aufzwingen. Bedenklicher als dieser Zwang erscheint aber die Abweichung vom Kreis, welche mit Näherungslösungen verbunden ist.

Die gemeine Parabel, an deren Scheitel der Kreis vom Radius  $r$  Krümmungskreis ist, hat, bezogen auf die Scheitelberührende als  $x$ -Achse, die Gleichung:

$$y = x^2 : 2r,$$

und wir haben von ihr im § 5 (S. 467) nebenbei zum *vorläufigen Einschalten* von Kurvenpunkten in *Kleinbogen* Gebrauch gemacht. Benutzt man sie zum *Abstecken eines Kurvenzweiges* gemäß Fig. 541, so wird dieser flacher als der Kreis, den die Parabel nur in  $A$  berührt und mit dem sie nur hier den Krümmungsradius gemein hat. Bequem zu *berechnen* sind die Ordinaten auch nur bei gleichen Abscissen<sup>2</sup>, also ungleichen Bogenintervallen.

Etwas besser fällt die Absteckung aus, wenn man  $y'$  und  $x'$  vorher berechnet oder gegebenen Falles mißt, dann den Parameter  $2p$  bildet gemäß:

$$1 : 2p = y' : x'^2$$

und nun die Ordinaten der Gleichung

$$y = x^2 : 2p$$

entnimmt. Diese Parabel berührt in  $A$  den Kreis vom Radius  $r$  von innen und schneidet ihn in  $S$ .

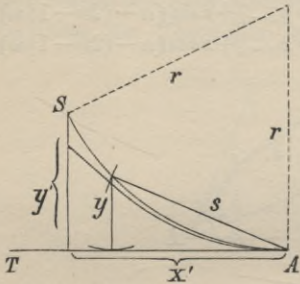


Fig. 541.

Will man nach einer gleich einfachen Formel die Ordinaten des *Kreises* berechnen, so deutet die *strenge Gleichung*  $y = s^2 : 2r$  an, daß, wenn die Sehne  $s$  von Null aus

um gleiche Stücke wächst, die Ordinaten wie die Quadrate der gemeinen Zahlen zunehmen. Die Absteckung hat dann mit dem einfachen, doppelten, dreifachen Sehnenmaß einen Bogenschlag vom gemeinsamen Mittelpunkt  $A$  aus zu vollführen und dem Endpunkt der Sehne den Abstand  $y$  von der Berührenden  $AT$  zu geben. Dies ist ein scharfes Verfahren, wird aber bei größeren Sehnen unbequem und gibt außerdem ungleiche Kleinbogen. Ein bequemerer *Näherungsverfahren* wird daraus, wenn man zu denselben  $y$  die Sehnen  $s$  nicht immer von  $A$  aus abträgt, sondern den Bogenschlag mit konstanter Kleinsehne jedesmal von dem letzten festgelegten Kurvenpunkte aus vollzieht.

## § 22.

**Sonstige Arten der Kreisabsteckung.** Jeder Landmesser weiß, wenn er mit seinem Winkelspiegel oder Winkelprisma zwei Baken  $A$  und  $B$  aufeinander gedeckt hat, daß seine Hand sich in dem Umfang eines Kreises von dem Durchmesser  $AB$  befindet, und er kann sich leicht davon über-



zeugen, wie genau er, bei verschiedener Länge von  $AB$ , den Kreis abzu- stecken vermag. Dabei handelt es sich um den günstigsten Fall der *Ab- steckung mittels Spiegelinstruments*. Denn wenn auch die volle Strenge des Verfahrens verlangt, daß sowohl die Baken als auch die Schnittlinie der beiden Spiegelebenen scharf lotrecht stehen sollen, so ist doch eine Ab- weichung dieser Ebenen von der lotrechten Lage dann ziemlich unschädlich, wenn wenigstens *ein* Schenkel des abzusetzenden rechten Winkels wag- recht bleibt.

Ein Winkelspiegel oder ein Spiegelkreuz mit verstellbaren Spiegeln (beim Spiegelkreuz liegen die beiden Spiegel übereinander und ihre Ebenen schneiden sich in einer lotrechten Geraden) oder eine dem Spiegelkreuz entsprechende Prismenverbindung gestatten die Einstellung anderer kon- stanter Winkel als solcher von  $90^\circ$ . Ist z. B. in Fig. 542 neben der Sehne  $AE$  ein Punkt  $C$  eines Kreises gegeben, so hält man das Instrument über  $C$  und stellt die Spiegel so ein, daß  $A$  sich auf  $E$  deckt.<sup>1)</sup> Alle Punkte, über welchen man, bei der nämlichen Spiegelstellung,  $A$  auf  $E$  gedeckt

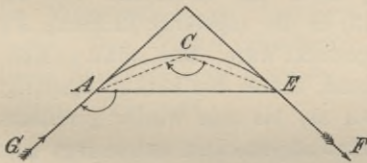


Fig. 542.

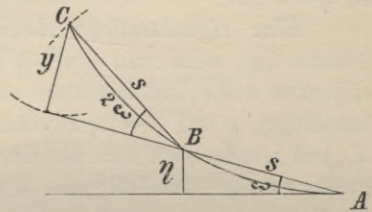


Fig. 543.

sieht, liegen auf dem Kreisbogen  $ACE$ . Die Berührende  $AG$  kann den gegebenen Punkt  $C$  ersetzen. Denn da  $\sphericalangle EAG = ECA$ , so bekommen die Spiegel genau dieselbe Stellung zu einander, wenn man das Instrument über  $A$  hält und  $G$  auf  $E$  deckt. Soll diese Art der Kreisabsteckung genau werden, so bedarf sie einer Reihe von Vorsichtsmaßregeln und Be- schränkungen. Den Sorglosen aber, dem es nur darauf ankommt, eine ziemlich stetige, dem Kreise nicht fern liegende Kurve auf dem Gelände zu verzeichnen, befreit das Verfahren von allem Nachdenken und von jeder Rechnung.

Unter dem *Einrücken von der Sekante aus* wird ein einfaches Verfahren der *Verlängerung* begonnener Kreisabsteckungen verstanden. Sind (Fig. 543) zwei Endpunkte  $A$  und  $B$  eines Kleinbogens auf dem Felde gegeben und sein Radius  $r$  bekannt, so mißt man die Sehne  $s$ , berechnet

<sup>1)</sup> Beim Winkelspiegel wird Bake  $E$  unmittelbar, Bake  $A$  nach *doppelter* Spiegelung gesehen; beim Spiegelkreuz erblickt man beide Baken übereinander, jede *einmal* gespiegelt.

daraus den Peripheriewinkel  $\omega = \text{arc sin}(s : 2r)$ , sodann  $y = s \sin 2\omega$ , und steckt den Punkt  $C$  ab, indem man Sehne  $s$  von  $B$  aus abträgt und durch Bogenschlag verschwenkt, bis ihr freier Endpunkt von der Sekante durch  $A$  und  $B$  um  $y$  absteht. Die Sekante stellt man durch eine über  $A$  und  $B$  gespannte Schnur her.

Man kann, so wie  $C$ , eine kleine Anzahl fernerer Kreispunkte mit ziemlicher Genauigkeit gewinnen, doch überträgt sich jeder Fehler einer Sehnenrichtung auf alle folgenden Sehnen, kann sich also mit andern zu einer starken seitlichen Verschwenkung anhäufen, sobald die Bogenverlängerung weiter getrieben wird. Aushilfsweise beim Abstecken nach gleichen Peripheriewinkeln und Sehnen angewandt, überträgt das Verfahren wenigstens die *Bogenlängen* recht scharf bis zu dem Punkte, der wieder unter Mitwirkung des Zielstrahls vom Theodolit her festgelegt werden kann. Übrigens eignet sich diese Absteckungsweise als *vorläufige* sehr für den Gebrauch der Vorarbeiter, denen man das Maß von  $y$  anzugeben hat. Mit großer Annäherung gilt  $y = 2\eta$ , und streng richtig ist  $\eta = s^2 : 2r$ .

Eine *eigentümliche Anwendung* findet das Einrücken von der Sekante aus, wenn man von  $GA$  (Fig. 542) in die ungefähre Richtung  $EF$  einlenken will, ohne daß diese schon abgesteckt wäre. Man wählt  $s$  (Mefsbandlänge),  $\eta$  und  $y = 2\eta$  zweckentsprechend, ebenso den Berührungspunkt  $A$ , und wendet sich von der Geraden  $GA$  ab, bis man wieder geradeaus gehen möchte. Im Endpunkt  $E$  der zuletzt abgesteckten Sehne legt man die Berührende so an, daß sie an dem vorigen Kurvenpunkt im Abstand  $\eta$  vorübergeht. Ihre Verlängerung stellt die Gerade  $EF$  dar. Aber man sieht bald ein, daß, wenn nicht die Lage von  $EF$  in weiten Grenzen wählbar ist, erst mehrere Versuche mit der Wahl von  $A$  und  $r$  dahin führen werden, daß der Bogen nahezu in die gewünschte neue Richtung einmündet. Es möchte sich daher empfehlen, dies Tasten zu ersparen, indem man zuvor nach § 19, 1. oder 2. Anfangs- und Endpunkt, sowie den Radius des Kreises festsetzt, mit diesem Radius  $\eta$  und  $y$  berechnet, nun aber vom Anfangs- gegen den Endpunkt ganz so mittelst Einrückens vorgeht, als wäre die neue Richtung noch wählbar. Und wirklich muß die *durch Einrücken sich ergebende Endberührende* die neue Richtung darstellen, da sonst Anschlußfehler sehr fühlbar würden. Diese Absteckungsweise ist, wie sich wohl von selbst versteht, nur bei untergeordneten Anlagen zulässig.

Auch die ursprünglichste Art der Kreisabsteckung, die Nachahmung des Zirkelschlags, mit der sonst nur der Gärtner seine Beete abrundet, kann dem Techniker dienen bei der *Absteckung von Wendepplatten*. So heißen die wagrecht liegenden Umkehrstellen in zickzackförmigen Wegen an steilen Hängen, und solche Wege werden Serpentinaen genannt.

Der kleinstzulässige Horizontalwinkel  $2\alpha$ , unter dem zwei Gerade einer Serpentine sich schneiden dürfen, hängt von der größtzulässigen Steigung des Weges und von der stärkztzulässigen Böschung des Erdreichs zwischen den übereinander hinführenden Wegstrecken ab. Sei die Steigung  $tg\sigma$  des Weges  $1:20$ , diejenige  $tg\beta$  der Böschung  $1:\frac{3}{2}$ , so gilt allgemein, wie aus einem rechtwinklig sphärischen Dreieck hervorgeht:

$$\sin \alpha = tg \sigma \cot \beta$$

und für unsere Annahmen, weil sehr nahe  $\sin \alpha = \alpha : 57,3$ , in Graden:

$$2\alpha = 57,3 \cdot \frac{3}{20} \text{ oder } 8^{\circ} 36'.$$

An solchen Wegstrecken bringt man nicht die Leitlinien zum Schnitt, sondern Parallele dazu, auf der Talseite im Abstand der halben Wegbreite, auf der Bergseite, wenn daselbst ein Graben nötig, in dem um Grabenbreite vermehrten Abstand. Nur bis zum Schnittpunkt dieser Hilfslinien, genauer gesprochen bis zu Normalen, die man auf jede derselben im Schnittpunkte  $S$  zieht, dürfen die Wegstrecken im Anstieg liegen. Der Winkel zwischen diesen Normalen muß wagrecht bleiben. (Fig. 544.)

Wenn  $2g$  die Grabenbreite, so rücke man um  $g$  von  $S$  aus in der Normalen des oberen Weges zu Tal nach  $C$ , dem Mittelpunkte der Wendeplatte, der also unter Umständen mit  $S$

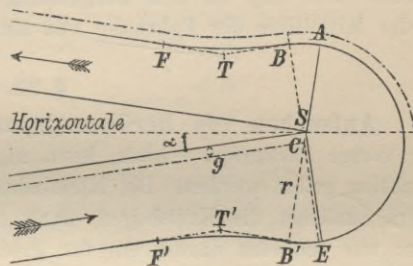


Fig. 544.

zusammenfällt. Im Gebirge bestehen diese Gräben oft nur aus einer schmalen Rinne zwischen dem Böschungsfuß und unbehauenen Tannensämmen, die dem Böschungsfuß entlang in den Weg eingelegt sind; wie auch die Durchlässe zum Überführen des Wassers aus solchen Rinnen nach der Talseite des Weges wieder nur aus Rinnen bestehen, diesmal zwischen *zwei* quer zum Wege eingelegten Sämmen. In solchen Fällen beträgt  $g$  nur wenige Zentimeter und kann vernachlässigt werden.

Zweckmäßig wird man an dem ortsüblichen Fuhrwerke und zwar, der Wegbestimmung gemäß, dem mit Steinen, Sämmen, Heu oder Garben *beladenen* und entsprechend *bespannten Wagen* selbst den Radius  $r_1$  des kleinsten Kreises, den bei kurzer Wendung die inneren Räder durchlaufen, und  $r_2$  des anderen, welchen im vollen Zuge die äußeren Gespanntiere dabei berühren, durch Versuch feststellen. Zwischen diesen beiden Kreisen *muß* die Fahrbahn der Wendeplatte befestigt werden; doch tut man wohl,

sie ganz zu befestigen, auch über den inneren Kreis<sup>1)</sup> und den äußeren vom Halbmesser  $r_2$  hinaus, denn dem Rand der Wendeplatte gibt man einen noch um 0,5 bis 1 m größeren Halbmesser  $r$ .

Mit  $r$  wird von  $C$  aus zwischen den beiden Schenkeln  $CA$  und  $CE$  der Kreisbogen durch Schnurschlag (unter Rücksicht auf die Neigung der Schnur) gezogen und noch etwas darüber hinaus, denn man hat Berührende an den Kreis zu legen, und zwar von zwei Punkten  $T$  und  $T'$  aus, die in den *äußeren* Wegrändern 10 bis 15 m von den Schenkeln abstehen, je nach der notwendig gewordenen *Erbreiterung* der Wendeplatte gegenüber den geraden Wegstrecken. Trägt man nun vorerst  $TB = T'B'$  nach  $TF$  und  $T'F'$ , so liegt noch die Aufgabe des § 19, 1. und zwar in der einfachen Gestalt vor, an zwei Berührende bei gegebenen Berührungspunkten flache Kreisbogen zu legen.  $B$  und  $B'$  werden ähnlich wie bei Figuren auf dem Papier gefunden.

Die strichpunktierten Linien deuten die Mitte der Grabensohle an, die bei  $A$  für den Fall, daß der obere Graben um die Wendeplatte herum geleitet wird und an dem Bergabhang Vorflut findet. Die Pfeile liegen in der Mittellinie der Fahrbahn und sind bergauf gerichtet.

### § 23.

**Aufsuchen von Berührungspunkten.** Diese Aufgabe, mit der der vorige Paragraph schloß, kann nicht immer durch so einfache Konstruktion gelöst werden. Bei Kleinbahnen im Mittelgebirge werden z. B. öfters zunächst die Kreisbogen, dann erst die Berührenden abzustecken sein; wir bedürfen darum ein für größere Entfernungen passendes Verfahren, die Berührungspunkte zu finden. Auf alle Fälle wird man aber dahin gelangen können, in der Nähe der Berührungsstelle zwei scharf bestimmte Kreispunkte abzusetzen, auf welche das fernere Verfahren sich stützen kann. Wir können uns also auf die Aufgabe beschränken, an zwei

<sup>1)</sup> Nur bei Wegen, auf welchen lange Stämme abefahren werden, lassen manche die Fläche des inneren Kreises, der dann für solches Fuhrwerk einen großen Halbmesser besitzt, unbefestigt und verweisen damit auch das übrige Fuhrwerk auf den Rand der Wendeplatte. Aber auch in diesem Falle ist der innere Kreis einzuebnen und von Pflanzenwuchs freizuhalten. Vergl. übrigens die Art von Wendeplatten, welche Rheinhard in Holzabfuhrwegen eingelegt hat, auf denen sehr lange Stämme von 30 m und selbst mehr zu befördern sind. (Schlebachs Kalender für Geometer und Kulturtechniker, Artikel Wegbau, von Schaal.) Für solche Stämme ganz horizontale Wendeplatten zu gewinnen, ist an steilen Berghängen schwierig. Rheinhard gibt ihnen daher eine mäfsige Steigung und verlängert zugleich die Bahn der Umkehr, indem er deren Mittelpunkt in der Horizontalen (Fig. 544) ziemlich weit rechts von  $S$  wählt. Näheres a. a. O.

Kreise, welche je durch zwei Punkte  $A, B$  und  $A', B'$  auf dem Felde und durch ihre Radien  $r$  und  $r'$  gegeben sind, eine gemeinsame Berührende zu legen (Fig. 545). Dabei soll vom Gebrauch des Theodolits abgesehen werden. Man sieht schon aus der Lösung, wie der Theodolit dabei zu verwenden wäre und welche Erleichterungen er brächte.

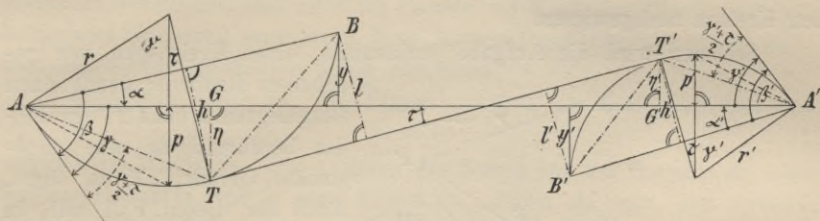


Fig. 545.

Man messe  $AB$  und  $A'B'$ , fälle von  $B$  und  $B'$  Lote  $y$  und  $y'$  auf  $AA'$  und messe sie, messe auch  $AA'$ , wenn schon mit weit geringerer Schärfe als die ersten Maße, und berechne nun:

$$\begin{aligned} \alpha &= \arcsin \frac{y}{AB}; & \alpha' &= \arcsin \frac{y'}{A'B'}; \\ \beta &= \arcsin \frac{AB}{2r}; & \beta' &= \arcsin \frac{A'B'}{2r'}; \\ \beta - \alpha &= \gamma; & \beta' - \alpha' &= \gamma'; \\ p &= 2r \sin^2 \frac{1}{2} \gamma; & p' &= 2r' \sin^2 \frac{1}{2} \gamma'; \\ \tau \text{ (in Minuten)} &= \frac{3438 (p + p')}{AA' - r \sin \gamma - r' \sin \gamma'}, \end{aligned}$$

welch letztere Formel nur mit großer Annäherung gilt. Wir berechnen noch:

$$\begin{aligned} AT &= 2r \sin \frac{1}{2} (\gamma + \tau); & A'T' &= 2r' \sin \frac{1}{2} (\gamma' + \tau); \\ TG &= \eta = 2r \sin \frac{1}{2} (\gamma + \tau) \sin \frac{1}{2} (\gamma - \tau); \\ T'G' &= \eta' = 2r' \sin \frac{1}{2} (\gamma' + \tau) \sin \frac{1}{2} (\gamma' - \tau); \\ AG &= \xi = 2r \sin \frac{1}{2} (\gamma + \tau) \cos \frac{1}{2} (\gamma - \tau); \\ A'G' &= \xi' = 2r' \sin \frac{1}{2} (\gamma' + \tau) \cos \frac{1}{2} (\gamma' - \tau). \end{aligned}$$

Darauf setzen wir  $T$  und  $T'$  mittels der rechtwinkligen Koordinaten  $\eta, \xi$  und  $\eta', \xi'$  ab und prüfen und verbessern die Absteckung durch Nachmessen von  $AT$  und  $A'T'$ , deren Sollwert berechnet ist.

Als Meßproben sind nun noch die Stücke  $h, l, TB$ , ferner  $h', l', T'B'$  zu ermitteln und zunächst  $TB$  und  $T'B'$  mit den berechneten Größen zu vergleichen:

$$TB = 2r \sin \left( \alpha + \frac{1}{2} (\gamma - \tau) \right); \quad T'B' = 2r' \sin \left( \alpha' + \frac{1}{2} (\gamma' - \tau) \right).$$

Sodann  $h$  und  $h'$  mit den berechneten Größen:

$$h = \frac{AT \cdot BT}{2r}; \quad h' = \frac{A'T' \cdot B'T'}{2r'}.$$

Stimmt dieser Vergleich, dann sind  $T$  und  $T'$  Punkte der zu berührenden Kreisbogen. Stimmt auch  $l$  und  $l'$  mit den berechneten

$$l = \frac{TB^2}{2r}; \quad l' = \frac{T'B'^2}{2r'},$$

dann sind  $T$  und  $T'$  zugleich als Berührungspunkte der Geraden  $TT'$  mit den Kreisen nachgewiesen.

Seltener wird die Aufgabe vorkommen, einen Kreisbogen von gegebenem Radius  $r$  durch einen festgelegten Punkt  $P$  des Feldes berührend an eine abgesteckte Gerade  $TX$  zu legen.

Auch für diesen Fall soll, in demselben Sinne wie vorhin, das Verfahren angegeben werden, wie der Berührungspunkt  $B$  ohne Verwendung des Theodolits zu finden sei. (Fig. 546.)

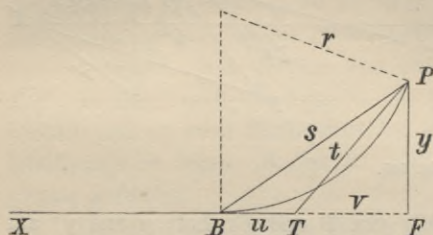


Fig. 546.

Es werde  $t$  und  $y$  gemessen und daraus berechnet:

$$v = \sqrt{(t+y)(t-y)},$$

$$u + v = \sqrt{y(2r-y)},$$

$$u = \sqrt{y(2r-y)} - \sqrt{(t+y)(t-y)}.$$

Man setzt nun  $u$  von  $T$  aus gegen  $X$  ab (wenn es positiv) und erhält  $B$ . Dann mißt man  $s$  und gewinnt die Mefsprobe:

$$s = \sqrt{2ry}.$$

## § 24.

**Übergangskurven.** In Rücksicht auf vorkommende Anlagen von Feld- und Kleinbahnen mit Dampftrieb soll das Nötigste zur Absteckung von Übergangskurven hier Erwähnung finden. Strafsenbahnen in Städten mit ihren scharfen Krümmungen können gleichwohl nirgends eine Überhöhung des äußeren Schienenstranges erhalten. Dafür müssen die Kurven aber langsam durchfahren werden. Wenn jedoch bei Feld- oder Kleinbahnen die Züge die Geschwindigkeit galoppierender Pferde erreichen oder übertreffen und in den Krümmungen eine Verminderung der Fahrgeschwindigkeit nicht eintreten soll, dann muß der äußere Schienenstrang in Kurven überhöht werden, um dem Hinausdrängen der Wagen infolge der Zentrifugalkraft entgegen zu wirken und die Gleichgewichtslage der im Zuge beförderten Güter zu erhalten. Die Überhöhung am Berührungspunkte zwischen Gerade und Kreis beginnen zu lassen, ist unzulässig; das äußere Rad muß den erhöhten Strang auf schräger Bahn ersteigen, doch soll

bei Ankunft im Kreisbogen die ganze Überhöhung bereits erstiegen sein.<sup>1)</sup> Diese in der Geraden einzuleiten, ist ebenfalls mißlich, weil dann die Gleichgewichtslage der Frachtgüter nicht weniger, diesmal mit der Neigung nach innen auszuweichen, gestört würde. Es bleibt nur übrig, im Mafse, als die Überhöhung des äußeren Stranges wächst, den Krümmungsradius zu verkürzen, also zwischen Gerade und Kreis eine Übergangskurve, beiderseits berührend, einzulegen, deren Krümmungsradien von  $\infty$  bis zu  $r_n$ , dem gegebenen Kreisradius, stetig abnehmen.

Eigentlich sollte für die Übergangskurve die Beziehung bestehen:

$$sr = q, \quad (1)$$

worin  $s$  die Weglänge, vom Ausgang der Kurve aus der Geraden an,  $r$  der Krümmungsradius und  $q$  eine Konstante. Denn da man den äußeren Schienenstrang gleichmäßig, d. h. im Verhältnis des zurückgelegten Weges  $s$  ansteigen läßt, da ferner die Überhöhung der Zentrifugalkraft proportional sein soll, diese aber dem Radius umgekehrt proportional ist, so muß, wie oben,  $s = q : r$  sein. Dann würde für den Endpunkt  $N$  der Übergangskurve, den Berührungspunkt mit dem Kreis,

$$s_n r_n = q \quad (2)$$

gelten. Und wenn  $s_n$ , die Gesamtlänge der Übergangskurve, erst zweckmäßig gewählt wäre, sodafs der Anstieg des äußeren Stranges nicht zu steil, die Neigung der vorderen und hinteren Wagenachse nicht zu ungleich ausfiele, dann stände auch  $q$  fest, da  $r_n$  gegeben ist.<sup>2)</sup>

Man sieht leicht ein, dafs der Kreis, den die Übergangskurve berühren soll, nicht mehr die Gerade berühren kann, sondern ein wenig zur Seite geschoben sein muß. Und ferner, dafs kein Kegelschnitt sich als Übergangskurve eignet, weil keiner im Endlichen den Krümmungsradius  $\infty$  erreicht. Man ist übereingekommen, die *kubische Parabel*<sup>3)</sup>

$$y = \frac{s^3}{6q} \quad (3)$$

als Übergangskurve zu benutzen, obwohl aus ihr streng genommen nicht (1), sondern

$$sr = q \cos \tau \quad (4)$$

folgt, unter  $\tau$  den Winkel verstanden, den die Berührende mit der positiven Richtung der Abscissenachse einschließt. (Fig. 547.)

1) Zweckmäßiger würde die Schrägstellung des Gleises durch Überhöhung des äußeren *und* Senkung des inneren Stranges bewirkt werden. Aus äußerlichen Gründen ist es jedoch üblich, alle Überhöhungen und Senkungen in *einen* Strang zu verlegen, den anderen aber dem Profil der Leitlinie parallel zu führen.

2) Das Gefälle des An- oder Abstieges soll nicht stärker als 1 : 200 sein.

3) Nur der *algebraischen Form* von Gleichung (3) halber hier so zu benennen. Es eignete sich  $s$  statt  $x$  als zweite Variable zu unserer Darstellung besser.





Zur Berechnung von  $EB = v$ , der Verschiebung des Kreises, liefert die Figur:

$$v = ED - BD = y_n - r_n \sin \tau_n \operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_n.$$

Nun wird durch Vereinigung von (3) und (5) leicht gefunden:

$$y = \frac{1}{3} s \sin \tau. \quad (9)$$

Wir drücken hiernach  $y_n$  in voriger Gleichung aus und erhalten:

$$v = \frac{1}{3} s_n \sin \tau_n - r_n \sin \tau_n \operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_n. \quad (10)$$

Allgemein gilt  $\operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha (1 - \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \alpha)$ . Wir vernachlässigen also sehr wenig,<sup>1)</sup> wenn wir im zweiten Glied von  $v$  den Faktor  $\operatorname{tg} \frac{1}{2} \tau_n$  durch  $\frac{1}{2} \operatorname{tg} \tau_n$  ersetzen. Somit wird

$$v = \frac{1}{3} s_n \sin \tau_n - \frac{1}{4} (2r_n \operatorname{tg} \tau_n) \sin \tau_n,$$

worin die Klammergröße nach (8) zu deuten ist. Also gilt:

$$v = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) s_n \sin \tau_n = \frac{1}{12} s_n \sin \tau_n; \quad (10^*)$$

$$v = \frac{1}{4} y_n.$$

Gemäß der Fig. 547 ist demnach  $BD = \frac{3}{4} y_n$  und:

$$v = \frac{1}{3} BD, \quad (11)$$

wobei zu späterem Gebrauch bemerkt sei, daß  $\frac{1}{3} FG$  im Verhältnis  $(r_n + v) : r_n$  größer als  $\frac{1}{3} BD$ , dem strengen Werte (10) für  $v$  aber noch etwas näher gelegen ist als (10\*) und (11).

Blicken wir auf Gleichung (3) zurück, so erkennen wir, daß wegen deren kubischer Gestalt, wenn  $AH = HM = MK = \frac{1}{4} s_n$ , sein muß:

$$\left. \begin{array}{l} \text{die Ordinate von } M \text{ oder } y_m = \frac{1}{8} y_n = \frac{1}{2} v; \\ \text{die Ordinate von } H \text{ oder } y_h = \frac{1}{8} y_m = \frac{1}{16} v; \\ \text{die Ordinate von } K \text{ oder } y_k = \frac{27}{8} y_m = \frac{27}{16} v. \end{array} \right\} (12)$$

Punkt  $K$  läßt sich auch vom Scheitelpunkt des Kreisbogens  $BN$  aus gegen die Abscissenachse herabtragen, und zwar mit dem Maße  $\eta = y_n$  oder  $\frac{1}{16} v$ . Denn nehmen wir den flachen Kreisbogen als eine Kurve an, deren Abstände von  $BQ$  mit dem Quadrat des Bogens (statt der Sehne), von  $B$  aus gemessen, wachsen, so ist der entsprechende Abstand des Scheitelpunktes gleich  $\frac{1}{4} BD = \frac{3}{4} v$  und die Ordinate des Scheitelpunktes gleich  $\frac{13}{4} v$ . Nun ist zu bilden  $\eta = \frac{13}{4} v - y_k = \frac{28}{16} v - \frac{27}{16} v = \frac{1}{16} v$ , wie behauptet war. Unter dem gleichen Gesichtspunkte findet sich, wenn  $\eta$  allgemein den Abstand zwischen Kreis und Übergangskurve bedeutet,  $\sigma$  aber den Bogenabstand, von  $N$  aus gezählt, daß

$$\eta = \frac{\sigma^3}{6q},$$

d. h. daß die Gleichung der Übergangskurve in Bezug auf den Kreis  $NB$  die nämliche Form annimmt, wie in Bezug auf die Berührende  $AE$ .

*Daher folgende Absteckungsweise.* (Fig. 548.) Die Gesamtlänge der Übergangskurve wird *ungefähr* auf 20 m bemessen, welches auch die ungefähre Länge der Kleinbogen beim Abstecken der Hauptkurve war. Die

1) Nämlich bloß  $\frac{2}{3} (QN - BD)$ .



zwischen den Schienenköpfen) gilt 150 m, ausnahmsweise 100 m als kleinstzulässige Radienlänge. Bei schmaler Spur von 1 m Weite ist 75 m, von 0,75 m Weite 50 m das kleinste Maß des Halbmessers.

Die Überhöhung  $h$  des äußeren Schienenstranges wird gemäß  $h = c : r$  berechnet, worin  $c$  eine Konstante, welche für jede Bahngattung in Rücksicht auf die größte Geschwindigkeit der verkehrenden Züge festgestellt wird und von  $c = 60$  für Hauptbahnen, mit Eilzügen von 70 km in der Stunde, herabsinkt bis zu  $c = 5$  für normalspurige Kleinbahnen mit der Zuggeschwindigkeit von 20 km in der Stunde.  $c$  wächst im einfachen Verhältnis der Gleisbreite und im quadratischen der Geschwindigkeit. Bei Kleinbahnen ist eine Länge der Übergangskurven von etwa 20 m immer ausreichend, in Hauptbahnen nur für Radien bis herab zu 600 m. Allgemein läßt sich  $q = cr_0$  setzen, wobei  $r_0$  der kleinstzulässige Radius, jedoch nicht unter 200 m, und daraus nach (2) die Länge der Übergangskurve berechnen, die man aber nach oben auf ein Vielfaches der Kleinbogenlänge abrundet. Für Kleinbahnen nimmt man  $q = 1000$  bis  $q = 2000$ , bei Hauptbahnen kommt  $q = 12000$  vor und selbst  $q = 25000$ .

Wenn zwei Krümmungen in entgegengesetztem Drehungssinne aufeinander folgen, also ein S bilden würden, so soll zwischen ihren Übergangskurven eine Gerade von mindestens 10 m Länge eingeschaltet werden.

Bei schwierigen Bahnbauten im Hügelland, selbst wenn es sich nur um Kleinbahnen handelt, ist es, wie schon mehrfach betont, durchaus zweckmäßig, auf Grund der ins Feld übertragenen Leitlinie nochmals das Längenprofil, unter Umständen auch Querprofile, aufzunehmen und je nach Befund noch Verrückungen zu vollziehen. Dann fügt man die Übergangskurven erst ein, wenn die Leitlinie auf dem Felde feststeht. Alle Querprofile legt man normal zu den Geraden und Kreisen der *ursprünglichen* Leitlinie, doch berechnet man  $v$  und beachtet beim Zeichnen der Querprofile, wohin die *endgültige* zu liegen kommt. Man stützt sich also durchweg auf die aus Geraden und Kreisbogen gebildete Leitlinie als Abcissenachse zum Abstecken der endgültigen, aus Geraden, kubischen Parabeln und Kreisen gebildeten.

## § 25.

**Spurerweiterung.** Die Achsen der Räder eines Eisenbahnwagens können sich nicht in die Richtung der Kurvenradien einstellen, sondern bleiben einander parallel. Dieser Umstand verlangt eine Erweiterung des Gleises in den Krümmungen, sobald deren Radien bei Hauptbahnen kleiner als 500 m, bei Neben- und schmalspurigen Bahnen kleiner als 1000 m werden.<sup>1)</sup> Die innere Schiene wird zu dem Zweck etwas ver-

<sup>1)</sup> Vergl. Veltmann & Koll, Formeln der niederen und höheren Mathematik, sowie für die Teilung der Grundstücke und für Tracierungsarbeiten, 2. Aufl., S. 76 und 77.

schoben. Für Kleinbahnen darf nach den Bestimmungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen die Spurerweiterung bei der Normalspur von 1,435 m nicht 30 mm, bei einer Spur von 1 m nicht 25 mm, bei einer solchen von 0,75 m nicht 20 mm überschreiten. Da, wie oben erwähnt, die Minimalradien für diese drei Spurweiten 100, 75 und 50 m sind, so erfüllen folgende Ausdrücke für die *Spurerweiterung* die Bestimmungen des Vereins:

$$\left(\frac{3300}{r} - 3\right) \text{ mm}; \quad \left(\frac{2000}{r} - 2\right) \text{ mm}; \quad \left(\frac{1050}{r} - 1\right) \text{ mm},$$

wenn nämlich auf ganze Millimeter abgerundet wird und negative Werte nicht gelten sollen. Unter derselben Bedingung ist nach Koll für die preussischen Hauptbahnen  $(6000 : r - 12)$  mm als Spurerweiterung vorgeschrieben, also bei dem Minimalradius von 180 m der höchste Betrag von 21 mm, während der Verein 30 mm als Höchstbetrag zulässt.

In *Übergangskurven* ist nach (1) des § 24 für  $r$  in vorstehenden Ausdrücken  $q : s$  zu setzen, wobei  $q$  nach (2) gleich  $s_n r_n$  einzuführen ist. Dann findet sich z. B. aus

$$\frac{2000 s}{s_n r_n} - 2 = 0; \quad s = \frac{r_n s_n}{1000},$$

für die Spur von 1 m die Kurvenlänge  $s$ , von deren Endpunkt an die Spurerweiterung beginnen sollte, und fast das Gleiche für alle drei Gattungen von Kleinbahnen. Da wir für  $s_n$  immer die Länge des Kleinbogens von etwa 20 m wählen, so wird annähernd  $s = r_n : 50$ . Praktisch genommen ändert sich aber nur wenig, wenn man den Anfangspunkt der Übergangskurve als denjenigen betrachtet, von dem aus die allmähliche Spurerweiterung anhebt. Denn es werden selbst im geradlinigen normalspurigen Gleise Erweiterungen durch den Betrieb bis zu 6 mm geduldet.

## § 26.

**Abrundung der Neigungswechsel.** In Haupt- und Nebenbahnen neigt man die Leitlinie nicht stärker als im Verhältnis 1:40, auch bei Kleinbahnen wird diese Neigung ungerne überschritten. Neigungen von mehr als 1:25 sollten vermieden werden. Die Neigungswechsel sind mittelst Kreisbogen von mindestens 5000 m Radius abzurunden, und wo dies nicht tunlich, so soll man wenigstens nicht unter 1500 m herabgehen, den Übergang in die Station ausgenommen, woselbst Abrundungsradien von 1000 m zulässig sind.<sup>1)</sup>

Betrachten wir das Profil der Leitlinie in Fig. 484 (S. 456), so entspricht es mit Ausnahme der untersten Strecke, welche mit 1:20 steigt, der vorstehenden Neigungsvorschrift, und auch davor wird man sich bei

<sup>1)</sup> Veltmann & Koll, a. a. O. S. 78 und 79.

einer Feldbahn nicht scheuen, zumal wenn die Wagen aufwärts nur leer gehen. Die stärksten Neigungswechsel innerhalb des Profils kommen in den Stationspunkten **7** und **8 + 50** vor. Dennoch sind die Brechungswinkel  $\tau$  der Leitlinie auch dort sehr stumpf. Für die spitzen Nebenwinkel  $\beta$  kann unbedenklich allenthalben *die Differenz  $\gamma - \gamma'$  der aufeinanderfolgenden Gefälle* als analytisches Maß gelten, wobei es nur auf den absoluten Wert der Differenz ankommt, da kein Zweifel darüber sein kann, ob der abrundende Kreisbogen über oder unter der gebrochenen Leitlinie liegt.

Unter demselben spitzen Winkel schneiden sich die Endradien dieses Kreisbogens, sodass dessen ganze Länge aus  $r(\gamma - \gamma')$  hervorgeht, unter  $r$  den Halbmesser verstanden. Auf das Maß

$$t = \frac{1}{2}r(\gamma - \gamma')$$

vor und hinter dem Brechungspunkte setzt man daher Anfangs- und Endpunkt des Kreisbogens fest, rundet jedoch zweckmäßig  $t$  auf  $t_0$  nach oben ab, wobei  $r$  sich in demselben Verhältnis wie  $t$  vergrößert. Wir dürfen hier nämlich so rechnen, als ob in Fig. 534 (S. 536) das Tangentenstück  $t$  dem Bogenstück  $ES$  gleich wäre, weil  $ETA = \tau$  sehr stumpf, sein Nebenwinkel  $\beta$  sehr spitz ist. Nun ist  $FET = \frac{1}{2}\beta = \frac{1}{2}(\gamma - \gamma')$  und genau genug  $h = \frac{1}{2}t\beta$ ,  $x = \frac{1}{2}h$  (vergl. § 19). Haben wir daher das runde Maß  $t_0$  festgesetzt, so berechnen wir

$$x_0 = \frac{1}{4}t_0(\gamma - \gamma')$$

als den Vertikalabstand des Bogenseitels vom Brechungspunkt der Leitlinie. Die übrigen Vertikalabstände  $x_i$  des Bogens von der Leitlinie berechnet man mit weitaus genügender Schärfe aus der Proportion:

$$x_i : x_0 = t_i^2 : t_0^2,$$

welche, als zur näherungsweisen Absteckung sehr flacher Kreisbogen geeignet, in § 21 erwähnt ward. Unter  $t_i$  sei der Horizontalabstand des Kurvenpunktes vom Anfangs- oder Endpunkt des Kreisbogens verstanden. Für  $t_i = \frac{1}{2}t_0$  ist also  $x_i = \frac{1}{4}x_0$  u. s. w.

## § 27.

**Böschungsschnitt im Gelände, Profilbreiten, Lattenprofile, Schnurgerüste.** Eine große Erleichterung der Erdarbeit wird dadurch gewährt, dass man, unmittelbar nach Absteckung der endgültigen Leitlinie auf dem Felde, die Schnittlinien der Böschungen beiderseits aufsucht. Sind Querprofile gezeichnet worden, so kann aus ihnen der wagrechte Abstand des Böschungsrandes von der Leitlinie annähernd entnommen und aufs Feld übertragen werden. Doch gelangt man auch ohne Querprofilzeichnung fast ebenso schnell und weit zuverlässiger zu dem Böschungsrand durch unmittelbares Einwägen und Absetzen auf dem Felde. Man bedarf dazu nichts weiter als das Längenprofil, oder selbst nur einen tabellarischen



$h'$ , um ein oder mehrere ganze Dezimeter verändert und um das  $q$ -fache der Veränderung hinaus oder herein rückt, ehe man den Pflock einschlägt.

Auf der anderen Seite des Dammprofils liest man im Abstände  $e$  von  $A$  die Zielhöhe  $l_s$  ab, entnimmt aus  $l_s < l_a$ , daß man für den Fall wagrechten Geländes zwischen  $D$  und  $E$  um  $qh_s = q(l_a - l_s)$  *einwärts* zu rücken hätte, trägt aber dem Geländegefälle ähnlich wie zuvor durch Schätzen Rechnung und setzt  $qh'_s$  nach innen ab, um dann einen Pflock zu schlagen, über dessen Kopf die Zielhöhe  $l'_s = l_a - h'_s$  auf  $1/2$  cm genau erscheint, nötigenfalls nach Verbesserung des geschätzten  $h'_s$  durch Aufsetzen der Ziellatte auf den Boden.<sup>1)</sup>

Es darf nicht befremden, daß man (nach Dezimetern) geschätzte Maße oder durch Schätzung veränderte Ablesungen über den Pflockköpfen in Strenge (d. h. innerhalb  $1/2$  cm) wiederzufinden verlangt. Hat man doch die zu diesen Sollablesungen gehörigen wagrechten Abstände abgetragen und damit die Koordinaten von *Böschungspunkten* festgestellt, die als solche streng herzustellen und gültig sind, auch wenn sie etwas über oder unter dem gewachsenen Boden liegen.

Folgerichtig erstreckt sich die *Mefsprobe* nur darauf, ob die Pflockköpfe Böschungspunkte darstellen. Man mißt mit unrunder Anfangsablesung das Querprofil von  $E$  aus über  $A$  nach  $C'$  wagrecht durch und wägt aus neuer Aufstellung der Peilwage die Pföcke  $E$ ,  $A$  und  $C'$  ein. Die neuen Zielhöhen sollen mit  $A$ , die Strecken mit  $d$  bezeichnet sein. Dann muß gefunden werden:

$$e + (A'_r - A_a)q = d_r;$$

$$e + (A'_s - A_a)q = d_s.$$

**2. Lösung für Einschnitte.** Nachdem man auch hier  $e = b_1 + hq$  beiderseits abgetragen hat, um die Stellen zu bezeichnen, über denen die Einschnittböschungen die gleiche Höhe wie Punkt  $A$  erreichen, gewinnt man nach der soeben gegebenen Anleitung mit Rücksicht auf Fig. 550 rasch die gewünschten Punkte  $C$  und  $E$ . Wenn hierzu ein Standwechsel

<sup>1)</sup> Um *Strecken* im Querprofil nur nach Dezimetern abzusetzen und doch die *Höhenzahlen* streng zu errechnen, wende man den kleinen Kunstgriff an,  $h$  auf Dezimeter oder noch weiter, z. B. auf *gerade* Dezimeterzahlen, abzurunden, indem man es etwas vergrößert. Um ebensoviel müßte nun der Pflockkopf  $A$  in den Boden eingetrieben werden; dann könnte die Ablesung von  $l_a$  und die Absteckung wie vorbeschrieben von statten gehen. Statt einer Veränderung von  $A$ , die *selbstverständlich unzulässig* ist und nur in Gedanken vollzogen werden darf, verändern wir  $l_a$ , die über  $A$  genommene Lattenablesung, indem wir sie um ebensoviel als  $h$  vergrößern; dann bezieht sie sich auf den gedachten eingetriebenen Pflockkopf. — Bei Einschnitten wird in demselben Sinne  $h$ , welches alsdann negativ ist, algebraisch vergrößert, d. h. sein Absolutwert verkleinert.





wird, auch wenn das Quergefälle kein einheitliches ist, die vorige Zahl wieder finden, falls nur  $B$  zuvor gut abgeschätzt war.

Die Lösung durch den Gefällmesser kann als Einleitung zur Absteckung von Profilbreiten mit der Peilwage benutzt, aber nötigenfalls auch selbständig angewandt werden. In beiden Fällen wird, wenn man nicht hinter der Peilwage wie an Genauigkeit, so auch an Schnelligkeit zurückbleiben will, die Rechnung nach der Formel für  $d$  durch Tafelablesungen zu ersetzen sein. Es darf darauf hingewiesen werden, daß sich die Gleichung

$$\underbrace{(1 + q\gamma)}_a \cdot \underbrace{d}_x = \underbrace{b + qh}_y$$

durch die angedeuteten Substitutionen, also in der Form  $y = ax$ , zur *graphischen* Darstellung mit gleichmäßig geteilten Randskalen eignet, während die elegantere ungleichmäßige Teilung der Randskalen nach Lalanne gemäß

$$\log \frac{1 + q\gamma}{x} + \log d = \log \frac{b + qh}{z}$$

oder

zu etwas mühsameren Rechnungen führt, aber ebenfalls nicht schwierig herzustellen ist und ein sehr übersichtliches Tafelbild liefert. In beiderlei Tafeln kommen nur geradlinige Isoplethen (Linien für konstante Zahlenwerte) vor, und man wird nur diejenigen davon ausziehen, welche zu gleichmäßig wachsenden runden Werten von  $d$ ,  $\gamma$  und  $h$  gehören, die beigeschrieben werden. Vergl. des Verf. mehrerwähntes Werk über graphische Tafeln, dessen Lehrbuch der prakt. Geometrie I, §§ 72 bis 74, oder den Artikel „Rechentafeln“ in dem Technischen Wörterbuch von Karmarsch & Heeren.

Hat man erst die Hauptaufgabe gelöst und in der Nähe des Böschungsschnittes mit dem Gelände einen Punkt der Böschung ausgepflockt, dann ist es nicht schwer, durch diesen Punkt eine Gerade (die Ober- oder Unterkante einer Spalierlatte) zu legen, sodaß sie mit dem Querschnitt der Böschung zusammenfällt. Die richtige Neigung gibt man dem „*Lattenprofil*“ nach Maßgabe eines aufgelegten rechtwinkligen Dreiecks, dessen Katheten im Verhältnis von Höhe und Anlage der Böschung stehen, für Dämme mit Hinzufügen der Überhöhung. Mit der wagrechten Kathete ist eine gewöhnliche Setzlibelle, oder ein Bleisenkel mit der lotrechten verbunden. Die Latte wird an zwei Pfähle angenagelt, deren einen der früher eingewogene Pflock vertreten kann. — Das erwähnte Böschungsdreieck kann schon zuvor beim Aufsuchen des Schnittpunktes von Böschung und Gelände dienen. Namentlich aber kann es, mit einem vierkantigen Stab fester verbunden, während des Baues die Böschungsneigung an beliebiger Stelle jederzeit angeben. — Statt dessen bedient man sich zweckmäßiger der *Böschungslatte*, einer leichten Latte mit eingelassener und eingegipster oder auch seitlich angebrachter sehr kleiner Libelle, wie man sie für 0,30 Mark vom Eisenhändler bezieht, bei deren Einspielen die Lattenkanten der Böschungsneigung entsprechen.

Durch Visieren über zwei benachbarte Lattenprofile oder zwei Böschungslatten, die sich an Böschungspflöcke anlehnen, hinweg kann man den Einschnitt von Böschungsebenen in das Gelände von Punkt zu Punkt verfolgen und danach durch eine Furche kenntlich machen, mit Spitzhacke, Spaten oder Pflug. Wo die Böschung *Kegelflächen* bildet, da hilft man sich beim Einschalten neuer Lattenprofile in ähnlicher Weise wie beim Einschalten von Punkten der Leitlinie in Kreisbogen.

Auch die Aufgabe, *Profilbreiten* abzusetzen, ist im Grunde keine andere als die zuerst gelöste Hauptaufgabe, Punkte der Böschungen nahe dem Erdboden zu bestimmen. Wenn die Grenzen des Grunderwerbs für ein Erdbauwerk festzustellen sind, setzt man zunächst die Profilbreiten und über sie hinaus noch einen *Schutzstreifen*, je nach Vorschrift  $\frac{1}{2}$  bis 1 m breit, ab. Dieser Landstreifen, welcher den Böschungsrand begleitet, gleicht auch die Ungenauigkeit der Profilbreiten aus, welche davon herrührt, daß die Bodenoberfläche unstetig ist.

Einen ähnlichen Zweck, wie für das Erdbauwerk die Lattenprofile, erfüllen für die sog. Kunstbauten (Brücken, Durchlässe u. s. w.) die *Schnurgerüste*. Es sind dies niedrige Böcke, aus zwei Pfählen und einer sie querverbindenden starken Bohle bestehend. Man ordnet sie auf den vier Seiten des Bauwerks paarweise einander gegenüber an und reißt auf der hohen Kante der Bohlen durch Sägeschnitte die Punkte ein, deren Verbindung durch eine Schnur die Grundrislinien des Mauerwerks festlegt. Auch schräge Mauerflächen lassen sich durch je zwei schräg befestigte Latten scharf im voraus bezeichnen. Besondere Sorgfalt verlangt das Bestimmen der *Mittellinien* des Bauwerks auf den Schnurgerüsten.

---

## Anhang.

### § 28.

**Zur Kubatur der Erdkörper.** Man betrachtet die Erdkörper als von geradlinigen, und zwar von ebenen oder windschiefen Flächen begrenzt, meist zwischen parallelen Endflächen.

1. Der Körper  $OABCD$ , Fig. 552, Prismatoid genannt, sei begrenzt von dem Parallelogramm  $OABD$ , den Dreiecken  $OCD$  und  $BCD$  und dem unebenen Viereck  $OABC$ . In der Fläche dieses Vierecks liegen alle Geraden, die wie  $MN$  die Seiten  $AB$  und  $OC$  schneiden und, wie Dreieck  $f$ ,  $\parallel BCD$  stehen, ferner alle Geraden, welche die Seiten  $AO$  und  $BC$  schneiden und  $\parallel OCD$  stehen. Der Beweis, daß jede solche Gerade zwei Gegenseiten nach gleichem Verhältnis teilt und daß jede Gerade des einen Parallelen-systems mit jeder des andern einen Punkt gemein hat, wird hier über-gangen.<sup>1)</sup> Eine Normale  $OP = h$  auf  $BCD$  schneide die Ebene von  $f$  im

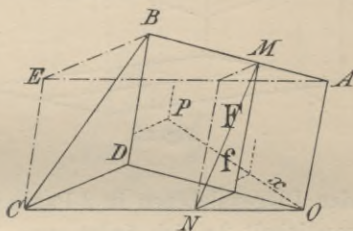


Fig. 552.

Abstande  $x$  von  $O$  und die eines zweiten Dreiecks  $f'$  im Abstande  $x + dx$ . Das Volum der Körperschicht zwischen  $f$  und  $f'$  kann gleich  $f \cdot dx$  gesetzt werden, wenn man  $dx$  klein genug annimmt, und das Volum  $v$  des Körpers  $OABCD$  von der Höhe  $h$  setzt sich aus allen gleicherweise zwischen  $AO$  und  $BCD$  konstruierten Schichten von der Höhe  $dx$  zusammen, was bekanntlich dargestellt wird durch

$$v = \int_0^h f \cdot dx.$$

Wir ergänzen nun die parallelen Dreiecke zu Parallelogrammen, so  $BCD$  zu  $BECD$ , und ziehen  $AE$ , wodurch ein dreiseitiges Prisma vom Inhalt  $V$  entsteht. Die Dreiecke  $f$  und  $f'$  seien zu den Parallelogrammen  $F$  und  $F'$  und damit zu Schnitten des Prismas ergänzt, und diese be-

<sup>1)</sup> Des Verf. Prakt. Geom. II, S. 123. Damit wirdargetan, daß beide Systeme von Geraden einer und derselben unebenen Fläche angehören.

grenzen, wenn  $dx$  klein genug, eine Schicht von dem Inhalt  $F \cdot dx$ , während der Gesamthalt des Prismas dargestellt wird durch

$$V = \int_0^h F \cdot dx = 2 \int_0^h f \cdot dx = 2v.$$

Da aber, wie leicht zu beweisen:

$$V = \frac{1}{2} h \cdot BECD,$$

so ist

$$v = \frac{1}{2} h \cdot BCD,$$

oder auch

$$v = \frac{1}{2} h_1 \cdot OCD,$$

wenn  $h_1$  den Abstand der Geraden  $AB$  von der Ebene  $OCD$  bedeutet, wie  $h$  den der Geraden  $AO$  von der Ebene  $BCD$ .

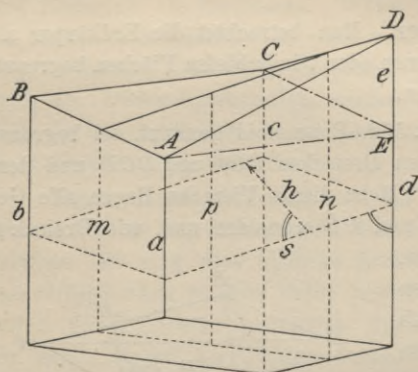


Fig. 553.

beiden Diagonalebene in 2 Paare von dreiseitigen Prismen zerlegen, deren Gesamthalt  $2v$  sich findet aus:

$$2v = \Delta \left( \frac{a+b+c}{3} + \frac{a+c+d}{3} + \frac{a+b+d}{3} + \frac{b+c+d}{3} \right).$$

Demnach ist das Volum  $v$  des vierseitigen Prismas:

$$v = \frac{1}{2} \Delta (a+b+c+d)$$

oder gleich dem vierten Teil des Querschnitts mal der Summe der parallelen Kanten.

Das vierseitige Prisma der Figur 553 habe zum Querschnitt ein Parallelogramm von der Seite  $s$  und der Höhe  $h$ , es sei einerseits durch eine Ebene und andererseits durch das windschiefe Viereck  $ABCD$  abgeschnitten. Wir ziehen  $AE \parallel BC$  und verbinden  $C$  mit  $E$ . Durch das Parallelogramm  $ABCE$  wird der Körper in ein Prismatoid  $ABCDE$  und ein beiderseits eben abgeschnittenes Prisma zerlegt. Des ersteren Inhalt ist  $\frac{1}{2} ADE \cdot h = \frac{1}{4} es \cdot h$ . Folglich setzt sich der Gesamthalt  $v$  des Körpers zusammen gemäß:

$$v = \frac{1}{4} esh + sh \frac{a+b+c+d-e}{4} = sh \frac{a+b+c+d}{4};$$

oder sein Volum ist wie das des vorigen gleich dem vierten Teil des Querschnitts mal der Summe der parallelen Kanten.

Es läßt sich ferner nachweisen, daß die Gerade  $p$ , in welcher sich die Diagonalebene, die durch  $a, c$  und  $b, d$  gelegt werden, schneiden, gleich  $\frac{1}{4}(a + b + c + d)$  wird. Denn  $p$  ist das arithmetische Mittel von  $m$  und  $n$ ,  $m$  das von  $a$  und  $b$ ,  $n$  das von  $c$  und  $d$ , wenn die Ebene, die  $m$ ,  $n$  und  $p$  enthält, parallel  $ADE$  steht.

Dasselbe gilt vom vierseitigen Prisma mit Parallelogramm-Querschnitt und zwei windschiefen Endflächen.

Der Leser vergleiche diese Entwicklung mit den Formeln zur Volumberechnung, von denen auf S. 5 Gebrauch gemacht wird.

3. Ein Körper werde (Fig. 554) von einem Parallelogramm  $ABB'A'$ , zwei parallelen Dreiecken  $ABC$  und  $A'B'C'$ , sowie zwei unebenen Vierecken  $ACC'A'$  und  $BCC'B'$  begrenzt.<sup>1)</sup> Seinen Inhalt zu finden. — Wir

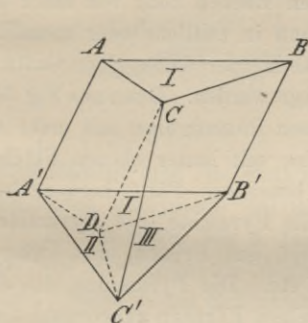


Fig. 554.

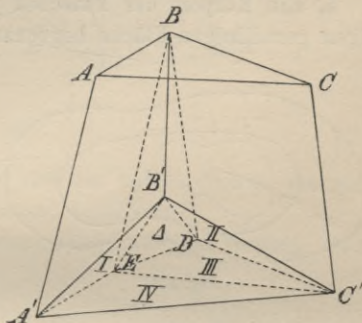


Fig. 555.

ziehen  $CD \parallel AA'$  und verbinden  $D$  in der Ebene  $A'B'C'$  mit  $A'B'$  und  $C'$ . Es entstehen das Prisma mit der Grundfläche  $I$  und die Prismatoide mit den Grundflächen  $II$  und  $III$ . Ihr Gesamtvolum  $v$  wird, wenn  $h$  deren gemeinsame Höhe,

$$v = I \cdot h + \frac{1}{2}(II + III)h = \frac{1}{2}h(ABC + A'B'C'),$$

d. h. gleich der halben Summe der parallelen Endflächen mal deren Abstand.

4. Der Körper der Fig. 555 sei von parallelen Dreiecken und drei windschiefen Vierecken begrenzt. Man sucht sein Volumen. — Man ziehe durch einen Punkt des oberen Dreiecks  $ABC$  Parallele zu den Seitenkanten bis zum Schnitt mit dem unteren  $A'B'C'$ , wodurch eine dreiseitige Pyramide mit der Basis  $\Delta$  (und der Höhe  $h$ ) entsteht. Den Rest der Raumfigur

<sup>1)</sup> Nach Richard Baltzers Elementen der Mathematik, 4. Aufl., Leipzig 1874, Bd. II; S. 240 ff. Auch der Inhalt des Prismatoids wird dort streng und kurz auf elementarem Weg gefunden, außerdem werden historische Hinweise gegeben. Seit dem Tode des Verfassers leider nicht mehr im Buchhandel.

zerlege man nach bekannten Körpern, was immer gelingt, hier aber in der einfachsten Weise geschehen ist. Die drei Körper mit den Basen *I*, *II*, *III* sind Prismatoide, da auch *BCC'E* ein unebenees Viereck ist. Der zuvörderst belegene Körper zwischen den Parallelf lächen *A'EC'* und *ABC* ist von der Art der Fig. 554, wie sich zeigt, wenn man darin *E* für *B'* einführt. Folglich setzt sich der Inhalt *v* des gesuchten Körpers zusammen nach:

$$v = \frac{1}{3}h\mathcal{A} + \frac{1}{2}h(I + II + III + IV + ABC)$$

$$v = \frac{1}{2}h(A'B'C' + ABC) - \frac{1}{6}h\mathcal{A},$$

d. h. das Volumen ist gleich der halben Summe der parallelen Dreiecksflächen multipliziert mit deren Abstand, dies vermindert um die Hälfte der Pyramide, die entsteht, wenn von einem Punkt einer der beiden Parallelf lächen zwischen diesen der Reihe nach Parallele zu den Kanten der windschiefen Vierecke gezogen werden.

**5.** Ein Körper, der zwischen parallelen Ebenen noch von einer beliebigen geradlinigen Fläche begrenzt ist, kann in endliche oder unendlich

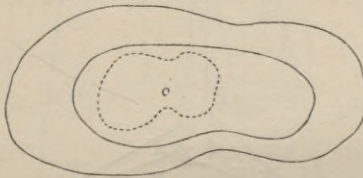


Fig. 556.

kleine Körper der vorigen Gattung zerlegt werden. Denn aus Fig. 555 können Raumfiguren mit mehr als 2 oder mit lauter ebenen Flächen als besondere Fälle hervorgehen, so die Pyramide, der Pyramidenstumpf, das Prisma, das Prismatoid etc. Die Pyramiden, die den einzelnen Körpern zugeordnet sind,

lassen sich von gemeinsamer Spitze aus aneinanderliegend konstruieren; sie ergeben einen Kegel, wenn die Kanten der geradlinigen Fläche einander unendlich nahe folgen. So denke man sich (Fig. 556) die umringelte Spitze des Kegels in der Ebene der oberen, die punktierte Basis in der der unteren Niveaunkurve gelegen, seine Erzeugende parallel der der Gelände fläche geführt. Demnach ist der Inhalt eines zwischen parallelen Endflächen von einer geradlinigen Fläche umschlossenen Körpers gleich der halben Summe der beiden Endflächen, multipliziert mit deren Abstand, das Produkt vermindert um den halben Inhalt des zugeordneten Kegels.

**6.** Querprofile eines Strafsenkörpers (Fig. 557) denkt man sich durch eine Fläche verbunden, die entsteht, wenn eine Gerade, soweit möglich stets parallel zur Vertikalebene der Leitlinie *AB*, dem Umfang beider entlang gleitet. Hier sind die rechten und linken Profilhälften für sich behandelt und darum *zwei* zugeordnete Pyramiden (mit schraffierten Basen) entstanden, die man selbstverständlich auch vereint entstehen lassen kann. Es wird der Erdkörper zwischen beiden Profilen nach 4. berechnet und damit völlig streng verfahren, aber nur, wenn er in der angegebenen

Weise entstanden ist, d. h. die punktierten Kanten dem Körper angehören. Laufen die Kanten des Geländes, was viel häufiger vorkommt und in der Figur an zwei Stellen angedeutet wird, nicht parallel der Vertikalebene der Leitlinie, so kommt dies nur bei Konstruktion der Basis der zugeordneten Pyramide und bei deren Berechnung in Betracht, bleibt aber meist außer Ansatz, vollends dann, wenn man diese Pyramiden überhaupt

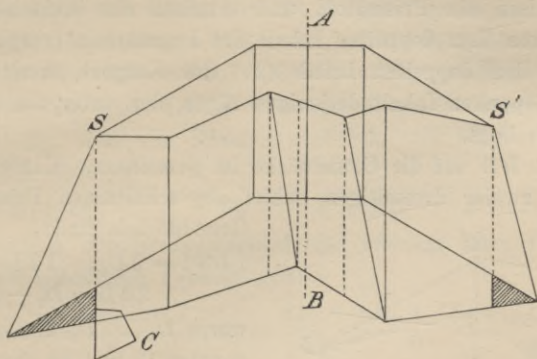


Fig. 557.

vernachlässigt und die Erdkörper nur aus der halben Summe der sie begrenzenden Querprofile mal ihrem Abstand berechnet.<sup>1)</sup>

7. Die Regel von 4. bleibt deutungsfähig auch an Stellen, wo sich Auf- und Abtragsprofile folgen. In-  
dessen genügt es bei Erdbauten nicht, zu wissen, wie groß die *Differenz* von Auf- und Abtrag zwischen zwei Profilen ist, sondern man braucht Auf- und Abtrag, jeden für sich. An solchen Stellen gibt es Erdkeile *k* zu ermitteln (Fig. 558), die man sich von zwei Trapezen, zwei Dreiecken und einem windschiefen Viereck begrenzt denkt und nach der Formel berechnet:

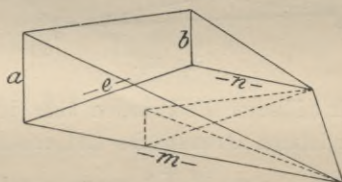


Fig. 558.

$$k = \frac{1}{8} (a + b) (m + n) e = \frac{1}{2} e \cdot \frac{a + b}{2} \cdot \frac{m + n}{2}$$

In der Formel wird die punktierte Pyramide zu einem Viertel vernachlässigt, und in der zugrunde gelegten Raumvorstellung ist davon abgesehen, daß die windschiefe Fläche, von welcher die Ebene *mn* eigentlich in einer Hyperbel geschnitten wird, durch eine andere ersetzt wurde.

<sup>1)</sup> Das Viereck bei *C* (Fig. 557) entspricht dem Erdkörper zwischen den punktierten Vertikalebene durch *S* und *S'* und stellt die Basis der zugeordneten Pyramide mit der Spitze *S* dar, falls die ausgezogenen schrägen Kanten gelten.

8. Ein vierseitiges Prisma von unregelmäßigem Querschnitt sei einerseits nach einer Ebene normal zu den parallelen Kanten, andererseits nach einem windschiefen Viereck abgeschnitten. Das Volumen dieses (Wilkschen) Prismas zu suchen.<sup>1)</sup> Gestützt auf das Prismatoid, soll hier elementargeometrisch vorgegangen werden.

In Fig. 559 konstruieren wir zum windschiefen Viereck  $ABCD$  nach innen und außen ein Prismatoid und erhalten ein dreiseitiges Prisma  $HABCDH'$  von dem doppelten Inhalt des Prismatoids (vergl. Fig. 552). Wir erhalten den doppelten Inhalt ( $2v$ ) des Körpers, wenn wir dieses Prisma zum doppelten Inhalt desjenigen fügen, der unter der dreikantigen Ecke  $H(ABC)$  liegt.

Das Lot  $HL$  auf die Grundfläche ist gemeinsame Kante eines vierseitigen und zweier dreiseitigen schief abgeschnittenen Prismen, deren Grundflächen sind:

$$1L34 = 2D_4; \quad 12L = D_2 - D_1; \\ 23L = D_2 - D_3,$$

worin  $D_1 \dots D_4$  die von den Diagonalen 13 und 24 abgeschnittenen Dreiecke bedeuten und immer nach den Punkten benannt sind, die *nicht* an der Diagonale liegen.<sup>2)</sup> Das Lot  $H'L'$  ist gemeinsame Kante dreier anderen Prismen von den Grundflächen:

$$12L'4 = 2D_1; \quad L'34 = D_3 - D_4; \\ 2L'3 = D_2 - D_3.$$

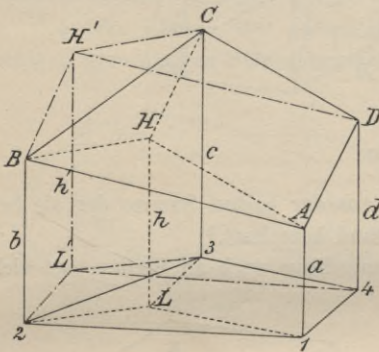


Fig. 559.

Wir addieren die Prismen über den fünf ersten, subtrahieren dasjenige über der letzten Grundfläche und erhalten so die verlangte Summe  $2v$ .

$$2v = 2D_4 \cdot \frac{a+c}{2} + (D_2 - D_1) \frac{a+b+h}{3} + (D_2 - D_3) \frac{b+c+h}{3} + \\ + 2D_1 \cdot \frac{b+d}{2} + (D_3 - D_4) \frac{c+d+h'}{3} - (D_2 - D_3) \frac{c+b+h'}{3}.$$

<sup>1)</sup> Von Landmesser Dr. Paul Wilski durch Integration gefunden in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1892, S. 401: „Kubatur eines prismatischen Körpers mit windschiefer oberer Grenzfläche und unregelmäßigem Viereck als Grundfläche“. Ebenfalls durch Integration löste Prof. C. W. Baur, weiland in Stuttgart, die Aufgabe in dem Aufsatz: „Die Kubatur des Wilski'schen Prismas“, Zeitschrift für Vermessungswesen 1893, S. 115.

<sup>2)</sup> Man konstruiere die Höhen der Dreieckspaare, z. B.  $D_3$  und  $D_1$ , über der gemeinsamen Basis 12 und suche die Differenz der Höhen, die man gleich der Höhe des Basisdreiecks 12L finden wird. — Für vierseitige Prismen mit einspringenden Kanten gilt vorstehende Entwicklung nicht.



Die Figur zeigt nun, daß

$$h = a + c - d, \quad h' = b + d - a;$$

daher findet sich, nach den Dreiecken  $D$  geordnet:

$$6v = D_1(-2a + 2b - c + 4d) + D_2(4a + 2c - 3d) + \\ + D_3(-3a + 2b + 4d) + D_4(4a - b + 2c - 2d),$$

und nach den parallelen Prismenkanten geordnet:

$$6v = a(-2D_1 + 4D_2 - 3D_3 + 4D_4) + b(2D_1 + 2D_3 - D_4) + \\ + c(-D_1 + 2D_2 + 2D_4) + d(4D_1 - 3D_2 + 4D_3 - 2D_4).$$

Bezeichnen wir die Basis 1 2 3 4 kurz mit  $F$ , so ist offenbar  $F = D_1 + D_3 = D_2 + D_4$ . Die vier Klammerausdrücke der letzten Formel gehen der Reihe nach über in

$$F + D_1 \quad F + D_2 \quad F + D_3 \quad F + D_4$$

und wir erhalten *die Schlusformel*, die offenbar auch für beiderseits windschief abgeschnittene Prismen gilt:

$$v = \frac{a + b + c + d}{6} \cdot F + \frac{aD_1 + bD_2 + cD_3 + dD_4}{6}.$$

Auf das vierseitige Prisma der Fig. 553 angewandt, in deren Querschnitt die  $D_1 = \dots = D_4 = \frac{1}{2}F$  sind, gibt die Formel:

$$v = \frac{a + b + c + d}{6} \cdot (F + \frac{1}{2}F) = \frac{a + b + c + d}{4} \cdot F,$$

und den Keil der vorigen Figur 558 gibt sie in der Form:

$$v = \frac{a + b + 0 + 0}{6} \cdot \frac{m + n}{2} \cdot e + \frac{ame}{12} + \frac{bne}{12} + 0 + 0 \\ = \frac{(a + b)(m + n) + ma + nb}{12} e = k + \frac{(a - b)(m - n)}{24} \cdot e,$$

d. h.  $k$  in 7. ist um ein Viertel der punktierten Pyramide zu klein ausgerechnet.



## Literatur zum VI. Abschnitt.

(Vergl. die Fußnoten des Abschnittes.)

- Hammer, Dr. E., Der Hammer-Fennel'sche Tachymetertheodolit und die Tachymeterkippregel zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontalabstand und Höhenunterschied. Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch des Instruments. Erste Genauigkeitsversuche. Stuttgart 1901.
- Hanhard und Waldner, Tracierungshandbuch für die Ingenieurarbeiten im Felde bei der Projektierung und dem Bau von Eisenbahnen und Wegen. Berlin 1874.
- Hartl, Heinr., Praktische Anleitung zum Höhenmessen mit Quecksilberbarometern und mit Aneroiden. 2. Aufl. Wien 1884.
- Heine, W., Tracieren der Eisenbahnen in vier Beispielen, mit Atlas. 4. Aufl. Wien 1872.
- Helmert, Dr. F. R., Die Übergangskurven für Eisenbahngleise, mit Rechnungsbeispielen und Tafeln für den praktischen Gebrauch. Aachen 1872.
- Jordan, Dr. W., Handbuch der Vermessungskunde. Bd. II: Feld- und Landmessung. 4. Aufl. Stuttgart 1893.
- Hilfstafeln für Tachymetrie. Stuttgart 1880.
- Kreiskoordinaten für 200 Radien. Leipzig 1881.
- von Kaven, A., Kurze Anleitung zum Projektieren von Eisenbahnen. Aachen 1878.
- Knoll, C. (bearbeitet von W. Weitbrecht), Taschenbuch zum Abstecken der Kurven an Straßen und Eisenbahnen. 2. Aufl. Stuttgart 1902.
- Launhardt, Das Massennivellement. Mit Tabelle und Zeichnungen. Hannover.
- Sarrazin und Overbeck, Taschenbuch zum Abstecken der Kreisbogen für Straßen und Eisenbahnen, sowie zum Abstecken von Übergangskurven etc. Berlin 1874. 5. Aufl. 1890.
- Vogler, Dr. Ch. A., Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln und zu deren Gebrauch beim Schnellrechnen sowie beim Schnellquotieren mit Aneroid und Tachymeter. Mit 6 Lichtdrucktafeln. Berlin 1877.
- Lehrbuch der praktischen Geometrie. I., Braunschweig 1883; II., erster Halbband 1894.
- Die Wagner-Fennel'schen Tachymeter des mathematisch-mechanischen Instituts von Otto Fennel in Kassel. Kassel 1886. Nachtrag I u. II 1891.
- Werner, C., Die Tacheometrie und deren Anwendung bei Tracestudien. Wien 1873.

# Sachregister.

- Abdeichung 245.  
Abfallboden bei Wehren 164.  
Abfallstoffe 424.  
Abflussmengen bei Wehren 164.  
— größte 50, 80.  
Abhaltung des Sommerhochwassers 227.  
Abmessungen gewölbter Durchlässe 90.  
— der Dücker 100.  
— der Plattendurchlässe 86.  
Abpflöcken des Längenprofils 468.  
Abschlambare Teile 285.  
Absolute Feuchtigkeit 215.  
— Wasserkapazität 224.  
Abstecken der Drainzüge 297.  
— radialer Richtungen 467.  
— von Geraden 530.  
Abträge bei Erdarbeiten 25.  
Abtragstabellen 7, 11.  
Abzugsrinnen 402.  
Achterkanal 369.  
Äcker, Wasserstand 227.  
Ahorn 230.  
Alhidadentransporteur 522.  
Algen in Drains 327.  
Alleebaumbewässerung 393.  
Aneroidaufnahme, Beispiel 484.  
Aneroid von Naudet 481.  
— kompensiertes von Bohne 483.  
Anfeuchtende Bewässerung 423.  
Anfeuchtung 380.  
Ankerpfähle 55.  
Ankerriegel 55.  
Ankerstangen 55.  
Anpflanzung, Entwässerung durch — 230.  
Ansaat für Moorwiesen 365, 368, 377.  
Anschnitt, Wege im 459.  
Anweisung der Gen.-Komm. für Schlesien 289.  
Aquadukte 45, 95.  
Arbeitszeit 19.  
Aufforstung der Hochmoore 372.  
Aufkadungen 438.  
Aufkastungen 438.  
Auflandungen 390.  
Aufleiter am Wurfrad 254.  
Auflockerung des Bodens, bleibende 17.  
Aufnahme (nach Profilen) 466.  
Aufträge bei Erdarbeiten 25.  
Auftragstabellen 7, 11.  
Aufzugsvorrichtung bei Wehren 174.  
Ausbaggern der Baugrube 126.  
Ausführung der Deiche 434.  
— der Wiesenbauten 419.  
Ausgleichungslinie eines Profils 453.  
Ausheben der Draingräben 300.  
Auslage 437.  
Auslafs-Schleuse 246, 395, 440, 445, 447.  
Ausmündung 279, 309.  
Ausmündungs-Kasten 309.  
Auspumpen 247.  
Aufsendeiche 429.  
Aufseuland 429.  
Babinets Formel 485.  
Bachbrücken 45.  
Bagger 236.  
Baggerkasten 236.  
Bahnüberführungen 45.  
Balkenbrücken 45, 61.  
Banndeich 430.  
Barometer 480.  
Barometertafeln 485.  
Bau der Deiche 434.  
Baugrube, Ausbaggern der 126.  
— Trockenlegen der 127.  
Baugrund, guter 119.  
Baumbewässerung 392.  
Bäume an Drains 325.  
Baumpflanzungen an Straßen 44.  
Becherwerk 387.  
Beetgräben 267.  
— bei Moorkulturen 345.  
Beipfahl 297.  
Beipflock 468.  
Belageisen 78.  
Belows Krautungsmesser 233.  
Bennings'sche Schlämflasche 285.  
Berechnung der Bauwerke bei Sommerdeichpoldern 447.  
— der Drainröhren 289.  
— der Schöpfwerke 250.  
— der Vorfluter 237.  
— der Vorfluter für Drainagen 292.  
— der Windräder 262.  
Berieselung 394.  
Berührungspunkte aufzusuchen 550.  
Besandung von Mooren 353, 365.  
Beschaffung der Vorflut 231.  
— des Bewässerungswassers 385.  
Beschotterung auf Brücken 63.  
Besteck (Drainspaten) 301.  
Bestellung der Moorkulturen 357.  
Bestimmungspunkte für Leitlinien 459, 528.  
Bestimmungsstücke für Kreisabsteckung 529.  
Beton 128, 129.  
Betonfundierung 135.  
Betrieb der Bewässerung 422.  
Bewässerung 226, 378.  
— von Bäumen 392.  
— von Wiesen 394.  
Bewässerungsbetrieb 422.  
Bewässerungswasser 378.

- Biesbosch 442.  
 Bindelinien 478.  
 Bindeweiden 147.  
 Binnendeiche 429, 445.  
 Binnen-Entwässerung 246, 266.  
 Binnengrabenetz 246, 266, 440, 445.  
 Binnenlandkanal 243.  
 Blaugummibaum 230.  
 Bodenarten 19.  
 Bodentransport 20.  
 Bodenuntersuchungen 3, 118.  
 Bogenbrücke 45.  
 Bogenlänge zu berechnen 538, 543.  
 Bogenschnitt 478.  
 Bohlenbelag 61.  
 Bohrer 4, 119.  
 Böschung der Deiche 429, 430, 432.  
 Böschungen, Steigung der 6, 144.  
 — Befestigung der 27, 144.  
 Böschungsränder 458.  
 Böschungsschnitt im Gelände 559.  
 Bourtanger Moor 377.  
 Brechpunkte der Leitlinie 528.  
 Breite d. Vorflutgräben 228.  
 — Rieselrücken 406.  
 Breitspaten 301.  
 Bremes Tafeln 241.  
 Brennen der Drainröhren 332.  
 Brennkultur 371, 375.  
 Briquets aus Torf 372.  
 Bruchfugen beim Gewölbe 89.  
 Bruchsteindrains 277.  
 Brücken bei Drainagen 296.  
 — Einteilung der 45.  
 Brückennachse 45.  
 Brückenbau 45.  
 Brückenböcke 54.  
 Brückengeländer 65.  
 Brückenjoche 51.  
 Brückner, Klimaschwankungen 216.  
 Brunnen bei Drainagen 334.  
 Brunnenfundierung 135.  
 Brunnenkammern 195.  
 Brunnenstuben 195, 322.  
 Brüstungsmauer bei Strafsen 44.  
 Bühnen 153.  
 Champion-Windrad 262.  
 Chausseen 38.  
 Chinesisches Schöpfrad 386.  
 Clyde 270.  
 Coulomb'sche Formel für Windräder 263.  
 Cunrau 344.  
 Dachsteindrains 277.  
 Dämme durch Moor 26.  
 Dammgräben 267.  
 Dammkultur 344.  
 Dammschüttung durch Moor 26.  
 Dampframme 122, 124.  
 Dampfschöpfwerke 265.  
 Dankwerts, Memeldelta 255.  
 Dandy-Telleregge 353, 374.  
 Débaue 288, 382.  
 Decklage 41.  
 Deckschicht bei Moorkulturen 353, 365.  
 Dedemsvaart 369.  
 Defizit, Sättigungs- 215, 225.  
 Degenhards Baum-Bewässerung 392.  
 Deichbau 434.  
 Deichboden 435.  
 Deichbrücke 436, 442.  
 Deiche 228, 245, 390, 429.  
 Deichkappe 429, 430, 432.  
 Deichkrone 429, 430, 432.  
 Deichschleusen 93.  
 Deichsiele 93.  
 Deichverteidigung 438.  
 Deichwachen 438.  
 Deutsche Hochmoorkultur 372.  
 Distanzenzirkel 524.  
 Distanzmesser 479, 504, 507, 513.  
 Distanzmessung bei geeigneter Sicht 513.  
 Doppeldrains 318.  
 Doppeldurchlässe 83.  
 Doppelprofil beim Flusse 140.  
 Doppelskala, barometrische 486.  
 Doty'sches Muldbrett 420.  
 Drainage 270.  
 — auf Rieselfeldern 425, 428.  
 — und Gräben 268.  
 Drainage-Ausmündung 279, 309.  
 Drainage-Entwürfe 338.  
 Drainbesteck 301.  
 Draingeräte 270, 301.  
 Draingräben 300.  
 Drainierte Wiesen 383, 395, 414.  
 Drainplan 293, 336.  
 Drainröhren 270, 278, 328, 333.  
 — Berechnung 289.  
 Drainrohrpresse 270, 329.  
 Drainrohrtafel 291.  
 Drainrohrweiten 291, 333.  
 Drains auf Latten 320.  
 — in Moor 321, 348.  
 — in Triebsand 319.  
 Drainspaten 301.  
 Drainsystem 279, 336.  
 Draintiefe 279.  
 Drängewasser 228, 440, 441.  
 Drehbare Gitter bei Drainagen 313.  
 Drehbrücken 45.  
 Druckhöhenverlust bei Dückern 99.  
 — in Rohrleitungen 203.  
 Druckrohre 425.  
 Druckrohrleitungen, eiserne 200.  
 Ducker 95, 99.  
 Düngende Bewässerung 382, 422.  
 Düngung der Moore 357, 365, 375.  
 Dünkelberg 382, 412.  
 Durchflusprofil bei Brücken 47.  
 Durchlässe 45, 80.  
 — Platten- 83.  
 — gewölbte 88.  
 — Rohr- 81.  
 — bei Drainagen 296.  
 Durchlässige Schichten 285.  
 Durchlässigkeit des Bodens 285.  
 Durchmesserbestimmung der Drains 291.  
 Durchmesser der Faschindrains 275.  
 Ebung des Moores 351.  
 Effektive Pferdestärken von Schöpfwerken 251.  
 Egge von Laake 352.  
 Eigengewicht bei Brücken 67.  
 — des Bohlenbelags 63.  
 — von Holzpflaster 63.

- Eigengewicht von Beschotterung 64.  
 — der Tragkonstruktion 67.  
 Eimerbagger 237.  
 Eindeichung 429.  
 Einbennung des Moores 351.  
 Einlage (Deichreparatur) 437.  
 Einlassschleuse 395.  
 Einpolderungen 439.  
 Einschalten von Höhenpunkten 482.  
 — von Zwischenpunkten in Gerade 530, 532.  
 Einschnitte zu Entwässerungen 244.  
 Einschnittrinne 403.  
 Einschubgitter 313.  
 Einstauung 394.  
 Einwägen, barometrisches 480.  
 — des Längenprofils 468.  
 Einzeldrainage 279.  
 Eisbrecher 53.  
 Eisenbahnbrücken 45.  
 Eisenniederschläge in Drains 327.  
 Eisenschüssige Quellen zu drainieren 319.  
 Eiserne Ausmündungen 311.  
 Eklipse-Windrad 262.  
 Elkington 270, 282.  
 Ellipse als Kreisersatz 536.  
 Endjoch bei Brücken 51.  
 Entfernung der Drains 285, 287.  
 Entlastungsrinne 403.  
 Entwässerung 226, 227.  
 — bei Straßen 38.  
 — Binnen- 246, 266.  
 — durch Anpflanzung 230.  
 Entwässerungsgräben 391.  
 Entwässerungsrinnen 402.  
 Entwerfen 462.  
 — ohné Karte 459.  
 Entwürfe zu Drainagen 338.  
 Erdarbeiten 18.  
 Erdbau 3.  
 Erdbohrer 118.  
 Erd drains 272.  
 Erdkeil, sein Inhalt 569.  
 Erdkörper, ihr Inhalt 565.  
 — zwischen Querprofilen, sein Inhalt 569.  
 Erdschaufel 420.  
 Ergänzungen, dekadische 468.  
 Ertragrückgang von Moorkulturen 366.  
 Erwärmende Bewässerung 422.  
 Esche 230.  
 Etagenrücken 409.  
 Eucalyptus globulus 230.  
 — rotulus 230.  
 Eytelwein 290.  
 Fachbaum 169.  
 Fahrbahn bei Brücken 51.  
 Fähren 45.  
 Fallblock bei der Kunst ramme 123.  
 Fangdämme 124.  
 — Konstruktion der 124.  
 Fangfurchen 268.  
 Fanggräben 228, 229, 296.  
 Fangrinnen 407, 415.  
 Faschinen 146.  
 Faschinendrain 273.  
 Faschinenpackwerk 152.  
 Faschinenwürste 147, 274.  
 Fehnkultur 369.  
 Feldausweis für den tachymetrischen Theodolit 515.  
 — für Profile 470, 471.  
 — fürs Gefälltachymeter 509.  
 — fürs Nivelliertachymeter 505.  
 Feldbahn bei Moorkulturen 355, 377.  
 Feldbahnen 22.  
 Feldhandrifs 480, 485.  
 Feld in der Petersen'schen Wiese 419.  
 Feldkompafs mit Höhenkreis 519.  
 Feldskizzen von Niveau kurven 465.  
 Feldsteinpflaster 43.  
 Feldwege und Drains 324.  
 Feste Gitter bei Drainagen 313, 327.  
 Festlegung der Leitlinie 529.  
 Fettes Wasser 379.  
 Feuchtigkeit 215.  
 Fieberheilbaum 230.  
 Fijnje'sche Kastenpumpe 257.  
 Filter 322.  
 Flächenmafsstab 8, 9, 458.  
 Flächennivellement 11.  
 Flächenverwandlung 13.  
 Flechtzaun 151.  
 Fleischer 358, 360, 373.  
 Flügel bei Brücken 53, 60, 85.  
 Flügeldeiche 429.  
 Flügelgräben bei Staffeln 410.  
 Flußbrücken 45.  
 Flutbrücke 45.  
 Fremdes Wasser 228.  
 Frösche bei Drainagen 312, 313.  
 Fruchtfolge auf Moorkulturen 359.  
 Frühjahrsbewässerung 422.  
 Fufes und Hellmann, Regenschreiber 220.  
 Fundamente, Tiefe der 119.  
 — Verbreiterung der 130.  
 Fundierungsarten 130.  
 v. Funks Untergrunddüngung 375.  
 Furchen 266, 268.  
 Furten in Vorflutgräben von Drainagen 296.  
 Fufsgängerbankett 36.  
 Fufsgängerbrücken 45.  
 Fufspickel (Stofspickel) 302.  
 Fufssteiße 65.  
 Futterrohre bei Bohrungen 119.  
 Ganguillet und Kutter 241, 294.  
 Gärten-Grundwasserstand 227.  
 Gedrücktes Ventil 418.  
 Gefahrdeich 429.  
 Gefahren der Winterpolder 441.  
 Gefälle der Drains 284.  
 — bei Wasserleitungen 189.  
 Gefällmesser 489, 490.  
 Gefällschraube 479, 488, 507.  
 Gefällschraubentachymeter 493, 506, 508.  
 Geländeprofil 455.  
 Geländer bei Brücken 51.  
 Geländerelief 463.  
 General-Kommission für Schlesien, Anweisung 289.  
 Generelles Entwerfen 460.  
 Gerhardt, Drainrohrtafel 291.  
 — Einlassen von Winterhochwasser 398.  
 Gerhardts Drainage-Ausmündungskasten 315.  
 Gerinne bei Überleitungen 95.

- Geschichte der Drainage 270, 282.  
 Geschlinge am Wurfrad 254.  
 Geschwindigkeit an der Flusssohle 48.  
 — des Wassers 390.  
 Gewöhnliche Überstauung 394, 396.  
 Gewöhnlicher Sommerwasserstand 227.  
 Gitter bei Drainage-Ausmündungen 310, 313, 327.  
 Gewölbe-Konstruktion 88.  
 Gewölbestärke 89.  
 Gleis für Moorkulturen 355.  
 Göpelwerk 261.  
 Gräben 228.  
 — im Drainagefelde 323.  
 — oder Drains 268.  
 — offene — für Wasserleitungen 198.  
 — und Furchen 266.  
 Grabennetz 246, 266.  
 Grabenstaubau 394, 395, 396.  
 Grabenstauschleusen 396.  
 Gradiente, s. Leitlinie.  
 Grandbahnen 42.  
 Graphische Rechentafel für Profildreiten 563.  
 Graswuchs und Sickerwasser 224.  
 Graupeln 215.  
 Grieswerk bei Wehren 173.  
 Grippen 371, 374, 439.  
 Groote Zuidhollandsche waard 442.  
 Größte Wasserkapazität 224.  
 Grundbrüche v. Deichen 436.  
 Grundpfähle 120.  
 Grundpflock 468.  
 Grundriß der Leitlinie 528.  
 Grundwasser 224, 227, 228.  
 — bei Faschinendrainen 276.  
 Grundwasserhöhe 224.  
 Grundwasserspeisung 225.  
 Grundwasserströme 224.  
 Grundwehr 164.  
 Grünlandmoore 344.  
 Gummibaum 230.  
 Gurtholz 55.  
**Haarlemer Moor** 441.  
 Hagel 215.  
 Hakenpfähle 147.  
 Halladay-Windrad 262.  
 Hallig Oland 440.  
 Halligdämme 440.  
 Handbagger 126, 236.  
 Handramme 122, 124.  
 Hangbau 394.  
 — künstlicher 404.  
 — natürlicher 400.  
 Hängebrücke 45.  
 Hängesäule 74.  
 Hängewerksbrücke 45, 74.  
 Hannover'sches Provinzialmoor 377.  
 Härte des Wassers 191.  
 Härtegrade des Wassers 191.  
 Haupt eines Durchlasses 85.  
 Hauptdeich 430.  
 Hauptgraben 246, 267.  
 Hauptpunkte der Kreisabsteckung 542.  
 Hauptwirtschaftsweg 31.  
 Hauptzuleiter 388.  
 Heber-Zentrifugalpumpe 260.  
 Hecken und Drains 325.  
 Herdmauer 83.  
 Helianthus annuus 230.  
 Hellmann u. Fuëfs, Regenschreiber 220.  
 Hellmanns Regenmesser 218.  
 Hellriegel 375.  
 Herausnehmbare Gitter bei Drainagen 313.  
 Herbstbewässerung 422.  
 Hervé Mangon 288, 334.  
 Hefs 382, 383.  
 Heufahrten 408.  
 Heuschmid 381.  
 Hilfstafeln für Tachymetrie 524.  
 Hilfszeiger 495, 504, 506, 509.  
 Hintermauerung der Gewölbe 89.  
 Hitze beim Rammen 123.  
 Hochbehälter für Wasserleitungen 193.  
 Hochmoore 344, 369.  
 Hochmoorkultur, deutsche 372.  
 Hochwasser im Sommer 227.  
 Hochwasserkanal 243.  
 Hochwassernachrichtendienst 438.  
 Hochwasserstand 430.  
 Höhe des Grundwassers 224.  
 Höhenkreis 511.  
 Höhenlage der Brücken 47.  
 Höhenrauch 372.  
 Hohlkelle 303.  
 Holländische Drainage 333.  
 Holzabfuhrwege 32.  
 Holzbrücken 51.  
 Hölzerne Ausmündung 310.  
 Holzpflaster auf Brücken 63.  
 Holzrohre für Wasserleitungen 199.  
 Homogene Bodenarten 285.  
 Hufschlag 354.  
 Hyperbolisches Paraboloid 464.  
**Ij** 441.  
 Impferde 375.  
 Indexfehler 512.  
 Indizierte Pferdestärken von Schöpfwerken 251.  
 Interpolation, barometrische 482.  
 Inwieken 369.  
**Jadebusen** 442.  
 Jährliche Regenhöhe 217.  
 Johnstone 270, 282.  
**Kadungen** 438.  
 Kainit 357, 365, 368, 375.  
 Kalk, hydraulischer 128.  
 Kalkniederschläge in Drains 327.  
 Kampen 369.  
 Kämpferfugen 89.  
 Kanalbrücken 45.  
 Kanaljauche 424.  
 Kappe der Deiche 429, 430, 432.  
 Kappenstürze 437.  
 Kaskaden bei Durchlässen 86.  
 — bei Flufsregulierungen 139, 154.  
 Kastenfangdamm 125.  
 Kastenpumpe von Fijnje 257.  
 Kastenschöpfrad 386.  
 Keelhoff 382.  
 Kehdinger Moor 377.  
 Kennzeichen der Gefällschraube 507.  
 Kette zur Krautung 232.  
 Kiesbahnen 39, 40.  
 Kippachsenfehler 512.  
 Kippkarrentransport 21.  
 Klappbrücken 45.  
 Klappen bei Drainage-Ausmündungen 312.  
 Kleinaufnahme, tachymetrische 494, 502, 506, 510.  
 Kleinste Wasserkapazität 224.

- Klimaschwankungen 216.  
 Klinkerbahnen 43.  
 Knüppelfaschinen 273.  
 Kolbenpumpen 256.  
 Kolb'sches Becherwerk 387.  
 Koik 437, 444.  
 Kolmationen 390.  
 Kolonien in Hochmooren 370, 376.  
 Kompasszüge 494.  
 — flüchtige 518.  
 — mit Distanzmessung 497.  
 Kompost auf Moorwiesen 363.  
 Komprimierung des Bodens 130.  
 Kontraktionskoeffizient bei Brückenfeilern 48.  
 Kopfrains 228, 230, 318.  
 Kopfgräben 228, 230.  
 Kopfrasen 145.  
 Kopfschüttung 26.  
 Kopfsteinpflaster 43.  
 Koppelzäune auf Moor 362.  
 Kostenanschlag über Drainagen 339.  
 Kostenanschläge für Brücken etc. 102.  
 Kosten der Moordamnkulturen 360.  
 — Drainage-Arbeiten 303, 305, 306, 333.  
 Kranztau 123.  
 Krautharke 232.  
 Krautung 231.  
 Krautungsmaschine 234.  
 Krautungsmesser 233.  
 Kreisabsteckung durch Einrücken 541, 547.  
 — mit Theodolit 539.  
 — mittels Spiegelinstruments 547.  
 — nach Koordinaten 544.  
 — nach Peripheriewinkeln und Sehnen 540.  
 — Näherungslösungen 545.  
 Kreispumpen 257.  
 Kreislauf des Wassers 215.  
 Krone der Deiche 429, 430, 432.  
 Kronenbohrer 119.  
 Kropf am Pumpfad 256.  
 Krümmungen bei Wegen 33.  
 Krümmungen ohne Theodolit abzustecken 536, 538.  
 Kruse, Moorbauer 371.  
 Kubatur der Erdkörper 565.  
 Kuhnkes Wiesenkultivator 352.
- Kühn'sche Schlämmzylinder 285.  
 Kühns Drainrohr-Verbindung 307.  
 Kultivator von Kuhnke 352.  
 Kultur der Moore 344.  
 Kulturtechnik 215.  
 Künstliche Vorflut 231, 245.  
 Künstlicher Hangbau 404.  
 — Rückenbau 405.  
 Kunstramme 122, 123.  
 Kunstwiesenbau 394.  
 Kutter 241, 294.  
 Kutters Tabellen 241.  
 Kuverwasser 228, 441, 444.
- Laakes Wiesenegge 352.  
 Lage der Drainröhren 326.  
 Lagenschüttung 26.  
 Lageplan eines Wegentwurfs 454.  
 Lagerfugen 89.  
 Landjoch 51.  
 Landpfeiler 58.  
 Länge der Drains 286.  
 Längensprofil 456.  
 Längsdrainage 281, 287.  
 Lattenprofile 563.  
 Lattenüberschlag, s. Springstände.  
 Lattenunterlage für Drains 320.  
 Leclerc 288.  
 Lebensbaum 231.  
 Legehaken 304.  
 Lehmstrafen 39, 40.  
 Lehnigks Schilfmähmaschine 234.  
 Lehren für Erdarbeiten 18.  
 Leitlinie 455, 460.  
 Libellenalhidade 512.  
 Lichtweite der Brücken 47, 49.  
 — der Durchlässe 81.  
 Linien begrenzten Gefälles 487.  
 Löffelbohrer 4, 119.  
 Lösen des Bodens 19.  
 Losständer 173.  
 Luftklötzchen 52.  
 Luftmörtel 128.  
 Luftventile 200.
- Mannskopfs Drainagegitter 313.  
 Marcardmoor 377.  
 Massenberechnung beim Erdbau 4.
- Massenberechnung bei Kostenanschlägen 102.  
 Massennivellement 14, 458.  
 Massenprofil 14.  
 Massenverteilung 14.  
 Mafsstab der Lage 474.  
 Material der Drainröhren 326.  
 Materialienbankett 36.  
 Materialienberechnung bei Kostenanschlägen 102.  
 Matz, Memeldelta 255.  
 Meißelbohrer 4, 119.  
 Memeldelta, Schöpfwerke 255.  
 Messerwalze v. Schreiber 352.  
 Mefsglas 218.  
 Mefstischaufnahme, tachymetrische 494, 500.  
 Mischkultur 360.  
 Mißweisung der Sicht 498.  
 Monatliche Regenhöhe 217.  
 Moor, Dammschüttung durch 26.  
 Moordamnkultur 344.  
 Moordrainage 321.  
 Moorkultur 344.  
 — niederländische 369.  
 Moorrauch 372.  
 Moorsuchsstation 344.  
 Moorweiden 362.  
 Moorwiesen mit Sanddecke 364.  
 — nach Saint-Paul 363.  
 — ohne Sanddecke 367.  
 Mörtel, Luft- 128.  
 — hydraulischer 128.  
 Muffen bei Drains 320.  
 Muffenröhren 320, 323.  
 Muldbrett 236, 352, 420.  
 Mulden-Drainage 297.  
 Mundstücke der Drainrohrpresse 331.  
 Mutterboden bei Drains 306, 321.  
 — bei Erdarbeiten 18.
- Nachteile der Grabenentwässerung 268.  
 Nagel und Kaemp, Wasserstrahlpumpe 265.  
 Natürliche Drainage 283.  
 — Vorflut 231.  
 Natürlicher Hangbau 400.  
 — Rückenbau 411.  
 — Wiesenbau 394.  
 Nebel 215.  
 Nebengraben 246, 267.

- Nebenwirtschaftswege 31.  
 Neigungswechsel, deren Ab-  
 rundung 558.  
 Neukirch'scher Kreisel 258.  
 Niederländische Moorkultur  
 369.  
 Niederschlag im Walde 217.  
 Niederschläge 216.  
 Niederschlagsgebiete, Über-  
 sichtskarte 241.  
 Niveaukurven 464.  
 — zu entwerfen 473.  
 Nivellieren d. Drainzüge 297.  
 Nivellierinstrument s. auch  
 Peilwage; mit Gefäll-  
 schraube 478, 488.  
 Nivelliertachymeter 493,  
 503.  
 Nivellierzug, tachyme-  
 trischer 501.  
 Normalbreite 231.  
 Normalprofil bei Brücken 47.  
 — eines Wegentwurfs 453.  
 Normalprofile 231.  
 Normaltiefe 231.  
 Nutzlast bei Brücken 67.  
 Nutzpferdestärken bei  
 Schöpfwerken 251.  
 Nutzwirkung bei Schöpf-  
 werken 252, 256, 257.
- O**berbau von Brücken 51.  
 Oberwasser bei Wehren 164.  
 Offene Wasserschraube 252.  
 Oland, Hallig 440.  
 Ombrometer 217.  
 Orientierkompass 494, 507.  
 Österbottisches Kulturver-  
 fahren 372.  
 Overmars'sches Pumprad 255.
- P**acklage 41.  
 Packwerk 152.  
 Parabel als Kreisersatz 536,  
 546.  
 — kubische 553.  
 Parallele abzustecken 533.  
 Parallelkanäle 243.  
 Parallelwerk 153.  
 Parkers 271, 280.  
 Peel, Sir Robert 270.  
 Pegel 430.  
 Pegeltabellen 251.  
 Peilwage 469.  
 — Aufstellung der 470.  
 Pendelwage von Bohne 489.  
 Petersen'sche Ventile 416.  
 — Wiesen 383, 395, 415.
- Pfahlrost 134.  
 Pferdeschaukel 352, 420.  
 Pferdestärken der Schöpf-  
 werke 251.  
 Pflaster 42.  
 Pickle 302.  
 Pickel 302.  
 Plaatsen 369.  
 Planimeterharfe, Flächenbe-  
 stimmung durch 10.  
 Plattendurchläs 81, 83.  
 Pluviometer 217.  
 Pogge 344.  
 Polderreife 439.  
 Polderungen 439.  
 Porros Theodolitzug mit  
 Springständen 499.  
 Portalbrücken 45.  
 Postkarte für Regenmes-  
 sungen 219.  
 Prefstorf 372.  
 Prisma, dreiseitiges 566.  
 — mit zwei windschiefen  
 Endflächen 567, 571.  
 — vierseitiges, schief ab-  
 geschnitten 566.  
 Prismatoid, sein Inhalt 565.  
 Probepfähle 119.  
 Profildreiten 461, 559, 564.  
 — durch den Gefällmesser  
 abzustecken 562.  
 Profilzeichnungen 465.  
 Prony 290.  
 Pumpen 256.  
 Pumpensiel 94, 127.  
 Pumpräder 254.  
 Pyramidenpappel 230.
- Q**ualmwasser 228, 441, 444.  
 Quellen 224.  
 — im Drainagefelde 318.  
 Quellenfassung 195.  
 Quellenschächte 195.  
 Querdrainage 281, 287.  
 Quergefälle der Strafsen 36,  
 38.  
 — zu messen 491.  
 Querprofile auspflücken und  
 einwiegen 469.  
 — Inhaltsberechnung der 7.  
 — eines Weges 457.
- R**adialsysteme 426.  
 Radienberechnung 539.  
 Radienverkürzung 556.  
 Rammbar 122.  
 Ramme 122.  
 Rammgerüst 122.
- Rammknecht 124.  
 Rammscheibe 122.  
 Rammstube 123.  
 Rammtau 122.  
 Randgräben 228, 229, 245,  
 390.  
 Rankanal 229.  
 Rasenabdeckung 419.  
 Rasenklatsche 421.  
 Rasenstücke 28.  
 Rauhigkeitsgrad 242.  
 Rauhreif 215.  
 Rauhwehr 146.  
 v. Raumer 417.  
 Räumung 231.  
 Read 270.  
 Rechenschieber, tachyme-  
 trischer 526.  
 Regen 215.  
 Regendiagramm 221.  
 Regenhöhe 216.  
 — eines Ortes 217.  
 Regenkarten 217.  
 Regenpostkarte 219.  
 Regenschatten 216.  
 Regenschreiber 220.  
 Regenwasser 216, 217.  
 Regulierung der Vorfluter  
 231, 237.  
 Reif 215.  
 Reis 227.  
 Relative Feuchtigkeit 215.  
 Reliefpolyeder 463, 465, 473.  
 Rérolles Drainage 326.  
 Richtung der Drains 281.  
 Rieselfelder 425.  
 Rieselgüter 426.  
 Rieselrinnen 394, 400.  
 Rieselrinnenstecher 401.  
 Rieselwasser der Städte 424.  
 Rieselwiesen 382, 394.  
 Rijks Pumprad 256.  
 Rimpau 344, 346.  
 Ringdeich 390.  
 Ringdeiche 445.  
 Rinnenstecher 401.  
 Rodehacke 302.  
 Röhrendurchlässe 81.  
 Röhrenkompass 511.  
 Rohrweiten der Drains 291,  
 333.  
 Rollen der Drainröhren 331.  
 Rolltisch 331.  
 Rolltransporteur 523.  
 Rost, liegender 130.  
 — (Liniennetz) 472.  
 Rotation 382, 384.  
 Rotgummibaum 230.



- Rückdeiche 429.  
 Rückenbau 394.  
 — künstlicher 405.  
 — natürlicher 411.  
 Rückentafel 407.  
 Rückgang der Moorkulturen 366.  
 Rückstaudeiche 429.  
 Rückwärtseinschneiden 500.  
 Rutschungen 28.  
  
 Sackbagger 126.  
 Sackmafs bei Erdarbeiten 18.  
 v. Saint-Paul 352, 363.  
 Säkulare Schwankungen der Niederschläge 216.  
 Salfeld 373, 375, 376.  
 Sammeldrains 279.  
 Sammelfurchen 268.  
 Sammler 279, 337.  
 Sanddecke bei Moorkulturen 223, 353, 365.  
 Sandschüttung zur Fundierung 131.  
 Sattelhölzer 69.  
 Sättigungsdefizit 215, 225.  
 Sättigungspunkt 215.  
 Saugedrains 279, 286, 337.  
 Sauger 279, 286, 337.  
 Schardeich 429.  
 Schachts Ventilrohr 417.  
 Schädliches Wasser 228.  
 Schema zur Berechnung der Vorfluter 238.  
 Schichten zwischen Niveaukurven, ihr Inhalt 568.  
 Schichtenpläne für Erdarbeiten 5.  
 Schichtensucher 473, 475, 476.  
 Schichthöhe in Plänen 477.  
 Schiebkarrentransport 20.  
 Schiffbrücken 45.  
 Schilfmähemaschine 234.  
 Schilfpflanzungen 145.  
 Schlafdeich 429.  
 Schlammmaschine 328.  
 Schlammfang 334.  
 Schlammflasche 285.  
 Schlangen-Berieselung 402.  
 Schleifteller für Drainröhren 331.  
 Schleuse, Auslaß- 246.  
 Schlickzäune 440.  
 Schliefiger Untergrund 321.  
 Schlitzrinnen 403.  
 Schlot Drainage-Ausmündung 314.  
 Schnee 215.  
 — im Regenschirm 219, 222.  
 Schneetiefe 216.  
 Schnittfigur 501.  
 Schnurgerüste 564.  
 Schöpfrad 386.  
 Schöpfwerk 246, 247, 250, 445, 447.  
 Schrägdrainage 282.  
 Schraubenspindel als Aufzugsvorrichtung 176.  
 Schreibers Messerwalze 352.  
 Schüngels Tafeln 241.  
 Schürflöcher 4.  
 Schütten von Dämmen 26.  
 Schüttlage 41.  
 Schutzstreifen 564.  
 Schütztafeln, Stärke der 174.  
 Schutzvorrichtungen an Strafsen 44.  
 Schwannenhals 303.  
 Schwed 320, 358.  
 Schweifgraben 388.  
 Schweifswasser 228, 388.  
 Schwellrost 130.  
 Secchi 270.  
 Seegrund 244.  
 Seeränder 244.  
 Seeschlammboden 364, 367.  
 Seesenkungen 244.  
 Sehnenpolygon 544.  
 Seihwasser 228.  
 Seitengitter für Drainagen 315.  
 Seitengraben 246, 267.  
 Seitenschüttung 27.  
 Sekantenprobe 542.  
 Selbsttätige Einstellung bei Windrädern 262.  
 — Erdschaufel 420.  
 — Regulierung bei Windrädern 262.  
 Senkbrunnen 135, 334.  
 Senkfmaschinen 149.  
 Senkkasten zur Betonfundierung 132.  
 Senkung des Wasserstandes 227.  
 Senkungen von Seen 244.  
 Sense zur Krautung 232.  
 Sensenblätter 232.  
 Serpentin bei Wegen 32.  
 Setzen des Bodens 18.  
 — des Moores 241, 349.  
 — Tabelle dazu 350.  
 Setzpfosten 173.  
 Sichel zur Krautung 232.  
 Sicherung der Ausmündungen 311.  
 Sickerwassermengen 223.  
 Siegener Wiesenbeil 421.  
 Siele 93.  
 Smith of Deanstone 280.  
 Sohlenbefestigungen 154.  
 Sohlengeschwindigkeit 48.  
 Sohlengitter 314.  
 Sohlenstampfer 303.  
 Sohlwellen 157.  
 Sommerbewässerung 423.  
 Sommerdeiche 429, 431, 432.  
 Sommerdeichpolder 445.  
 Sommerhochwasser 227.  
 Sommerwasserstand 227.  
 Sommerweg 36.  
 Sondierreisen 4.  
 Sondierstange 118.  
 Sonnenblume 230.  
 Spaten für Drainagen 301.  
 Sperrbretchen bei Drainagen 305.  
 Spezifische Schneetiefe 216.  
 Spickpfähle 147.  
 Spitzhaue 302.  
 Sprengwerksbrücke 45, 71.  
 Spreulage 146.  
 Springstände 498, 500.  
 Spülausschleuse bei Rohrleitungen 200.  
 Spüljauche 424.  
 Spundung 121.  
 Spundwände 121.  
 Spurerweiterung 557.  
 Städtisches Rieselwasser 424.  
 Staffellücken 409.  
 Stallung auf Moorkulturen 358, 376.  
 Stampfer 303.  
 Standbarometer 484.  
 Standpeiler 501.  
 Standrohr 203, 426.  
 Stärke der Schöpfwerke 250.  
 Stationieren eines Profils 456.  
 — tachymetrisches 494, 495.  
 Station-pointer s. Standpeiler.  
 Stationspunkte 530.  
 Stauanlagen 160.  
 Staubecken auf Rieselfeldern 425, 428.  
 Stauberieselung 382, 394, 399, 446.  
 Stauhöhe 164, 380.  
 Staukurve 160.

- Stauschleuse 395, 445.  
 Stauspiegel 164.  
 Stauweite 160, 164.  
 Stöße 45.  
 Steigungen der Wege 33.  
 Steinbahn 36.  
 Steindrains 276.  
 Steinpackung als Uferbefestigung 148.  
 Steinpflaster auf Brücken 64.  
 Steinschlagbahnen 38, 40.  
 Steppenpflanzen 230.  
 Sternbohrer 119.  
 Stich eines Gewölbes 88.  
 Stichbogen 88.  
 Stichmafs 297.  
 Stichspaten 301.  
 Stirnwand 53.  
 Stofspickel 302.  
 Strahlenschnitte zur Kurvenabsteckung 536.  
 Strahlenzieher 520.  
 — mit Nadelpol und Rolltransporteur 523.  
 Strangentfernung 285, 287.  
 Strafsen-Entwässerung 38.  
 Strafsenbrücken 45.  
 Strafsenhydrant 203.  
 Strombrücken 45.  
 Ströme v. Grundwasser 224.  
 Stündliche Regenhöhen 217.  
 Stützpunkte 459.  
 System, Drainage- 279, 336.  
 Systematische Drainage 279.  
  
 Tabelle über das Setzen des Moores 350.  
 Tabellen zu Drainage-Anschlügen 340.  
 Tachymeter, Tachymetrie 492, 511.  
 Tacke 357, 365.  
 Tafel zur Berechnung der Drains 291.  
 Tägliche Regenmengen 217.  
 Tagwassereinflüsse 322.  
 Tagwassergräben bei Drainagen 296.  
 Talbrücken 45.  
 Tangentenschnitt unzugänglich 543.  
 Taubildung 215.  
 Taupunkt 215.  
 Telleregge 353.  
 Temperaturkorrektur 484.  
 Theodolit, tachymetrischer 493, 511.  
  
 Theodolitzug in der Tachymetrie 495, 514.  
 — mit Distanzmessung 497.  
 — mit Seitenblicken 496.  
 Thomasschlacke 357, 365, 368, 375.  
 Thuja occidentalis 231.  
 Tiefe der Drains 279.  
 — der Vorfutgräben 228.  
 Tonkern in Deichen 435.  
 Tonnenmühle 252.  
 Tonschneider 329.  
 Torfdrains 272.  
 Torfgewebe 372.  
 Torfmull 372.  
 Torfstreu 372.  
 Tracierarbeiten 461.  
 Träger, eiserne 75.  
 — verdübelte 69.  
 — verzahnte 69.  
 Tragkonstruktion der Brücken 66.  
 Transport des Bodens 20.  
 Transporteur, drehbarer 521.  
 Transportpreise 20, 21, 22, 24.  
 Transportweite 15, 17.  
 Traufbretter 62.  
 Triebssand 319.  
 Triezkopf 123.  
 Triftwege 32.  
 Trockenlegen der Baugrube 127.  
 Trockenschuppen für Drainröhren 331.  
 Trommelhitze 123.  
 Trommelkippschraube 488.  
 Tunnel zu Entwässerungen 244.  
  
 Überdeckung der Drains 307.  
 Überfallwehr 164.  
 Überflurhydrant 203.  
 Übergangskurven 552.  
 Überkalteter Nebel 215.  
 Überlaufstellen 434.  
 Überleitungen 95.  
 Überschlagkante 400, 404.  
 Überstauung 446.  
 Übertrag der Entwürfe aufs Gelände 462.  
 Uferbefestigungen 143.  
 Uferjoche 53.  
 — Konstruktion der 55.  
 — Verankerung der 55.  
 Ulme 230.  
 Ultra-Standard-Windrad 262.  
  
 Umflutkanal 243.  
 Umlauf 382, 384.  
 Ummantelte Wasserschnecke 252.  
 Unebenes Viereck 464.  
 Unkraut auf Moorkulturen 359, 368.  
 Unterbau bei Brücken 51.  
 Untergrunddüngepflug 375.  
 Unterwasser bei Wehren 164.  
  
 Veenkolonie 370.  
 Veenkultur 369.  
 Ventilbohrer 4, 119.  
 Ventile 416.  
 Verankerung der Uferjoche 55.  
 Veranschlagung von Brücken etc. 102.  
 — von Drainagen 338.  
 Verbindung der Drains 306.  
 Verbindungswege 31.  
 Verdunstung 223.  
 Verfüllen der Draingräben 306.  
 Verkehrslast bei Brücken 67.  
 Verlängern von Geraden 531.  
 Verlegen d. Drainröhren 303.  
 Versacken der Drainröhren 326.  
 Versickerung 223.  
 Verstopfungen bei Faschindrains 275.  
 — der Drains 326.  
 Versuchsfiguren 539.  
 Versuchsschächte 4.  
 Verteidigung der Deiche 438.  
 Verteilen der Drainröhren 303.  
 Verteilungslinie beim Massennivellement 16.  
 Verteilungsrinnen 400.  
 Vertikal-Drainage 333.  
 Vetschauer Schilfmähmaschine 234.  
 Viadukte 45.  
 Viehkoppeln auf Moor 362.  
 Viertelsmethode 537.  
 Vincent 282, 288, 290, 321, 325, 382.  
 Visierachsenfehler 512.  
 Volle Wasserkapazität 224.  
 Vooraffen 370.  
 Vorarbeiten 461.  
 Vorbau bei Ausmündungen 316.

- Vorbecken auf Rieselfeldern 425.  
 Vorboden eines Wehres 164.  
 Vorflut 231.  
 — künstliche 245.  
 — natürliche 231.  
 Vorfluter-Berechnung 237, 292.  
 Vorfluter-Regulierung 231, 237.  
 Vorflutgräben 228.  
 Vorflutgräben bei Drainagen 279, 292, 294.  
 Vorgewende 347, 349.  
 Vorland 429.  
 Vorsiele 94.  
 Vorstichmafs 299.  
 Vorteile der Drainage 271.  
 — der Grabenentwässerung 268.  
**W**  
 Wachtür am Wurfrad 255.  
 Wagner 365.  
 Wald, Niederschlag 217.  
 Waldstreu und Sickerwasser 224.  
 Wald-Verdunstung 223.  
 Walzen mit Ketten bei Wehren 175.  
 Wasser, seine Eigenschaften für Wasserleitungen 190.  
 — Kreislauf 215.  
 — Regen- 216.  
 Wasserbau (Grundbau) 118.  
 Wasserbedarf 379.  
 — bei Wasserleitungen 191.  
 Wasserdichtigkeit d. Deiche 435.  
 Wasserflächen-Verdunstung 223.  
 Wasserführung der Drainröhren 288.  
 Wassergeschwindigkeit 390.  
 Wasserhebwerke für Bewässerungen 385.  
 Wasserkapazität 224.  
 Wasserläufe, Ausbau der 137.  
 Wasserleitungen, ländl. 188.  
 Wassermessungen von Quellen etc. 189.  
 Wasserpferdestärken 251, 265.  
 Wasserpflanzen 378.  
 Wasserschnecken 252.  
 Wasserschrauben 252.  
 Wasserstände, Wechsel der 138.  
 Wasserstrahlpumpe 265.  
 Wasserverluste 383.  
 Wappolder 439.  
 Weber 365, 366, 368.  
 Wechsellpunkte, doppelte 468.  
 Wegbau 30.  
 Wegbreiten abzustecken 534.  
 Wegbrücken 45.  
 Wege, Ausbau der 38.  
 — Tracieren der 32.  
 — im Drainagefelde 324.  
 Weggräben 33, 39.  
 Wegkrümmungen 33.  
 Wegnetz 30.  
 Wegränder, parallele, abzustecken 534.  
 Wegsteigungen 33.  
 Wegüberführungen 45.  
 Wehbreite 164.  
 Wehre, Konstruktion 163.  
 — bewegliche 173.  
 — Faschinen- 168.  
 — feste 167.  
 — hölzerne 168.  
 — massive 171.  
 Wehrkrone 163.  
 Wehrlänge 164.  
 Wehrrücken 163.  
 Weiden auf Moor 362.  
 Weiten für Drainrohre 291, 333.  
 Wendelatte 468, 469.  
 Wendelibelle 507.  
 Wendeplatten abzustecken 549.  
 Werfen des Deckbodens 346.  
 Werner 365.  
 Whitehead 329.  
 Widerlager 58.  
 — Stärke der 59.  
 Wiederholte Benutzung des Wassers 384.  
 Wiesenbauten, Ausführung 419.  
 Wiesenbeil 421.  
 Wiesenkultivator von Kuhnke 352.  
 Wiesensternege 352.  
 Wiesen, Verdunstung auf 223.  
 Wiesenwärter 422.  
 Wiesen-Wasserstand 227.  
 Wilkis Prisma, sein Inhalt 570.  
 Windgeschwindigkeiten 265.  
 Windräder 261, 388.  
 Windrosette 262.  
 Windschief begrenzte Körper zu kubieren 567.  
 Windschiefe Flächen 463.  
 Windschiefes Viereck 464.  
 Winterbewässerung 423.  
 Winterdeiche 429, 430.  
 Winterhochwasser, Einlassen in Polder 443.  
 Winterhochwasserstand 430.  
 Winterpolder 441.  
 Wippbrücken 45.  
 Wirkung der Drainage 271.  
 Wirtschaftswege 31.  
 Wolken 216.  
 Wurfbain 382.  
 Wurfräder 254.  
 Wurstbank 147.  
 Würste von Faschinen 147, 274.  
 Wüstenpflanzen 230.  
**Z**  
 Zahnstange als Aufzugsvorrichtung 176.  
 Zastrows Rieselsrinne- stecher 401.  
 Zeit des Auspumpens 247.  
 Zeitweises Verlegen von Drains 302, 320.  
 Zement 128.  
 Zementröhren zu Ausmündungen 311.  
 Zenitdistanzen 511.  
 Zentrifugalpumpen 257, 388.  
 Zerstörnde Bewässerung 423.  
 Ziegeldrains 277.  
 Ziele der Entwässerung 227.  
 Zielhöhe 504, 509.  
 Ziellatte, tachymetrische 493.  
 Zielrichtung 504, 509.  
 Zielweite 504, 506, 524.  
 Zorrès-Eisen 78.  
 Zwischenbeipfähle 299.  
 Zwischenjoche, einfache 51.  
 — aufgesetzte 52.  
 — zusammengesetzte 52.  
 Zwischenpfeiler 60.  
 Zuggraben 246, 267.  
 Zugleinen 123.  
 Zugramme 122, 123.  
 Zuider See 441.  
 Zuleiter 388.  
 Zylinderbohrer 119.

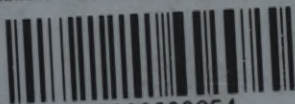
Druck von Friedrich Stollberg in Merseburg.







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299254